LEHRBUCH DER BOTANIK

VON E. STRASBURGER, NOLL, SCHENCK UND SCHIMPER

8.50

Heinz Schaefer.
cand. pharm.
Bonn.

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.

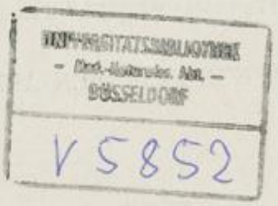
DR. HEINRICH SCHENCK
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN
HOCHSCHULE DARMSTADT.

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

FÜNFTE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

MIT 686 ZUM THEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN.

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1902.



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 Droguen in dem Buche finden.

Die zahlreichen Abbildungen wurden, wo nicht andere Autoren angegeben 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 ausgesprochenen 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 Lehrbuches 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 Lehrbuches 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 V. Auflage.

Diese fünfte Auflage unseres Lehrbuchs wurde einer überaus eingehenden Durchsicht unterworfen. Alle wichtigeren Arbeiten auf dem botanischen Gebiete fanden entsprechende Berücksichtigung. In weit höherem Maasse als bisher schenkten wir auch den fossilen Pflanzen die erwünschte Beachtung. Dessen ungeachtet gelang es uns durch sorgfältige Abwägung des wissenschaftlichen und didaktischen Werthes aller einzelnen Angaben, so wie durch Kürzungen des Textes, den Inhalt des Buches um fast zwei Druckbogen zu verringern. Diese Einschränkung traf nicht die Abbildungen, deren Zahl vielmehr, Dank dem Entgegenkommen unseres Herrn Verlegers, abermals um neunzehn zugenommen hat. So auch erfüllte der Herr Verleger bereitwillig unseren Wunsch, eine nicht unbedeutende Anzahl älterer Holzschnitte durch neue zu ersetzen.

Einen schweren Verlust hat unsere gesammte botanische Wissenschaft, und im Besonderen auch unser Lehrbuch, durch den inzwischen erfolgten Tod von A. F. W. Schimper, erfahren. In der Blüthe der Jahre wurde er uns entrissen, ein Opfer seines rastlosen Forschungstriebes. Mit ihm erlosch auch so mancher fruchtbare Gedanke, ohne in wissenschaftliche That umgesetzt zu werden. In seinem Nachlass fanden sich nur lose Blätter als Vorbereitung für die neue Auflage unseres Lehrbuchs vor. Die drei anderen Mitarbeiter hielten es für ihre Pflicht, diese Blätter zu sichten, zu ergänzen, einzuordnen und die begonnene Arbeit, im Sinne des Verstorbenen, zum Abschluss zu bringen, damit sein Name auch noch auf dieser, nach seinem Tode erscheinenden Auflage unseres Lehrbuches stehe.

Bonn, im December 1901.

Die Verfasser.

Sprossen und seine wichtigsten Metamorphosen

Anatomie und Physiologie des Blattes. (Blüte)

Umbelliferen.

Die officin. Tuberen.

Die Wasserbahnen in der Pflanze.

Bau und Verrichtung der Wurzel.

des Laubes.

der Blüte.

Inhaltsübersicht.

Zweiter Theil. Specielle Botanik.

Erste Abtheilung.

Zweite Abtheilung.

Einleitung.

Alle lebenden Wesen, die unsere Erde bewohnen, pflegt man dem Thier- oder dem Pflanzenreiche einzureihen, in Wirklichkeit wird aber eine sichere Unterscheidung von Thieren und Pflanzen erst 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 aber die Summe der specifischen Merkmale; die thierischen oder pflanzlichen Charaktere prägen sich aus. Doch muss es uns 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 diese Abstraction erst durch den Nachweis gewinnen, dass die von uns als Thiere bezeichneten Wesen genetisch zusammenhängen und dass ein ähnlicher Zusammenhang unter den Pflanzen 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 zu einer Familie, beziehungsweise von Familien zu einer noch höheren Einheit, verwandtschaftliche Beziehungen zum Ausdruck bringt.

Den muthmaasslichen Ursprung jetzt lebender Wesen aus früher bestehenden hat Ernst Haeckel[1] ihre phylogenetische Entwicklung, oder Phylogenie genannt; die Entwicklung, welche jedes der jetzt lebenden Wesen durchmacht, um den fertigen Zustand zu erreichen, seine ontogenetische Entwicklung, oder Ontogenie. Auf Grund vergleichender Untersuchungen gelangte Fritz Müller[2] 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.

Die Vorstellung, dass die Welt der höher organisirten Wesen sich langsam aus einfacher gebauten entwickelt habe, reicht bis auf die griechische Philosophie zurück; eine wissenschaftliche Begründung erhielt sie erst in dem letzten Jahrhundert. Im Besonderen waren es die Werke von Charles Darwin(3), welche die grossen Probleme der organischen Entwicklung wieder in Fluss brachten und durch Häufung des Beweismaterials den Glauben an die Unveränderlichkeit der Arten endgültig erschütterten.

Charles Darwin ist der Schöpfer der sogen. Selectionstheorie. Er ging von der Variabilität der lebenden Wesen aus, von der Thatsache, dass die Kinder eines Elternpaares weder diesem, noch einander völlig gleichen. Er verwerthete für seine Theorie die bestehende Ueberproduction der Keime, die zu einer Zerstörung der meisten derselben führen muss. Denn die einfachste Berechnung lehrt, dass wenn alle Keime zur Entfaltung kämen, schon die von einem einzigen Elternpaar erzeugten, nach einer begrenzten Anzahl von Generationen den Erdball füllen würden. Da weniger Platz vorhanden ist als Bewerber um ihn, so bestehe 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 Princip, 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 Erblichkeit 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 sucht die Selectionstheorie aus natürlichen Ursachen die Zweckmässigkeit abzuleiten, die uns im Bau und in den Verrichtungen der lebenden Wesen auffällt. Dass Uebergangsformen, wie sie die phylogenetische Entstehung fordert, zwischen den Arten meist fehlen, sucht die Selectionstheorie aus dem Wettbewerb zu erklären, der zwischen den ähnlichsten Wesen am stärksten ist. Denn solche Wesen haben übereinstimmende Bedürfnisse, besser ausgerüstete neue Formen müssen daher ihrer Ursprungsform bald die Existenzbedingungen rauben und ihre Vernichtung veranlassen.

Seit dem Erscheinen der Darwin'schen Werke waren zahlreiche Forscher bemüht, unsere Anschauungen auf phylogenetischem Gebiet weiter zu klären und zu fördern. Im Besondern wird von Botanikern jetzt versucht, durch planmässige Culturen entsprechend ausgewählter Pflanzen Einblick in die Gesetze der phylogenetischen Entwicklung zu gewinnen. Aus solchen Culturen scheint hervorzugehen(4), dass es nicht die „fluctuirenden Variationen", die in jeder Art fortdauernd erfolgen, sind, welche den Ausgangs-

punkt für die Bildung neuer Arten abgeben, sondern stärkere Abweichungen, die sogen. Mutationen, die unvermittelt auftreten und sich durch einen besonders hohen Grad von Vererbbarkeit auszeichnen. Man neigt des Weiteren jetzt dazu, eine von jeder Züchtung unabhängige Entwicklung der organischen Welt aus ursprünglichen, der lebendigen Substanz innewohnenden Fähigkeiten anzunehmen. Dieser Entwicklung sollen die grossen Abtheilungen des Thier- und Pflanzenreichs, die „Architypen", ihre Entstehung verdanken (5). Auf diese Architypen wirkte und wirkt fortdauernd die Aussenwelt ein. Durch innere Reaction auf die äusseren Einflüsse vermögen die Organismen sich ihnen mehr oder weniger direct anzupassen. Dadurch kommen oft auffallende äussere Aehnlichkeiten von Wesen zu Stande, welche unter übereinstimmenden Bedingungen leben, ungeachtet sie verschiedenen Architypen angehören (6). Die fortschreitende Entwicklung der Architypen ist, so wie ihre unmittelbare Anpassung an die äusseren Bedingungen, unabhängig von der Zuchtwahl. Diese greift aber, wenn auch in weit begrenzterem Maasse als es früher schien, in die Entwicklungsvorgänge der organischen Welt ebenfalls ein. Sie wirkt im Besonderen dort, wo aus den gegenseitigen Beziehungen der Wesen unter einander sich eine Zuchtwahl ergiebt; sie sorgt andererseits für die Beseitigung der durch Mutation entstandenen minder vortheilhaften Abweichungen und trägt so vor Allem zur Scheidung der Arten bei.

Sind die höher organisirten Wesen aus niederen hervorgegangen, so schliesst dieser Ursprung auch eine scharfe Grenze zwischen dem Thier- und dem Pflanzenreich aus. Denn die besonderen thierischen oder pflanzlichen Merkmale waren zu Beginn noch nicht vorhanden und stellten sich erst im Laufe der phylogenetischen Entwicklungen ein. Die einfachsten Wesen, welche jetzt existiren, sind allem Anschein nach denen ähnlich, die an den Ausgangspunkten dieser Entwicklung standen. Für die Ausprägung der specifischen pflanzlichen Charaktere wurden mit fortschreitender Entwicklung maassgebend: die Hüllen, welche die einzelnen Elementarorgane der Pflanze umgeben, und die grünen Farbkörper, die in diesen Elementarorganen vertreten sind. Durch das Einschliessen der lebendigen Substanz dieser Elementarorgane in feste Hüllen wurde ihr Zusammenwirken erschwert und damit die Leistungsfähigkeit der Pflanze im Verhältniss zum Thier herabgesetzt. Der grüne Farbstoff befähigte andererseits die Pflanze, aus bestimmten Bestandtheilen der Luft, des Wassers und der Bodensalze Nährstoffe herzustellen und selbstständig zu existiren, während das Thier in seiner Ernährung, unmittelbar oder mittelbar, 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, nach welchen ausgeprägte Pflanzen und Thiere sich trennen lassen. Als für die Pflanze bezeichnend kann auch ihre ontogenetische Entwicklung gelten, die nicht abgeschlossen wird, vielmehr an den 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 erzeugt werden. — 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 angereiht.

Die lebenden Wesen bilden somit ein einziges zusammenhängendes Reich,

das an seinen Ursprungsstellen nur künstlich in Thiere und Pflanzen geschieden werden kann. Dagegen scheint es zunächst eine leichte Aufgabe zu sein, das Reich der lebenden Wesen gegen dasjenige der leblosen Körper abzugrenzen. In der That treten uns alle lebenden Wesen mit einer bestimmten 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 Reizerscheinungen. Daher der Schluss nahe liegt, dass auch in diesen Organismen uns nicht die einfachsten Lebewesen entgegenstehen. Vielmehr müssten diese mit wesentlich einfacheren Eigenschaften ausgestattet sein, die ihren Anschluss an die leblosen Körper gestatten. Denn für die Substanz, die am Ausgangspunkt der organischen Entwicklung stand, ist ein anorganischer Ursprung anzunehmen. Freilich steht für alle lebenden Wesen, die unmittelbar oder mittelbar unseren Sinnen zugänglich sind, 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 sogar 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 die 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 so ausgedehnter Weise Nahrungsmittel zu conserviren weiss, dankt man nicht zum geringsten 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; doch findet die Vorstellung, dass die lebendige Substanz aus lebloser abzuleiten sei, eine wichtige Stütze in den Erfahrungen der Chemie. Noch in den ersten Decennien des vorigen Jahrhunderts hat man die Gebiete der anorganischen und 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 Gesammtchemie.

So mag die lebendige Substanz aus lebloser auf einem gewissen Entwicklungszustande unseres Erdballs entstanden sein, als die Bedingungen zu ihrer Bildung gegeben waren. Damit aus jener lebendigen Substanz die Welt der Organismen sich bildete, musste aber 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 Wachsthums, 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.

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 als solche, im speciellen vereint in Beziehung zu den verschiedenen Gruppen von Organismen behandelt werden.

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 diese aber nur erschlossen, nicht direct verfolgt werden kann, so ist die Morphologie auf indirecte Methoden angewiesen. Ihre Grundlage sucht sie einerseits aus der Ontogenie (S. 1) zu gewinnen, d. h. aus dem Studium der Entwicklung, welche die jetzt lebenden Wesen von ihrer Anlage bis zum fertigen Zustand durchmachen, andererseits aus dem Vergleich der jetzt bestehenden organischen Formen unter einander, wie auch mit solchen, die früher lebten. Die Ontogenie wiederholt innerhalb gewisser Grenzen die Phylogenie und kann daher zu ihrer Klarlegung beitragen, während andererseits die vergleichende Forschung danach strebt, extreme Bildungen 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 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; doch wollen wir, um die Beziehungen, welche zwischen Form und Function herrschen, klarzulegen, unter Umständen 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 Grund-

form erfahren hat, sind ihre Metamorphosen. 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 vollkommneren 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 (7), 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 Gestaltung 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 gröberen Körperzergliederung. — Am einfachsten dürfte es jedenfalls sein, die Lehre von der äusseren Gestaltung der Pflanzen als äussere Morphologie, die Lehre von der inneren Gestaltung der Pflanzen als innere Morphologie zu bezeichnen.

Erster Abschnitt.

Aeussere Morphologie (8).

Die Gestalt und Gliederung der Pflanzen weist grosse Verschiedenheiten auf. Die Morphologie stellt sich die Aufgabe, das Uebereinstimmende innerhalb dieser Mannichfaltigkeit aufzudecken. Sie sucht das zu erreichen, indem sie dem gemeinsamen Ursprung der verschieden ausgebildeten Formen nachforscht.

Die Formentwicklung im Pflanzenreiche.

Der Thallus. Als Thallus wird ein Pflanzenkörper bezeichnet, der entweder ungegliedert ist, oder sich auch gegliedert zeigt, unter Umständen selbst eine ähnliche Gliederung wie die höchst organisirten Pflanzen erlangt, ohne ihnen aber homolog (S. 6) zu sein.

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 (Fig. 1 *C*), dass sie nur bei stärkerer Vergrösserung unterschieden werden können, bestehen beispielsweise gewisse grüne Ueberzüge, die häufig an feuchten Mauern auftreten. Sie werden von einer zu den niedersten Abtheilungen der Pflanzen gehörenden Alge, der Gloeocapsa polydermatica, 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. —

Kugel 1)

2) ellipsoid. Gest.

Scheibenförmige Gestalten, ganzrandig oder mit mannichfaltig eingeschnittenem Rande, treten uns bei verschiedenen Algen entgegen, bei diesen auch cylindrische Formen. Elliptische Gestalt weisen verschiedene Diatomeen

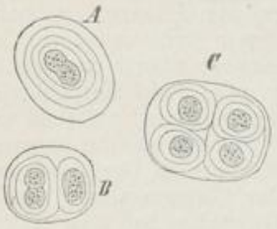


Fig. 1. Glococapsa polydermatica. *A* Beginn der Theilung, *B* links, kurz nach der Theilung, *C* im Ruhezustande. Vergr. 540.

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

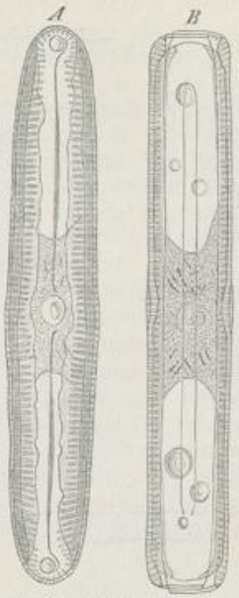


Fig. 3. Pinnularia viridis in zwei Ansichten. *A* die sogen. Schalenansicht, *B* die sogen. Gürtelbandansicht. Vergr. 540.

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

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

auf, die auch zu den Algen gezählt werden, so die in Fig. 3 dargestellte Pinnularia viridis. Ausserdem kommen dort die 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 zur Zeit kennen, entgegen, den als Träger der Infectionskrankheiten und Erreger von Zersetzungserscheinungen jetzt so viel erforschten Bacterien (Fig. 4). — Als nächsthöhere Stufe fortschreitender Differenzirung kann diejenige gelten, bei welcher ein Gegensatz von Scheitel und Basis sich ausbildet. Die Basis dient dann meist der Anheftung, während das Wachsthum 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 Diffe-

renzirung dienen. — Alsdann treten uns bei den niederen Pflanzen verzweigte Fäden und Bänder entgegen. Der Ort der Neubildung locali-

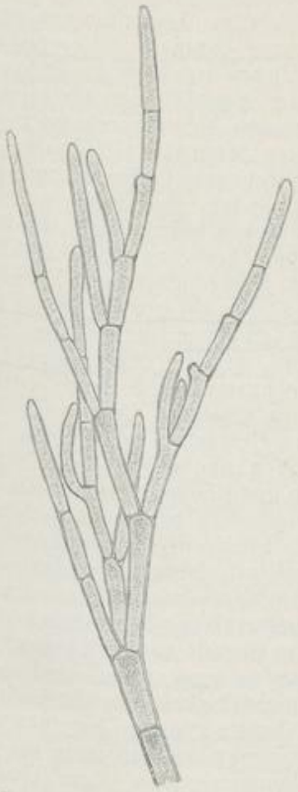


Fig. 6. Stück einer Cladophora glomerata. Vergr. 48.

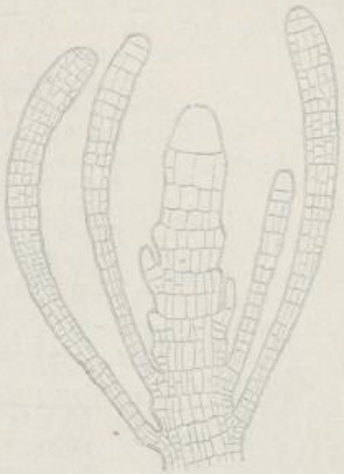


Fig. 7. Endtrieb eines Cladostephus verticillatus (nach PRINGSHEIM). Vergr. 30.

Fig. 8. Dictyota dichotoma. $^2/_3$ nat. Gr.

Fig. 9. Hydrolapathum sanguineum. $^1/_2$ nat. Gr.

sirt sich zugleich immer mehr auf den Scheitel. Eine akropetal, d. h. scheitelwärts fortschreitende Anlage neuer Seitenzweige ist bereits deutlich bei der im süssen Wasser sehr gemeinen grünen Fadenlage, der Cladophora

glomerata (Fig. 6) gegeben. Sehr ausgeprägtes Scheitelwachsthum zeigt uns die in Fig. 7 dargestellte braune Meeresalge Cladostephus verticillatus. — Die Körper grösserer Pilze und Flechten, die uns in Keulen-, Schirm-, Teller- und Becherform, oder auch in strauch- und bartförmigen Gestalten entgegentreten, kommen durch Verflechtung und Vereinigung verzweigter, an ihren Enden wachsender Fäden zu Stande. Diese Art der Formbildung bleibt aber auf die genannten Organismen eingeschränkt und sind alle vollkommeneren Arten der Gliederung bei den niederen Pflanzen auf weitere Differenzirung einzelner selbstständig bleibender, sich verzweigender Fäden und Bänder zurückzuführen. Die 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 (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 einander ganz fremd sind. Da man bei aller Mannichfaltigkeit der Ausbildung den Körper der als niedere Pflanzen bezeichneten Organismen Thallus nennt, so hat man sie als Thallophyten zusammengefasst. Dem Thallus der Thallophyten 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 Farnen aufwärts.

Fig. 10. Riccia fluitans. Nat. Gr.

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

Thallophyten
Lebermoos.
Laubmoos.
Hepaticae

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

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 wichtige Anhaltspunkte für die phylogenetische Ableitung der cormophyten 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 Aus-

Thallophyten < Laubmoose (Lebermoose) ? Pteridophyten. — Monocot. Dicotyl.

sehen, 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, 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.

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 in der Abtheilung der moosartigen Gewächse oder Bryophyten, und in jener der farnartigen Gewächse oder Pteridophyten, vielleicht in beiden Abtheilungen 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 Pteridophyten, die auch als Gefässcryptogamen zusammengefasst werden, traten echte Wurzeln im morphologischen Sinne, ein neues Glied dem cormophyten Pflanzenkörper hinzufügend, auf. Diese Wurzeln stellen im Allgemeinen cylindrische, an ihrem Scheitel fortwachsende Gebilde 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 der Cormophyten. Nach vollzogener Differenzirung in Stamm und Blatt und dem Auftreten von 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 Thallophyten 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 muss für beide, wie schon berührt wurde, ein verschiedener Ursprung angenommen werden. Nach Goebel [9] hat sich auch in verschiedenen Reihen der Bryophyten die Blattbildung mehrfach vollzogen. Von den Pteridophyten aufwärts scheint hingegen die vorhandene Gliederung in der That von gleichem Ursprung zu sein und die gleichnamige Bezeichnung sich dort auf wirklich homologe Gebilde zu beziehen.

Symmetrieverhältnisse.

Jeder in der Richtung vom Scheitel zur Basis eines Planzentheils geführte Schnitt ist ein Längsschnitt; die rechtwinklig zu den Längsschnitten geführten Schnitte sind Querschnitte. Ein Pflanzentheil, der sich durch drei oder mehr durch seine Achse geführte Längsschnitte, die dann Hauptschnitte heissen, 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 anschaulich-

3 oder mehr Längsschnitte: multilateral, radiär oder actinomorph.

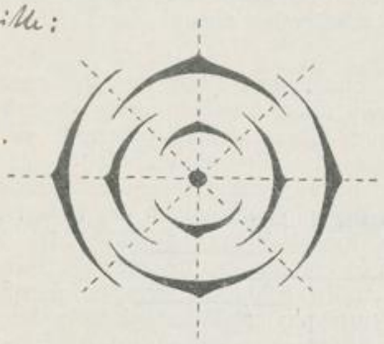


Fig. 13. Diagramm der sogen. decussirten Blattstellung.

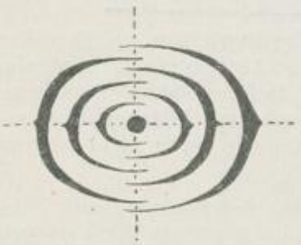


Fig. 14. Diagramm einer zweizeiligen Blattstellung.

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

sten entgegentreten, wenn wir von ihm ein sogen. Diagramm darstellen, d. h. wenn wir die Blätter, 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,

2 Längsschnitte: bilateral, bisymmetrisch

1 Längsschnitt: einf. symmetrisch. monosymmetrisch. zygomorph.

Mantel.

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. 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, *s s* 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.

Die Thallophyten wie die Cormophyten weisen sowohl solche Verzweigungen auf, die aus einer Gabelung zuvor vorhandener Vegetationspunkte hervorgehen, als auch solche, die einer Bildung neuer Vegetationspunkte 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 Gesammtbild zu Stande, wie es etwa in unserer Fig. 8 (S. 9) Dictyota dichotoma ausweist und das sich schematisch durch die Fig. 16 *A a* 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 mag als typisches Beispiel dienen. Das dichotomische System nimmt ein von dem typischen stark abweichendes Aussehen an, wenn bei den auf einander folgenden Gabelungen stets nur ein Ast gefördert wird. Die geförderten Gabeläste können zusammen eine scheinbare Hauptachse bilden, der die schwächeren Gabeläste wie Seitenäste entspringen. So ist es im Schema *A b*, und bei den Selaginellen der Fall. Eine solche Scheinachse (*s s s*) wird ihrem Ursprung gemäss als Sympodium be-

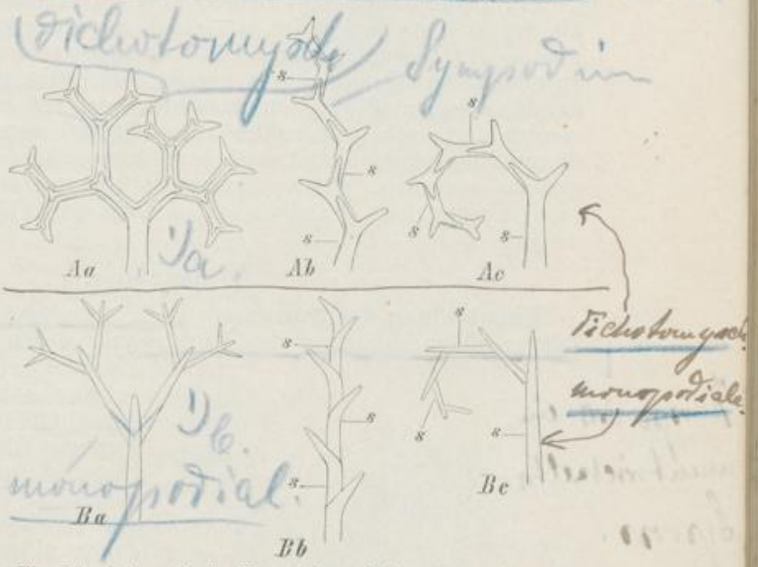


Fig. 16. Schematische Darstellung einiger Verzweigungssysteme. *A* Dichotomische Verzweigung und zwar *A a* gabelige Dichotomie, *A b* wickelähnliche Dichotomie, *A c* schraubelähnliche Dichotomie. *B* Monopodiale Verzweigung und zwar *B a* falsche Dichotomie, *B b* Wickel, *B c* Schraubel. *s s* Sympodien.

zeichnet. 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 *B a* vorgeführt. — Wird nur ein Seitenast an der Hauptachse gefördert, während diese zurückbleibt (*B b*), und stellt er sich in die Verlängerung derselben, indem er ihren Scheitel zur Seite drängt, so entsteht ebenfalls ein Sympodium (*s s*). 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. 17). 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 Sprosssystemen der Phanerogamen, den Blüthenständen oder Inflorescenzen, ausgebildet und werden dort noch eingehender behandelt und unterschieden werden. Unter diesen Inflorescenzen sind auch bauchwärts eingerollte, dorsiventrale Sprosssysteme vertreten, welche ihre neuen Sprosse nicht in den Blattachseln, 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 Gegensatz zu demjenigen der Wurzel, als nackt. Meist springt der Sprossscheitel 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 Sprossscheitel hergestellt und bei entsprechend starker Vergrösserung betrachtet werden. Soweit der Sprossscheitel 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

Knospe ist ein unentwickelter Spross.

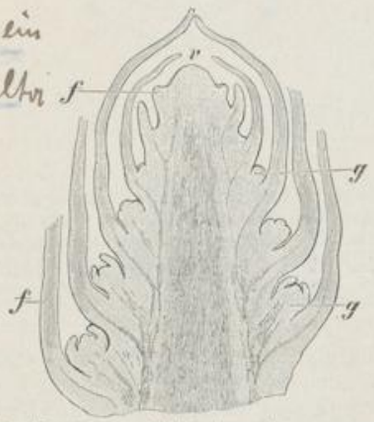


Fig. 17. Sprossscheitel einer phanerogamen Pflanze. Bei *v* Vegetationskegel, *f* Blattanlagen, *g* Achselknospenanlagen. Vergr. 10.

scheitelwärts fortschreitend.

des Blattes im Allgemeinen der Streckung der Stammtheile vorauseilt, die jungen Blattanlagen sich gegenseitig decken und über dem Vegetationskegel zusammenneigen, so bilden sie 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 Dictyota 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 Cormophyten 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 Blattachseln 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

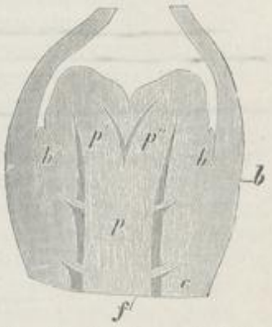


Fig. 18. Ein in zwei gleichstarke Gabeläste (*p'* und *p''*) sich fortsetzender Spross (*p*) von Lycopodium alpinum, im Längsschnitt. *b* Blattanlage, *c* Rinde, *f* Gefässtracheïden-Stränge. (Nach HEGELMAIER.) Vergr. 60.

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

Adventivsprosse — endogenen Ursprung.
Normale Sprosse, Blätter — exogenen Ursp.

seriale
collaterale
Beiknosp

(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 vorauszueilen. Im letzten Falle wird das Deckblatt meist nur schwach entwickelt, ja es kann, wie in den Blüthenständen der Cruciferen, 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 Stocke 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-(Sempervivum-)Arten, so auch die Blüthen 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 Laubhölzern 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).

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

Bei manchen Pflanzen hält das Längenwachsthum des Sprosses an älteren Stellen längere Zeit an. Ein solches Wachsthum bezeichnet man als intercalar. Meist ist es auf die Basis der Internodien eingeschränkt: so bei den Gräsern. — Intercalare Wachsthumsvorgänge können Verschiebungen bewirken, durch welche die ursprünglichen Beziehungen der Glieder eine Aenderung erfahren. So giebt es Fälle, in welchen die Knospen den Achseln 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.

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

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 Laubhölzer, wie z. B. die Weidenarten, bei welchen die Endknospen der Triebe regelmässig absterben. Manche Knospen, so meist die unteren Knospen der Triebe bei den Laubhölzern, zeigen die Fähigkeit, lange Jahre hindurch ihre Entwicklungsfähigkeit zu behalten und sogen. schlafende Augen zu bilden. Bei der Eiche, Rothbuche können solche Knospen gegen hundert Jahre alt werden; ihre Ansatzstelle im Stamm wird verlängert, so dass sie in der Peripherie verbleiben. Vielfach 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.

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).

1) Brutknospen oder Bulbillen.

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

Metamorphose unterirdischer Sprosse. Charakteristisch verändert sind solche Sprosse, die unterirdisch leben. Sie werden als Wurzelstöcke oder Rhizome bezeichnet. Mit Hülfe solcher Rhizome überwintern viele unserer ausdauernden, 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 unterscheiden. 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 *c* bezeichneten Stellen entsprechen den Narben der oberirdischen Triebe zweier vorausgegangener Jahre. In *b* ist die Basis des Stengels zu sehen, der in Blüthe 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

2) Wurzelstöcke oder Rhizome. Schuppen. Nackter Vegetationskegel.

3) Zwiebel.

Achse scheibenförmig als sogen. Zwiebelkuchen (Fig. 25 *zk*) abgeflacht ist, und dessen fleischig angeschwollene Blätter, die Zwiebelschuppen (*zs*), mit Nahrungsstoffen angefüllt sind. Aus der Achse dieser Zwiebel entwickelt

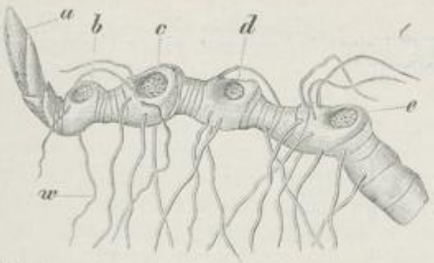


Fig. 23. Rhizom von Polygonatum multiflorum, *a* Knospe für den nächstjährigen oberirdischen Trieb, *b* Narbe des diesjährigen, *c* und *d* Narben des vorjährigen und vorvorjährigen Triebes, *w* Wurzeln. Auf $^3/_4$ verkleinert.

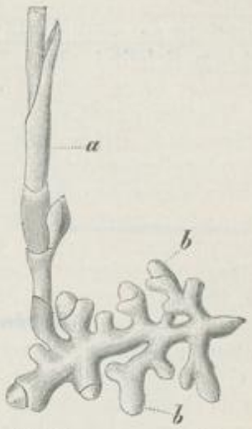


Fig. 24. Rhizom von Coralliorrhiza innata. Bei *a* Blüthenschaft, bei *b* Anlagen neuer Rhizomzweige. (Nach SCHACHT.) Nat. Gr.

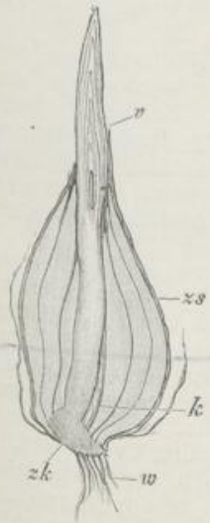


Fig. 25. Zwiebel der Tulpe (Tulipa Gesneriana) im Längsschnitt. *zk* Zwiebelkuchen, *zs* Zwiebelschuppen, *v* Terminalknospe, *k* Anlage einer jungen Zwiebel, *w* Wurzel. Nat. Gr.

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. $^1/_3$ nat. Gr. Nach der Natur mit Benutzung eines BAILLONschen Bildes.

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

4.) Knolle

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 (Colchicum 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 enstehen 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.

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, treiben aus einzelnen Knoten Wurzeln, die in den Boden dringen, und bilden an denselben Knoten aus den 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 besitzt. 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 ihrer halben Länge, 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 andererseits 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 ihre Sprosse grün gefärbt: so z. B. beim Besenstrauch (Spartium scoparium), der an seinen langen ruthenförmigen Zweigen nur vereinzelte, hinfällige, 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 verbreitet kommt Cuscuta Trifolii, die Kleeseide, vor, ein auf dem Klee gefürchteter Parasit, der in den Kleefeldern oft weit sichthare gelbe Flecke bildet. Bei gewissen

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

Fig. 28. Opuntia monacantha Haw. Mit Blüthe und Früchten. Nach SCHUMANN. Etwa fünf Mal verkleinert.

Fig. 29. Ampelopsis Veitchii, *RR* Sprossranken. 3/4 nat. Gr.

tropischen Parasiten aus der Familie der Rafflesiaceen wird schliesslich der Spross im Wesentlichen auf die Blüthen reducirt. So sieht man auf Sumatra die grösste der bekannten Blüthen, die bis zu 1 Meter Durchmesser erreichende Blüthe der Rafflesia Arnoldi, den Wurzeln ihrer rebenartigen Nährpflanze, einer Cissus-Art, unmittelbar aufsitzen.

Sprossranken. 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 befähigt, an ihren Enden Haftscheiben auszubilden und sich mit diesen auch an flachen Stützen zu befestigen.

7. Ranken

Sprossdornen. Eine starke Reduction der Sprosse erfolgt bei ihrer Umbildung zu Dornen. Solche Dornen dienen dem Schutz der Pflanze gegen Thierfrass. Sie treten in lehrreicher Ausbildung bei dem Schwarzdorn (Schlehdorn, Prunus spinosa), dem Weissdorn (Crataegus oxyacantha), oder den in unseren Gärten häufig cultivirten Gleditschien (Fig. 30) auf. Die Dornen sind einfach oder verzweigt, hart und scharf zugespitzt; 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, so dass Dornenbüschel entstehen. — Bei Colletia cruciata, einer strauchartigen amerikanischen Rhamnacee, die an trocknen, sonnigen Standorten wächst, sind alle Sprossachsen dornartig ausgebildet, zugleich etwas abgeflacht und grün; sie schützen nicht allein die Pflanze, sondern ersetzen auch die bald abfallenden Blättchen.

Fig. 30. Stammdorn von Gleditschia triacanthos. $^1/_2$ nat. Gr.

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 Aushöhlung. 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 einachsig (haplocaulisch) genannt. Meist kommt aber erst Achsen zweiter, dritter, vierter oder n-ter Ordnung diese Fähigkeit zu. Demgemäss ist die Pflanze zweiachsig (diplocaulisch), dreiachsig (triplocaulisch), oder n-achsig. 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 Geschlechtsorgane 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 der Sprossordnung verzweigter Pflanzen eine Arbeitstheilung vorzuliegen, die sich meist auch in einer entsprechenden, äusseren Ausgestaltung der Sprosse äussert. Sie zeigen verschiedene Tracht, 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 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 sich weiter verdicken und als Astwerk erhalten bleiben. Bei immergrünen Holzgewächsen bleiben die Blätter durch 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. 73); 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 breit pyramidale, ovale und runde Gestalten. 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 und 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 „perennirende" Staude, ♄ einen Strauch oder Baum. Für letztere Wuchsform ist auch das zweimal durchstrichene Zeichen ♄ 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 Umfanges 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.

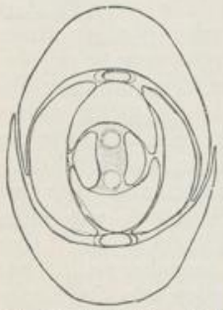


Fig. 31. Scheitelansicht eines Sprossvegetationskegels von Evonymus japonicus. Vergr. 12.

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 Wachsthum zu. Auch pflegt eine Blattanlage meist nur kurze Zeit an ihrer Spitze zu wachsen, vollzieht ihre Gliederung und Ausbildung vielmehr durch intercalares Wachsthum, 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 Scheitelwachsthum aufweisen und in akropetaler Reihenfolge ihre ganze Gliederung vollziehen. Andererseits zeigt das blattähnliche Cladodium, das wir als metamorphosirten Spross erkannten, ein begrenztes Scheitelwachsthum, ganz wie für gewöhnlich die Blätter.

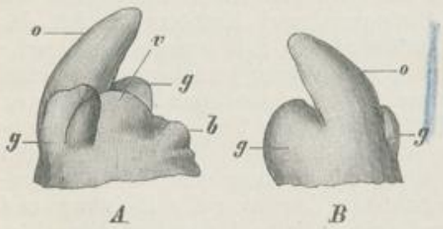


Fig. 32. Blattentwicklung bei der Feld-Ulme (Ulmus campestris). *A* Der Vegetationskegel *v*, mit zwei Blattanlagen. Die jüngste Blattanlage *b* noch ungegliedert, die nächst ältere gegliedert in Oberblatt *o* und Blattgrund *g*. *B* das ältere Blatt von *A*, schräg von aussen gesehen. Vergr. 58.

Primordialblatt ist die ungegliederte Blattanlage. < Oberblatt → Blattspreite. Blattgrund → Blattstiel. ↓ Blattscheide od. Nebenblättern

Sehen wir von den Farnen und den ihnen nächst verwandten Pflanzen ab, so lässt sich die weitere Ausbildung der Blätter bei den Cormophyten unter gewisse allgemeine Gesichtspunkte bringen. An der ungegliederten Blattanlage, die sich zunächst aus dem Vegetationskegel (Fig. 32 *A*, *v*) des Sprosses erhebt und die EICHLER [10] 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 Wachsthum 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 Blüthenblätter unterscheiden (Fig. 33). Da Niederblätter und Hochblätter oft nachweisbar Hemmungsgebilde von Laubblättern sind, so fassen wir letztere zunächst ins Auge.

Laubblätter sind diejenigen meist besonders stark entwickelten Blattgebilde, denen vor Allem die Aufgabe zufällt, für die Ernährung der Pflanze zu sorgen. Da diese Function an das Vorhandensein des grünen Farbstoffes gebunden ist, so zeigen sie demgemäss 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 somni-

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

nadelförmig
sitzend.
gestielt.
stengelumfassend.

ferum); 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 sie läuft an ihm 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 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.

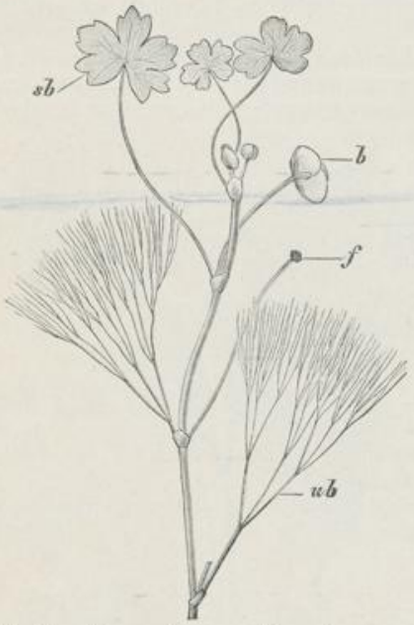


Fig. 34. Ranunculus aquatilis. *ub* untergetauchte Blätter, *sb* schwimmende Blätter, *b* Blüthe, *f* Fruchtanlage. Verkleinert.

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 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 (Fig. 35 *s*), und gegen deren Enden convergiren von der netzadrigen Nervatur (Fig. 180), 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 Atmosphärilien 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 Wasser-Hahnenfuss (Ranunculus aquatilis), 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, als Träufelspitze, nach STAHL das Abfliessen des Wassers von der Blattfläche erleichtern und damit deren schnelleres Abtrocknen befördern. Bei verschiedenen tropischen und zwar vornehmlich kletternden Gewächsen eilt, nach RACIBORSKI die Spitze des Blattes als Vorläuferspitze, der Entwicklung der Spreite

voraus und vollzieht zunächst ihre Functionen. 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 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 überein stimmend. 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 sechsblätterige Blattquirle vor sich zu haben, 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

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 Uebergangsformen 4—6 zum Laubblatt 7. *sp* Blattspreite, *s* Stiel, *nb* Nebenblätter. Etwas verkleinert.

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 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 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

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

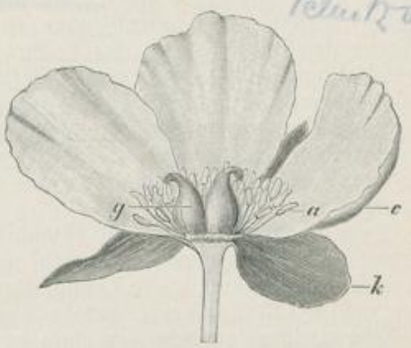


Fig. 38. Blüthe von Paeonia peregrina. *k* Kelch, *c* Krone, *a* Staubgefässe, *g* Fruchtblätter. Die vorderen Kelchblätter, Kronenblätter und Staubgefässe wurden entfernt, um die beiden, zwei getrennte Stempel bildenden Fruchtblätter zu zeigen. 1/2 nat. Gr.

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.

Hochblätter. Bracteen

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

Blüthenblätter.

Als **Blüthenblätter** gehen die Blätter endlich in den Bau phanerogamer Blüthen ein. In der höchsten Ausbildung, welche die Blüthe 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 derb, die Kronenblätter andersfarbig und zart. Die Staubblätter zeigen meist fadenförmige Gestalt, und bilden in bestimmten Behältern den Blüthenstaub oder Pollen. Die Fruchtblätter sind schuppenförmig gestaltet und schliessen meist 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 Blätter 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 [11], 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 die Achselknospen über Blattnarben stehen.

1) Knospenlage. 2) Deckung

Knospenlage und Knospendeckung. Wie Querschnitte durch die Winterknospen unserer Laubhölzer 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 zerknittert. Man nennt das ihre Knospenlage (vernatio). Andererseits sieht man die auf einander folgenden Knospenschuppen sich entweder 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 Blüthenknospen 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).

offene klappige Dachziegelige gedreht.

Die Blattstellung. An aufrecht stehenden Langtrieben mit allseitig ausgebreiteten Blättern, und mehr noch an Kurztrieben mit dicht gedrängten

vernatio. aestivatio.

Blättern fällt die Regelmässigkeit der Blattstellung unmittelbar auf. Sie 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 soll der Ort des Auftretens der neuen Anlagen durch die schon vorhandenen älteren Anlagen bestimmt werden, nur ihre Bildung als solche eine innere Ursache haben. Die neue Anlage tritt, nachdem sie sich aus dem Vegetationskegel vorgewölbt hat, meist in Contact mit den älteren. Die ursprüngliche Anordnung der Anlagen soll weiterhin, nach SCHWENDENER ([12]), durch ihren gegenseitigen Druck bei weiterem Wachsthum eine Veränderung erfahren. 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 transversalen Druck eine Verschiebung in der Querrichtung erfahren.

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.

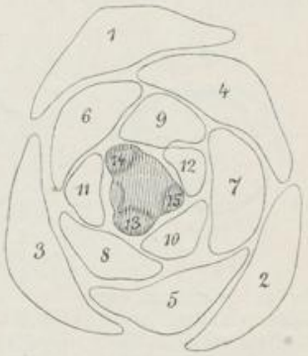


Fig. 40. Querschnitt durch eine Laubknospe von Tsuga canadensis, dicht über dem Sprossscheitel geführt, $^5/_{13}$ Divergenz. (Nach HOFMEISTER.)

Die Blattstellung soll sich auch ändern, d. h. die Blattanlagen sich anders anordnen, wenn deren Grösse, bei sich gleichbleibendem Umfang des Vegetationskegels, abnimmt, oder wenn die Blattanlagen ihre Grösse beibehalten, der Umfang des Vegetationskegels aber zunimmt. — Plötzliche Aenderungen stellen sich bei Anlage der Blüthen meist ein, während der Vegetationskegel sich rasch vergrössert, die Blattanlagen zugleich kleiner werden. — Aenderungen der ursprünglichen Stellung können ihre Ursache auch in Torsionen des Stammes haben. 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 treten endlich in manchen Fällen, so am Blüthenschaft der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis) auf, wobei die Blattanlagen schon bei ihrem Auftreten am Vegetationskegel ungleiche Grösse und unregelmässige Vertheilung zeigen. — Gegen die SCHWENDENER'sche auf Contact und Verschiebung gegründete Blattstellungslehre mehren sich neuerdings die Einwände, die Zukunft wird über ihre Berechtigung endgiltig zu entscheiden haben.

decussirte Blattstellung

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. 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 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°, die Divergenz wird mit $^1/_3$ ausgedrückt. Das Diagramm Fig. 43 führt uns die $^2/_5$-Stellung vor. Es leuchtet ein, dass in einem solchen Falle, wo der seitliche Abstand von zwei aufeinander folgenden Blättern $^2/_5$ des Stengelumfanges 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

Fig. 41. Diagramm der Liliaceenblüthe, 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.

Divergenz

Divergenzwinkel 137° 30' 28"!

sehr gedrängter Blattstellung, wie sie an Kurztrieben gegeben ist, treten aber nicht etwa diese Orthostichen, sondern steilaufsteigende 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 scharf vortreten. 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 aufweisen, 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

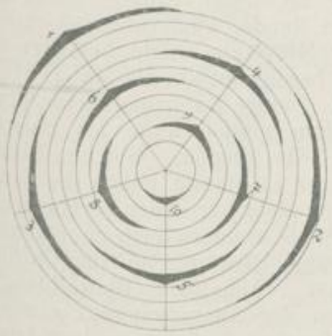


Fig. 43. Schema der $^2/_5$-Stellung. Die Blätter ihrer genetischen Aufeinanderfolge nach mit Zahlen versehen.

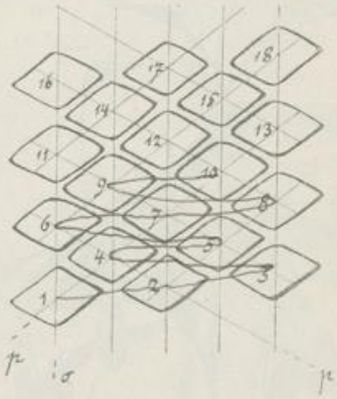


Fig. 44. Die $^2/_5$-Stellung auf der aufgerollten Oberfläche der Achse. *o* Orthostichen, *p* Parastichen. Die Blätter ihrer genetischen Aufeinanderfolge nach mit Zahlen versehen.

$1/2 + 1/3 = \frac{2}{5}$ $\frac{1}{3} + \frac{2}{5} = \frac{3}{8}$

ihnen die Reihe $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$ u. s. w. bilden, wobei man jeden folgenden Bruch durch Addiren der Zähler und Nenner der beiden vorhergehenden erhält. Die Glieder dieser Reihe sind Näherungswerthe des Kettenbruches $^1/_2 + ^1/_1 + ^1/_1 + ^1/_1 \ldots$ sie bewegen sich zwischen $^1/_2$ und $^1/_3$ der Stengeloberfläche, differiren von einander immer weniger und nähern sich immer mehr einem Divergenzwinkel von 137° 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 der sich diese 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 $^2/_5$-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 überflüssig erscheint. Ebenso wenig versucht man es noch, die Spiraltheorie auf dorsiventrale Sprosse auszudehnen, seitdem man nicht mehr in der Blattstellung nach einem idealen Spiralgesetze sucht. Die dorsiventralen Sprosse sind 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 durch eine Zickzacklinie verbinden.

Fig. 45. Nepenthes robusta. Gewächshauspflanze. 1/9 nat. Gr.

Metamorphose der Laubblätter. Von den gewohnten Laubblattformen weichen schon solche Blätter auffällig ab, deren Spreite nicht mit ihrem Rande, sondern annähernd in ihrer Mitte am Stiele befestigt ist. Man bezeichnet sie als schildförmig. Unsere Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus) kann als Beispiel (Fig. 181) dienen. Solche Blätter kommen zu Stande, indem die junge Spreite nicht nur in der Verlängerung des Stiels, sondern auch in entgegengesetzter Richtung an ihm vorbeiwächst. 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 (Fig. 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

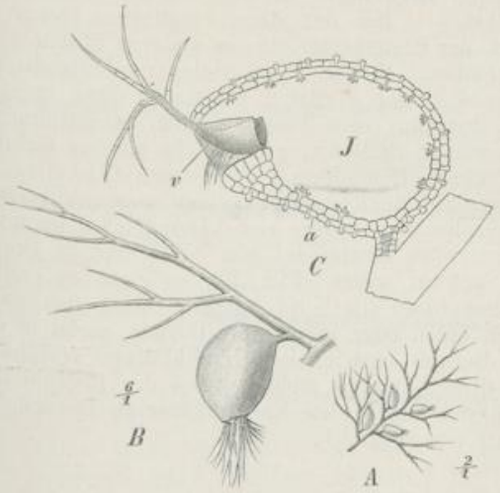


Fig. 46. Utricularia vulgaris. Bei *A* ein Blattstück mit mehreren Blasen. Vergr. 2. Bei *B* ein Fiedertheil des Blattes mit Blase. Vergr. 6. Bei *C* eine Blase im Längsschnitt. Vergr. ca. 28. *C* nach Goebel. In *Cv* Klappe, *a* Blasenwandung.

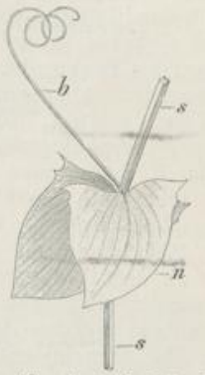


Fig. 48. Stengelstück der Ranken-Platterbse (Lathyrus Aphaca). *s* Stengel, *n* Nebenblätter, *b* Blattranke. 1/2 nat. Gr.

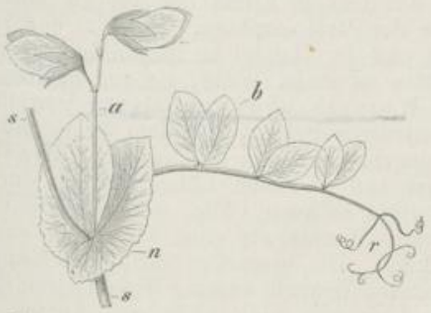


Fig. 47. Stengelstück und Blatt der gemeinen Erbse (Pisum sativum). *s* Stengel, *n* Nebenblätter, *b* Blättchen des einfach gefiederten Blattes, *r* die zu Ranken ausgewachsenen Blättchen, *a* der Blüthen tragende Achselspross. 1/2 nat. Gr.

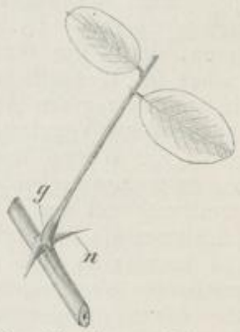


Fig. 49. Stammstück von Robinia Pseudacacia mit dem unteren Theile eines gefiederten Blattes und den zugehörigen, in zwei Dornen verwandelten Nebenblättern *n*. *g* Gelenkpolster. 1/2 nat. Gr.

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 Küchenerbse mit der Rankenplatterbse

Phyllodium stellt einen metamorphosirten Blattstiel dar.
Cladodium stellt einen metamorphosirten Spross dar.

ist phylogenetisch lehrreich, indem er uns gewissermaassen den Weg zeigt, den der Reductionsvorgang der Blattspreite durchschritt, um jenen Grad zu erreichen, wie er bei der Rankenplatterbse gegeben ist. Andererseits klären uns beide Fälle mit Ampelopsis (Fig. 29) verglichen, über den morphologischen Unterschied von Sprossranken und Blattranken auf und zeigen so deutlich den Werth der Ergebnisse, zu welchen die vergleichend morphologische Forschung führt. — Bei der Rankenplatterbse 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 Aussehen einer lanzettförmigen Blattspreite. Abgesehen von seiner Stellung, gleicht 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 Sprosse kennen gelernt haben (Fig. 30), so giebt es endlich auch Blattdornen. Beim Sauerdorn (Berberis vulgaris) wird das ganze Blatt an den Hauptsprossen in einen oder in mehrere Dornen, meist in drei umgestaltet und man sieht die mit entwickelten 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).

Spross ranken
Ampelopsis
Blattranken
Prunus sabr.
Rathymus apha
Sprossdorn
Prunus spinosa
Blattdornen
Berberis vulgaris

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 Wurzelhaube bedeckte Vegetationskegel und der Mangel an Blattbildungen charakterisiren die Wurzel und gestatten es meist leicht, sie von unterirdischen Sprossen zu unterscheiden. Die Wurzelhaube oder Calyptra gewährt dem Vegetationskegel 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 Wurzelspitze 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). Für Wurzeln bezeichnend sind auch die Wurzelhaare (*r* in Fig. 53), welche den meisten unter ihnen zukommen, doch auch fehlen können, so vielfach bei den Nadelhölzern. Die Wurzelhaare 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.

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 sie, so wie die Gabelung der Sprosse (S. 15), auf die Lycopodineen beschränkt. 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 es bei den Seitensprossen im Verhältniss zu dem Vegetationspunkt ihres Muttersprosses der Fall ist. 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. Ueber ihre Anlage entscheidet das vorhandene Bedürfniss. Besonders zahlreich finden sie sich an der Unterseite der im Boden wachsenden Rhizome (Fig. 22 *w*) ein. Ein bevorzugter Ort ihrer Enstehung, soweit die äusseren Bedingungen es zulassen, sind auch die Stengelknoten. In feuchten Boden gesteckte, abgeschnittene Sprosse oder Sprossstücke 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.

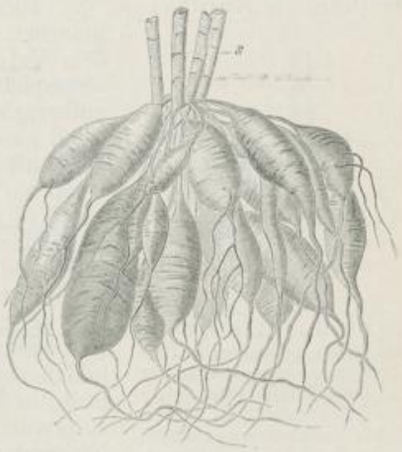


Fig. 50. Wurzelknollen der Georgine (Dahlia variabilis). Bei *s* die unteren Theile der abgeschnittenen Stengel. 1/5 nat. Gr.

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 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 Monocotyledonen, aber auch zahlreicher dicotyler Stauden, beruht vorwiegend auf Adventivwurzeln, die in grosser Zahl den im Boden befindlichen Stamm-

theilen 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 (t') und eine jüngere Knolle (t''). Die ältere hat bereits einen Blüthenspross (b) erzeugt und ist im Schrumpfen begriffen. Die jüngere entstand an der Basis dieses Sprosses in der Achsel eines Niederblattes (s) und bildete die Adventivwurzeln, die mit einander vereinigt blieben und anschwollen, um den Knollenkörper zu erzeugen. Wurzeln von gewohntem 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 [13]. 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 Angreecum 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. Eine ähnliche Aufgabe fällt auch den abgeflachten, dorsiventralen, chlorophyllhaltigen Wurzeln der tropischen Podostemonaceen zu [14], eigenartigen Phanerogamen von z. Th. lebermoosartigem Aussehen, die im System meist in der Nähe der Saxifragaceen untergebracht werden. — Ausschliesslich Haftwurzeln besitzen viele Bromeliaceen, deren Blätter nicht allein die Arbeit der Assimilation, sondern auch die gesammte Wasseraufnahme besorgen. Alle Luftwurzeln der Epiphyten sind ihrem Ursprung nach Adventivwurzeln.

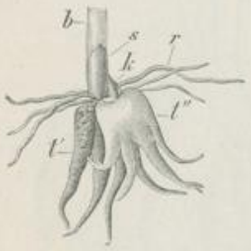


Fig. 51. Orchis latifolia. t' die alte Wurzelknolle, t'' die junge Wurzelknolle; b Blüthenspross, k Knospe, an der die neue Knolle entstand, s das Niederblatt, in dessen Achsel die Knospe k entstand, r gewöhnliche Adventivwurzeln. $^1/_2$ nat. Gr.

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 welchem 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 warzenförmige 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 Blüthen 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.

Emergenzen. Die unter dieser Bezeichnung, beziehungsweise jener von Haargebilden oder Trichomen, zusammengefassten Auswüchse des Pflanzenkörpers, sind hingegen einander nicht homolog. Die Bezeichnung Emergenzen kann somit den Anspruch nicht erheben, einen phylogenetischen Werth zu besitzen. Sie vereinigt die heterogensten Gebilde, die als solche sowohl dem Thallus wie dem Cormus eigen sein können. Man hat dieser Kategorie von Gebilden die Rhizoide zugezählt, die als feine Fäden den Thallus vieler Thallophyten und auch den Cormus cormophyter Bryophyten am Substrat befestigen; nicht minder die massigeren Haftorgane, welche derselben Aufgabe bei vielen braunen Algen (Fucaceen und Laminariaceen) dienen, so wie auch die Behälter der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fortpflanzungszellen (Sporangien und Geschlechtsorganen), die als mikroskopisch kleine Gebilde dem Körper der Cryptogamen entspringen. Zu den Emergenzen gehören, dieser Begriffsbestimmung nach, auch die Haare, Stacheln, Drüsen, welche der Körper der höher organisirten Pflanzen an seiner Oberfläche trägt, sowie, im Extrem, die „Hapteren", eigenartige Haftorgane, welche den Nährwurzeln der zuvor genannten Podostemonaceen zukommen. Mit solchen zunächst kegelförmigen, dann sich abflachenden und in Lappen am Substrat ausbreitenden Gebilden sind jene Wurzeln an Steinen in stark fliessenden Gewässern befestigt. Auch die Sprosse der Podostemonaceen entspringen diesen Wurzeln. Die Hapteren der Podostemonaceen sind dadurch besonders lehrreich, weil sie zeigen, dass es ansehnlich ausgestaltete Gebilde am phanerogamen Pflanzenkörper geben kann, die weder vom Spross noch von der Wurzel abzuleiten sind. Thatsächlich liegt kein Grund vor, dass nicht auch Auswüchse des Pflanzenkörpers sich besonderen Aufgaben hätten anpassen sollen[15].

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 Studium 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 differenzirt 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. 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, wie wir später sehen sollen, 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 dann zu dem

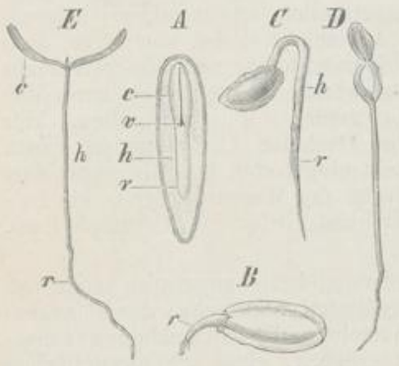


Fig. 52. Thuja occidentalis. Bei *A* medianer Längsschnitt durch den reifen Samen, bei *B* bis *E* Keimungsstadien. *h* Hypocotyl, *C* Cotyledonen, *r* Radicula, *v* Stammvegetationskegel. *A* 5 Mal, *B* und *C* 2 Mal vergr. *D* und *E* nat. Gr.

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 Phanerogamen, wo umgekehrt die geschlechtliche Generation innerhalb der ungeschlechtlichen eingeschlossen bleibt.

Der als Keimung bezeichnete Abschnitt in der Entwicklung der Pflanze ist bei den Phanerogamen in bestimmter Weise abgegrenzt, 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 ihn 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 vorgerückteren Keimungszustand, bei *D* die Abstreifung der Samenschale, 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.

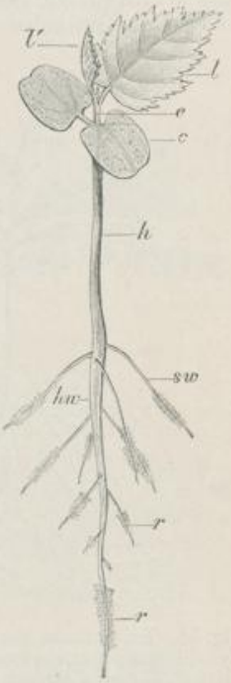


Fig. 53. Keimpflanze von Carpinus Betulus. *h* Hypocotyl, *c* Cotyledonen, *hw* Hauptwurzel, *sw* Seitenwurzeln, *r* Wurzelhaare, *e* Epicotyl, *l* und *l'* Laubblätter. Nat. Gr.

Eine höher organisirte Pflanze, die mit tiefsten Bildungsstufen ihre Entwicklung beginnt und erst allmählich zu höherer Gliederung gelangt, wiederholt so in ihrer Ontogenese gewissermaassen 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 zeitiger sich ein Merkmal in der Keimentwicklung, je früher 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 an dieser sogenannten Jugendform[16] 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 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 sichtbare Anhaltspunkte 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 reducirte 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

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. $^1/_2$.

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.)

Robert Hooke 1667

I. Zellenlehre.

A. Zelle.

1. Bau der Zelle.

Alle Pflanzen werden, so wie die Thiere, aus Elementarorganen aufgebaut, die wir als Zellen bezeichnen. Im Gegensatz zu den thierischen Zellen sind ausgeprägt pflanzliche Zellen mit festen Häuten umgeben, daher scharf von einander abgegrenzt. Dieser Umstand hat es auch bedingt, dass die Entdeckung der Zellen bei den Pflanzen erfolgte, doch war das was man zunächst sah, nur ihre 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 neben 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 fällt dieser Ruhm zwei anderen Gelehrten zu, dem Italiener Marcello Malpighi und dem Engländer Nehemiah Grew, deren Werke fast gleichzeitig, wenige Jahre nach Hooke's Mikrographie, erschienen. Der lebende Inhalt der Zellen, der eigentliche Zellleib oder Zellkörper, wurde in seiner Bedeutung erst in der Mitte des vorigen 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. Sachs

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

Untersuchen wir bei starker Vergrösserung, auf zarten Längsschnitten, den Sprossscheitel einer phanerogamen Pflanze, wie wir ihn zuvor schon

Sachs. Würzburg.

Zellwand — hauptsächl. Kohlehydrate C. H. O.
Zellinhalt — Eiweisstoffen. N.

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.

Zellkern. Kern.
Cytoplasma.
Chromatophoren.
Protoplasma.
Plasma.

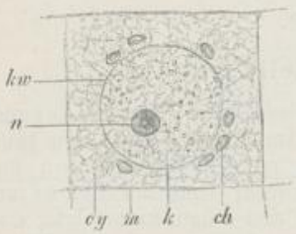


Fig. 56. Embryonale Zelle aus dem Vegetationskegel einer phanerogamen Pflanze, *k* Zellkern, *kw* Kernwandung, *n* Kernkörperchen, *cy* Cytoplasma, *ch* Chromatophoren, *m* Zellwandung. Etwas schematisirt. Vergr. ca. 1000.

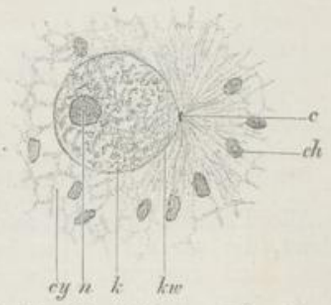


Fig. 57. Ein Zellkern und das ihn zunächst umgebende Cytoplasma *cy* aus einer Zelle der Keimpflanze der braunen Meeresalge Fucus serratus. *k* Zellkern, *kw* Kernwandung, *n* Kernkörperchen, *c* Centrosom, *ch* Chromatophoren. Vergr. ca. 1000.

In thierischen Zellen haben neuere Untersuchungen ausser den eben genannten Bestandtheilen des Protoplasma, in unmittelbarer Nähe des Kerns, meist auch noch die Existenz eines kleinen Gebildes nachgewiesen, das man als Centralkörper, Centrosom oder Attractionssphäre bezeichnet. Aehnliche Gebilde gelang es auch im Pflanzenreich in den Zellen niederer Cryptogamen nachzuweisen (Fig. 57 *c*), während ihre Existenz in den Zellen der höheren Cryptogamen und Phanerogamen streitig ist[17].

Die beiden wesentlichsten Bestandtheile des Protoplasma sind der Kern und das Cytoplasma, und auf ihrer Wechselwirkung beruhen die Lebensfunctionen der Zelle. Doch ist für die niedersten Gewächse, Spaltalgen (Cyanophyceen) und Bacterien, diese Arbeitstheilung im Protoplasma, im Besonderen das Vorhandensein von Zellkernen noch unsicher[18]. Dem Protoplasma der Bacterien[19] und der Pilze fehlen bestimmt 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 Safträume 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 wässerigem 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 meist ein Zustand erreicht, wo nur noch ein einziger grosser, mit Zellsaft erfüllter Hohlraum, der Saftraum (*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 Saftraum von Strängen und Fäden aus Cytoplasma durchsetzt bleiben und der Kern dann innerhalb dieser aufgehängt sein. Auch dann ist 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 von Mohl als Primordialschläuche bezeichnete.

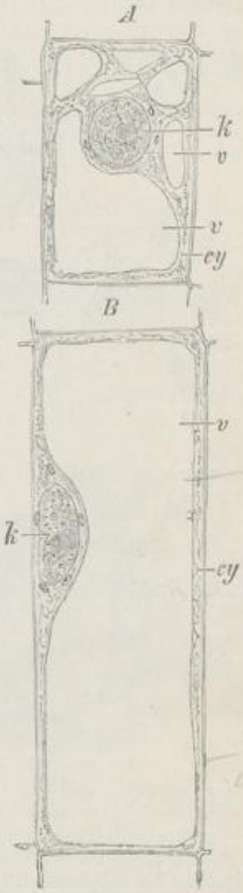


Fig. 58. Zwei getrennte Zellen in steigender Entfernung vom Vegetationspunkt, einem phanerogamen Sprossscheitel entnommen. *k* Kern, *cy* Cytoplasma, *v* Vacuolen bezw. Saftraum. Etwas schematisirt. Vergr. ca. 500.

In todten Zellen findet man nur Plasmareste; es können auch diese vollständig geschwunden sein. Solche todte 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 todte Zellräume könnte die höher organisirte Pflanze nicht auskommen, denn sie bilden ihre Wasserbahnen und tragen zu ihrer mechanischen Festigung bei. Das Kernholz unserer Bäume besteht ausschliesslich aus Wandungen todter 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, die Schleimpilze oder Myxomyceten, die durch einen Entwicklungszustand ausgezeichnet sind, auf welchem ihr Protoplasma in grösseren nackten Massen, den sogen. 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 sprengt 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 Sporeninhalt erzeugte Schwärmspore 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 Natur. Jetzt kennt man contractile Vacuolen auch in den Schwärmsporen zahlreicher grüner Algen, an deren Zugehörigkeit zum Pflanzenreich nicht zu zweifeln ist.

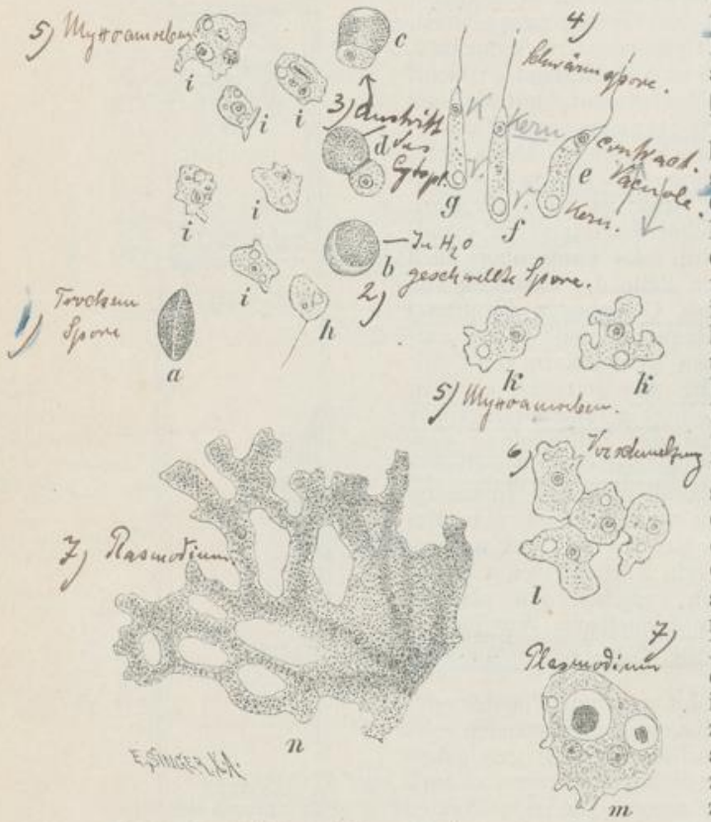


Fig. 59. Chondrioderma difforme. *a* eine trockene, zusammengefaltete Spore, *b* eine geschwellte Spore, *c* und *d* Austritt des Inhalts aus der Spore, *e*, *f* und *g* Schwärmsporen, *h* Uebergang der Schwärmspore zur Myxoamoebe, *i* jüngere, *k* ältere Myxoamoeben, *l* aneinander liegende Myxoamoeben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

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 Amoeben gleicht. In diesem Zustande verändern sie auch fortdauernd, gleich Amoeben, 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 Amoeben alsbald sich an einander zu legen (*l*) und zu verschmelzen. So entsteht das Plasmodium (*n*).

Während die einzelnen Amoeben, aus welchen das Plasmodium hervor-

Myxomycelen. Hyaloplasma. Körnerplasma.

geht, 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 Amoeben wie der Plasmodien weist eine glashelle 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 lebhafter 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, soweit es deren Natur zulässt, auch zu verdauen.

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 wachsartiger Consistenz. Nach Monaten, manchen Angaben zufolge selbst nach Jahren, lassen sich nach entsprechender Befeuchtung 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 zurückerlangen.

Das Protoplasma ist nicht ein einheitlicher chemischer Körper, es stellt vielmehr eine grosse Zahl 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° C. liegen, in Spaltpflanzen (Spaltalgen und Spaltpilze) oft erst bei 75° 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 (Bacterien) halten Temperaturen bis 105° 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 Proteïnverbindungen 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. Xanthoproteïn-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 untersuchen will, 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 Nucleïne, 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 Hülfsmittel der mikroskopischen Forschung für die Unterscheidung verschiedener Bestandtheile des Protoplasma ist das Färbungsverfahren geworden. Sein Werth beruht darauf, dass die verschiedenen Bestandtheile des Protoplasma mit ungleicher Begierde Farbstoffe aufspeichern und mit verschiedener Kraft festhalten. Eine Anzahl von Farbstoffen wird erst vom todten Protoplasma merklich gespeichert, gewisse Anilin-Farbstoffe dringen aber in geringen Mengen auch in den lebendigen Protoplasten ein. Zur Färbung der fixirten pflanzlichen Protoplasten bedient man sich vornehmlich der Carminlösungen, des Haematoxylins, des Safranins, des Jodgrüns, des Säurefuchsins, Eosins, Gentianaviolets, Orange, Methylenblaus und Anilinblaus. Die verschiedenen Theile des Protoplasma färben sich alsdann 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.

Metaplasma

Das Cytoplasma. Das Cytoplasma der umhäuteten pflanzlichen Zellen ist, so wie dasjenige der Amoeben 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 beispielsweise die Bildung von Geisseln an Schwärmsporen (S. 45) 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 Lebenszähigkeit aus. Man kann mit 10 procentiger Salpeterlösung das übrige Cytoplasma tödten, während die Vacuolenwände zunächst lebendig bleiben. Da der Saftdruck in der Zelle unter der Herrschaft dieser Vacuolenwände steht, so nennt sie Hugo de Vries (19) Tonoplasten.

Hyaloplasma. Körnerplasma. Vacuolenwände. 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.

Mikrosomen. Physoden.

Wie in den nackten Amoeben und Plasmodien der Schleimpilze, so zeigt auch in behäuteten 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 Geissel-

äußere. innere Ciliembewegung. Circulation. Rotation.

bewegung an den Schwärmsporen, die in einer Schwingung feiner Cytoplasmafäden bestand, die äussere Gestaltsveränderung an den Amoeben und Plasmodien, die sie zu einer kriechenden Bewegung befähigt, endlich eine innere Strömung. In den behäuteten 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 Saftraum. 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 Saftraum 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), Süsswasserpflanzen, deren lange Gliederzellen in der Gattung Nitella zugleich sehr günstige Objecte für die Beobachtung auffälliger Rotationsströmung abgeben.

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

Cytoplasma, das mit entsprechenden Mitteln fixirt wurde (S. 47), zeigt mehr oder weniger deutlich einen wabigen Bau. Zwischen den Waben kann man unter Umständen auch Fäden verlaufen sehen (Fig. 57). So scheinen 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 differenziren.

Waben für Alveolarplasma und Fäden- oder Filarplasma.

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

Zellkern.

Der Zellkern 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 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; sie ist eine 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, meist aber so langsam, dass sie sich der directen Beobachtung entziehen.

1) Linin.
2) Chromatin.
3) Kernkörperchen oder Nucleolen.
Kernhöhle.
Kernsaft.
Kernwandung.

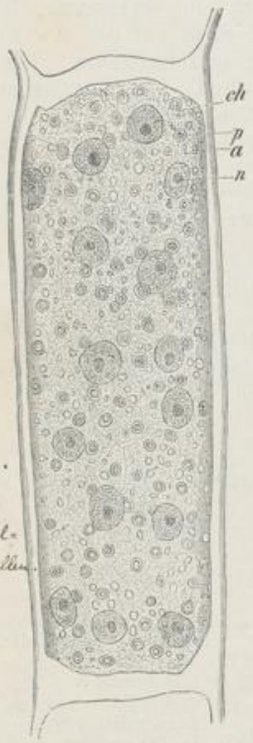


Fig. 61. Eine Zelle von Cladophora glomerata, nach einem mit 1% Chromsäure fixirten und mit Carmin tingirten Präparate. *n* Kerne, *ch* Chromatophoren, *p* Amylumherde, *a* Stärkekörnchen. Vergr. 540.

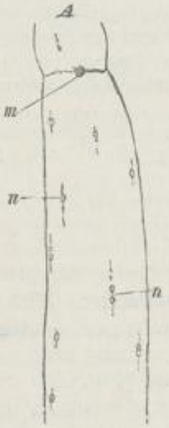


Fig. 62. Zwei Stücke aufeinander folgender Zellen einer Hyphe aus dem Stiel des Fruchtkörpers von Psalliota arvensis. *n* Kerne, *m* Tüpfel. Vergr. 540.

Fast ausschliesslich haben wir es im Aufbau der Cormophyten nur mit einkernigen Zellen zu thun; bei den Thallophyten hingegen sind vielkernige Zellen sehr verbreitet und bei den Pilzen und den Schlauchalgen (Siphoneen) herrschen sie vor. Der ganze Organismus wird alsdann entweder von einer einzigen solchen vielkernigen Zelle gebildet, die bei einigen Schlauchalgen eine weitgehende äussere Gliederung erlangt hat (Fig. 253), oder er besteht aus einer grösseren Zahl vielkerniger Zellen in gegenseitiger Verbindung. So folgen vielkernige Zellen, zu einem Faden verbunden, auf einander, bei der uns schon bekannten Süsswasseralge Cladophora glomerata (S. 9, Fig. 6). Jede Zelle des Fadens lässt, nach entsprechender Behandlung, in den äusseren Theilen ihres Cytoplasma zahlreiche Kerne erkennen (Fig. 61).

Cormophyten nur einkernige Zellen.
Thallophyten vielfach vielkernige Zellen.

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 geringe Grösse aus.

Hyphen.

Die Centrosomen. Bei den niederen Cryptogamen (Thallophyten und

Centrosomen.

Bryophyten) gelang in einer Anzahl von Fällen der Nachweis dieser Gebilde, denen in thierischen Zellen allgemeine Verbreitung zukommt und die vielfach dort als Centralkörper bezeichnet werden. Sie sind meist sehr klein (Fig. 57) und erlangen nur bei manchen Pilzen eine etwas bedeutendere Grösse. In den Zellen der höher organisirten Gewächse sind Centrosomen bisher nicht nachgewiesen worden. Ihnen ähnliche Gebilde treten aber während der Anlage der beweglichen männlichen Geschlechtsproducte, der Spermatozoiden, bei den Pteridophyten und einem Theile der Gymnospermen auf [20] und gehen dort in den Aufbau der Spermatozoiden ein.

Die Chromatophoren [21]. In den embryonalen Zellen der Keimanlagen und Vegetationspunkte stellen die Chromatophoren kleine farblose, stark lichtbrechende Gebilde dar, die sich, vornehmlich in der Nähe des Zellkerns (Fig. 56 *ch*) aufhalten. Sie können dieses Aussehen auch in älteren Zellen behalten (Fig. 110 *A*, *l*), oder erfahren dort eine weitere Ausbildung zu Chloroplasten, Leucoplasten oder Chromoplasten, die, als Gebilde gleichen Ursprungs, unter der Bezeichnung Chromatophoren zusammengefasst werden.

Chloroplasten. In peripherischen dem Lichte ausgesetzten 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 Thallophyten entgegen. Bei den niederen Algen sind aber auch anders gestaltete Chlorophyllkörper verbreitet, von bandförmiger (Fig. 240 *c*), 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 oder zwei grüne Farbstoffe, das eigentliche Chlorophyll und das Allochlorophyll, und zwei gelbe, das Chrysophyll und das Xanthophyll, in Lösung hält. Mit Alkohol lassen sich diese Farbstoffe extrahiren, der Chlorophyllkörper bleibt farblos zurück.

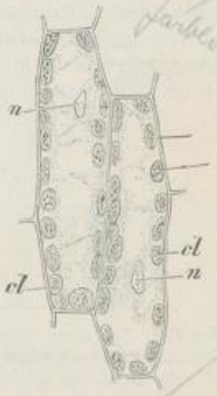


Fig. 63. Zwei Zellen mit Chlorophyllkörnern (*cl*) aus dem Blatt des Laubmooses Funaria hygrometrica. *n* Zellkerne. Vergr. 300.

Am schnellsten lässt sich eine intensive Chlorophylllösung aus Laubblättern erhalten, die man mit siedendem 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 eine alkoholische Chlorophylllösung mit Benzin geschüttelt, so sammelt sich letzteres, wie Kraus zuerst zeigte, als grüne Lösung über dem gelben Alkohol an. — Wenn ein Sonnenstrahl durch eine mässig dicke Schicht alkoholischer Chlorophylllösung geleitet und dann durch ein Glasprisma zerlegt wird, so zeigt das Sonnenspectrum, nach Kraus, 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. — Nach neueren Untersuchungen von Marchlewski und C. A. Schunck [22] sind in dem alkoholischen Extract von Blättern die schon erwähnten zwei grünen Farbstoffe vertreten. Der eine fehlt nie, er stellt das eigentliche Chlorophyll vor, der andere, der als Allochlorophyll

bezeichnet wird, liess sich in einigen Pflanzenarten nicht nachweisen. Das eigentliche Chlorophyll ist durch drei Absorptionsbänder im weniger brechbaren Theile des Spectrums und drei im stärker brechbaren ausgezeichnet, für Allochlorophyll ist bis jetzt nur ein Absorptionsband im Roth sichergestellt, dessen Lage ungefähr der des ersten Absorptionsbandes des Chlorophylls entspricht. — Von den beiden gelben Farbstoffen der Chloroplasten krystallisirt, nach C. A. SCHUNCK[23], das Chrysophyll in glänzenden rothen Krystallen aus, während das Xanthophyll amorphe Massen bildet. — Die Menge des bei grünen Pflanzentheilen vorhandenen Chlorophyllgrüns ist nur gering. TSCHIRCH[24] 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.

Aus den Untersuchungen von MARCHLEWSKI und von NENCKI hat sich eine chemische Verwandtschaft des Chlorophylls mit dem Haemoglobin der rothen Blutkörperchen ergeben, eine Thatsache, der eine hohe theoretische Bedeutung zukommt[25].

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

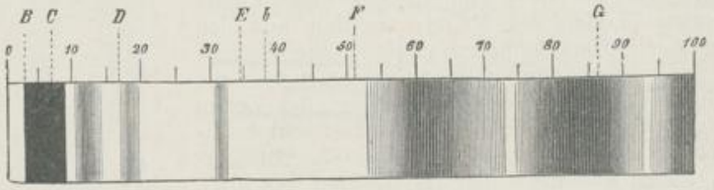


Fig. 64. Spectrum der alkoholischen Chlorophylllösung aus Laubblättern. Nach KRAUS. Die Absorptionsstreifen sind im minder brechbaren Theile (*B—E*) nach einer concentrirteren, im stärker brechbaren nach einer verdünnteren Lösung eingetragen.

Algenfarbstoffe:
blau. Phycocyan. bei einigen Algen.
Phycophaein braun.
Phycoerythrin rot.

dem Chlorophyllgrün und den dasselbe begleitenden gelben Farbstoffen, auch einen blauen Farbstoff, das Phycocyan, die braunen Meeresalgen einen braunen, das Phycophaein, die rothen Meeresalgen einen rothen, das Phycoerythrin. Diese specifischen 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.

Bevor die Blätter der Holzgewächse im Herbst abgeworfen werden, wandert ihr Zellinhalt mehr oder weniger 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.

Pilze keine Chromatophoren.

Alle Chromoplasten u. Chloroplasten gehen aus Leucoplasten hervor.

2) **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 Innern eingeschlossenen Eiweisskrystalls. Dem Lichte ausgesetzt, wandeln sie sich häufig in Chloroplasten um; so in den äusseren Partien von Kartoffelknollen.

2) Leucoplasten. In inneren Theilen der Pflanze.

3) **Chromoplasten.** In vielen Blumenblättern und Früchten gehen entweder direct aus den farblosen Anlagen, oder aus zuvor ausgebildeten 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). 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. 66) und denen es auch die gelbrothe Färbung verleiht. Das Carotin neigt zum Auskrystallisiren 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 auch in den Chromoplasten stets im amorphen Zustande vertreten.

3) Chromoplasten.

amorph
Xanthophyll.
Carotin.
Krystallisirend.
Krystallähnliche Formen

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

Fig. 66. Farbkörper aus der Möhre, zum Theil mit Stärkeeinschlüssen. Vergr. 540.

Anlage und Bau der Zellhaut (26). 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, scheiden eine dünne Zellhaut auf ihrer Oberfläche aus und verlängern sich dann weiter meist zu einem Zellfaden. Auch die höher organisirten Pflanzen beginnen ihre Entwicklung mit einer nackten Eizelle, die ohne Zellhaut ist und erst nach vollzogener Befruchtung eine solche erhält. Auf allen folgenden Entwicklungszuständen sind die pflanzlichen Zellen von Zellhäuten (Zellwandungen, Membranen) umgeben. Daher fanden wir auch schon die Zellen der Vegetationspunkte durch äusserst dünne Wandungen von einander getrennt. Bei der raschen Vermehrung der Zellen, die dort erfolgt, werden neue Scheidewände zwischen die vorhandenen fortdauernd eingeschaltet. Das ausgiebige Längenwachsthum, das sich in einiger Entfernung von den Vegetationspunkten einzustellen pflegt, muss von einem entsprechenden Flächenwachsthum der Zellhäute begleitet sein. Während dieses Flächenwachsthums bleiben die Zellhäute dünn. Nachdem aber die Zellen ihre definitive Länge erreicht haben,

Zellhaut
Product des Protoplasma.

Eizelle nackt, erhält erst nach vollzogener Befruchtung eine Haut

stellt sich für gewöhnlich ein Dickenwachsthum ihrer Zellhäute ein. Das Flächenwachsthum der Zellhaut ist entweder mit Substanzeinlagerung verbunden, oder erfolgt ohne diese. Im letzten Falle muss die Zellhaut dünner werden, doch findet dann ihre Verstärkung durch Anlagerung neuer Membranlamellen statt. Das Wachsthum durch Substanzeinlagerung wird als Intussusceptionswachsthum, dasjenige durch Substanzanlagerung als Appositionswachsthum bezeichnet. Das spätere Dickenwachsthum der meisten Zellhäute erfolgt durch Substanzanlagerung und zwar durch Anlagerung neuer Membranlamellen. So kommt die Schichtung solcher Membranen zu Stande (Fig. 67). 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 verstärkt, wobei sie auch Structuränderungen 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 Verdickungsschichten 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.

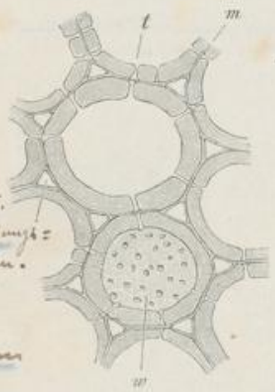


Fig. 67. Stark verdickte Zellen aus dem Marke eines älteren Stammstückes von Clematis vitalba. *m* Mittellamelle, *i* Intercellularraum, *t* Tüpfel. In der einen Zelle ist die untere getüpfelte Wand *w* zu sehen. Vergr. 300.

Fig. 68. Theil einer Sklerenchymfaser von Vinca major. 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.

Durch Quellung in starken Säuren oder Alkalien kann man oft in scheinbar homogenen Zellhäuten Schichtung nachweisen. In manchen Fällen zeigen sich die Verdickungsschichten einer Membran, wenn sie von der Fläche aus betrachtet werden, gestreift. Diese Streifen pflegen schräg zur Längsachse der Zelle aufzusteigen und zeigen in aufeinander folgenden Verdickungsschichten meist entgegengesetzte Neigung. (Fig. 68). — Bei der Bildung bestimmter Fortpflanzungszellen, so der Sporen von Bryophyten, Pteridophyten und der Pollenkörner, legt jede der neu erzeugten Zellen eine eigene Zellhaut an, die getrennt von den vorhandenen Zellhäuten entsteht und weiterhin 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 thatsächlich 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

Generationswechsel.

Unter Generationswechsel versteht man eine Fortpflanzungsart, daß eine geschlechtliche Fortpfl. regelmäßig abwechselt mit einer ungeschlechtlichen.

1) Moosen: Muscineen. Hepaticae. Musci.

Fertige Moospflanzen mit Geschlechtsorganen.

Aus der befruchteten Eizelle geht hervor die:

Antheridien. Archegonien.
↓ chemotakt. Beweg.
männliche. Cilien. Spermatozoiden. — weibliche Organe Flaschenförmig. Gebilde. Hals. Bauch.

Sitzt in Archegonium bleibt also seit Lebens mit der geschlechtlichen Generation verbunden. ← Moorscapsel. Sporogon.
Fuß, Stiel, capselartiger Sporenbehälter.

Eigne Sporen. sind kleinen und es entsteht entweder bei den Hepaticae direct:

a) Ein Lebermoos ~~Forma~~ oder die:
b) ~~Protonema~~ Protonema und Protonema
Daraus ein
c) Laubmoos.

Protonema nur bei den meisten Laubmoosen ein Thallusartiges Gebilde (mit Chlorophyll.) mit Rhizoiden (farblos) befestigt. Unter den Verzweigungsstellen des Protonema entstehen kleine Knospen aus denen die definitive Moospflanze hervorgeht.

Protonema und Laubmoos oder Lebermoos (allein) stellen die geschlechtliche Generation vor.

Sporogon oder Moorscapsel geht aus dem befruchteten Ei ein Embryo hervor und liefert zahlreiche einzellige Sporen, die aus der Kapsel entleert werden. Das Sporogon ist die ungeschlechtliche Generation, bleibt aber immer mit der geschlechtl. verbunden (im Archegoniumbauch.)

Die Befruchtung der Archegonien durch Spermatozoiden erfordert Wasser, da die letzteren durch chemotaktische Bewegung in das Archegon. gelangen.

Rhizoide. Reitbündel. (gestreckte Zellen.)
Befestigung.

Saugröhren dienen der Einwässerung.

Generationswechsel.

Unter Generationswechsel versteht man eine Fortpflanzung derart, daß eine geschlechtliche Fortpfl. regelmäßig abwechselt mit einer ungeschlechtlichen.

1) Moosen: Muscineen. Hepaticae. Musci.

Fertige Moospflanzen mit Geschlechtsorganen.

Antheridien. Archegonien.

männliche: Chemotaktl. Beweg. Cilien. Spermatozoiden.

weibliche Organe: Flaschenförmig. Gebilde. Hals. Bauch.

Aus der befruchteten Eizelle geht hervor die:

Moouscapsel. Sporogon.

Fuß, Stiel, capselartiger Sporenbehälter.

sitzt in Archegonium bleibt also mit der geschlechtlichen Generation verbunden.

Eine Sporen. Diese keimen und es entsteht entweder bei den Hepaticae direct:

a) Ein Lebermoos ~~[illegible]~~ oder die:

b) ~~Protonema~~ Protonema und Protonema

Daraus ein

c) Laubmoos.

Protonema nur bei den meisten Laubmoosen ein Thallusartiges Gebilde (mit Chlorophyll.) mit Rhizoiden (farblos) befestigt. Unter den Verzweigungsstellen des Protonema entstehen kleine Knospen aus denen die definitive Moospflanze hervorgeht.

Protonema und Laubmoos oder Lebermoos (allein) stellen die geschlechtliche Generation vor.

Sporogon oder Moouscapsel geht aus dem befruchteten Ei ein Embryo hervor und liefert zahlreiche einzellige Sporen, die aus der Kapsel entleert werden. Das Sporogon ist die ungeschlechtliche Generation, bleibt aber immer mit der geschlechtl. verbunden (im Archegoniumbauch.)

Die Befruchtung der Archegonien durch Spermatozoiden erfordert Wasser, da die letzteren durch chemotaktische Bewegung in das Archegon. gelangen.

Rhizoide. Reitbündel. (gestreckte Zellen.)
Befestigung.

Bei allen Bryophyten und Pteridophyten ist Generationswechsel vorhanden.

Thallophyten: 1) Vermehrung meist durch ungeschlechtlich erzeugte Sporen.

2) Tritt aber auch geschlechtliche Fortpflanzung auf:

a) durch Copulation oder Conjugation zweier gleich gestalteter Zellen der Gameten zu der Zygospore (oder Zygote)

b) oder ~~Gameten~~ Sexu. Zellen differenziert
kleine männliche Zellen: Spermatozoiden.
größere weibliche Zellen: Eier oder Oosphären.
durch Verschmelzung eines Eies mit einem Spermatozoid entsteht eine Oospore.

Sind die Sexualzellen gleich so nennt man die Befruchtung Isogamie, sind sie verschieden Oogamie.

Isogamie	Oogamie
Sexualzellen gleich.	Sexualzellen verschieden.
Gameten	Spermatozoiden.
↓	Oosphären. (Eier)
Zygospore	↓
	Oospore.

Sporangium mit Amnel Stomium Indusium.

Bei

1) M

a

b

2) S

Die

Den

Farne: Pteridophyten.

1. Große Pflanze.

Sporangium mit Annulus u. Stomium. Indusium.

Blätter heißen Sporophylle, tragen die Sporenbehälter die Sporangien. Sporangien umschließen mit mehrschicht. Wandung die Sporen mutterzellen die je vier tetraedrische Sporen erzeugen. Sporentetraden. Sporen in einer schleimigen Masse im Periplasma eingebettet. Aus den Sporen geht durch Keimung die geschlechtliche Generation das Prothallium hervor.

2. Sporen.

3. Prothallium. Blattartiger Thallus auf der Unterseite Rhizoide mit Antheridien und Archegonien. Befruchtung nur bei Wassergegenwart. Embryo

4. Fußgebilde → Embryo wächst in diesem aus mit dem Fuß bleibt die junge Kleinpflanze mit d. Prothall. verbunden, er sorgt als Saugorgan für ihre Ernährung. Prothallium geht bald zu Grunde.

Bei einigen Pteridophyten verschiedenartige Sporen.

1) Macrosporen in Macrosporangien

aus ihnen bei der Keimung nur weibliche Prothallien.

2) Microsporen in Microsporangien

nur männliche Prothallien.

Die geschlechtliche Generation ist also bei den Pteridophyten das Prothallium.

Claviceps purpurea. Pilz des Mutterkorns. Roggen.
Parasitisch ~~lebt~~ lebend in Fruchtknoten.

Fruchtknoten wird von Ascussporen inficiert er überzieht sich mit einem Pilzmycel. (Frühsommer.)
1. Bildung von Conidien. Auf kurzen seitlichen Trägern in Köpfchen vereinigt. Es wird von dem Mycel gleichzeitig ein süßer Saft abgesondert, der Honigtau. Mit diesem fliessen die Conidien zusammen. Insekten werden durch den Honigtau Überträger d. Conidien auf andere Fruchtknoten.

2) Bildung der Sporen. Nach der Resorption des Fruchtknotengewebes, entsteht an Stelle des Fruchtknotens ein Sclerotium. Es ist mit Reservestoffen angefüllt, und fällt zu Boden. Im nächsten Frühsommer keimt es zur Zeit der Roggenblüte. Es brechen Hyphenbündel aus ihm hervor, die an der Spitze ein Köpfchen tragen. In diesem Köpfchen werden an der Oberfläche regelmäßig verteilte Perithecien gebildet. Am Grunde dieser befinden sich die Asci mit 8 langen fadenförmigen Ascosporen. Diese treten durch den Porus aus und werden vom Wind auf andere Grasähren übertragen.

Cryptogamen, Sporenpflanzen, Sporophyten.

Thallophyten.	Bryophyten.	Pteridophyten
Einzellig oder mehrzellig.	Keine Wurzel Keine Gefäßbündel Cormophyt. Formen	Farne. Gliederung in Stengel, Blätter u. Wurzel, echte Gefäßbündel.

Phanerogamen. Samenpflanzen. Spermaphyten.

Gymnospermen.
Angiospermen.
Monocotyledonen.
Dicotyledonen.

3)

Gymnospermen und Dicotylen:

I. Holz: Tracheales und parenchymatisches Gewebe.

Festigkeit: { Tracheale = Wasserleitung.
Parenchymatisch = Aufspeicherung der Assimil.

Gymnospermen:

T: weitlumige Frühjahrs- und englumige Spätt racheiden.
begünstigt. Wasserleitung. begünstig. die Festigkeit.

P: sehr spärlich. (bei Abietineen Harzgänge in diesem Holzparenchym)

Dicotylen:

T: Tracheiden und Trachcen = Gefäße. (Früh. u. Spätholz bei den Holzgewächsen)

P: Holzparenchym, Ersatzfaser, Holzfaser } Stärke.

II. Bast: Cribrale und parenchymat. Gewebe.

Cribrale Siebröhren mit Geleitzellen werden bald zerdrückt.
Parenchymat. Leitung und Aufspeicherung der Assimilate.

Gymnospermen:

C. } Abwechselnde Bänder von Bastparenchym und Bastfasern.
P. } ~~(ohne Geleitzellen.)~~

Dicotylen:

C. Siebröhren mit Geleitzellen.

P. Bastparenchym, Bastfasern, Ersatzbastfasern.
unverdickte Form.

Siebröhren dienen der Eiweißleitung.

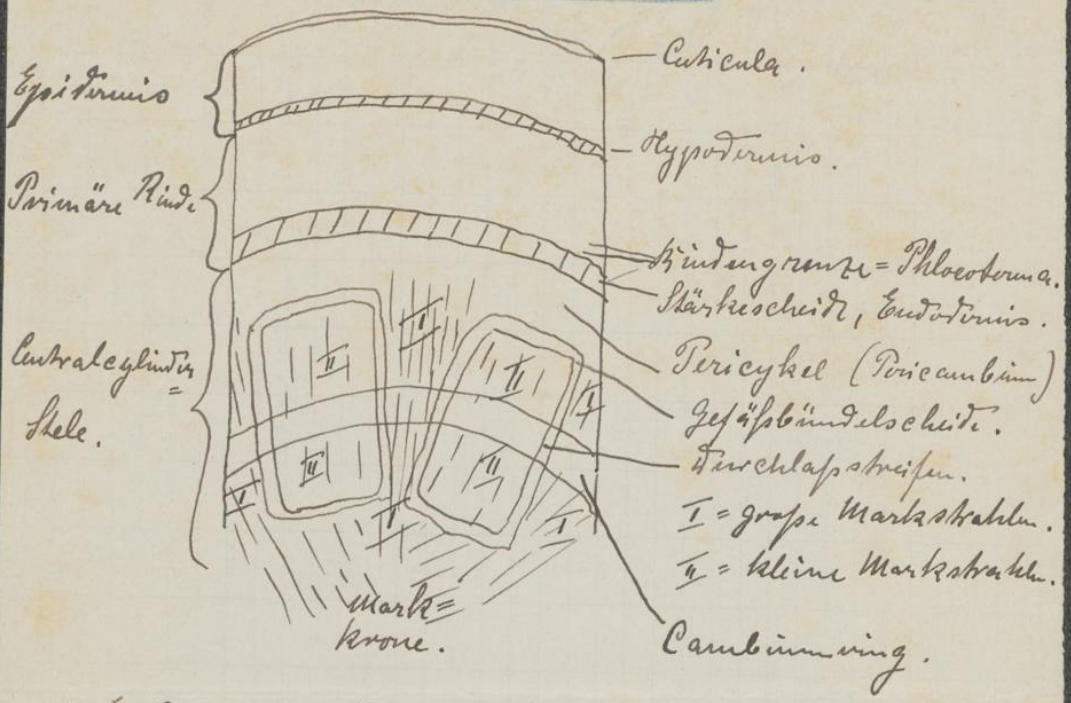
Secundäres Dickenwachsthum bei Monocotylen, Dicotylen und Gymnospermen.

1.) Palmen. Das Dickenwachsthum d. Palmen beruht auf einem fortgesetzten Weiterwerden der Zellen des Grundgewebes im Centralcylinder. Ebenso werden weiter die Spiralgefäßstränge, welche den Siebteil begleiten. Neue Elemente werden hierbei nicht gebildet.

2.) Die übrigen Monocotylen.
Die größere Zahl d. Monoc. hat in den Stämmen kein secundäres Dickenwachst. Eine Ausnahme bilden die baumartigen Liliaceen (Yucca, Dracaena.) Das sec. Dw. wird bei diesen Pflanzen jedoch nicht durch einen geschl. Cambiumring bewirkt, sondern dieser entsteht außerhalb der zerstreuten Gefäßbündel, er erzeugt nicht wie sonst Holz und Bast, sondern geschlossene Gefäßbündelstränge und Grundgewebe. Es wird hierbei auch die Zahl der Gefäßbündel stetig vermehrt.

3.) Gymnospermen und Dicotylen.

Stamm.



1) Epidermis in der Regel ohne Chlorophyll, ausgenommen einige Farne und wenige Dicotyledonen.

2) Die primäre Rinde besteht aus chlorophyllhaltigem Parenchym. Der Centralcylinder aus farblosem Parenchym.

3) Unter secund. Rinde versteht man alles secundäre Gewebe, vom Phellogen nach außen und vom Cambium nach außen.

4) Endodermis in Rhizomen von Landpflanzen und Stengeln von Wasserpflanzen; ihre Seitenwände sind verkorkt.
Die Stärkescheide führt stärkehaltige Zellen.

Bestandteile des Vasalteiles:

Tracheiden und Tracheen.
(Not. Dienen der Wasserleitung.)

Bestandteile des Cribralteiles:

1. Dicotyledonen: Siebröhren. Geleitzellen. Cribralparenchym.

2. Ranunculaceen und Monocotyledon: Siebröhren. Geleitzellen. —

3. Gymnospermen und Pteridophyten: Siebröhren — Cribralparenchym.

Siebröhren weite Zellen ohne Zellkern.
Geleitzellen enge Zellen mit Zellkern.

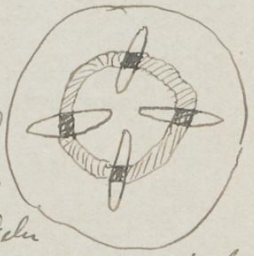
Das unentwickelte Gewebe eines Vegetationspunktes heißt Urmeristem. Entwickelt sich dieses Urmeristem so entstehen aus ihm primäre Dauergewebe.

1.) Das Hautgewebesystem.

2.) Das Gefäßbündelsystem.

3.) Das parenchymat. Grundgewebe.

In der Mitte der Gefäßbündel bleibt ein Teil des Urmeristems unverändert zurück und heißt dann primäres Meristem.

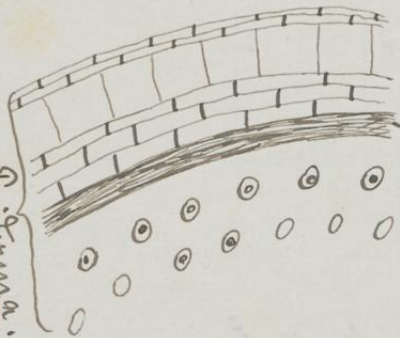


Entwickelt sich die Pflanze weiter so wird ~~der zwischen~~ ein Teil des zwischen den Gefäßbündeln liegenden Grundgewebes wieder zurück verwandelt in Meristem und heißt dann secundäres oder Folgemeristem. Dieses bildet dann mit dem vorhin genannten primären Meristem den Cambiumring. Dieser Cambiumring entwickelt bei noch weiterem Wachstum das secundäre Dickenwachstum, d. h. der Ring erzeugt nach innen Holz, nach außen Bast.

Dicotylen und Gymnospermen haben offene Gefäßbündel.

Monocotylen und Pteridophyten haben geschlossene Gefäßbündel.

Stengel: Periderm bildung:



Korkzellen; gelbbraun, nur Luft, ohne Intercellularen mit Jahresringen.

Gerbstoffe. Produktionen.

nach außen:

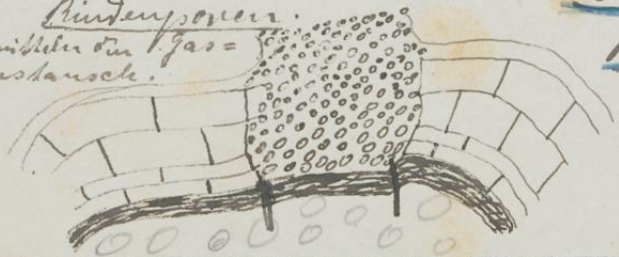
Phellogen oder Korkcambium.

nach innen:

Phelloderma oder Korkrinde; Zellen grün lebend, und mit Intercellularen.

Rindenporen.

vermitteln den Gas-austausch.



Lenticellen oder Rindenporen.

Füllzellen. (mit Intercellular.)

↑

Phellogen

↓

Phelloderma.

Die Luftzellen vermitteln den Gasaustausch der inneren Gewebe mit der Atmosphäre.

Kanäle, die Tüpfel, können kreisrund (Fig. 67 bei *w*, 71 *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 für sogen. Steinzellen oder Sklereïden bezeichnend sind. Ein einfacher Tüpfel kann sich andererseits nach der primären Zellhaut hin erweitern.

Eine besondere Art sich an der Basis erweiternder Tüpfel wird in den Aussenwänden mancher Ranken erzeugt[27]. Diese Tüpfel sind mit Cytoplasma dicht angefüllt, dienen der Reizperception und sind als Fühltüpfel bezeichnet worden (Fig. 69). Nach aussen sich stark erweiternde Tüpfel liegen auch in den behöften Tüpfeln vor. Dieselben können einseitig oder zweiseitig behöft sein. Das erstere ist der

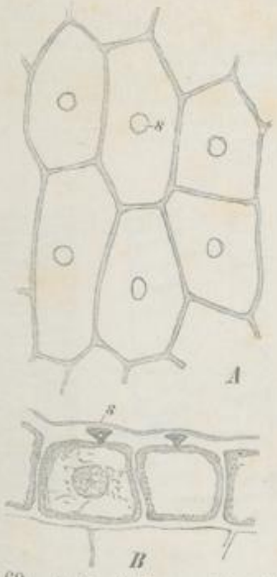


Fig. 69. *A* Oberflächenansicht einiger Epidermiszellen der sensiblen Rankenseite von Cucurbita Pepo mit Fühltüpfeln *s*. *B* Querschnitt durch solche Epidermiszellen; im Fühltüpfel *s* ein sehr kleiner Calciumoxalatkrystall. Vergr. 450.

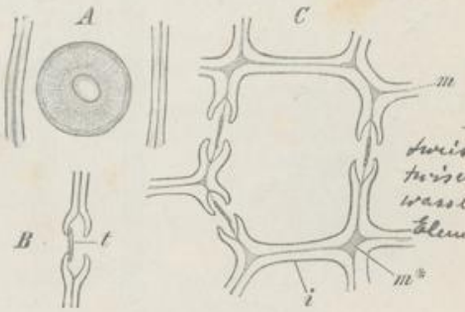


Fig. 70. Aus dem Holze der Kiefer (Pinus silvestris). *A* Hoftüpfel in Flächenansicht, *B* ein Hoftüpfel in tangentialem Längsschnitt, *t* der Torus, *C* Querschnitt durch eine Tracheïde, *m* Mittellamelle, *m** ein Zwickel in dieser, *i* das Grenzhäutchen. Vergr. 540.

Fall, wo der behöfte Tüpfel eines wasserleitenden Elements, das ohne protoplasmatischen Inhalt ist, an eine mit lebendigem Inhalt versehene Zelle grenzt. Dann ist der Hof am Tüpfel nur an dem wasserleitenden Element ausgebildet. An Tüpfeln zwischen zwei wasserleitenden Elementen, die ihrer Function entsprechend beide ohne protoplasmatischen Inhalt sind, wird der Hof beiderseits erzeugt. 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*). Es lässt sich annehmen, dass die Hoftüpfel als Klappenventile fungiren. 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.

Vielfach zeigen sich die Schliesshäute besonders weiter Tüpfel dünnwandiger Zellen durch Leisten verdickt, die ihnen ein gitterförmiges Aussehen verleihen. Eine ähnliche Verdickungsart kommt den Schliesshäuten der Siebtüpfel zu, die wegen ihrer deutlichen siebartigen Durchlöcherung als Siebplatten bezeichnet werden (Fig. 72).

Bleibt der grösste Theil der Membran unverdickt, so sind es ihre verdickten 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.

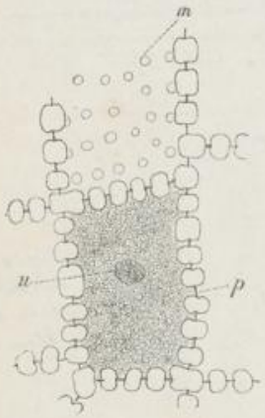


Fig. 71. Aus dem Endosperm von Ornithogalum umbellatum, *m* Tüpfel von oben, *p* Schliesshaut, *n* Zellkern. Vergr. 240.

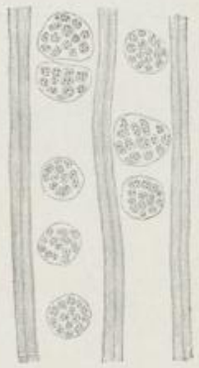


Fig. 72. Theile von zwei Siebröhren mit Siebtüpfeln von der Kiefer (Pinus silvestris). Vergr. 540.

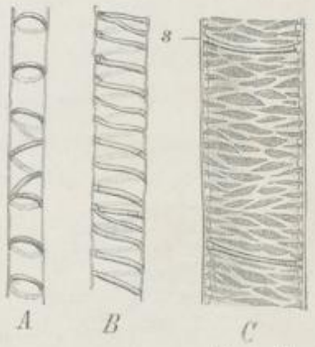


Fig. 73. Theile von Tracheïden und von einem Gefäss. *A* Ring- und Schraubentracheïde, *B* Schraubentracheïde. *C* Netzgefäss halb aufgeschnitten, bei *s* eine der beiden durchlöcherten Scheidewände. Vergr. 240.

Die Verdickungsleisten, durch welche diese Wandverdickungen bedingt werden, sind (28) 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 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 Zellwandung vornehmlich an den Kanten verdickt (Fig. 74 *c*). An den die Aussenfläche der Pflanzen einnehmenden Oberhautzellen 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 Verdickungen an der Innenseite der Membranen, die wir in's Auge fassten, doch kommen auch centrifugale an deren Aussenseite vor, naturgemäss beschränkt

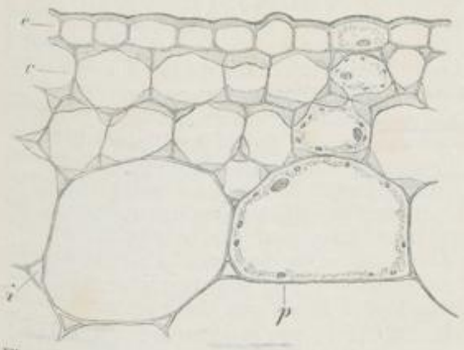


Fig. 74. Querschnitt aus der Peripherie eines Stengels von Impatiens parviflora. *c* Collenchym, *e* Epidermis, *p* dünnwandige Parenchymzellen, *i* Intercellularraum. Vergr. 300.

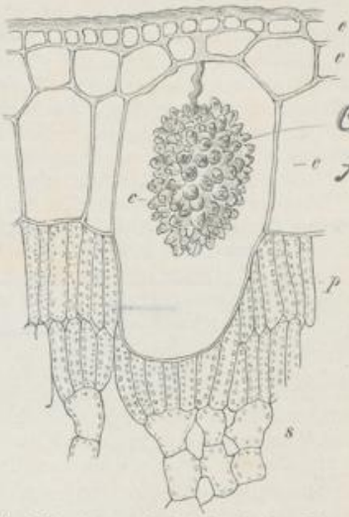


Fig. 75. Querschnitt durch das Blatt von Ficus elastica. *c* Cystolith, *e e e* dreischichtige Epidermis, *p* Palissadenparenchym, *s* Schwammparenchym. Vgr. 240.

auf freie Oberflächen der Zellen. Kleine vorspringende Höcker sind an den Aussenseiten der meisten Haare zu sehen; in besonders mannichfaltiger Ausbildung werden aber solche centrifugale Verdickungen an Sporen und Pollenkörnern erzeugt (Fig. 76). Sie bilden an deren Oberfläche Stacheln, Warzen, Leisten, Netze oder Bänder von charakteristischem Bau.

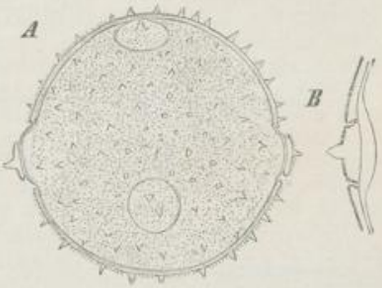


Fig. 76. *A* Pollenkorn von Cucurbita Pepo in Flächenansicht und zum Theil auch im optischen Durchschnitt. Das Präparat war mit Citronenöl durchsichtig gemacht worden. Vergr. 240. *B* Theil eines Querschnittes durch das Pollenkorn von Cucurbita verrucosa. Vergr. 540.

Membranstoffe (29). 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 (30) erhielt die Cellulose im krystallinischen Zustande in Form von Sphäriten oder krystallinischen Dendriten.

Cellulose löslich in Kupferoxyd-Ammoniak. Schweitzer's Reagens.

In keinem Falle bestehen die pflanzlichen Membranen aus reiner Cellulose, sie enthalten stets in erheblichen Mengen noch andere Substanzen, 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 [29] 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 in 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 [31] das zu den Proteïnstoffen 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 [32] ein aromatisches Aldehyd, das er Hadromal nennt, nie fehlen soll. Zu diesem Körper bringt CZAPEK auch das Coniferin in Beziehung, das sich aus jüngstem Holz gewinnen läst. Das Vorhandensein von Vanillin in verholzten Membranen stellt er in Abrede. Das Hadromal beträgt nicht mehr als 1—2 % der Trockensubstanz des Holzes. 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 [33] 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 giebt an, 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.

Jugendliche Membranen sind wenig elastisch, dagegen verhältnissmässig stark dehnbar, später pflegt sich dieses Verhältniss meist umzukehren. Durch Verholzen steigt die Widerstandsfähigkeit der Membranen. Cutinisirte und verkorkte Membranen setzen die Verdunstung an der Oberfläche der Pflanzen stark herab [34].

Die Membranschichten bestimmter Zellen, im Besonderen an der Ober-

1) Cellulose. Löslich in Kupferoxydammoniak.
2) Pectin. Löslich in Alkalien.
3) Callose. Löslich in Sodalösung
Pilze. Chitin.
Secundäre Membranschicht enthält im Holzstoff oder im Korkstoff.
Cutin.
Verholzung Coniferin Vanillin Lignin
Verkorkung Suberin
Cutinisirung
Verschleimung
secund. Membranschicht.

Phytelephas macrocarpa.

fläche einiger Früchte und zahlreicher Samen, wie der Salbeifrüchte, der Lein- und Quittensamen, verquellen bei Berührung mit Wasser zu Schleim. Nach G. Klebs (35) 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 sogen. 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 Jodlösung blau färbt. Bei der Keimung werden diese Verdickungsschichten aufgelöst, sie bilden somit einen Reservestoff des Samens. Vegetabilisch. Elfenbein.

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 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 Säure 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 und verleiht ihnen dann meist eine sehr beträchtliche Härte. Gerbstoffe. Farbstoffe. Calciumoxalat. Calciumcarbonat. Kieselsäure.

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 Zellverbande 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 Längenwachsthums 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

1) 2) 3)

dienen sie nur als sogen. mechanische Elemente (Stereïden) zur Festigung des Pflanzenkörpers. Für gewöhnlich kürzer, doch 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 Tracheïden (Fig. 77 *B*). Die Tracheïden 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 Tracheïden, die meist nur noch, so wie die Sklerenchymfasern, mechanische Functionen vollziehen, werden als Fasertracheïden bezeichnet. Sehr lange, doch weitlumige, zugleich dünnwandige Tracheïden, wasserführend wie die typischen Tracheïden, lassen sich von ihnen als Gefässtracheïden (Fig. 77 *C*) unterscheiden. Die Gefässtracheïden sind durch ringförmige, schraubenförmige oder netzförmige Verdickung der Wände ausgezeichnet, oder auch mit Hoftüpfeln versehen. Die Verdickungsschichten der Sklerenchymfasern sind unverholzt oder verholzt, der Tracheïden stets verholzt.

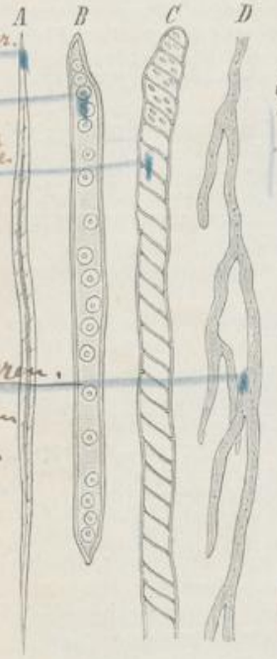


Fig. 77. *A* eine Sklerenchymfaser, *B* eine Tracheïde, *C* Stück einer Gefässtracheïde, *D* Stück einer Milchröhre. *A*, *B* und *C* etwa 100 Mal. *D* etwa 150 Mal vergrössert.

Von allen Zellen im Körper der höher organisirten Pflanzen erlangen die bedeutendste Länge die Milchröhren. Sie gehen bei den Euphorbiaceen, Moraceen, Apocyneen 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 viele Meter 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 Sklereïden. 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 Fig. 84 vor. Es giebt auch tracheïdal entwickelte Idioblasten, die als

Wasserbehälter fungiren; so zwischen den chlorophyllhaltigen Zellen in den Blättern einiger Orchideen.

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 anorganischen 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 Chloro-

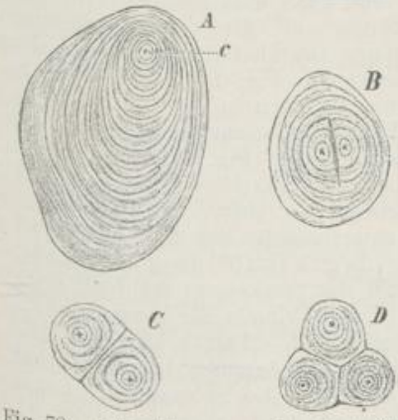


Fig. 78. Stärkekörner aus der Kartoffelknolle. *A* ein einfaches, *B* ein halb zusammengesetztes Stärkekorn, *C* und *D* ganz zusammengesetzte Stärkekörner, *c* der Bildungskern des Stärkekornes. Vergr. 540.

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

Fig. 80. Stärkekörner des Hafers (Avena sativa). Ein zusammengesetztes Korn und Theilkörner aus einem solchen. Vergr. 540.

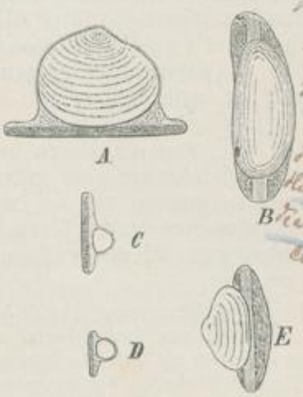


Fig. 81. Leucoplasten aus der oberirdischen Knolle von Phajus grandifolius. *A*, *C*, *D* und *E* von der Seite, *B* von oben gesehen, *E* schon grünlich gefärbt, eine Uebergangsform zu den Chloroplasten. Vergr. 540.

plasten 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 Körperchen 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[36] 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 Wachsthums von der Substanz des Leucoplasten gleichmässig umgeben, so wächst es nach allen Seiten gleich stark, und erhält centrischen Bau. Kommt es während seines Wachsthums 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[37], die aus feinen radial angeordneten Krystallnadeln aufgebaut sind, welche Arthur Meyer als Trichite bezeichnet. Die Schichtung gilt Letzterem als Ausdruck von Verschiedenheiten der Form und Menge der Krystallnadeln in den einander aufgelagerten Schichten. Dagegen sucht neuerdings H. Fischer[38] diese Schichtenbildung auf radial gestellte, zonenförmig angeordnete, wasserführende Spalten zurückzuführen, die in einiger Entfernung von der gleichmässig fortwachsenden Oberfläche durch innere Zusammenziehung der Substanz sich bilden sollen. 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, dann nicht mehr vollständig das ganze Korn umgeben. — Die Stärkekörner werden von Kohlehydraten von der Zusammensetzung $(C^6H^{10}O^5)n$ aufgebaut. Die meisten Stärkekörner enthalten nur Amyloid und zwar in einer in Wasser von 100° 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° C. verquellen die Stärkekörner, weil die leichter lösliche der beiden Amylosen nach Arthur Meyer dann in zähe Tropfen verwandelt wird; bei 138° C. gehen die Stärkekörner ganz in Lösung. Bei ge-

wöhnlicher 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, wie die anorganischen Sphaerite, ein dunkles Kreuz. Diese Erscheinung wird meist auf die Doppelbrechung der das Stärkekorn aufbauenden Elemente zurückgeführt.

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

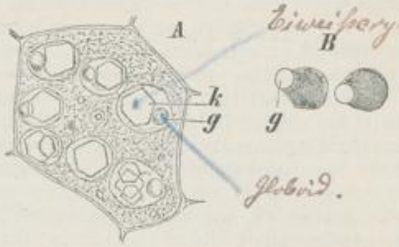


Fig. 82. *A* Zelle aus dem Endosperm von Ricinus communis unter Wasser beobachtet, *B* einzelne Aleuronkörner unter Olivenöl, *k* Eiweisskrystalle, *g* Globoid. Vergr. 540.

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 bei Wasserverlust in Form eines rundlichen Korns, nur in einzelnen Fällen eines unregelmässigen, selbst gelappten Gebildes erhärtet. Ein Theil des Eiweisses krystallisirt in vielen Fällen bei diesem Vorgang 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[39], Magnesia, Kalk und eine gepaarte Phosphorsäure im Verein mit organischer Substanz sich nachweisen lassen. Auch Krystalle von Calciumoxalat können in Aleuronkörnern eingeschlossen sein.

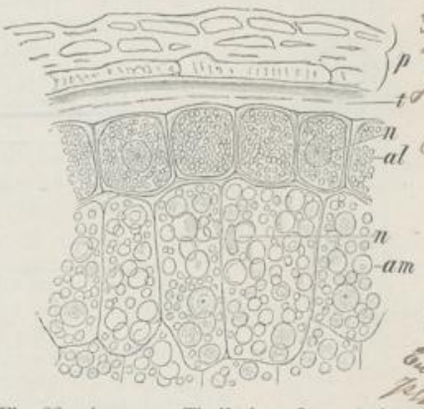


Fig. 83. Aeusserer Theil eines Querschnittes durch ein Weizenkorn (Triticum vulgare). *p* Fruchthülle, *t* Samenhaut. An die Samenhaut schliesst das Endosperm an. In diesem *al* Aleuronkörner, *n* Zellkern, *am* Stärkekörner. Vergr. 240.

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)

Eiweisskrystalle findet man in:
Aleuronkörnern
Chromatophoren.
Endosperm

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 Paranüsse, der Samen der Myrtacee Bertholletia excelsa. Auch fanden wir sie zuvor schon 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 Scrophulariaceen und Oleaceen[40]. 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 todte 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 sehr vielen 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 Kny[41] bedingen, ob sie nach dem tetragonalen oder dem monosymmetrischen System sich bilden.

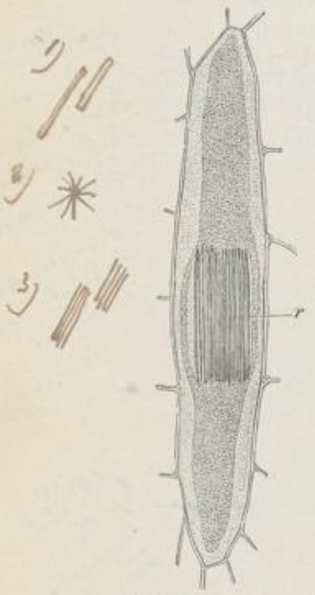


Fig. 84. Eine mit Schleim und einem Raphidenbündel erfüllte Zelle aus der Rinde von Dracaena rubra. *r* das Raphidenbündel. Vgr. 160.

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 den meisten Monocotylen, 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

Zellsaft reagirt sauer.

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[42] 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 auch 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 ausgeschieden 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 denjenigen der Zimmtbäume (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, so bei Allium Cepa und Urginea Scilla, von 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 Moraceen, Euphorbiaceen und Sapotaceen im Milchsaft bestimmter Zellen auf. Sie sind in diesem Safte in Gestalt kleiner Kügelchen suspendirt und verleihen ihm ein milchiges Aussehen.

Leptomin. In den Siebröhren und den Milchsaft führenden Elementen der höher organisirten Gewächse, in der Cocosnussmilch und den Geweben der Kartoffelknolle fand Racinorski[43] ein katalytisch wirksames Enzym, das er Leptomin nannte.

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[44], aus Schwefelwasserstoff, und verbrennen ihn dann, nach Bedarf, zu Schwefelsäure.

Der Zellsaft. Als Zellsaft wird die Flüssigkeit bezeichnet, welche den inneren Saftraum 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 Saftraum und Vacuolen nicht ziehen und kann der Saftraum durch eine grosse Zahl von Vacuolen vertreten sein. Der Zellsaft reagirt für gewöhnlich sauer und zwar in Folge der organischen Säuren beziehungsweise organisch-sauren Salze, die er führt. Die Substanzen, die der Zellsaft ausserdem 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, wie schon erwähnt, die organischen Säuren, Aepfelsäure, Ameisensäure, Weinsäure, Oxalsäure; die Aepfelsäure ganz allgemein in den Blättern der Fettpflanzen. 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.

Anthocyan.

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 Anthocyans und des grünen Chlorophylls ihre eigenartige Färbung. Die verschiedenen Färbungen der Blüthen 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 Xanthein, 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.

Vermehrung der Karyokinese.

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.

Mitotische oder indirecte Teil.

Indirecte Kerntheilung[45]. 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 Lininbrücken verbunden sind. Hierauf zerfällt er durch Quertheilung in eine bestimmte Anzahl von Stücken, die man als Kernsegmente oder Chromosomen 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 Chromosomen zerfällt, legen sich der Kernwandung Cytoplasmafäden an und umgeben sie mit einer faserigen Schicht. Diese hebt sich alsbald an zwei

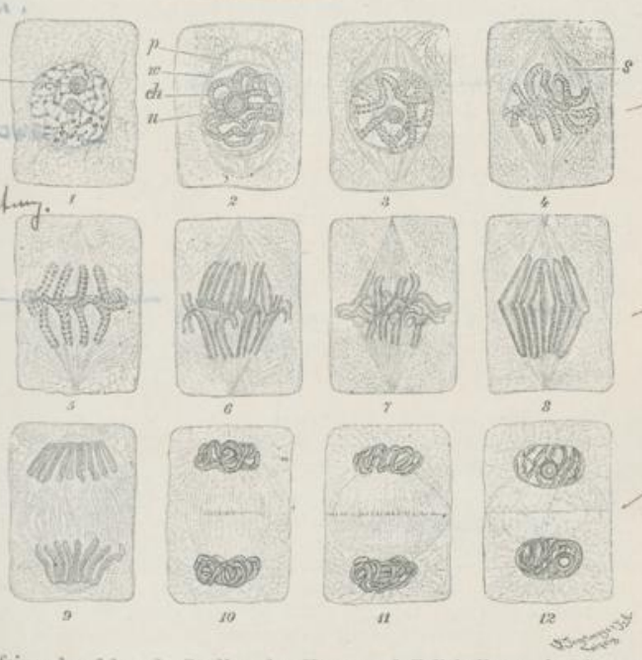


Fig. 85. Aufeinander folgende Stadien der Kern- und Zelltheilung, in einer embryonalen Gewebszelle, etwa der eines Vegetationspunktes. Etwas schematisirt. *n* Nucleolus, *p* Polkappen, *w* Kernwandung, *ch* Chromosomen, *s* Spindelfasern. Vergr. ca. 600.

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 gebogen (*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.

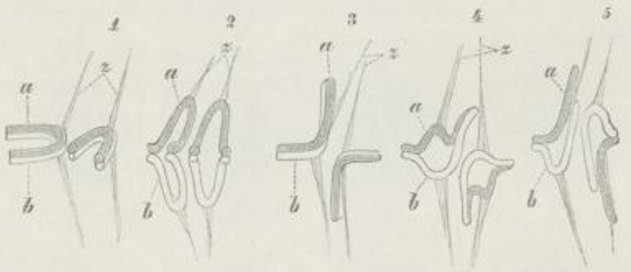


Fig. 86. Schematische Darstellung der verschiedenen Lage der Chromosomen an der Spindel und ihrer Trennung. *a* und *b* Tochterchromosomen derselben Mutterchromosome. *z* Zugfasern der Spindel.

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 vergegenwärtigt werden. In dem mit *1* bezeichneten Bilde liegen die beiden Schenkel jedes Paarlings annähernd in der Aequatorialebene. 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 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 Kerns befindlichen, zu den beiden endgültigen Spindelpolen sich ausbilden.

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

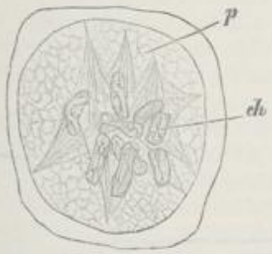


Fig. 87. Multipolare Spindelanlage in der Pollenmutterzelle von Lilium Martagon. *p* die Pole der Anlage, *ch* Chromosomen. Vergr. 750.

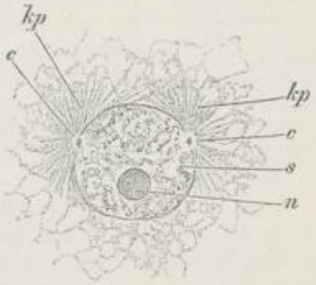


Fig. 88. Ein sich zur Theilung anschickender Zellkern aus einer Keimpflanze der Braunalge Fucus serratus. Die aus der Theilung des einen Centrosoms hervorgegangenen zwei Centrosomen (*c*) sind bereits eine Strecke weit auseinandergerückt, *kp* Strahlungen des Filarplasma, *s* Chromosomen, *n* Nucleolus.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

Der als Kinoplasma oder 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 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 zu vollziehen. Dadurch kommen die Theilungsbilder zu Stande, die von den in Geweben beobachteten abweichen. Man hat die erste dieser beiden Kerntheilungen als heterotypische, die zweite als homoeotypische bezeichnet und beide als atypische Theilungen den typischen gegenübergestellt [46]. Ganz entsprechende Theilungsvorgänge stellen sich bei Anlage der Geschlechtsproducte im Thierreich ein.

Bei solchen 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. 88*c*), um schliesslich die Pole der zukünftigen Kernspindel zu erreichen. Schon während ihres Auseinanderweichens bildet sich um die Centrosomen eine aus Kinoplasma bestehende Strahlung (*Kp*) aus. Haben die beiden Centrosomen die Kernpole erreicht, so schwindet dort die Kernwandung und es treten

Mitotische oder indirecte Kerntheilung.
Amitotische " directe "

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 kinoplasmatischer 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 kinoplasmatische Strahlung um die Centrosomen ist nur während der Dauer des karyokinetischen Vorgangs ausgebildet[47].

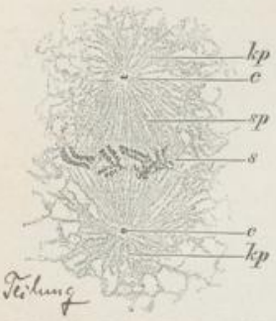


Fig. 89. Eine Kernspindel mit längsgespaltenen Chromosomen in der Kernplatte aus einer Zelle der Keimpflanze der braunen Meeresalge Fucus serratus. *c* Centrosomen, *kp* Strahlungen des Filarplasma, *sp* Spindelfasern, *s* längsgespaltene, die Kernplatte bildende Chromosomen. Vergr. 1000.

Directe oder amitotische Theilung oder Fragmentation

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 gewesen 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.

bei den Characeen.

Durchschnürungsvorgang.

Lehrreiche Beispiele für solche directe Kerntheilung bieten uns die langen Gliederzellen der Armleuchtergewächse (Characeen), und alte Internodialzellen von Tradescantien (Fig. 90). Die directe Kerntheilung beruht im Wesentlichen auf einem Durchschnürungsvorgang, wobei die Theilstücke durchaus nicht in ihrer Grösse übereinzustimmen brauchen. Bei den Armleuchtergewächsen folgen die Theilungsschritte so rasch auf einander, das oft perlschnurförmige 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.

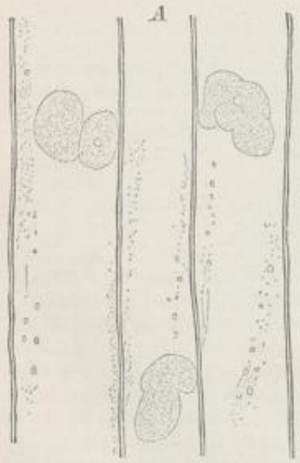


Fig. 90. Kerne älterer Zellen aus dem Stengel von Tradescantia virginica, in directer Theilung. Vergr. 540.

Zelltheilung.

Zelltheilung. In den einkernigen Zellen der höher organisirten Gewächse pflegen Kern- und Zelltheilungen 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

Stützfasern oder Verbindungsfäden.

oder mit ihnen durch eine peripherische Hülle, den Verbindungsschlauch, verbunden bleibt. Ersteres findet in Zellen statt, die mit Cytoplasma dicht erfüllt sind, letzteres in saftreicheren Zellen. 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 Saftraum 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 ihre Theilung damit vollendet ist (*C*).

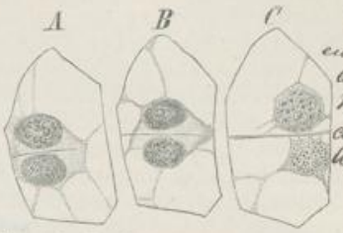


Fig. 91. Drei Theilungszustände in derselben Zelle von Epipactis palustris. Nach dem Leben entworfen. (Nach Treub.) Vergr. 365.

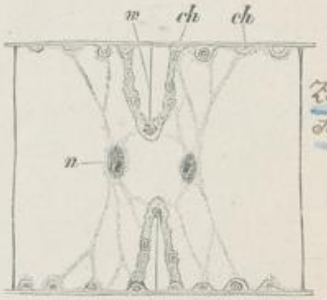


Fig. 92. Eine Spirogyrazelle in Theilung. *n* einer der beiden Tochterkerne, *w* die wachsende Scheidewand, *ch* ein durch dieselbe nach innen gedrängtes Chlorophyllband. Vergr. 230.

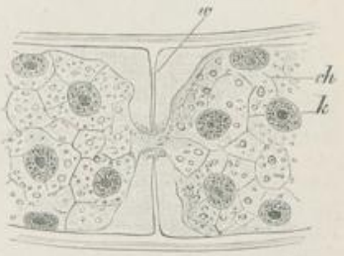


Fig. 93. Stück einer sich theilenden Zelle von Cladophora fracta. *w* die wachsende Scheidewand, *ch* die nach innen gedrängten Chromatophoren, *k* Kerne. Vergr. 600.

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

Bei den Thallophyten entstehen weder die Scheidewände der vielkernigen, noch der einkernigen Zellen in Complexen von Verbindungsfäden; die Scheidewände werden dort vielmehr entweder simultan, in vorgebildeten Cytoplasmaplatten, oder succedan, von der Mutterzellwand aus in das Zellinnere diaphragmaartig vordringend, erzeugt. 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 ist es nicht nothwendig, da jeder Tochterzelle die nöthigen Kerne ohnedies bei der Theilung 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 zunächst einzigen Zellkern 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 succedaner 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 einer Zelle bedingt werden kann.

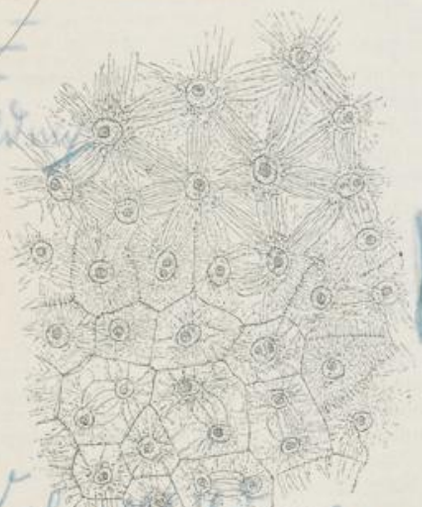


Fig. 94. Stück des protoplasmatischen Wandbelegs aus dem Embryosack von Reseda odorata, bei beginnender Vielzellbildung. Der Vorgang schreitet von unten nach oben fort. Nach einem fixirten und tingirten Präparate. Vergr. 240.

Freie Zellbildung. Dieser Vorgang liegt von der gewöhnlichen Zweitheilung der

Freie Zellbildung

Auf die freie Kernteilung folgt Zellbildung, bei der die um jeden Kern entstandenen Zellen sich nicht berühren. In den Asci der Ascomyceten.

Zellen schon weiter ab, denn es folgt in ihm auf die freie Kernbildung eine Zellbildung, bei welcher die entstehenden Zellen einander nicht berühren und nicht das gesammte Cytoplasma ihrer Mutterzelle aufbrauchen. Ein solcher Vorgang ist bei der Sporenbildung der Schlauchpilze (Ascomyceten), auch bei der Keimanlage einiger nacktsamiger 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 Cytoplasmaportion durch eine Hautschicht abgegrenzt, die sich mit einer Zellhaut umgiebt, so dass acht von einander getrennte Sporen enstehen (vgl. Fig. 276). Wie die Untersuchungen von HARPER [48] zeigten, geht die Bildung der Hautschichten hierbei von einseitig an den Zellkernen angesammeltem Kinoplasma aus, das strahlenförmig die abzugrenzende Cytoplasmamasse umwächst (Fig. 95).

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.

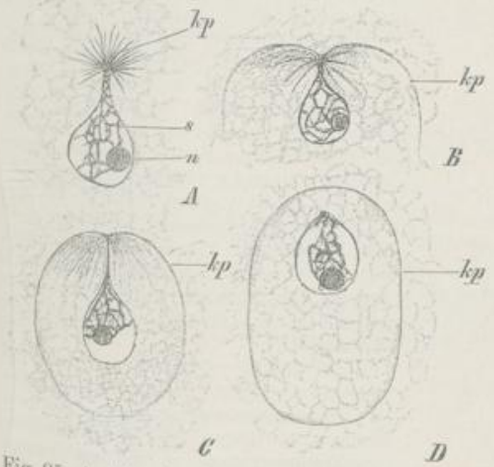


Fig. 95. Aufeinander folgende Stadien der Abgrenzung einer Spore im Ascus von Erysiphe communis. *A* noch vor Beginn der Abgrenzung. Filarplasma (*kp*) in das umgebende Cytoplasma ausstrahlend. In *B* beginnt das Filarplasma die abzugrenzende Cytoplasmamasse zu umwachsen. In *C* ist dieser Vorgang vollendet, 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* Kerngerüst, *n* Nucleolus. (Nach HARPER.) Vergr. 1500.

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.

Zellsprossung. Eine besondere Abart der gewöhnlichen Zweitheilung der Zellen ist die Sprossung. Die Mutterzelle wird bei ihr nicht halbirt, 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).

Hefe. Conidien für Pilze. Röz

Copulation [49]. 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

S. Seite 407.

Copulation.

gleichen sich: Gameten

dann Gameten, oder sie gleichen einander nicht und werden dann 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 gewohnten Zellenbau 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 homogenes Gefüge besitzt. Nur auf Grund der Entwicklungsgeschichte, sorgfältiger Härtungen 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, aus Cytoplasma (*c*), und zwar vornehmlich Kinoplasma, besteht, das Bläschen am hinteren Körperende (*b*) aus dem Saftraum der Zelle hervorgeht[50].

gleichen sich nicht:
1) Eier.
2) Spermatozoiden.

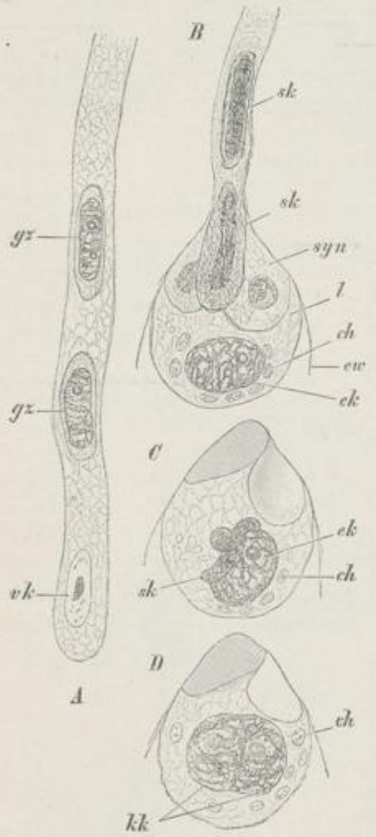


Fig. 98. Der Befruchtungsvorgang bei einer phanerogamen, angiospermen Pflanze, etwas schematisirt. *A* Ende des Pollenschlauches, in ihm *gz* die generativen Zellen, welche je einen Spermakern enthalten, *vk* der vegetative Zellkern, der schliesslich aufgelöst wird. Eier in aufeinanderfolgenden Stadien 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[51], 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 hervorwachsender 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. — 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 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. Bei Pflanzen mit fortgeschrittener geschlechtlicher Differenzirung kommt Parthenogenesis nur äusserst selten vor. Sie war seit längerem für gewisse Fadenpilze (Saprolegnien) und für ein Armleuchtergewächs, Chara crinita bekannt (52). Neuerdings gelang ihr Nachweis auch bei einem Wasserfarn (Marsilia) (53) selbst bei Phanerogamen, so bei Antennaria alpina und Alchemilla-Arten (54).

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

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 der lebenden Protoplasten unter einander ist im Körper der Pflanzen weniger vollkommen 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 (55), dass durch die Zellwände hindurch die pflanzlichen Protoplasten mit Hülfe äusserst feiner Cytoplasmafäden, die von der Hautschicht aus-

Fig. 100. Eine Zelle aus der Rinde der Mistel (Visum album) nach entsprechender Härtung und Färbung der Protoplasten und Quellung der Wände (*m*). Die Schliesshäute (*s*) der Tüpfel von Plasmodesmen durchsetzt, *ch* Chloroplasten, *n* Zellkern. Vergr. 1000.

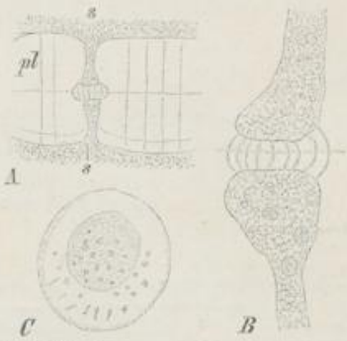


Fig. 101. *A* Ein etwas gequollenes Wandstück aus dem Endosperm der Elfenbeinpalme (Phytelephas macrocarpa). Bei *s* und *s* die auf einander treffenden, mit Cytoplasma erfüllten Tüpfelcanäle der beiden angrenzenden Zellen, in der Schliesshaut zarte Plasmodesmen, ausserdem die ganze Dicke der Zellwand durchsetzende Plasmodesmen *pl*. Vergr. 375. *B* Der Inhalt der beiden angrenzenden Tüpfelcanäle und die Plasmodesmen der Schliesshaut. 1500 Mal vergr. *C* Die Mündungsstelle eines Tüpfelcanals und die Plasmodesmen der Schliesshaut von der Fläche gesehen bei 1500facher Vergrösserung.

gehen und als Plasmodesmen bezeichnet werden können, zusammenhängen. Meist sind diese Fäden auf die Schliesshäute der Tüpfel (Fig. 101) beschränkt, doch können sie auch die Zellhäute ihrer ganzen Dicke nach durchsetzen (Fig. 100). Diese Verbindung der Protoplasten durch Fäden aus lebender Substanz, erhebt den ganzen Pflanzenkörper zu einer organischen Einheit.

Durch wesentlich dickere Cytoplasmastränge, die dem unmittelbaren Substanzaustausch dienen, werden die auf einander folgenden Glieder der Siebgefässe, oder wie man sie gewöhnlich nennt, der Siebröhren verbunden. Die von jenen Cytoplasmasträngen durchsetzten Querwände haben wir bereits als Siebplatten (S. 55) kennen gelernt. Bei Angiospermen erreichen die Poren der Siebplatten den weitesten Durchmesser (Fig. 102). Merkwürdig ist das Verhalten der Siebröhrenglieder dadurch, dass ihr cytoplasmatischer Wandbeleg noch längere Zeit am Leben bleibt, nachdem ihre

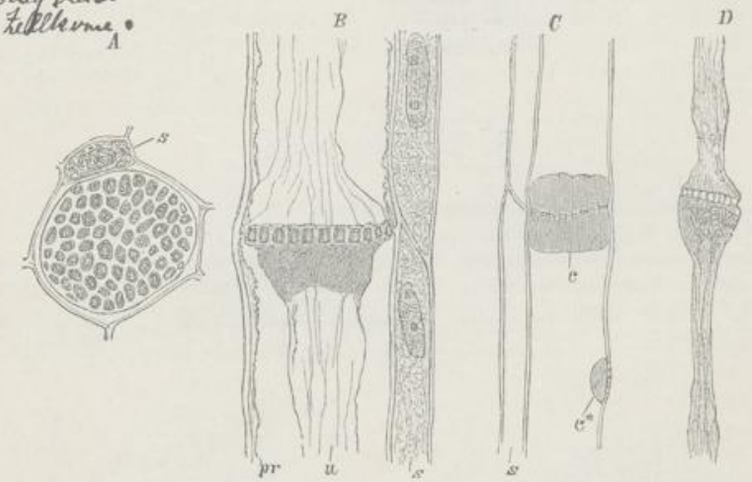


Fig. 102. Theile von Siebröhren des Kürbis (Cucurbita Pepo) in Alkohol gehärtet. *A* eine Siebplatte von oben gesehen. *B* und *C* je zwei aufeinander folgende Siebröhrenglieder im Längsschnitt, *D* die Inhaltsmassen von zwei Siebröhrengliedern nach Schwefelsäurebehandlung, *s* Geleitzelle, *u* eiweisshaltiger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

Zellkerne aufgelöst wurden. In ihrem Saftraum führen die Siebröhren wässrige, mehr oder weniger verdünnte Eiweisslösungen, ausserdem finden sich in ihnen fast immer kleine Stärkekörner vor. Die Wandungen der Siebröhren sind stets unverholzt. Im Allgemeinen functioniren die Siebröhren nur durch eine oder durch wenige Vegetationsperioden. Bevor sie ausser Thätigkeit treten, werden ihre Siebplatten mit stark lichtbrechenden Callusplatten (S. 58) belegt (Fig. 102 *C*).

Viel weiter noch als in den Siebröhren schreiten die Verschmelzungen der Protoplasten in den Milchgefässen fort. Die Milchgefässe besitzen denselben Bau und denselben Inhalt wie die Milchröhren (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

Gefässtracheïden gehen aus einzelnen gestreckten Zellen hervor.
Gefässe gehen aus verschmolzenen Zellreihen hervor.

(Papaver) oder das durch die orangerothe Färbung seines Milchsaftes ausgezeichnete Schöllkraut (Chelidonium) und die Compositen, so der Lattich (Lactuca) angeführt. Die Milchgefässe entstehen aus Reihen langgestreckter 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).

Papaver. Chelidonium. Lactuca.

Auch die Bildung der Gefässe oder Tracheen der Pflanzen beruht auf einem Verschmelzungsvorgang, nur dass 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 Hoftüpfeln 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 pflegen sie mehrere Löcher zu erhalten, und die zwischen denselben befindlichen Membrantheile 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 Ring-, Schrauben-, Netz- oder Tüpfelgefässen unterschieden. Folgen an den Seitenwänden quergestreckte Tüpfel regelmässig in geraden Reihen über einander (Fig. 104), so wird das Gefäss als Treppengefäss bezeichnet. Die Wandverdickung der Gefässe ist stets verholzt.

Gefässe oder Tracheen, bilden für lebendigen Inhalt ein.
Wanddurchbrechung sehr selten netz- ringförmig
Treppengefäss.
Wanddurchbrechung stets verholzt!

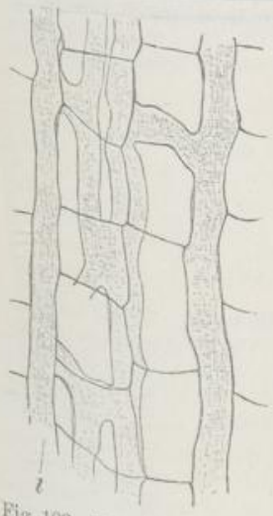


Fig. 103. Tangentialer Längsschnitt aus der Peripherie des Stengels von Scorzonera hispanica, die netzförmig verbundenen Milchgefässe zeigend. Vergr. 240.

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.

Wasser Luft.

Zwischen Gefässtracheïden und Gefässen giebt es einen anderen Unterschied nicht, als dass erstere aus einzelnen gestreckten Zellen, letztere aus verschmolzenen Zellreihen hervorgehen. Für gewöhnlich werden Gefässtracheïden in den 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 Gefässtracheïden 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 Hoftüpfeln 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, indem die Wände ihrer auf einander treffenden Zweige aufgelöst werden und der protoplasmatische Inhalt hierauf zur Vereinigung kommt. — Noch vollständiger ist die Verschmelzung der nackten Myxomyceten-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 (56).

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 Product durchaus denselben Eindruck, wie ein Gewebe der höher organisirten Pflanzen (Fig. 106).

Zelltheilung. Verflechtung.

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

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

Die zu einem Gewebe verbundenen Zellen schliessen entweder lückenlos zusammen (Fig. 70), oder sie sind stellenweise von einander getrennt. Solche Lücken im Gewebe werden Zwischenzellräume oder Intercellularräume, auch kürzer Intercellularen 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

Intercellular = räume

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 Wachsthum. 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 Wachsthum bestimmter Zellwandstellen werden derartige schizogene Intercellularen zu grösseren Kammern oder Gängen von mehr oder weniger regelmässiger Gestalt erweitert. Ungleich vertheiltes Wachsthum führt oft zur völligen Trennung benachbarter Zellen, ja auch zu einer Dehnung und Zerreissung einzelner Zellen oder ganzer Gewebegruppen. Die hohlen Stengel entstehen beispielsweise auf diesem letzten Wege. Solche auf Zerreissung 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 Dictamnus, oder der Aurantieen, 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 Intercellularen nicht vor.

Die bei der Zelltheilung erzeugten Scheidewände sind einfache Membranlamellen. In jedem durch Zelltheilung erzeugten Gewebe kommen diese Lamellen den angrenzenden Zellen somit gemeinsam zu. Die auf Querschnitten durch älteres Gewebe hervortretenden, den angrenzenden Zellen scheinbar gemeinsamen Membrantheile bestehen aber meist nicht aus den primären Zellwänden allein, sondern aus diesen und den primären Verdickungsschichten. Man hat sie als Mittellamellen bezeichnet (Fig. 68 *m*, 70 *m*). In

Parenchym: Zellen dünnwandig, nach allen Richtung. gleich stark ausgedehnt, mit protoplasmat. Wandbeleg, verschiedene Inhaltsstoffe.
Prosenchym: Zellen dickwandig, nach einer Richtung besond. ausgedehnt, spindel, faserförmig, mit zugespitzten Enden ineinandergreifend, protoplasm. Wandbeleg reducirt oder geschwunden. Inhaltsstoffe fehlen meist.

weichen Geweben bestehen die Mittellamellen nach MANGIN[30] 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 Intercellularsubstanz, 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 Intercellularen hineinragen, oder zur Ausfüllung dieser Intercellularen und Bildung sogen. Zwickel (Fig. 70 *C*, *m**). Die Auskleidung der Intercellularen mit Pectinstoffen, die durch Chlorzinkjod gelbbraun gefärbt werden, hatte vorübergehend zu der irrigen Annahme geführt, es seien die Intercellularen 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.

Parenchym.
Prosenchym.

Ein noch undifferenzirtes 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 Folgemeristem.

Meristem.
Urmeristem.
Primäre Meristeme
Dauergewebe.
Folgemeristem oder secundäres Meristem.

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

Gewebesysteme

organisirten Pflanzen unterscheiden: das Hautgewebesystem, das Gefässbündelsystem und das Grundgewebesystem.

Die Gewebe, welche an dem Aufbau der Gewebesysteme betheiligt sind, müssen aber, ihrer Entstehung nach, in primäre und secundäre geschieden werden. Die primären sind solche, welche aus dem Urmeristem unmittelbar hervorgehen, die secundären solche, welche den primären Meristemen oder den Folgemeristemen ihre Entstehung verdanken.

Wir müssen zuerst die primären Bestandtheile der Gewebesysteme kennen lernen.

A. Primäre Gewebe.

Das Hautgewebesystem. Erst bei den Pteridophyten und Phanerogamen ist die Körperoberfläche von einer scharf abgesetzten Oberhaut oder Epidermis überzogen, während eine solche Abgrenzung bei den niederen Gewächsen fast ausnahmslos fehlt. Die typisch ausgebildete Epidermis ist fast immer einschichtig (Fig. 74 *e*), ihre Zellen 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 bedeckt, 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

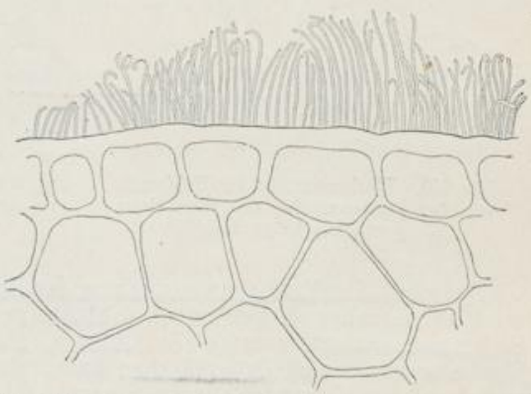


Fig. 107. Querschnitt durch einen Stengelknoten des Zuckerrohrs (Saccharum officinarum) mit stäbchenförmigem Wachsüberzug. Vergr. 540.

Cuticula – Drüsenflächen – Epidermis

so stark, dass man diese Gewächse zum Poliren benutzen kann. Durch Glühen wird die Structur ihrer Epidermiszellen nicht zerstört. — In den cutinisirten Membranschichten der Epidermis ist 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 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.

Wachs.

Reif.

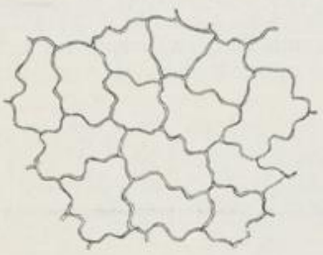


Fig. 108. Flächenansicht der Epidermis von der Blattoberseite von Mercurialis perennis. Vergr. 300.

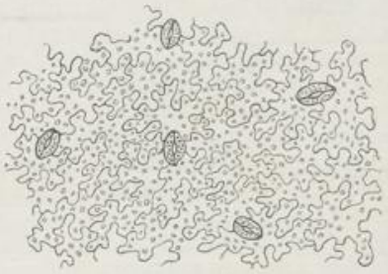


Fig. 109. Epidermis mit Spaltöffnungen von der Blattunterseite von Impatiens parviflora. Vergr. 160.

Zwischen den Verdickungsschichten der Epidermiszellen und der Cuticula wird in manchen Fällen eine schleimige, beziehungsweise klebrige Substanz erzeugt, welche die Cuticula abhebt und schliesslich sprengt. Solche secernirenden Drüsenflächen finden sich öfters an Knospenschuppen, manchmal als klebrige Zone am Stengel, so bei Lychnis viscaria und noch anderen Sileneen, um die höher gelegenen Blüthen vor unbefugtem Besuch zu schützen. Kleine Thiere, die sonst den Blüthenhonig 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 Blüthennectarien bilden und durch das süsse Secret, das sie bilden, diejenigen Thiere, meist Insecten, anlocken, welche die Bestäubung vermitteln.

Drüsenflächen. mit schleimiger od. klebrig. Substanz an Knospenschuppen oder als klebrige Zone am Stengel. Oberfläche von Blütennectarien.

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 Saftraum ist mit farblosem Zellsaft erfüllt, der unter Umständen aber auch gefärbt sein kann; ihre Chromatophoren umgeben meist in Gestalt kleiner, farbloser Anlagen 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

Zellen der Epidermis lückenlos, seitlich ohne Umrisse wellig, mit dünnem protopl. Wandbeleg. Chromatophoren farblos.

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 Zusammensinken bei Wassermangel ermöglicht. — Bei Schattenpflanzen sind die Epidermiszellen meist chlorophyllhaltig (Fig. 109).

Für die Epidermis aller an der Luft lebenden Theile höher organisirter Gewächse ist die Ausbildung von Spaltöffnungen (Stomata) [57] 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. 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.

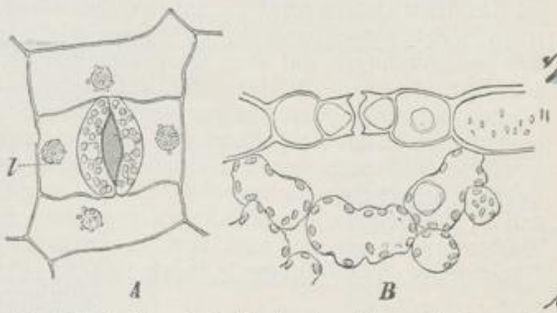


Fig. 110. Epidermis der Blattunterseite von Tradescantia virginica. *A* von aussen, *B* im Querschnitt, *l* farblose Anlagen von Chromatophoren in der Nähe der Zellkerne. Vergr. 240.

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 Fig. 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. 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 Längs-

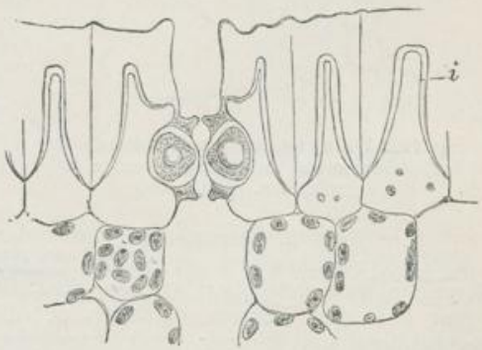


Fig. 111. Querschnitt durch die Epidermis von Aloë nigricans, *i* innere, nicht cutinisirte Verdickungsschicht. Vergr. 240.

wand 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 dorsiventral gebaut, so stehen die Spaltöffnungen vornehmlich, wenn nicht ausschliesslich, an dessen Unterseite. Dort findet man etwa 100 Spaltöffnungen auf den Quadratmillimeter; doch kann diese Zahl bis auf 700 steigen. Blätter, die auf beiden Seiten gleich gebaut sind, pflegen bei mehr oder weniger senkrechter Stellung der Spreite, 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 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.

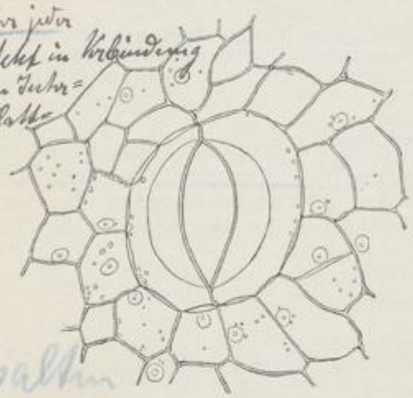


Fig. 112. Wasserspalten vom Blattrande von Tropaeolum majus, nebst angrenzenden Epidermiszellen. Vergr. 240.

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

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 wässriger Lösungen dienen. In letzteren ist kohlensaurer Kalk besonders häufig vertreten, der dann, wie an den Blatträndern vieler Steinbrech-(Saxifraga-)Arten, weisse Schüppchen über den Wasserspalten bildet. Vielfach führen junge Blätter an ihrer Spitze und den Spitzen ihrer Zähne Wasserpalten, 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.

Papillen. Wurzelhaare. Wollhaare. Drüsenhaare. Brennhaare.

Haare oder Trichome.

Zu den charakteristischen Gebilden des Hautgewebesystems gehören auch die Haare und die äusseren Auswüchse. Die Zellen der Haare, oder Trichome, 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 entsprechend lange Haare, wie sie beispielsweise als Wurzelhaare (Fig. 53 *r*) für bestimmte Regionen der Wurzel (S. 37) bezeichnend sind. Die Wurzelhaare behalten bis zuletzt ihren lebendigen Inhalt. Von ähnlicher Gestalt sind oft

Papillen.

Wurzelhaare. behalten ihren lebendig. Inhalt.

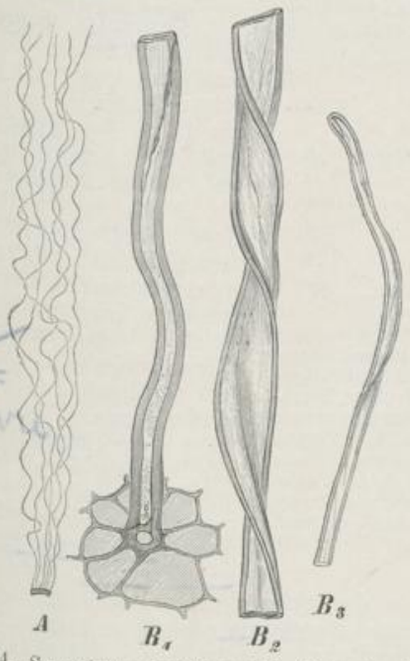


Fig. 114. Samenhaare der Baumwolle, Gossypium herbaceum. *A* Ein Stück der Samenhaut mit Haaren, 3 Mal vergrössert, B_1 Ansatzstelle und unterer Theil, B_2 mittlerer Theil, B_3 oberer Theil eines Haares 300 Mal vergrössert.

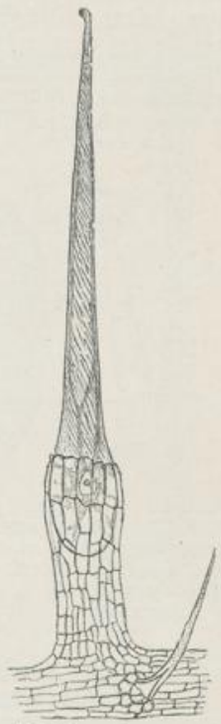


Fig. 115. Brennhaar von Urtica dioica, nebst einem Stück Epidermis, auf dieser rechts eine kleine Borste. Vergr. 60.

Wollhaare.

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 Zustande 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

Baumwollhaare.

Dicke Wand.

Haar abgeflacht um L. Axe gedreht, in halber Länge L. größte Breite.

Breite (Fig. 114 B_2). Nur eine Anzahl Oberhautzellen der Samenschale wächst in solche Haare aus (B_1). — 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 Loasen zukommen. Diese Brennhaare gehen ebenfalls aus einer Epidermiszelle hervor, die während der Haarbildung stark anschwillt und von benachbarten Epidermiszellen becherförmig umwachsen wird. Durch Zellvermehrung in dem an die Haarbasis angrenzenden Gewebe erhält das Haar gleichzeitig einen säulenförmigen Fuss. Die Haarzelle spitzt sich oben zu und endet mit einem kleinen, schräg aufgesetzten Köpfchen. Unter diesem Köpfchen bleibt die Haarwandung unverdickt. Das Ende des Haares ist verkieselt, die übrigen Wandtheile bis auf die untere Anschwellung, den Bulbus verkalkt, das ganze Haar daher sehr steif. Es bildet eine Schutzvorrichtung gegen Thiere. Wird es berührt, so bricht sein Köpfchen ab, seine Spitze erhält die Form der Mündungsstelle einer Einstechkanüle, und dringt in die Haut ein, in die der Inhalt des Haares sich ergiesst. 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. 116. Drüsenhaar vom Blattstiel der Primula sinensis, oben das Secret. (Nach DE BARY.) Vergr. 142.

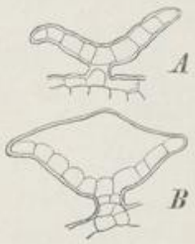


Fig. 117. Drüsenschuppen von den weiblichen Blüthenständen des Hopfens (Humulus Lupulus) im senkrechten Durchschnitt. *A* vor Beginn der Secretbildung, *B* die Cuticula durch das Secret emporgehoben, das Secret durch Alkohol entfernt. (Nach DE BARY.) Vergr. 142.

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 schüsselförmigen (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 äusseren Auswüchse oder 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 Auswüchse fort, die sich an den Enden und an den Zähnen der Nebenblätter des Stief-

mütterchens (Viola tricolor) befinden (Fig. 118). Tiefer reichende Zellschichten sind mit am Aufbau derjenigen Auswüchse betheiligt, welche als Stacheln den Rosenstrauch schützen, zugleich ihn zum Klettern befähigen. Besonders kräftige Entwicklung erreichen die S. 39 erwähnten, den Wurzeln der Podostemonaceen entspringenden Hapteren, die trotz ihrer Dicke im Innern doch nur aus Parenchym bestehen. Es giebt aber auch Auswüchse, in welche Gefässbündel eintreten, so die keulenförmigen Digestionsdrüsen oder Tentakeln, welche das Sonnenthaupflänzchen (Drosera) auf der Oberseite seiner Blätter trägt (Fig. 119). Manche dieser Gebilde nähern sich in ihrem Aussehen gewissen metamorphosirten Gliedern des Pflanzenkörpers, so die Stacheln den Dornen, die Hapteren den Seitenwurzeln, doch sind sie nicht auf solche Glieder zurückzuführen und unter sich nicht von gleichem Ursprung (S. 39).

Die Haare und die Auswüchse 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 G. Haberlandt[58a] als Hydathoden bezeichneten Gebilden. Andere Drüsen scheiden harzige Stoffe aus, so die Haare mancher Primeln (Fig. 116). Bei diesen wird das harzige Secret aus dem terminalen Köpfchen zwischen den Verdickungsschichten der Zellwand und der Cuticula ausgeschieden und hebt diese empor. Schliesslich wird die Cuticula gesprengt und so das Secret frei. Primula sinensis, mehr noch Primula obconica, können mit ihrem Secret Haut- und Augenentzündungen beim Menschen veranlassen[59]. Nicht alle Personen sind aber gegen dieses Gift gleich empfindlich. — Die gelben Drüsen (Fig. 117) an den Hochblättern der weiblichen, zapfenförmigen Blüthenstände des Hopfens, scheiden das Lupulin, jenen Stoff, der dem Bier den bitteren Geschmack und ein bestimmtes Aroma ertheilt, ebenfalls unter der Cuticula ab, die als gemeinsames Häutchen von der Oberseite der schüsselförmigen Drüse abgehoben wird (Fig. 117 *B*). Protoplasmareiche Haargebilde und Auswüchse reizbarer Staubgefässe, Blumenblätter, Blattgelenke, können auch, wie G. Haberlandt[58b] zeigte, in Gestalt von mannichfach gebauten Fühlpapillen, Fühlhaaren oder Fühlborsten als Reizempfänger fungiren. Unter Umständen sind sie selbst nicht empfindlich und dienen nur dazu, bei Berührung als Stimulatoren den Reiz auf ein sensibles Zellpolster zu übertragen.

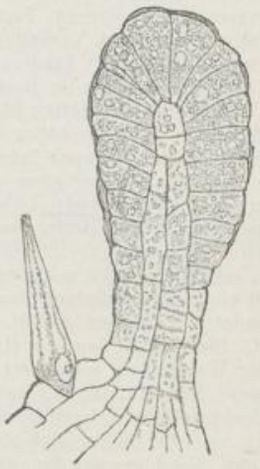


Fig. 118. Eine Drüsenzotte vom Nebenblatt von Viola tricolor, neben ihr ein einzelliges Haar. Vergr. 240.

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

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 Collectere entstehen und die Verschleimung unter 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 Auswüchse (Fig. 119) auf dem Blatte des Sonnenthaupflänzchens (Drosera) sondern durch ihre poröse Cuticula eine schleimige Substanz an ihrem kolbenförmigen Ende aus, welche sich dort zu glänzenden Tropfen sammelt. An diesen schleimigen Tropfen bleiben kleine Thiere kleben, welche die Pflanze alsdann zu verdauen vermag. — Als Nectarien zusammengefasste, verschiedenartig gestaltete Drüsen secerniren ein zuckerreiches Secret, das in zahlreichen Blüthen erzeugt wird und zur Anlockung der Insecten, welche die Bestäubung vermitteln, dient, aber auch ausserhalb der Blüthen auftritt und dort eine Lockspeise für Ameisen bildet, welche die Pflanze schützen. Durch chemische Umwandlung bestimmter Aussenwände solcher Nectarien, oder durch Ausscheidung aus ihrem Innern, werden zunächst die osmotisch wirksamen Stoffe erzeugt, welche durch Saugung eine Wasserausscheidung veranlassen und so den Nectar liefern.

Verschiedene Piperaceen, Begoniaceen, Ficus-Arten bilden eine mehrschichtige Epidermis aus, doch ist ein derartiges Verhalten im Ganzen genommen selten. Solche Epidermen enstehen, wenn die jungen Epidermiszellen nicht nur durch senkrecht zur Oberfläche gerichtete, sondern auch zu ihr parallele Wände sich theilen. So bei Ficus elastica (Fig. 75). Die Epidermis der Blätter ist dort dreischichtig und stellt einen entsprechend stark ausgebildeten Wasserbehälter dar. Die schon erwähnten 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 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 gefüllt. 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 mit grüner Farbe durch. — 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 Abschluss der inneren 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 sie die als Unkraut verbreitete Impatiens parviflora besitzt, 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, so beim mittleren Wegerich (Plantago media), lassen sich die Gefässbündel leicht befreien, wenn man ein Blatt an der Basis umbricht und dann die Theile aus einander zieht.

Bereits unter jenen Thallophyten, deren Körper eine fortgeschrittene Gliederung aufweist, so bei einer Anzahl rother und brauner Meeresalgen (Rhodophyceen und Phaeosporeen), werden besondere Zellenzüge für die Aufgaben der Stoffleitung ausgebildet. In den Laminariaceen sind sogar siebröhrenähnliche Gewebeelemente in den leitenden Zellenzügen aufgefunden worden (60). Manche thalloiden Lebermoose weisen auch schon besondere

Zellenzüge auf, die, ähnlich wie Blattnerven, ihren Körper durchziehen. Gegen die Umgebung deutlich abgegrenzt, treten uns aber erst die Leitbündel bei den Laubmoosen entgegen, häufig in den Blättern, seltener auch in den Stengeln. Ein relativ einfach gebautes Leitbündel (*l*) dieser Art führt im Querschnitt unsere Fig. 160, im Stämmchen von Mnium undulatum vor. Ihre vollkommenste Ausbildung erlangten die Leitbündel der Laubmoose in den Stämmchen der Polytrichaceen. Sie stellen dort einen centralen Cylinder dar, in welchem langgezogene inhaltsleere, der Wasserleitung dienende Schläuche, siebröhrenähnliche Elemente welche Eiweiss, und gestreckte Zellen welche Kohlehydrate führen, nachzuweisen sind (61). Die Anordnung

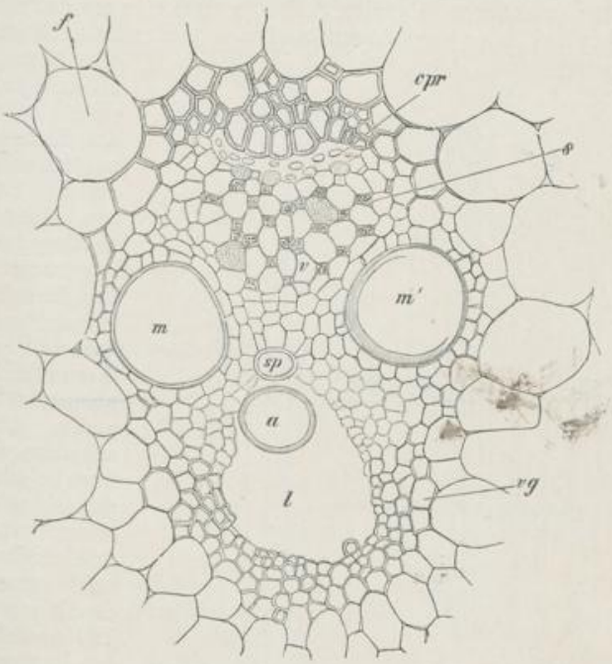


Fig. 120. Querschnitt durch ein Gefässbündel aus dem Internodium des Stengels von Zea Mays. *a* Ring einer Ringtracheïde, *sp* Schraubentracheïde, *m* und *m'* behöft getüpfelte Gefässe, *e* Siebröhre, *s* Geleitzelle, *cpr* zerdrückte Cibralprimanen, *l* Intercellulargang, *vg* Scheide. Vergr. 180.

dieser Elemente in den Strängen erinnert nicht selten auffällig an jene in den Gefässbündeln der höher organisirten Gewächse, eine Aehnlichkeit, die in das Gebiet der Analogien gehört, wie solche sich während der phylogenetischen Entwicklung des Pflanzenreichs so oft eingestellt haben.

Einen hohen Grad der Differenzirung erreichten erst die Gefässbündel der mit Wurzeln ausgestatteten Cormophyten. Die Einschränkung der Wasseraufnahme auf die Wurzeln verlangt besonders vollkommene Vorrichtungen in den Leitungsbahnen. Zwei Bestandtheile lassen sich in diesen Gefässbündeln 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: primäres Phloëm oder Leptom[62]. Der Unterschied im Bau der beiden Betandtheile 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, Tracheïden und Tracheen (*a*, *sp*, *m* Fig. 120, 121), oder Tracheïden 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 vor Allem dadurch aus, dass sie ihren Zellkern behalten, während dieser, wie schon erwähnt wurde (S. 78), im Siebröhrenglied 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.

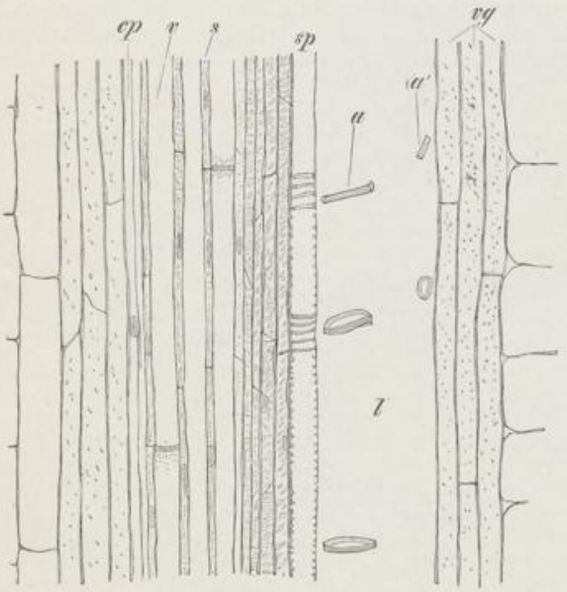


Fig. 121. Längsschnitt durch ein Gefässbündel des Stengels von Zea Mays, *a* und *a'* Ringe einer Ringtracheïde, *v* Siebröhren, *s* Geleitzellen, *cp* Cribralprimanen, *l* Intercellulargang, *vg* Scheide. Vergr. 180.

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 kürbisartigen 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.

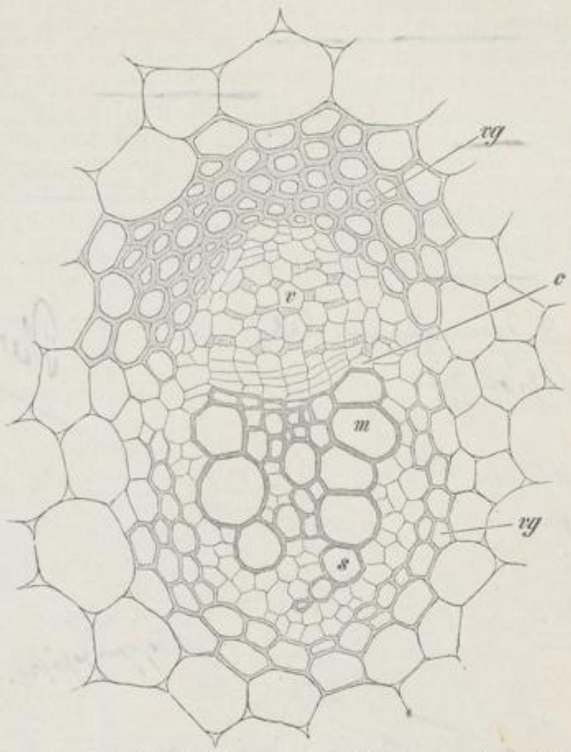


Fig. 122. Querschnitt durch das Gefässbündel eines Ausläufers von Ranunculus repens, *s* Schraubentracheïden, *m* behöft getüpfelte Gefässe, *c* Cambium, *v* Siebröhren, *vg* Scheide. Vergr. 180.

Die Gefässbündelstränge der Pteridophyten (Fig. 124), die als concentrische Gefässbündel bezeichnet worden sind, können nicht mit einzelnen Gefässbündeln der Phanerogamen verglichen werden, vielmehr nur mit Complexen solcher. Das Innere dieser Gefässbündelstränge wird von Tracheïden (*sp*), nur in vereinzelten Fällen auch von Tracheen (*sc*), eingenommen, die im Allgemeinen noch den Pteridophyten abgehen, ungeachtet diese die Bezeichnung Gefässcryptogamen führen. Diese wasserleitenden 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, zu einem einzigen Centralcylinder in Mehrzahl verschmolzen, auch den Lycopodien zu, während die Equiseten Gefässbündel aufweisen, welche den collateralen Gefässbündeln der Phanerogamen annähernd gleichen.

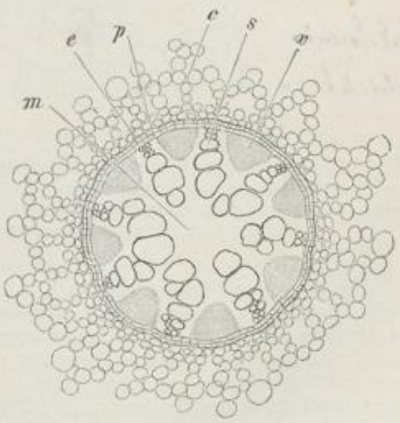


Fig. 123. Querschnitt durch die Wurzel von Acorus Calamus. *m* Mark, *s* Vasaltheile, *v* Cribraltheile, *p* Pericykel, *e* Endodermis, *c* Rinde. Vergr. 90.

Die Gefässbündel werden als Stränge von meristematischem Gewebe, die man Procambiumstränge nennt, angelegt. Wird während der Ausbildung des Gefässbündels das gesammte Gewebe des Procambiumstranges verbraucht, so ist das Gefässbündel ein geschlossenes, bleibt meristematisches Gewebe zwischen dem Vasaltheil und Cribraltheil erhalten, 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. 80) zwischen Gefässtheil und Siebtheil in den offenen Gefässbündeln zurückbleibt, wird als Cambium bezeichnet (Fig. 122).

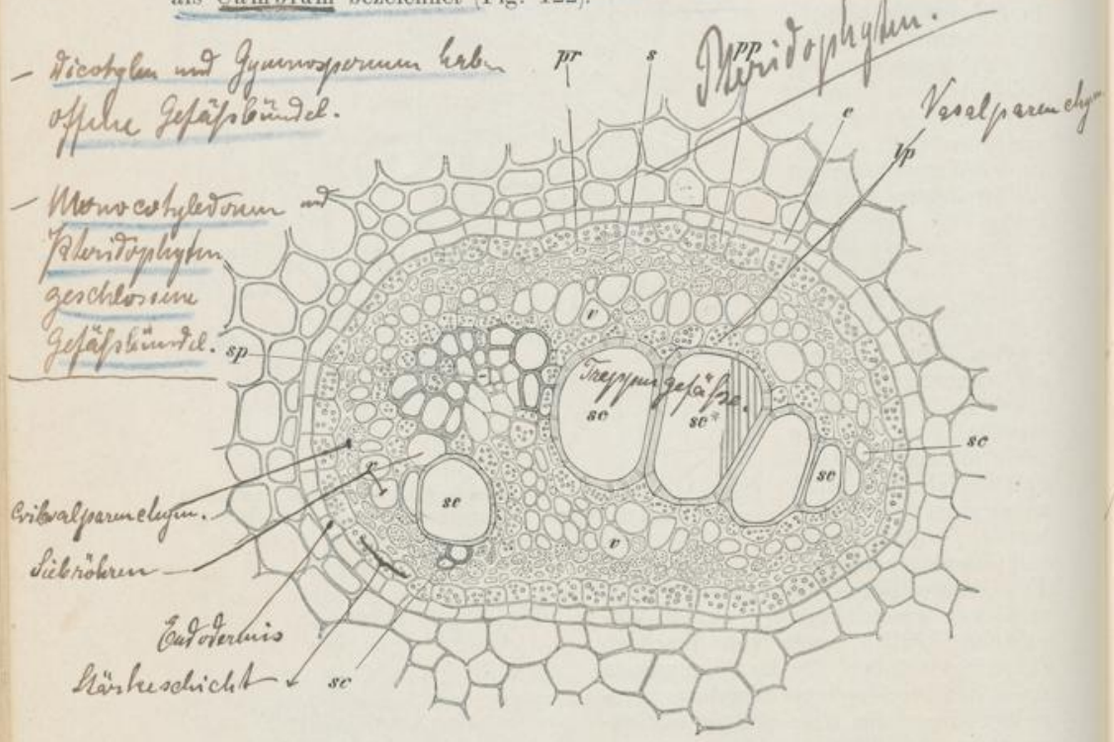


Fig. 124. Querschnitt durch einen Gefässbündelcylinder aus dem Blattstiel von Pteris aquilina, *sc* Treppengefässe, *sp* Vasalprimanen (Schraubentracheïden), im Treppengefäss *sc** Stück einer leiterförmig durchbrochenen Querwand, *lp* Vasalparenchym, *v* Siebröhren, *s* Cribralparenchym, *pr* Cribralprimanen,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

So lange ein Pflanzentheil noch in starkem Längenwachsthum begriffen ist, bleiben seine Procambiumstränge, ihrer Hauptmasse nach, undifferenzirt. 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 Gefässtracheïden 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, oder auch Protophloëm, bezeichnet. Die Vasalprimanen nehmen den Innenrand, die Cribralprimanen den Aussenrand eines Procambiumstranges ein, aus dem ein collaterales Gefässbündel hervorgehen soll. Erst nach vollendetem

Längenwachsthum des Pflanzentheils werden die Gefässbündel fertiggestellt, wobei in einem collateralen Gefässbündel, das wir als Beispiel wählten, die Differenzirung 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 ist 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.

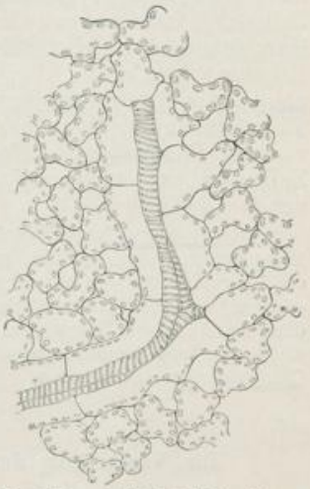


Fig. 125. Gefässbündelendigung im Blatt von Impatiens parviflora. Vergr. 240.

Die feine Vertheilung der Gefässbündel in der Blattspreite erleichtert die Zufuhr von Wasser zu allen Theilen des Blattes, zugleich die gleichmässige Entnahme der Assimilationsproducte aus dem Blattgewebe. In dem Maasse, als die Verzweigung der Gefässbündel in der Blattspreite fortschreitet und sie schwächer werden, vereinfacht sich ihr Bau (Fig. 125). Zunächst schwinden aus den Gefässbündeln die Gefässe, und nur netz- und schraubenförmig verdickte Tracheïden 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[63] gebildet. Mit diesen hört der Siebtheil auf, während der Vasaltheil noch durch kurze Schraubentracheïden vertreten ist. Die letzten Auszweigungen der Gefässbünde schliessen entweder blind ab, oder setzen an andere Gefässbündel an.

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 betheiligt. Es besitzt in dem

Collenchym (Fig. 74 *c*) und dem Sklerenchym specifisch mechanische Gewebe. Das Collenchym ist unverholzt, leicht dehnbar und demgemäss auf Streckung eingerichtet; es stellt das mechanische Gewebe der noch in Längenwachsthum begriffenen Pflanzentheile vor, in welchen es daher schon frühzeitig auftritt. Die meist auch nicht verholzenden, doch stark verdickten Sklerenchymfasern erlangen erst nach vollendetem Längenwachsthum ihre volle Ausbildung. Später kommen oft noch Sklereïden (vgl. S. 60) 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. 60) 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 Blüthenstengel 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 (64).

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 Speicherungszwecke. 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 assimilirenden 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 hierauf der sogen. Centralcylinder, 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 differenzirt zu sein, sie kann aber auch in ihnen als Stärkescheide, in Rhizomen von Landpflanzen und in Stengeln von Wasserpflanzen als Endodermis auftreten. Ist

Monocotylen: Gefässbündel ohne Ordnung zerstreut.
Dicotylen, Gymnospermen, Equisetaceen: " in einem Kreis angeordnet.

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 Centralcylinder des Stengels enthält die Gefässbündel (*cv*), die bei den Schachtelhalmen (Equiseten), den Gymnospermen und den Dicotylen (Fig. 127) in einem Kreise angeordnet, bei den Monocotylen (Fig. 126) ohne Ordnung zerstreut sind. Die Gefässbündel kehren in allen diesen Fällen ihren Vasaltheil nach der Stengelmitte, ihren Cribraltheil nach der Stengeloberfläche. Das ausserhalb der Gefässbündel gelegene, peripherische Gewebe des Centralcylinders wird als Pericykel (*pc*) bezeichnet. Sind die Gefässbündel im Kreise angeordnet (Fig. 127), so gilt das von ihnen umschlossene Gewebe des Centralcylinders als Mark (*m*), das die Gefäss-

Oberhaut = Epidermis
Primäre Rinde
Stärkescheide
Endodermis
Centralcylinder
Pericykel
Gefässbündel
Vasaltheil nach innen
Cribraltheil nach aussen
Mark
Primäre Markstrahlen

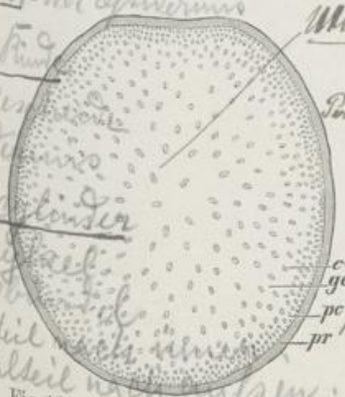


Fig. 126. Querschnitt durch ein Stengelglied von Zea Mays, *pr* primäre Rinde, *pc* Pericykel, *cv* Gefässbündel, *gc* Grundgewebe des Centralcylinders. Vergr. 2.

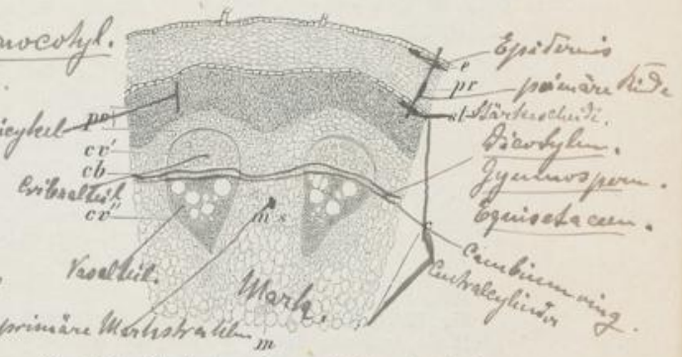


Fig. 127. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Stamm von Aristolochia Sipho. *e* Epidermis, *pr* primäre Rinde, *st* Stärkescheide, *c* Centralcylinder, *pc* Pericykel, in diesem Falle mit einem Ring von Sklerenchymfasern, *cv* Gefässbündel und zwar *cv''* Vasaltheile, *cv'* Cribraltheile, *cb*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

bündel 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 Markstrahlgewebe gelten. — Die Trennung der im Stengel der höheren Gewächse vertretenen Gewebecomplexe in Oberhaut, primäre Rinde und Centralcylinder, zieht auch eine Unterscheidung der Grundgewebe in ein Grundgewebe der primären Rinde und ein Grundgewebe des Centralcylinders nach sich. Wo freilich eine scharfe Grenze zwischen der primären Rinde und dem Centralcylinder nicht ausgebildet ist, da entscheidet darüber nur der Vergleich, welche Gewebe noch zu der primären Rinde und welche bereits zu dem Centralcylinder 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 Centralcylinder bestehen Pericykel, primäre Markstrahlen und Mark aus Grundgewebe. Vorwiegend handelt es sich dort um farbloses Parenchym; ein Theil des Pericykels ist häufig

Hypoderma.

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

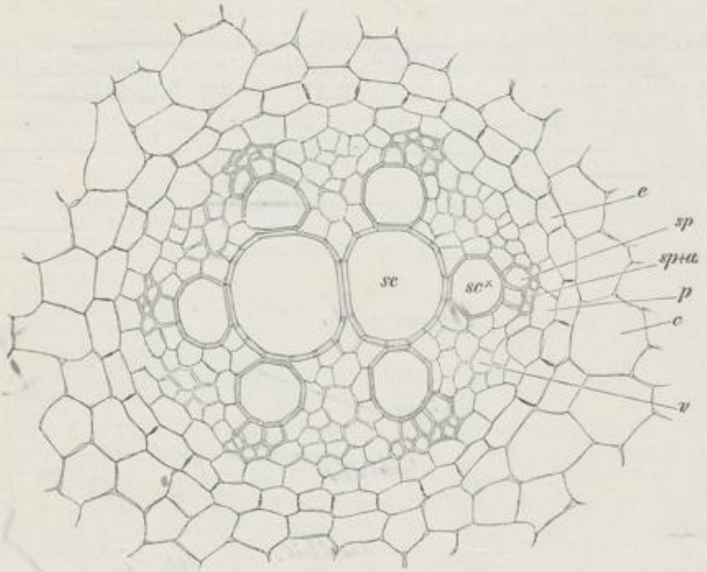


Fig. 128. Querschnitt durch eine Adventivwurzel von Allium Cepa. *e* primäre Rinde, *e* Endodermis, *p* Pericykel, *a* Ringtracheïden, *sp* Schraubentracheïden, *sc* und *sc** Treppengefässe, *v* Cribraltheil. Vergr. 240.

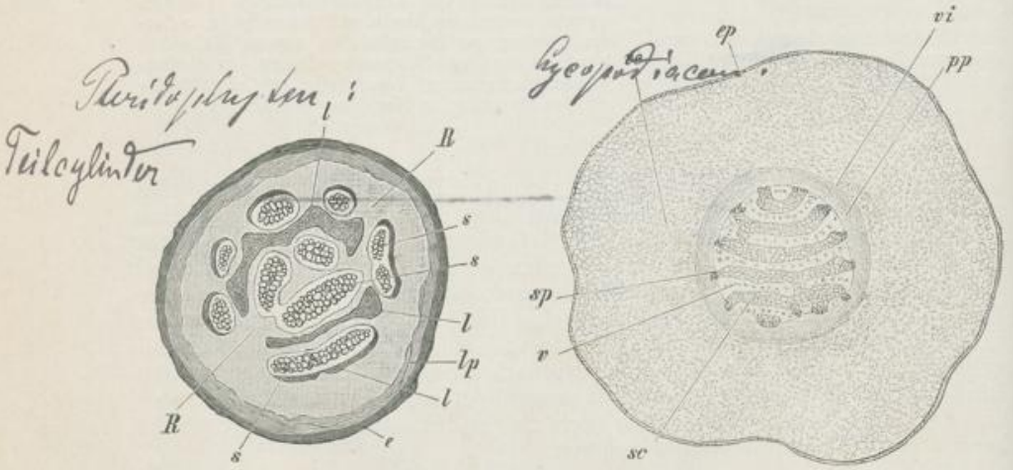


Fig. 129. Querschnitt durch das Rhizom von Pteris aquilina. *s* Gefässbündelstränge (Theilcylinder), *l* Sklerenchymplatten, *lp* peripherischer Sklerenchymfaserring, *R* Rinde, *e* Epidermis. Vergr. 7.

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* Treppentracheïden, *sp* Ring- und Schraubentracheïden, *v* Siebtheile sind. Vergr. 26.

Scheide aus Siebzellen.
Durchlassstreifen.

Gefässbündel umgeben, bleibt zu jeder Seite des Gefässbündels, der Grenze von Gefäss- und Siebtheil entsprechend, ein Streifen in der Scheide parenchymatisch, oder schwächer 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 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 (65) 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.

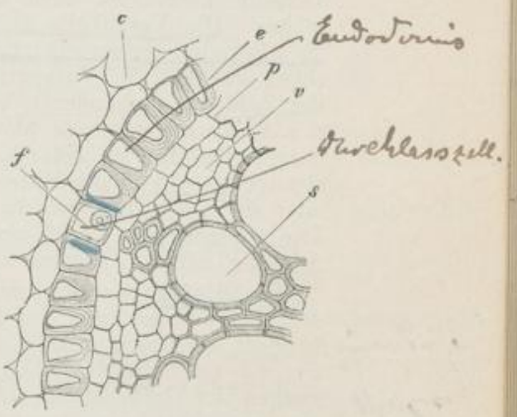


Fig. 131. Theil eines Querschnittes durch die Wurzel von Iris florentina. *e* Endodermis mit einseitiger Verdickung der Zellen, *f* Durchlasszellen, *p* Pericykel, *v* Cribraltheil, *s* Gefäss im Vasaltheil. Vergr. 240.

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 Vasaltheilen 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. 88) 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 Centralcylinders der Wurzeln (*p* Fig. 123, 128, 129) bildet den meist einschichtigen Pericykel, der hier früher die Bezeichnung Pericambium trug [66]. Derselbe kann aber auch mehrschichtig sein, in bestimmten Fällen auch fehlen. Die Vasaltheile 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 Mesophyllscheiden 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 Centralcylinder des Stengels fort. Die der primären Rinde und dem Centralcylinder 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 an 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 eingerichtet, bildet demgemäss weite Intercellularen, die mit den Spaltöffnungen der unteren Epidermis in unmittelbarer Verbindung stehen. HABERLANDT[67] berechnet für einen Quadratmillimeter Blattfläche bei Ricinus communis durchschnittlich im Palissadenparenchym der Oberseite 403200, im Schwammparenchym der Unterseite 92000 Chlorophyllkörner, somit würden dort 82%

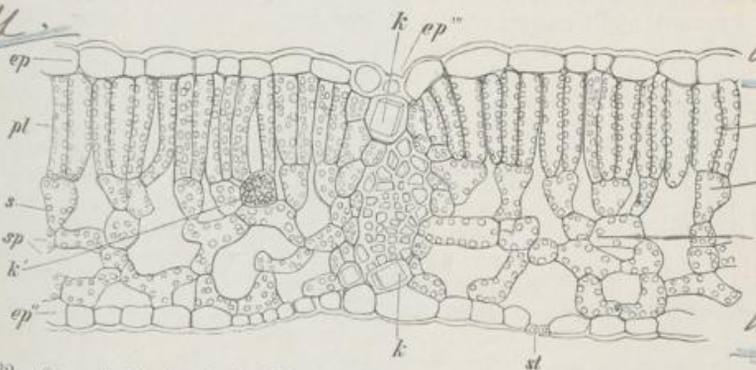


Fig. 132. Querschnitt durch das Blatt von Fagus silvatica. *ep* Epidermis der Oberseite, *ep''* Epidermis der Unterseite, *ep'''* gestreckte Epidermiszellen über einem Gefässbündel, *pl* Palissadenparenchym, *s* Sammelzellen, *sp* Schwammparenchym, *k* krystallführende Idioblasten, in *k'* eine Krystalldruse,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

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 Durchlüftungs-, 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 diesen ein. In einem Blattstiel ist der dorsiventrale Bau meist weniger scharf als in der Spreite ausgeprägt; seine Zellen zeigen sich vornehmlich in der Längsrichtung gestreckt, um Leitungszwecken zu dienen, und sind in ihrer Verdickung und Vertheilung den veränderten Ansprüchen an die mechanische Festigkeit angepasst. Aus dem Blattstiel treten die Gefässbündel in den Stamm, um mit den Gefässbündeln in dessen Centralcylinder 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, Gewebepfropfen aus, die von kleinen meist chlorophyllfreien, wasserreichen Zellen gebildet werden, die nur sehr kleine, mit Wasser erfüllte Intercellularen zwischen sich lassen. Diese Gewebepfropfen nennt man Epitheme. Sie dienen activer Wasserausscheidung, sind demgemäss innere Hydathoden (vgl. S. 87). Vielfach sind über solchen Epithemen Wasserspalten (vgl. S. 84) angebracht.

Gefässbündelverlauf (68). 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 Stengeln, Blättern, Früchten u. dergl. her.

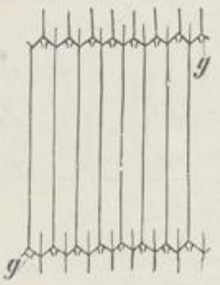


Fig. 133. Schema des Gefässbündelverlaufs bei Equisetum arvense, auf der in einer Ebene ausgebreiteten Cylinderfläche entworfen. *g* Anschluss der Gefässbündel der Seitensprosse.

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. Wo das Gefässbündelsystem des Stammes, wie das fast allgemein der Fall ist, nur aus Blattspuren besteht, sieht man jedes Gefässbündel einer Blattspur in seinem Abwärtsverlauf schliesslich mit einem andern, das einem tiefer inserirten Blatte entstammt, sich vereinigen. 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 zu denken hat. So ist die Figur 133 ausgeführt. In dieser Figur wurde auch der Anschluss der Gefässbündel der Seitensprosse an die Gefässbündel des Muttersprosses (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 verschmolzen, 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 $^5/_{13}$ 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.

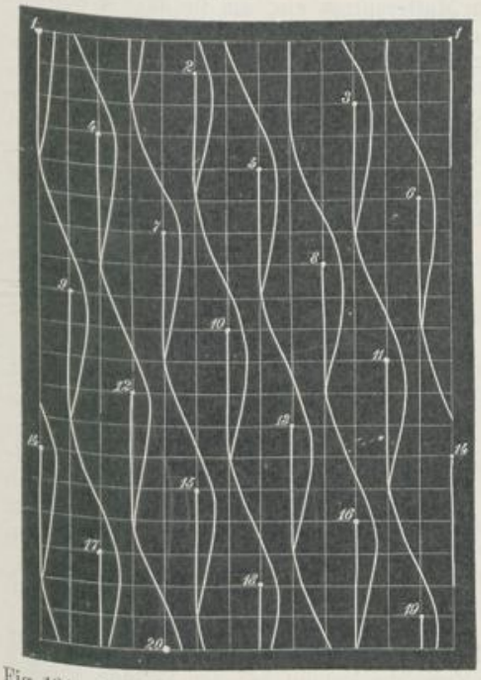


Fig. 134. Schema des Gefässbündelverlaufs in den Sprossen von Taxus baccata.

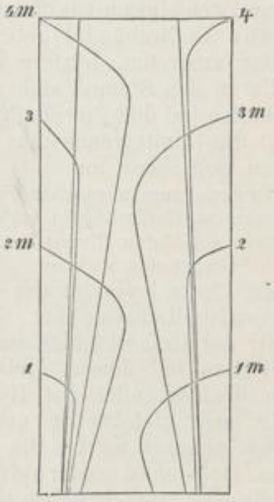


Fig. 135. Schema des Gefässbündelverlaufs beim Palmentypus, zweiseitig alternirende, stengelumfassende Blätter sind vorausgesetzt. Die Zahlen geben die Aufeinanderfolge der Blätter an, *m* mediane Gefässbündel. (Nach DE BARY.)

Die Blattspuren der Achselsprosse pflegen bei den meisten Gymnospermen und Dicotyledonen zu zwei Strängen vereint in den Muttersprossen 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 (Cucurbita, Phytolacca, Piper) oder mehr (Amarantus, Papaver, Thalictrum) Kreise bilden. Der innere Kreis pflegt dann wenig regelmässig zu sein.

Zerstreut über den ganzen Querschnitt fanden wir die Gefässbündel bei den Monocotylen (Fig. 126). Solche zerstreute Anordnung wird durch ein verschieden tiefes Eindringen der Blattspurstränge in den Centralcylinder des Stengels veranlasst. 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 Achselsprosse treten hier in zahlreichen Strängen in den Muttersprossein, 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 aber 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 Centralcylinder 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° 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[69] zeigte, auf einem fortgesetzten Weiterwerden der Grundgewebszellen des Centralcylinders, wobei auch die Sklerenchymfasersträngе, 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.

Früchte

Fasciculares Cambium = primares Meristem.
Interfasciculares Cambium = Folgemeristem.

B. Secundäre Gewebe (70).

Wir wenden uns nunmehr zu den secundären Geweben der Pflanzen. Sie werden durch Thätigkeit cambialer Gewebe, sowohl primärer Meristeme, wie der Folgemeristeme (vgl. S. 80), 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.

offene Gefäss-bündel.

Dickenwachsthum der gymnospermen und dicotylen Stämme. In den offenen Gefässbündeln der Gymnospermen und der in die Dicke wachsenden Dicotylen folgt die Cambiumthätigkeit fast unmittelbar auf die Fertigstellung der primären Gewebe. Das zwischen dem Vasaltheil und Cribraltheil der Gefässbündel verbliebene primäre Meristem, das wir als Cambium (S. 92) schon kennen lernten, wird von nur wenigen Lagen dünnwandiger, protoplasmareicher Zellen gebildet. Mittlere Zellagen dieses Cambiums wirken als Initialschicht. Von dieser 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 Gewebszellen des Vasaltheils oder Cribraltheils erfolgt. Die Gefässbündel der zum Dickenwachsthum 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 Folgemeristem (S. 80) ist, ergänzt das innerhalb der Gefässbündel gelegene fasciculare Cambium, das wir als ein primäres Meristem kennen gelernt haben (S. 92), zu einem vollen Ringe. Die Figuren 136 und 137 geben diesen Vorgang für Aristolochia Sipho 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 Vasal-

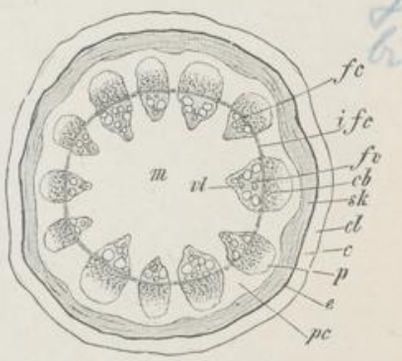
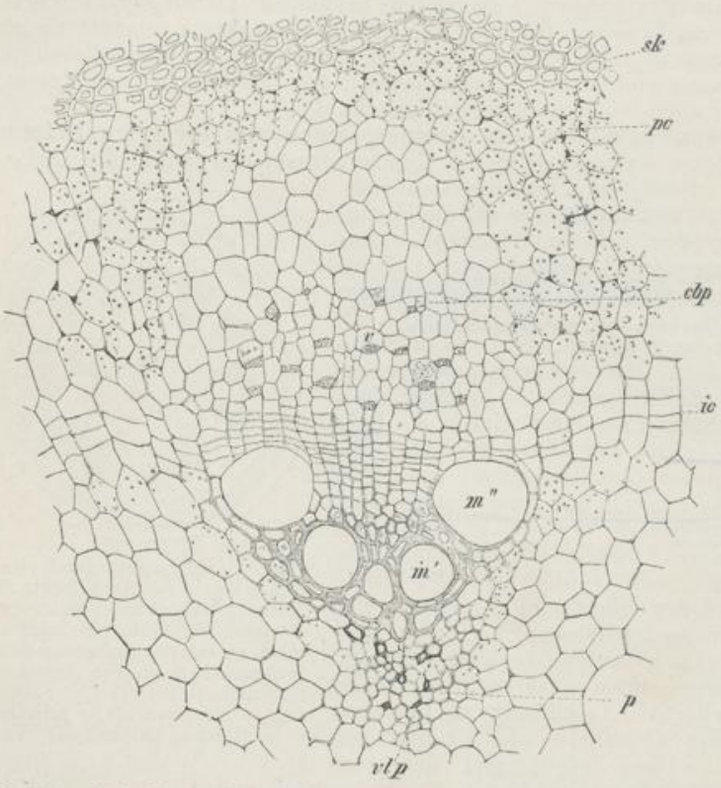


Fig. 136. Querschnitt durch einen 5 mm dicken Zweig von Aristolochia Sipho. *m* Mark, *fc* Gefässbündel und zwar *vl* Gefässtheil, *cb* Siebtheil, *fc* Fascicularcambium, *ifc* Interfascicularcambium, *p* Cribralparenchym an der Aussenseite des Siebtheils, *pc* Pericykel, *sk* Sklerenchymring, *e* Stärkescheide,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

theile 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.



Fsg. 137. Querschnitt durch einen Zweig von Aristolochia Sipho, im ersten Jahre seiner Entwicklung, ein Gefässbündel nach begonnener Cambiumthätigkeit zeigend. *p* Vasalparenchym; an dem Innenrande des Vasaltheils *vlp* Vasalprimanen, *m'* und *m''* behöft getüpfelte Gefässe, *ic* Interfascicularcambium, sich in das Fascicularcambium fortsetzend, *v* Siebröhren, *cbp* Cribralprimanen, *pc* Gewebe des Pericykels, *sk* innerer Theil des Ringes aus Sklerenchymfasern. Vergr. 130.

Im Gegensatz zu der primären Rinde (S. 94) lassen sich alle durch die Thätigkeit des Cambiums nach aussen erzeugten Gewebe als secundäre Rinde zusammenfassen. Die Vasaltheile 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

Frühjahr Weitlumiges Frühholz befördert die Wasserzufuhr.
Herbst Englumiges Spätholz erhöht die Festigkeit.
In der zweiten Augusthälfte hört die Holzbildung auf.

secundären Markstrahlen gebildet, die blind in den Holz- und Baststrängen endigen und um so weniger tief in sie reichen, je später ihre Anlage erfolgte. Die primären Markstrahlen werden auch vielfach als grosse, die secundären 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 abgegebenen 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 tangentiale ist. Die Enden dieser Prismen sind meist einseitig, abwechselnd nach rechts und links zugeschärft. 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.

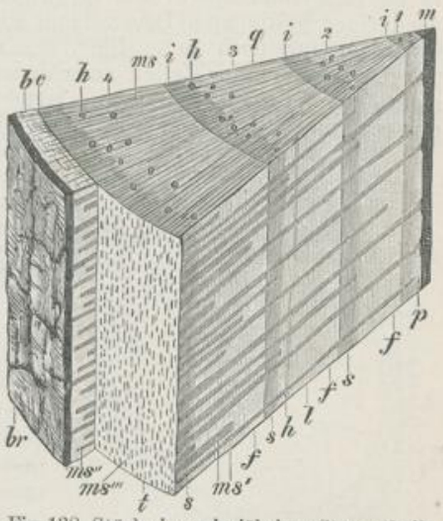


Fig. 138. Stück eines vierjährigen Stammtheils der Kiefer (Pinus silvestris) im Winter geschnitten, *q* Querschnitt-, *l* radiale Längsschnitt-, *t* tangentiale Längsschnitt-Ansicht. *f* Frühholz, *s* Spätholz, *m* Mark, *p* primäre Vasaltheile, *1*, *2*, *3* und *4* die vier auf einander folgenden Jahresringe des Holzkörpers, *i* Jahresgrenze, *ms* Markstrahlen in der Querschnittansicht 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 entsprechende Borke. Vergr. 6.

In der cambialen Thätigkeit unserer Holzgewächse macht sich eine Periodicität geltend, die meist 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 Augusthälfte 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, 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.

Splintholzer. Bei ihnen bleiben die lebenden Elemente erhalten.
Kernhölzer Bei ihnen sterben " " " ab.

Gerbstoffe
Holzfarbstoffe
oder
Xylochrome.

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 gehört zu ihnen. In anderen Holzkörpern, den Kernhölzern, sterben die lebenden Elemente nach einer bestimmten Lebensdauer ab, so dass in einiger Entfernung vom Cambium nur noch todte 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 todten Holztheilen eine bestimmte, oft sehr charakteristische Färbung, besonders dann, wenn sie in sogen. Holzfarbstoffe oder Xylochrome übergegangen sind. Die Gerbstoffe schützen den todten Holzkörper vor Zersetzung, während das Kerngummi die im todten Holze stets ausser Function gesetzten Wasserbahnen mehr oder weniger verschliesst. Der todte 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.

Kern – todter Holztheil
Splint – lebender Holztheil.

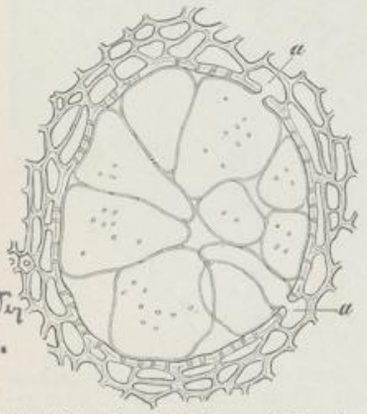


Fig. 139. Ein mit Thyllen erfülltes Gefäss, nebst den angrenzenden Elementen aus dem Kernholz der Robinie (Robinia Pseudacacia) im Querschnitt. Bei *a* und *a* ist der Zusammenhang der Thyllen mit ihren Ursprungszellen zu sehen. Vgr. 300.

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 Sandelholz (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 in den Kernhölzern abgelagert sein, bei Ulmus campestris und Fagus silvatica kohlensaurer 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

Thyllen.
blasenförmige Ausstülpungen der Schliesshäute 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 Hoftüpfel sind im Kernholze einseitig vorgewölbt, einer Tüpfelmündung mit ihrem Torus angedrückt und verschliessen so die Tüpfel. — Harz dringt nach H. Mayr (71) in die Membranen der Holzzellen unter normalen Verhältnissen nicht ein, wohl aber verkient das Holz unserer Nadelhölzer durch Imprägnirung der Zellwandungen 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.

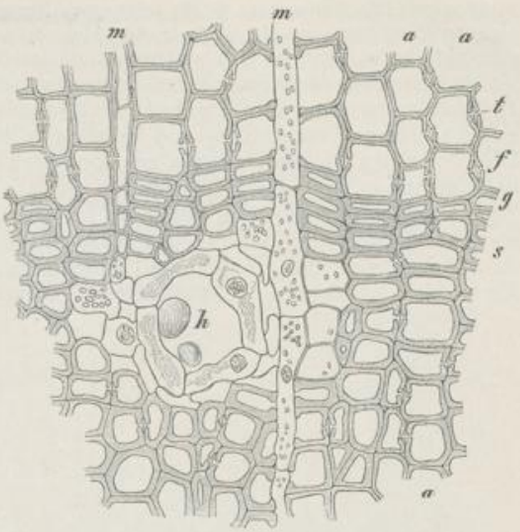


Fig. 140. Partie eines Querschnittes durch das Kieferholz an einer Jahresgrenze. *f* Frühholz, *s* Spätholz, *t* Hoftüpfel, *a* eine sich nach aussen verdoppelnde Tracheïdenreihe, *h* Harzgang, *m* Markstrahlen. Vergr. 240.

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 Tracheïden erzeugt (Fig. 140). Dieselben tragen behöfte Tüpfel und zwar meist nur auf ihren radialen Wänden. Die Frühtracheïden (*f*) sind weitlumiger als die Spättracheïden (*s*). Ausser Tracheïden 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 Gnetaceen ausgenommen, gehen den Gymnospermen im secundären Zuwachs, eben so wie in den primären Vasaltheilen, echte Gefässe ab. Die vom Cambium aus erzeugten Tracheïden bilden im Holzkörper radiale Reihen, die von Zeit zu Zeit, durch Einschaltung einer radialen Wand im Cambium, verdoppelt werden (Fig. 140 *a*). Die Tracheïden sind wesentlich länger als die Cambiumzellen, aus denen sie hervorgehen, oft bis über 1 mm lang. Diese grössere Länge erreichen sie durch nachträgliches Wachsthum, wobei sie sich mit ihren fortwachsenden Enden radial zwischen einander schieben. Bei Bildung von Holzparenchym gehen die Cambiumzellen quere Theilungen ein. In den holzparenchymatischen Zellenzügen der Kiefern,

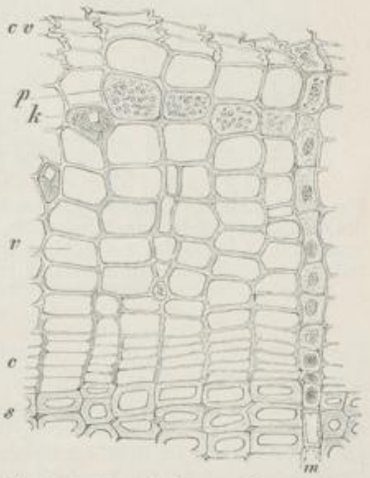


Fig. 141. Querschnitt aus dem Stamme der Kiefer, den äusseren Rand des Holzkörpers, das Cambium und den angrenzenden Bast in sich fassend. *s* Spätholz, *c* Cambium, *v* Siebröhren, *p* Bastparenchym, *k* krystallführendes Bastparenchym, *cv* ausser Function gesetzte Siebröhren, *m* Markstrahlen. Vergr.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

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.

Am Aufbau des secundären Zuwachses der Holzstränge der Dicotylen sind ausser den Tracheïden (*t*) und dem Holzparenchym (*hp*) auch echte Gefässe (Tracheen, *g*) und Holzfasern (*h*) betheiligt (Fig. 144 und 145). Die Zellen des Holzparenchyms zeichnen sich durch ihre Kürze und ihren Inhaltsreichthum aus, die Holzfasern durch ihre Länge, starke Verdickung und Zuspitzung der Enden. Im Frühholz werden weitlumigere 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

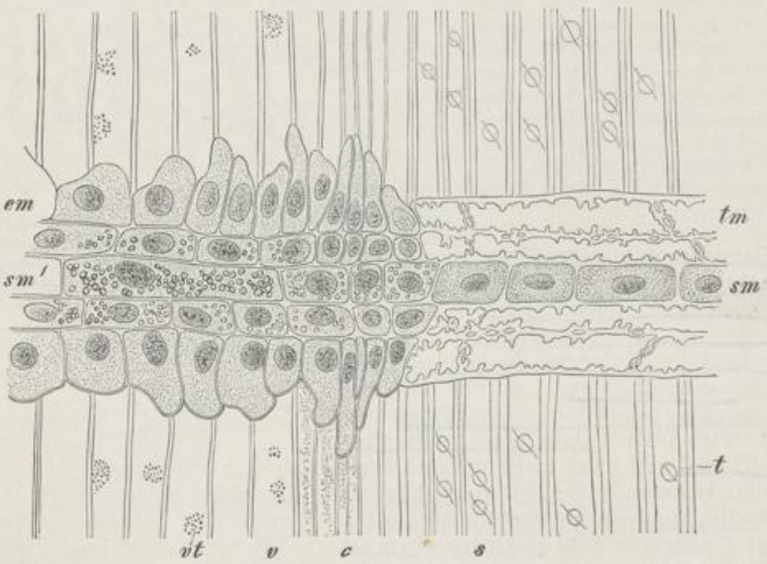


Fig. 142. Radialer Längsschnitt durch den Kieferstamm, den Aussenrand des Holzkörpers, das Cambium und den anschliessenden Bast, sowie einen Markstrahl in sich fassend. *s* Spättracheïden, *t* Hoftüpfel, *c* Cambium, *v* Siebröhren, *vt* Siebtüpfel, *tm* tracheïdale Markstrahlzellen, *sm* stärkeführende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

Fasertracheïden (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 tracheïdalen und einem holzparenchymatischen Ursprung ableiten, aus den beiden Gewebearten somit, die uns auch im Holz der Gymnospermen bereits entgegentraten. — Zur trachealen Gewebeart gehören die Tracheïden 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 todte Zellräume vor. Sie sind vertreten: Durch relativ weitlumige, mit grossen Hoftüpfeln, eventuell auch Schraubenbändern versehene Tracheïden (*t* Fig. 144), die der Wasserleitung dienen; durch gefässartig ausgebildete, ähnlich verdickte und ebenso functionirende Gefässtracheïden (*gt*); durch englumige, zugespitzte, spaltenförmig

verengte, kleine Hoftüpfel führende Fasertracheïden (*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. Sie sind englumig und den Tracheïden ähnlich gestaltet, so lassen sie sich als Tracheïdgefässe (*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

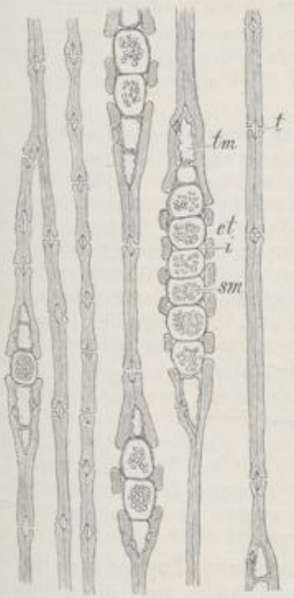


Fig. 143. Tangentialer Längsschnitt durch das Spätholz der Kiefer. *t* Hoftüpfel, *tm* tracheïdale, *sm* stärkeführende Markstrahlzellen, *et* einseitig behöfte Tüpfel, *i* Intercellularen am Markstrahl. Vergr. 240.

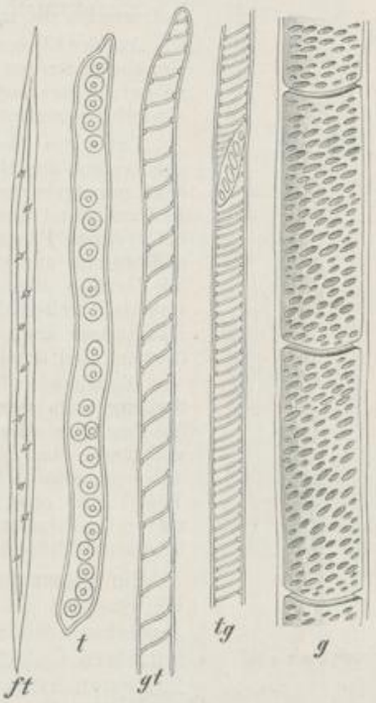


Fig. 144. Elemente der trachealen Gewebeart in schematischer Darstellung. Erklärung im Text.

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 Nebenproducte 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 bedeutenderer 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 Fasertracheïden einerseits und die inhaltleeren Holzfasern andererseits, die nur noch mechanischen Leistungen obliegen.

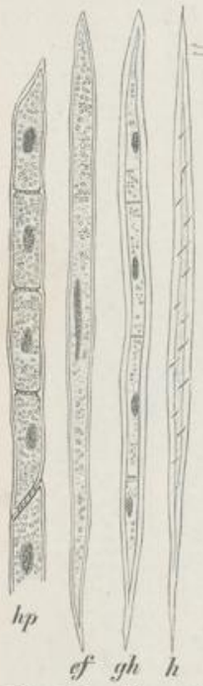


Fig. 145. Elemente der holzparenchymatischen Gewebeart in schematischer Darstellung. Erklärung im Text.

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 allein die zur Gattung Drimys gehörenden, den Magnolien nah verwandten Bäume nur aus Tracheïden 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 lebenden Zellen communicirt durch einseitig behöfte 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 behöften Hoftüpfeln 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 kurzzelligem, 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 Nebenproducte 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 Geleitzellen wird bei bestimmten Gattungen der Coniferen

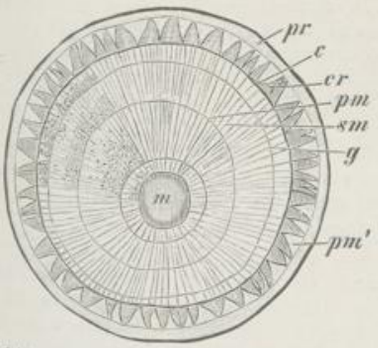


Fig. 146. Querschnitt durch einen im vierten Jahre stehenden Zweig der kleinblätterigen Linde (Tilia parvifolia). *pr* primäre Rinde, *c* Cambiumring, *cr* Bast, *pm* primäre Markstrahlen, *pm'* äusseres erweitertes Ende eines primären Markstrahls, *sm* secundärer Markstrahl, *g* Jahresgrenze, *m* Mark.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

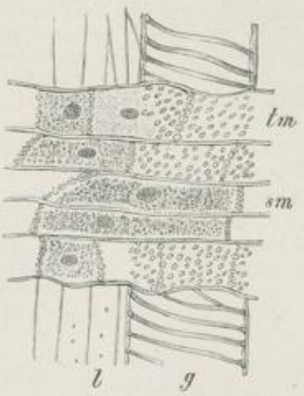


Fig. 147. Radialer Längsschnitt aus dem Holz von Tilia parvifolia mit einem kleinen Markstrahl. *g* Gefäss, *l* Holzfasern; *tm* mit den Wasserbahnen durch Tüpfel verbundene, *sm* der Leitung der Assimilate vornehmlich dienende Markstrahlzellen. Vergr. 240.

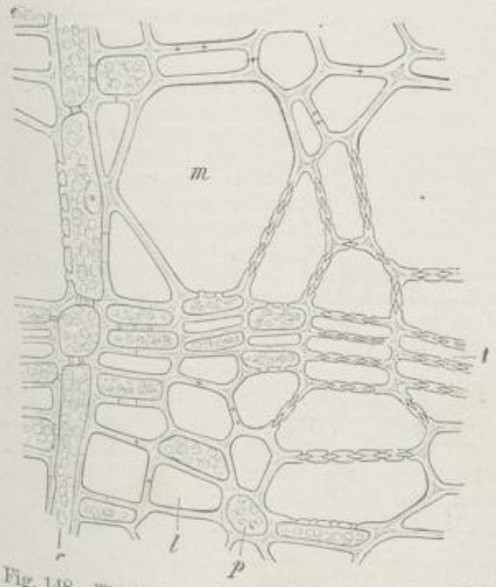


Fig. 148. Theil eines Querschnittes durch den Holzkörper von Tilia parvifolia an einer Jahresgrenze. *m* weites Tüpfelgefäss, *t* Tracheïden, *l* Holzfaser, *p* Holzparenchym, *r* Markstrahl. Vergr. 540.

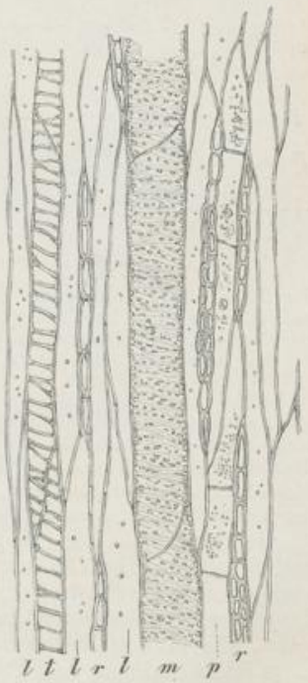


Fig. 149. Tangentialer Längsschnitt aus dem Holz von Tilia parvifolia. *m* Tüpfelgefäss, *t* mit Schraubenbändern versehene Tracheïden, *p* Holzparenchym, *l* Holzfaser, *r* Markstrahlen. Vergr. 160.

(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.

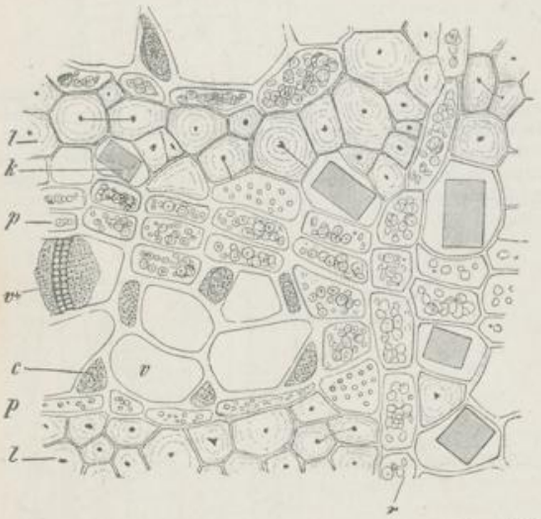


Fig. 150. Durchschnitt durch den Bast der Linde (Tilia parvifolia). *v* Siebröhren, bei *v** eine Siebplatte getroffen, *c* Geleitzelle, *p* Bastparenchym, *k* krystallführende Zellen des Bastparenchyms, *l* Bastfasern, *r* Markstrahl. Vergr. 540.

Wie die Holzfasern in den Holzsträngen, so können auch die Bastfasern in 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 (*c*), 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 Functionszeit, 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 sind 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, tracheïdal ausgebildet, durch Hoftüpfel unter einander und mit den Tracheïden verbunden (*tm* Fig. 142 und 143). Sie sind bestimmt, den Wasseraustausch in radialer Richtung unter den Tracheïden zu erleichtern. Bei den anderen Nadelhölzern, welchen solche tracheïdale Elemente in den Markstrahlen fehlen, sind tangentiale Hoftüpfel in den Tracheïden des Spätholzes vorhanden, wodurch eine radiale Bewegung des Wassers gefördert wird. Die lebenden Zellen der Markstrahlen des Holzkörpers zeigen dieselben Beziehungen zu den Wasserbahnen wie das Holzparenchym und hängen wie jenes durch einseitig behöfte 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 (72) 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, deren 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 (73). — 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.

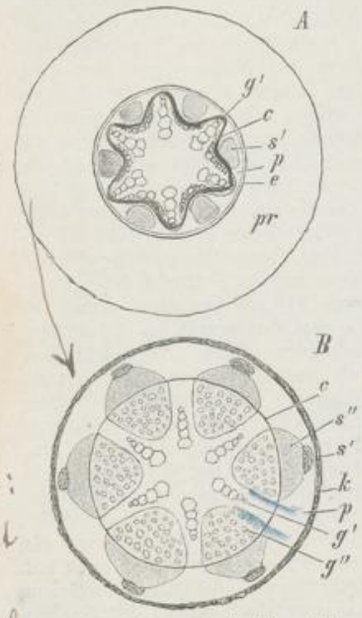
Die Höhe und Breite der Markstrahlen lässt sich leichter an tangentialen als an radialen Längsschnitten feststellen. An solchen tangentialen Längsschnitten erscheinen die Markstrahlen spindelförmig (Fig. 143 und 149). Ihre Grösse schwankt bei den meisten Hölzern nur innerhalb relativ enger Grenzen, doch 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. 24). 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

Bei Wurzeln:

denjenigen Gymnospermen und Dicotylen, deren Stamm in die Dicke wächst, kommt ein solches Dickenwachsthum auch den Wurzeln zu[74]. Wie wir gesehen haben (Fig. 123, 128), wechseln im Centralcylinder der Wurzel die Vasal- und Cribralstränge mit einander ab. Soll nun eine solche Wurzel in 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 sie 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 letztere lässt sich das Vorhandensein der primären Gewebe inmitten der Wurzel, die für deren Natur bezeichnend sind, feststellen. Ein anderer Umstand fällt dann gleichzeitig auf, nämlich der, dass das Holz der Wurzel weitlumiger 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.

jüngere Wurzel:



ältere Wurzel:

Siebteile weit außen.

Vasalteile nach innen.

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''* secundär erzeugtes Holz, *s''* secundär erzeugter Bast, *k* Periderm.

Besondere Formen des Dickenwachsthums dicotyler Stämme und Wurzeln[75]. 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 vor. Wir greifen einige der häufigeren heraus. Bei den Cycadeen und bestimmten Gnetum-Arten unter 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 nächstäusseren Hohlcylinder 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 Holzcylinder in ihrem Innern aufweisen (Fig. 153). Ein solcher Bau ist verschiedenen tropischen Lianen (S. 23) aus den Sapindaceen-Gattungen Serjania und Paullinia eigen. Er 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 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, schmälere 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.

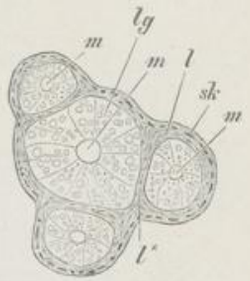


Fig. 153. Querschnitt durch den Stamm von Serjania Laruotteana. *sk* Theile des zersprengten Sklerenchymringes des Pericykels, *l* und *l** Bastzonen, *lg* Holzkörper, *m* Mark. Vergr. 2.

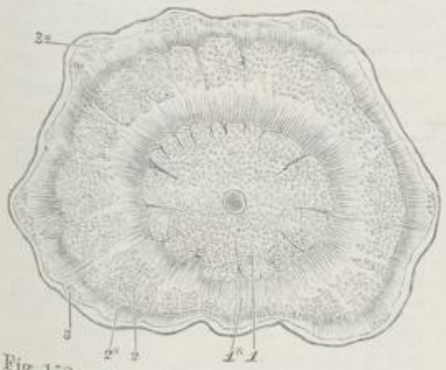


Fig. 152. Querschnitt durch einen Stamm von Mucuna altissima, *1*, *2* und *3* aufeinander folgende Holzkörper. *1* 2* 3** aufeinander folgende Bastzonen. $^3/_4$ nat. Gr.

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

Dickenwachsthum monocotyler Stämme und Wurzeln. Es giebt auch einige monocotyle Pflanzenfamilien und Gattungen, so vornehmlich Dracaenen, Yucca, Aloineen, Dioscoreaceen und einen Theil der Palmen[76] (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 Folgemeristem, 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).

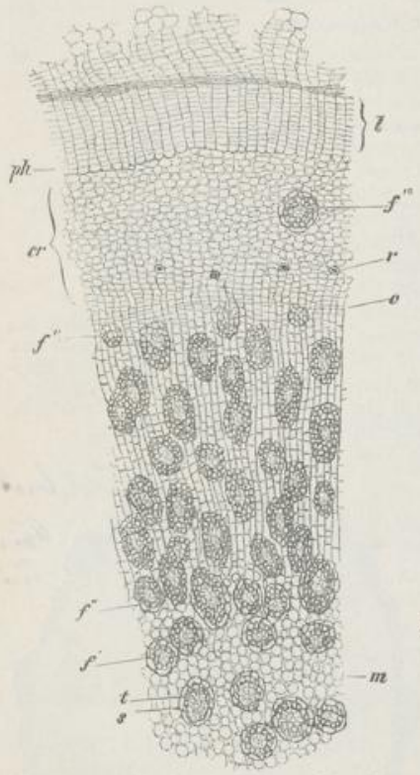


Fig. 155. Cordyline (Dracaena) rubra. Querschnitt durch den Stamm. *f* Gefässbündel und zwar *f'* primäre, *f''* secundäre, *f'''* ein aus einem Blatte kommendes, noch innerhalb der primären Rinde befindliches Gefässbündel, *m* parenchymatisches Grundgewebe, *s* Gefässbündelscheide, *t* Tracheïden, *e*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

Dickenwachsthum der Blätter[77] 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.

Periderma[78]. 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

Corkcambium oder Phellogen.

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 Folgemeristems, das man als Korkcambium oder Phellogen 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 tangentiale 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.

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

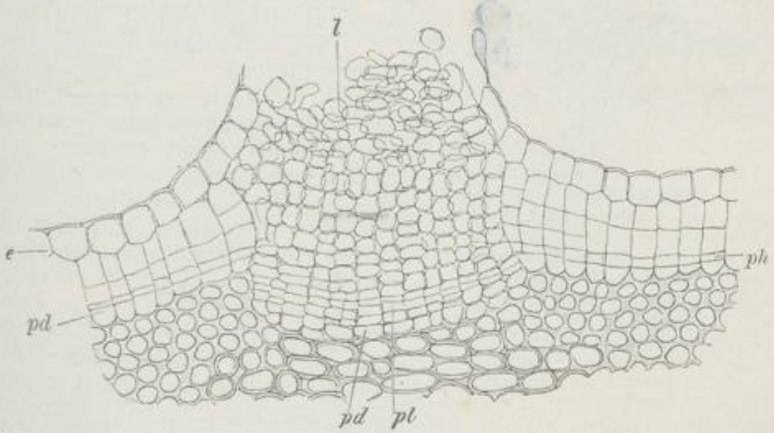


Fig. 157. Querschnitt durch eine Lenticelle von Sambucus nigra. *e* Epidermis, *ph* Phellogen des Periderms, *pd* Phelloderma, *pl* Phellogen der Lenticelle, *l* Füllzellen. Vergr. 90.

Der Kork der Korkeiche (Quercus Suber) wird von breiten Lagen weicher, weiter Korkzellen gebildet, mit welchen dünne, die Grenzen der Jahresproduction be-

zeichnende, flache Lagen abwechseln, wie sie an Korkstöpseln zu erkennen sind. Der erste spontan erzeugte Kork der Korkeiche wird bis auf das Phellogen vom Stamm entfernt, worauf einige Zelllagen tiefer sich ein neues Phellogen bildet, das den technisch verwerthbaren 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 sämmtlichen 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 (Fig. 157 *ph*) hervor. Die Epidermis liegt demgemäss der in Bildung begriffenen Korkschicht auf.

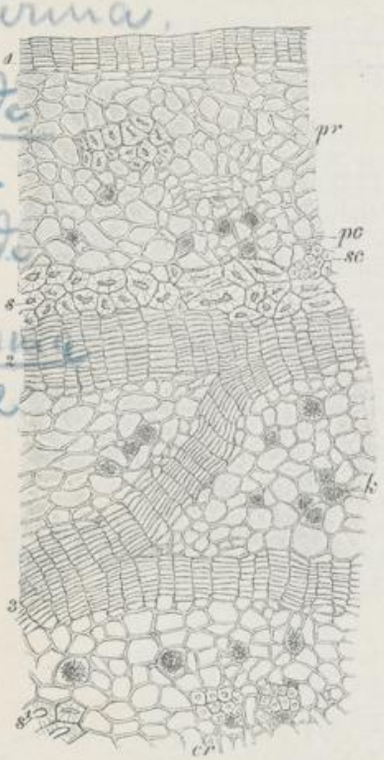


Fig. 158. Querschnitt aus der Stammoberfläche der Steineiche (Quercus sessiliflora). *1*, *2* und *3* nach einander erzeugte Korkschichten; die innere Korkschicht noch hell, die äusseren gebräunt. *pr* primäre, durch nachträgliche Wachsthumsvorgänge veränderte Rinde. Von *pc* an Pericykel; *sc* Sklerenchymfasern aus einem zersprengten Sklerenchymfaserringe des Pericykels, *s* nacherzeugte Steinzellen, *s'* Steinzellen im secundären 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.

Ausser Kork nach aussen bildet das Phellogen in den meisten Fällen auch sogen. Korkrinde oder Phelloderma nach innen. Die so erzeugten Phellodermzellen 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 secundäre 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 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, Waldrebe, Geissblatt. Schwer sich ablösende Borke wird während der Dickenzunahme des Stammes nur rissig, was das rissige 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 Betulin (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(79). 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 Intercellularen getrennt werden, nach innen Phelloderma 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 Verschlussschichten, 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(80). 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, dann 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 verwächst 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 (Siphoneen) 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 ge-

streckten 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 siebröhrenartige Zellengänge (60) 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 inneren, 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

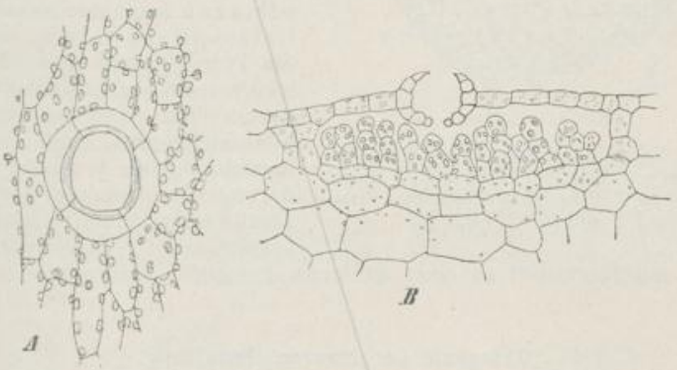


Fig. 159. Oberflächenansicht und Querschnitt des Thallus der Marchantia polymorpha. In *A* eine Athemöffnung von oben, in *B* im Querschnitt. Vergr. 240.

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 Gewebesonderung 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 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 LEITGEB (81) 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 er-

zeugt. (Dass jene Spaltöffnungen der Bryineen den Spaltöffnungen der höheren Pflanzen homolog sein sollten, lässt sich nicht annehmen, vielmehr liegt hier wiederum eine jener Analogien vor, wie solche, wohl aus inneren Entwicklungsursachen, so oft vorkommen. 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 (82) bei Aufstellung seines natürlichen Systems des Pflanzenreichs geschah, mit den andern niederen Cryptogamen als Zellenpflanzen zusammenfassen und den Gefässpflanzen, d. h. den durch die Pteridophyten und Phanerogamen vertretenen Gewächsen, gegenüber stellen. Erst bei den Gefässpflanzen kommt, zugleich mit der Ausbildung der Wurzeln, die Sonderung der inneren Gewebe in Hautgewebesystem, Grundgewebesystem und Gefässbündelsystem zu Stande und führt dort zu einer weitgehenden Differenzirung.

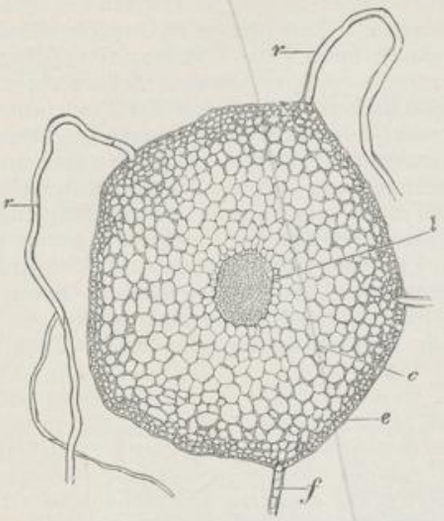


Fig. 160. Querschnitt durch das Stämmchen von Mnium undulatum. *l* Leitbündel, *c* Rinde, *e* die äusserste Zellenschicht derselben, *f* Blattflügel, *r* Rhizoide. Vergr. 90.

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 Bacterien (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 Zellen mit einander verbunden, so kommt ein Zellfaden zu Stande (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

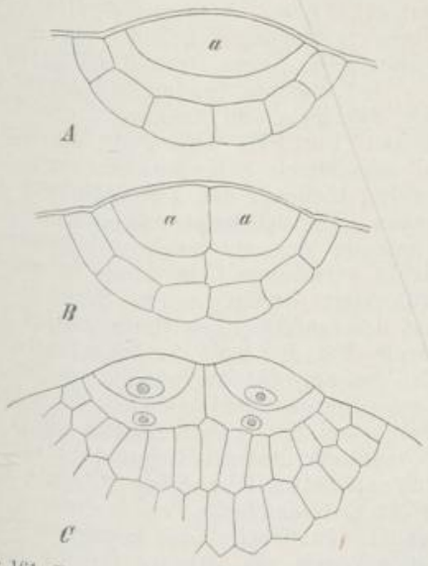


Fig. 161. Der Vegetationspunkt von Dictyota dichotoma und dessen Gabelung. *a* die Scheitelzellen. Nach E. DE WILDEMAN. Vergr. ca. 500.

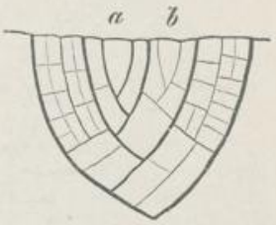


Fig. 162. Schema des Vegetationspunktes von Metzgeria furcata im Augenblick der Verzweigung. Von der Rückenfläche gesehen. *a* die Scheitelzelle des Muttersprosses, *b* des Tochtersprosses. (Nach KNY.) Vergr. ca. 370.

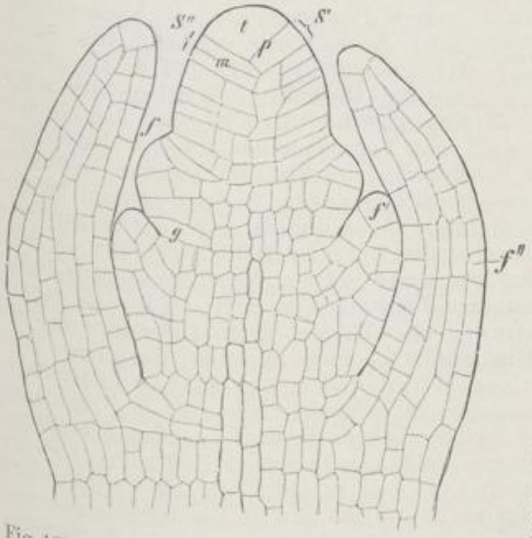


Fig. 163. Medianer Längsschnitt durch den Vegetationskegel von Equisetum arvense. Die Erklärung der Buchstaben im Text. Vergr. 240.

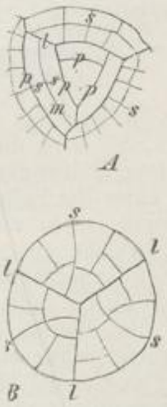


Fig. 164. *A* Scheitelansicht des Vegetationspunktes von Equisetum arvense, *B* optischer Durchschnitt desselben Vegetationskegels unter der Scheitelzelle. *l* Seitenwände der Segmente. Die Erklärung der übrigen Buchstaben im Text. Vergr. 240.

Meeresalge Dictyota dichotoma[83]. 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. 10, 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 scheitelwärts folgen, worauf beide Gabelzweige sich vorzuwölben beginnen. — Bei anderen bandartigen Algen und ähnlich gestalteten Lebermoosen, wie Metzgeria und Aneura[84], 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 Lebermoose ist auf die frühzeitige Anlage neuer Scheitelzellen aus der randständigen Hälfte junger Segmente (Fig. 162 bei *b*) zurückzuführen. — Bei den aufrecht wachsenden, radiär gebauten Sprossen der Laubmoose, der meisten Farne und der Schachtelhalme pflegt die Scheitelzelle die Gestalt einer dreiflächig zugespitzten Pyramide[85] mit vorgewölbter Grundfläche zu besitzen. Sie nimmt den Scheitel des konischen Vegetationskegels ein, wie er für die höher organisirten Gewächse charakteristisch ist. Die Scheitelzelle (Fig. 163 und 164) an den Hauptsprossen des Ackerschachtelhalmes (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 getheilt. — Alle Wände, welche eine der Oberfläche eines solchen Vegetationskegels, oder anderen Pflanzentheils, gleichsinnige Krümmung zeigen, werden 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. Wände, welche die Wachsthumsachse in sich aufnehmen und die Oberfläche des Pflanzentheils rechtwinklig treffen, heissen radial. — Aus dem Vegetationskegel von Equisetum arvense sieht man in einiger Entfernung von der Scheitelzelle den ersten Blattwirtel (*f*) sich erheben, 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 *f''*) auf einander. In der Achsel des zweiten Blattwirtels ist eine der für die Seitensprosse bestimmten

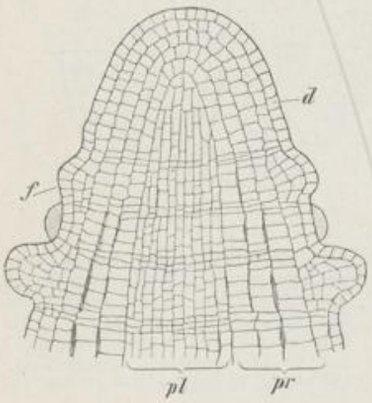


Fig. 165. Medianer Längsschnitt durch den Vegetationskegel von Hippuris vulgaris. *d* Dermatogen, *pr* Periblem, *pl* Plerom, *f* Blattanlagen. Vergr. 240.

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 Anordnung der Zellen im Vegetationskegel zu Stande, wie sie durch die Fig. 165, für Hippuris vulgaris, veranschaulicht wird. Wir sehen über einander gelagerte mantelförmige Zellschichten, in welchen die Scheidewände, wie das SACHS[86] erkannte, eine Schaar confocaler Parabeln bilden. Die äusserste Zellschicht, welche den Vegetationskegel deckt und als einfache Zellschicht auch die

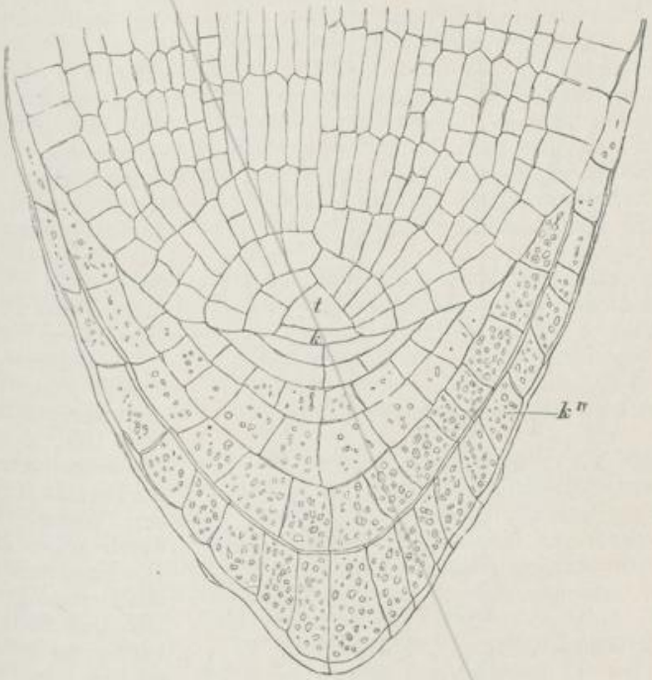


Fig. 166. Medianer Längsschnitt durch die Wurzel von Pteris cretica. *t* Scheitelzelle, *k* Haubeninitiale, k^n Wurzelhaube. Vergr. 240.

sich vorwölbenden Blattanlagen überzieht, wird als Dermatogen (*d*) bezeichnet[87]; 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 Trajectorien für die gleichsinnig mit der Oberfläche gekrümmten Periklinen.

Während SACHS die rechtwinklige Schneidung zum obersten Princip des Verlaufs der Scheidewände erhebt, suchen ERRERA und BERTHOLD[88] 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 Gestaltung 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[89] (*t* 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 Wurzelwachsthums 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[90]. Von dem phanerogamen Stammvegetationskegel (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 sog. Kalyptrogen (*k*). Bei vielen anderen 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 Pleromcylinder (*pl*) schliesst hingegen in der Wurzel so wie im Stamm fast stets mit deutlich abgegrenzten Initialen ab.

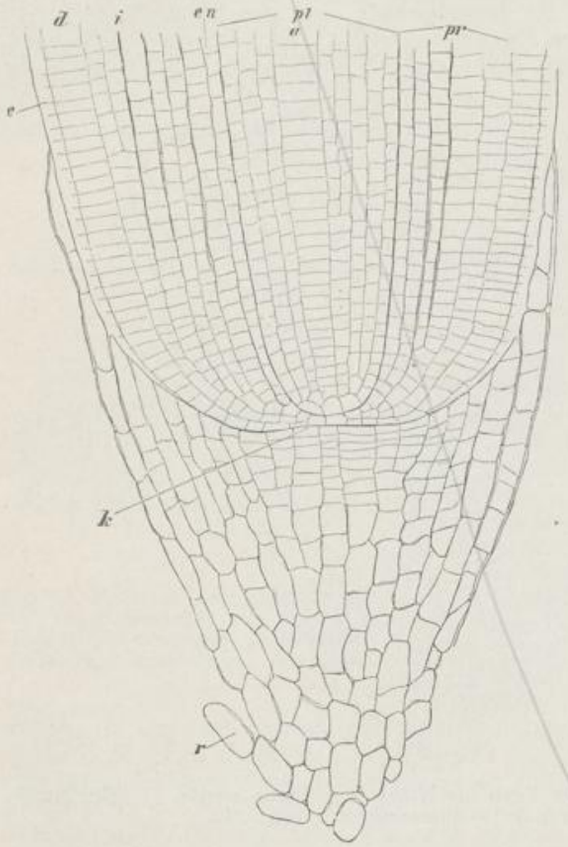


Fig. 167. Medianer Längsschnitt durch die Wurzelspitze der Gerste (Hordeum vulgare). *k* Kalyptrogen, *d* Dermatogen, *e* verdickte Aussenwand desselben, *pr* Periblem, *pl* Plerom, *en* Endodermis, *i* mit Luft sich füllende Intercellularen, *a* Zellreihe, welche das centrale Gefäss bildet, *r* abgestossene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

Eine qualitative Sonderung im embryonalen Gewebe vollzieht sich in geringer Entfernung von den Vegetationspunkten. Dort tritt dieses Ge-

webe aus dem meristematischen Zustande bereits heraus, um in die, dem betreffenden Pflanzenkörper zukommende Differenzirung einzutreten. Bei den eine Sonderung in Epidermis, primäre Rinde und Centralcylinder in ihren Stengeln und Wurzeln aufweisenden Gewächsen bildet das Dermatogen im Allgemeinen die Epidermis, das Periblem die primäre Rinde, das Plerom den Centralcylinder; doch gelten diese Beziehungen nicht ausnahmslos. Keinesfalls dürfen die Zellanordnungen in dem embryonalen Gewebe der Vegetationspunkte als Ausdruck einer dort schon vorhandenen Sonderung der Gewebeanlagen gelten, vielmehr sind es mechanische Momente, welche diese Zellanordnungen 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 Centralcylinders 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 Centralcylinder 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 die Anlage der Knospen bis auf die Achsel des acht-, ja selbst zehntjüngsten Blattes verschoben werden[91]. 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 Mutter-

wurzel 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[92] 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. 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[93].

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 Merkmale können auf Atavismus oder Rückschlag beruhen, d. h. eine Rückkehr zu bestimmten Eigenschaften der Voreltern bedeuten. Die meisten individuellen Abweichungen gehören aber in das Gebiet der sogen. fluctuirenden Variationen. Diese finden fortdauernd im Entwicklungsgang jeder Species statt und lassen sich gewissermaassen mit dem Ausschlagen eines Pendels aus seiner Gleichgewichtslage vergleichen. Ausser der fluctuirenden Variationen giebt es aber eine fortschreitende Veränderung der Arten, die sich im abweichenden Verhalten der Individuen offenbart und die Hugo de Vries[94] als Mutation bezeichnet. Die Mutanten sind dadurch ausgezeichnet, dass meist nicht einzelne ihrer Organe, sie vielmehr in ihrem ganzen Wesen sich verändert zeigen. Diese Aenderung pflegt durch einen hohen Grad von Vererbbarkeit ausgezeichnet zu sein. — Bei unvermittelten Veränderungen, die so stark sind, dass sie das Individuum ganz auffällig von dem Typus der Art entfernen, pflegt man von Missbildungen zu sprechen. Ziehen diese Veränderungen Functions-

störungen nach sich, so werden sie als krankhaft bezeichnet. Die Veranlassung zu Variationen, Mutationen und auch zu Missbildungen ist im Organismus selbst gegeben und ihre Ursachen bleiben dann meist verborgen, oder sie wird durch äussere Einflüsse bedingt und ist dann unter Umständen der experimentellen Behandlung zugänglich. Aus inneren Ursachen treten z. B. die sogen. Knospenvariationen bei der Pflanze auf, welche eine abweichende Ausbildung einzelner Sprosse veranlassen. Von solchen Knospenvariationen rühren unter andern alle die geschlitzt-blätterigen Formen der Gewächse her, die in unseren Gärten gezogen werden. Aus inneren Ursachen ändert sich in manchen Fällen die Zahl der Glieder in einem Blüthen- oder Laubblattquirl und kommen solche Pflanzen wie etwa eine Paris quadrifolia zu Stande, die sechsgliederig statt viergliederig 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 in manchen Fällen bei solchen Veränderungen im Spiel, und sie sind es, welche die Pflanzenzüchter zu Hülfe nehmen, um bestimmte Culturformen der Gewächse zu erzielen. — Die Lehre von den regelwidrigen Bildungen der Pflanzen hat man als Phytoteratologie bezeichnet. Unter den äusseren Ursachen, welche auffällige Missbildungen veranlassen, 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 war, in dem sie dieselben befielen. Unverändert in seiner Gesammtausbildung 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. — Für Missbildungen, welche die Pflanze aus innern Ursachen erzeugt, gilt im Allgemeinen auch, dass sie um so extremer ausfallen, je früher sie sich an

einem Organ einstellen. Wird die embryonale Substanz eines Vegetationspunktes von ihrem normalen Entwicklungsgang schon abgelenkt, so kann ein ganz anderes Gebilde an Stelle des erwarteten 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 Blüthe ein vegetativer Spross entstehen, ja selbst der Vegetationspunkt einer Wurzel sich unmittelbar als Spross weiter entwickeln. Schon angelegte Blätter werden in ihrer Veränderung sich vornehmlich innerhalb des Formenkreises der Blattmetamorphose halten, Blumenblätter beispielsweise an Stelle von Staubblättern oder Fruchtblättern sich bilden. Je später der ändernde Einfluss auf die Anlage sich geltend macht, um so unvollkommener wird ihre Umwandlung sein. 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 Folgemeristemen noch zukommt, kann endlich bedingen, dass auch an Stelle schon ausgegliederter Anlagen morphologisch völlig abweichende Glieder auftreten, 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 Rückschlagserscheinungen 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 Entwickelungsgang. 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 derartig 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 specifische 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. Aeussere 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 Einzelerscheinungen aufsuchen muss, welche eben dadurch wesentliche functionelle Bedeutung verrathen. 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 Blüthen 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 einer männlichen Zelle des Pollenschlauchs zum Embryo, also zu einer jungen Pflanze heranwächst. Diese wichtigen Thatsachen sind bei allen Blüthen 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 öcologische 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 Entwickelungsstadien einiger niederer Organismen, wie sie als Amöben und Plasmodien der Myxomyceten (S. 46) erwähnt wurden, haben wir es bei den Pflanzen, trotz des hohen Wassergehaltes, 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, Elektricität 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 zukommen, bei den Lebenserscheinungen mitspielen und der Lebensführung dienstbar gemacht sind. Der Einblick in rein physikalische und chemische 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.

Setzt man 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. dürren 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. Macht man 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 horizontalen 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 ermöglicht das, was wir Leben nennen.

Unter Reizbarkeit versteht man ~~aber~~ den uns im Einzelnen unbekannten, 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 Spannkräfte 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, brächte es vielmehr die allergrössten Schwierigkeiten mit sich, die unendliche Mannigfaltigkeit der Lebenserscheinungen auf die Aeusserung dieser einzigen „Kraft" zurückzuführen.

Wenn wir aber auch dazu kommen, eine besondere Lebenskraft aus der Physiologie auszuschliessen und nur Wirkungen anzunehmen, die der Materie 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 verketten. 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 Planeten die lebendige Substanz aus lebloser Materie entstanden sein könnte. Die Annahme einer Descedenz gestattet uns zwar, die Entstehung des Lebens auf der Erde in geologische Zeitalter zurückzuversetzen, von denen uns wohl Jahrmillionen trennen und von deren Charakter und Schöpfungsbedingungen wir keine Ahnung haben. 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 grundsätzlich 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. Die Lebensfähigkeit des pflanzlichen Plasmas erhält sich nur innerhalb verhältnissmässig enger Temperaturgrenzen; 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 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 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. 199). Für die verschiedenen Lebensvorgänge innerhalb einer Pflanze und für verschiedene, zumal an abweichende Lebensverhältnisse gewöhnte Pflanzen sind diese sogenannten „Cardinalpunkte" aber meist verschieden.

Bei der Pflanzenwelt kalter Klimate liegen die Cardinalpunkte der Temperatur naturgemäss durchschnittlich viel tiefer als bei den Bewohnern gemässigter oder gar tropischer Regionen, so dass die geographische Vertheilung der Pflanzen in erster Linie von der Lage dieser Cardinalpunkte abhängt. Die höchsten Cardinalpunkte besitzen aber nicht die Vertreter der tropischen Pflanzenwelt, sondern kleine Algen und Bacterien heisser Quellen, die in dem dampfenden Wasser von 70—80° C. (welches Hühnereiweiss alsbald gerinnen lässt) ihre seltenen Lebensbedingungen finden, während einzelne thermogene Bacterien selbstthätig ihre Temperatur bis auf 70° C. und mehr steigern.

Gewisse Pflanzen verlangen zu ihrem vollen Gedeihen das ungeschwächte Sonnenlicht; andere dagegen, die sogen. Schattenpflanzen, kommen nur im gedämpften Lichte des Waldschattens oder, wie das Leuchtmoos, im Dämmerschein von Klüften und Höhlen zu voller Entwickelung. Das Lichtbedürfniss wechselt aber nicht nur bei verschiedenen Pflanzenarten und je nach Gewohnheit auch wieder individuell, sondern es kann bei demselben Einzelwesen sich das Optimum der Lichtwirkung mit der Entwickelung verschieben. Viele der tropischen Culturpflanzen verlangen z. B. während ihrer Jugend Schatten und müssen daher durch 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 vielen Pflanzen eine Tötung durch Erfrieren ein. Empfindliche Pflanzen können aber 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 zunächst nicht in den Zellen selbst, sondern in den Intercellularräumen beginnt und gradweise fortschreitet auf Kosten des sich mehr und mehr concentrirenden Zellsaftes. Es giebt Pflanzen, die selbst aus völlig gefrorenem Zustande lebendig wieder aufthauen, wie u. a. die Bewohner polarer und hochalpiner Regionen. Bemerkenswerth ist aber die Widerstandskraft niederer Organismen gegen extreme Kältegrade. In den Versuchen Pictet's ertrugen Diatomeen längere Zeit eine Temperatur von — 200° C., und die verschiedensten Bacterien erwiesen sich nach den Angaben von Macfadyen u. a. widerstandsfähig gegen eine 7tägige Einwirkung von 250° Kälte, die mittels flüssiger Luft und flüssigen Wasserstoffs erreicht wurde (1).

Rascher Temperaturwechsel beim Aufthauen wird von der Pflanze im Allgemeinen besser ertragen, als ein häufiger Uebergang zwischen Gefrieren und Aufthauen. Demgemäss wird eine längere strenge Kälte im Allgemeinen besser überwunden, als eine geringere, die mit öfterem Aufthauen abwechselt.

I.

Die Festigung des Pflanzenkörpers.

Eine der wichtigsten und nothwendigsten physikalischen Eigenschaften des Pflanzenkörpers ist seine Festigkeit, denn ohne Festigkeit ist keien 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 Grund-

fläche von nur 15 mm Durchmesser. Die Höhe des Pfeilrohrs beträgt das 200fache, die des Roggenhalmes 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 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 schnellt 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 Tauen 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 schlaffe 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 dehnenden 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, solche mechanischen Eigenschaften wie der eben betrachtete Gummischlauch anzunehmen, sobald ein starker Innendruck sie spannt. Dieser Innendruck ist nun in der That vorhanden. Um zu verstehen, wie er in der ringsum geschlossenen Zelle zu Stande kommt, müssen wir uns der vom Botaniker Dutrochet 1823 zuerst untersuchten, später zumal von Pfeffer und de Vries genauer studirten physikalischen Erscheinung der Diosmose erinnern (2). 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 Molecüle bezw. der Jonen gegen die Wände erklärt werden soll. Wir nehmen also an, die Diosmose beruhe darauf, dass sich die kleinen Theilchen fester Körper und ihrer Lösungsmittel anziehen. Sie beruhe 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 zwischen eine Lösung und das reine Lösungsmittel eine Trennungswand

Bedingung für einen einseitigen Ueberdruck muss vorhanden sein.

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 zu einem 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 Zellsafte 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 im Innern der Zellen 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 sogen. „Turgors", länger und umfangreicher sind als es dem ungedehnten Zustand ihrer Membran entspricht.

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 schmäler; das Plasma faltig von der Membran abgehoben. *s s* Seitenglieder.

Endosmose

Wird einer solchen turgescenten Zelle irgendwie Wasser entzogen, dann vermindert sich natürlich der Innendruck, die elastisch gespannte Membran (deren Dehnung bis zu 10 und 20 % betragen kann) zieht sich zusammen, die Zelle wird kürzer und schmäler 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 welke. Eine welke Pflanze zeigt durch ihr Schlaffwerden aber deutlich an, dass sie sich nicht durch die Festigkeit ihres Zellhautgerüstes, sondern nur durch den inneren Wasserdruck aufrecht erhalten konnte; eine reichliche Zufuhr von Wasser lässt dann auch den früheren Zustand alsbald wiederkehren.

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 (Fig. 168). Durch Ueberführen in reines Wasser kann, wenn nicht das Plasma von der Salzlösung stark gelitten hat, der frühere turgescente Zustand auch hier rasch wiederhergestellt werden. Ist das Plasma jedoch abgestorben, dann ist es vollkommen permeabel geworden und die Bedingung für einen einseitigen Ueberdruck ist zerstört. Frische, lebendige Scheiben 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 getötet, dann entweichen Zucker und Farbstoff in das umgebende Wasser, die Scheiben verlieren dabei ihre Festigkeit und werden schlaff.

Umgekehrt erhöht sich der Innendruck, wenn Pilze oder Seepflanzen in eine schwächer concentrirte Lösung bezw. in Süsswasser übertragen werden, oft bis zum Platzen der Zellhaut.

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. $3^1/_2$ Atmosphären) und diese Lösung gerade hinreichend ist, den Turgor einer Pflanzenzelle aufzuheben (was bei elastisch gedehnten Zellen sich schon durch das Aufhören der Verkürzung kundgiebt), 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 turgescenten Pflanzentheil herrschenden Turgorkräfte 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 Processe 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; die Aussengewebe dagegen gleichen in ihrer Wirkung der elastisch gespannten Membran der Einzelzelle, indem sie von dem Markcylinder über ihre eigentliche Länge elastisch ausgedehnt werden. 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 turgescenten Spross (z. B. einer Sonnenrose, oder Iva) einen Streifen der peripheren Gewebe abtrennt und das Mark für sich herausschält. Das Aussengewebe wird sofort kürzer, das Mark sofort

länger werden als beide im Verbande des Sprosses waren. Hatte das benutzte Sprossstück eine Länge von 50 cm, so wird der Aussenstreifen z. B. auf 46 cm sich zusammenziehen, das Mark aber sich rasch und kräftig auf 60—70 cm verlängern. N. J. C. MÜLLER musste einen Druck von 13½ Atmosphären anwenden, um das isolirte Mark auf seiner ursprünglichen Länge zu erhalten.

Die natürliche Länge des intacten Sprosses bildet also die Gleichgewichtslage zwischen dem Ausdehnungsbestreben des Marks und dem Contractionsbestreben 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. Um den von einem Stamme abgelösten Rindenring, der sich bei der Loslösung tangential stark verkürzt, wieder schliessend anzulegen, bedurfte es bei einem Versuche von KRABBE des Kraftaufwandes von 10 Atmosphären.

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)[3]. 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 genugsam ihre Härte, Zähigkeit und Festigkeit. SCHWENDENER's exacte Untersuchungen haben bestimmte 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 die Dehnbarkeit gegen 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. Sie ist, wie SCHWENDENER zeigte, je nach den Ansprüchen, welche an die Biegungsfestigkeit, an Zug- oder Druckfestigkeit gestellt werden, verschieden. Zur Erreichung der Biegungsfestigkeit ist die günstige 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 umstehende

Fig. 169 zeigt, müssen die äussersten Kanten a, 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 ii', ausgebildet, dann könnte mit Hülfe geringer Längendifferenzen derselben immerhin noch diese ansehnliche Biegung des Organs zu Stande kommen; je weiter dieselben aber nach aussen

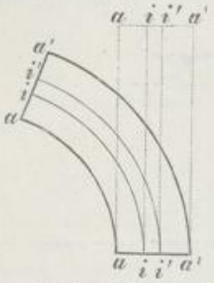


Fig. 169. Längsdurchschnitt durch einen elastischen Cylinder vor der Biegung (punktirt), und nach derselben (ausgezogen). Vor der Biegung sind alle Längskanten, die äusseren (aa, $a'a'$) und die inneren Längslinien (ii, $i'i'$) gleich lang (= 31,4 mm). Nach der Biegung ist die Aussenkante a' auf 37,6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

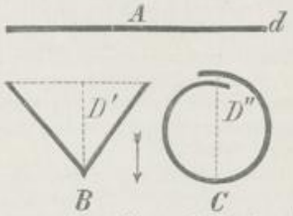


Fig. 171. Versteifung flächenförmiger Organe durch Faltung und Rollung. (Organe im Querschnitt gedacht.) Bei der Beugung in der Richtung des Pfeils kommt bei der ebenen Fläche A nur die Dicke d, bei dem gefalteten Organ B aber der Durchmesser D', bei dem gerollten (C) der Durchmesser D'' in Betracht.

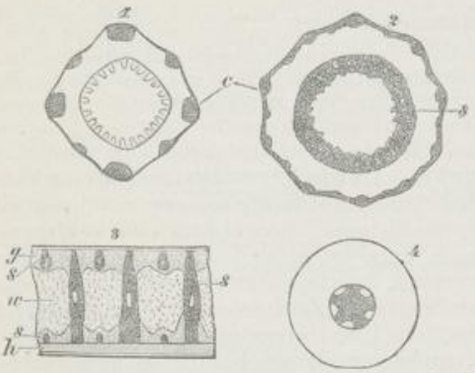


Fig. 170. Festigung von Pflanzentheilen durch Skeletgewebe. *1* Querschnitt durch einen jungen Sambucusspross, *2* Querschnitt durch den Blüthenschaft von Eryngium, *3* Querschnitt durch das Blatt von Phormium tenax, *4* Querschnitt einer Wurzel, *c* Collenchym und *s* Sklerenchym als Skeletgewebe dunkel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

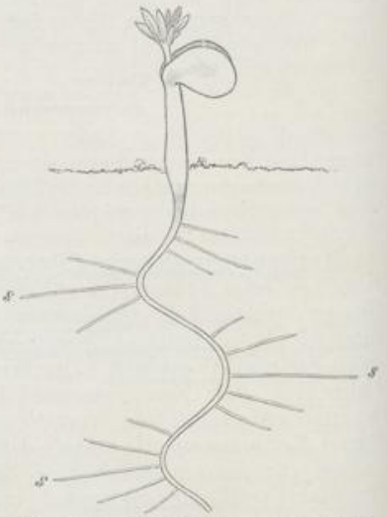


Fig. 172. Junge Lupine mit bogig gewachsener Hauptwurzel. Die Seitenwurzeln ausschliesslich auf den Convexflanken entwickelt, als Spannfasern wirkend.

liegen, um so mehr müssten sie gedehnt bezw. comprimirt werden, um so grösseren Widerstand setzen sie demnach der Beugung entgegen. In der That findet man bei aufrechten Stengeln und Blüthenschäften, bei denen es auf Biegungsfestigkeit 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

Stengeln u. Blütenschäften — Stereome peripherisch angeordnet. (Biegungsfestigk.)
Wurzeln u. Rhizome — central angeordnet. (Zugfestigkeit.)
Samenhüllen — Gewölbe von Steinzellen. (Druckfestigkeit)

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*) versteift werden. Die mechanischen Elemente dieses Blattes liefern die festesten Schiffstaue.

Wo es so ausschliesslich auf Druckfestigkeit abgesehen ist, wie bei Samenhüllen (Pflaumenkernen, Hasel- und Wallnüssen), findet man 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. 56) erreicht. Dieses Gewebe besitzt nach Ambronn's Untersuchungen neben einer ansehnlichen Festigkeit gegen Zerreissen die Eigenschaft, durch Zugkräfte leichter dauernd verlängert zu werden[4]. Es giebt dem Wachsthum seiner Umgebung dabei um so mehr nach, als es selbst am Wachsthum noch activ theilnimmt. Es repräsentirt also sozusagen das Knorpelgewebe der Pflanzen. Collenchym

Auf eine erhöhte mechanische Inanspruchnahme vermag die Pflanze nach Hegler[5] mit einer Steigerung ihrer Festigkeit, so auch durch eine Vermehrung ihrer mechanischen Gewebe, zweckentsprechend zu reagiren.

Die an Fig. 169 geknüpfte 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 Zuhülfenahme besonderer Gewebe ihre Steifigkeit bedeutend.

Neben der Festigkeit der Einzel-Organe ist deren Anordnung, Ausbildung und Lage der Stabilität des Pflanzenkörpers als Ganzem dienstbar. Die Lage der Seitenäste, die bei ungestörter Entwickelung möglichst symmetrisch angeordnet werden, wird dabei durch aufwärts oder abwärts gerichtete Beugungen, Kniebildungen oder elliptischen Querschnitt[6] gewährleistet. An gebogenen Wurzeln entspringen die Seitenwurzeln ausschliesslich auf den convexen Flanken (Fig. 172) und verhindern durch diese Spannungsfestigung die Lockerung des Wurzelsystems, welche nothwendig mit einer Streckung der gekrümmten Faser verknüpft wäre[7].

II.

Die Ernährung.

Unter Ernährung versteht man den die Körpersubstanz liefernden Stoffwechsel. Ohne Ernährung, ohne Zufuhr von neuem Bildungsmaterial und

seine Verarbeitung ist kein Wachsthum und keine Entwickelung möglich, aber auch nicht einmal ein Verharren auf einem gegebenen Entwickelungszustand 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.

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°—120° C. lässt sich aber das Wasser entfernen und es bleibt dann die ihres Wassers beraubte Trockensubstanz der Pflanze zurück. Diese Trockensubstanz macht je nach dem Pflanzentheil oder der Pflanzenart einen grösseren oder geringeren Betrag des Gesammtgewichts 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 erfuhren 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 Entwickelung möglich ist, wenn auch nur eines dieser Elemente fehlt.

10 Elemente
C.
H.
O.
N.
S.
P.
K.
Ca.
Mg.
Fe.

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 grössere 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. 145). Sogar bei den sehr giftigen Kupfersalzen hat man 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. 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 gebundener Form, zumeist in Gestalt von salpetersauren Salzen oder Ammoniaksalzen, von gewissen Pilzen, Algen und Carnivoren aber auch in Form von Pepton, Amiden, selbst von Harnstoff, aufgenommen. Da das durch Bodenbacterien aus organischen Abfallstoffen gebildete Ammoniak aber mit Hülfe der sogen. „nitrificirenden" Bodenbacterien (Nitrit- und Nitratbacterien, STUTZER's Nitromicrobium) im gut durchlüfteten Boden in salpetrigsaure und weiterhin salpetersaure Verbindungen übergeführt wird, so kommt für die Pflanzen zumeist nur der in Nitraten gebundene Stickstoff in Betracht (8).

Bacterien sind überhaupt durch besondere, von denen der höheren Gewächse abweichende Beziehungen zum Stickstoff ausgezeichnet. Ausser den oben genannten, durch ihre Nitrification den grünen Pflanzen nützlichen Bodenbacterien kommen andere vor, welche Stickstoff mit Hülfe 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 in solche Bindungen überzuführen, welche nicht nur ihnen selbst, sondern auch höheren Pflanzen als Stickstoffnahrung dienen können. J. KÜHN schliesst aus dem Vergleich fortgesetzter Erträge ungedüngter und gedüngter Parzellen, dass im Boden eine sehr ansehnliche Stickstoffbindung ständig stattfindet (9).

Schwefel und Phosphor bilden, ebenso wie der Stickstoff, wichtige Bestandtheile des Protoplasmas. Sämmtliche Proteïnsubstanzen 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 $^1/_2$%). 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 unmittelbare bei der Entstehung der plasmatischen Körper, sicher aber einerseits als Transportmittel, andererseits als 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.

Fig. 173. Buchweizen in Wassercultur. *I* in Nährlösung mit Kali, *II* in Nährlösung ohne Kali. Beide gleich stark verkleinert, nach Nobbe.

Die künstliche Ernährungsweise, welche vor allen anderen geeignet ist, über den Nährwerth eines Stoffes Aufschluss zu geben, ist die Methode der Wassercultur (Fig. 173). 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, sehr gut und machen den ganzen Entwickelungsgang bis zur Reife ihrer Samen durch. Für eine Kohlenstoffverbindung braucht man dabei in der Nährlösung nicht zu sorgen, weil nämlich die Pflanze dieses wichtige Element nicht durch die Wurzeln, sondern mit Hülfe ihrer Blätter aus der Kohlensäure der Luft aufnimmt.

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 obengenannten 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 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) 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. — Zur Vermeidung der Giftwirkungen, wie sie nach Darbietung löslicher Phosphate ebenso wie auch löslicher Eisensalze auftreten, empfiehlt v. d. Crone[10] der Nährlösung folgende Zusammensetzung zu geben: Kalisalpeter, Ferrophosphat (bezw. ein Gemisch gleicher Theile von Ferrophosphat und Tertiärcalciumphosphat) je 0,5 gr; Gyps und Magnesit je 0,25 gr auf 1—2 Liter Wasser. Die ungelösten Pulver sind, nachdem die Wurzeln eine gewisse Länge erreicht haben, aufzurühren. In der v. d. Crone'schen Lösung entwickeln sich die Versuchspflanzen ungleich besser als in den bisher angewandten Knoop'schen und Sachs'schen Nährlösungen. Die störende Entwickelung kleiner Algen wird sehr beschränkt.

Als das wichtigste Ergebniss solcher künstlicher Culturen haben wir es also zu betrachten, dass die höheren Pflanzen nur die genannten zehn Elemente zu ihrer Entwickelung durchaus benöthigen; 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, welche an sich etwa den Härtegrad 2 besitzt, wird durch diese Einlagerung wesentlich (bei den Früchten von Coix bis zur Härte 7, bei der Epidermis der Schachtelhalme bis zur Härte des Flussspaths) erhöht, so dass Schachtelhalme 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 mächtige geologische Ablagerungen. Von räthselhafter Bedeutung sind die im Innern der Bambusrohre abgeschiedenen und als „Tabaschir" bezeichneten Kieselknollen. Das Aluminium (Thonerde), welches wie die Kieselsäure überall im Boden reichlich vorhanden ist, wird nur ausnahmsweise aufgenommen. Einzelne Lycopodien enthalten aber so viel essigsaure bezw. weinsaure Thonerde, dass der Saft zur 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 Meeresalgen trotzdem in grosser Menge aufgespeichert, so dass die letzteren lange Zeit das Ausgangsmaterial für die technische Jodgewinnung bildeten.

Entbehrliche Aschenbestandtheile können der Pflanze 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. Exact bewiesen wurde diese wichtige Thatsache aber erst durch Wiegmann und Polstorff[11].

Die thatsächliche Vertheilung der wichtigsten Aschenbestandtheile bei einigen bekannten Culturpflanzen geht aus nachfolgend zusammengestellten Aschen-Analysen von E. Wolff hervor[12], 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_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	Mn_3O_4	P_2O_5	SO_3	SiO_2	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	5,64
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	—	15,58	5,62	2,75	1,52
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.

In ähnlicher Weise haushälterisch verfahren nach Wille[13] die Meeresalgen in ihren Vegetationsorganen mit den spärlichen Nitraten und Phosphaten des Meerwassers, nicht aber mit Kali und Magnesia.

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[14] 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 Entwickelungsformen niederer Pflanzen (Amöben, Plasmodien) und viele Flagellaten sind im Stande gröbere Theile (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 achtzehnten Jahrhunderts die wichtigsten Thatsachen derselben kennen lernte.

Imbibitionswasser

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 in dünnen Schleim zerfliesst. Solche Quellung ist eine gesteigerte Imbibition, die Imbibition der gewöhnlichen Membranen eine auf ein bestimmtes Maass beschränkte Quellung. Die Wände der Holzzellen nehmen etwa $^1/_3$ ihres Gewichts an Imbibitionswasser auf; die 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 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 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 aber eine lebendige Substanz entgegen, welche keineswegs 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 Vacuolenwand wieder eine derartige, von der äusseren unter Umständen abweichende Auswahl zu treffen Derselbe Einfluss der Grenzschichten kommt auch in Betracht beim Austritt von Stoffen aus dem Zellinnern. Durch diese von den Grenzschichten 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 kundgiebt, 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. Besonders lehrreich in dieser Beziehung sind die Meeresalgen, 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 nachweisen kann. So vermag auch Penicillium glaucum nur deshalb auf einer 21 % Kupfervitriol enthaltenden Nährlösung zu gedeihen (15), weil wohl Nährstoffe, nicht aber das Kupfersalz Eingang in die Zellen findet.

Wahlvermögen der Zelle.

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 sonst-

Umwandlung der diosmirenden Stoffe in nicht diosmirende &c.

wie, Umwandlungen erfahren. Eine locale Ansammlung von Zucker oder von andern löslichen Reservestoffen in Früchten, 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 andern, nicht diosmirenden verwandelt, so kann forwährend 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 Glukosen in unlösliche Stärke. Da die in Knollen und Samen eintretende Glukose beständig in diesen unlöslichen Körper umgewandelt wird, so wird ständig neue Glukose in jene zuckerarmen Zellen einströmen und ein grosser Vorrath von Kohlehydrat sich local dort ansammeln können.

Glukosen ↓ unlöslich. Stärke

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 in voller Lebensthätigkeit von schleimiger bis dünnflüssiger Consistenz und in trockenem Zustande todt oder doch unthätig.

So erlöschen in Samen und Sporen, die das Austrocknen bis zu einem gewissen Grade und während einer begrenzten Dauer ertragen, die eigentlichen Lebensfunctionen mit der Austrocknung und beginnen erst wieder bei der erneuten Durchtränkung der Zellen mit flüssigem Wasser.

Bei den meisten Pflanzen führt das blosse Austrocknen aber schon unabänderlich den Tod herbei und es ist als eine, besonderen Lebensbedingungen entgegenkommende Ausnahme zu bezeichnen, wenn ausgetrocknete ganze Pflanzen oder deren Fortpflanzungskörper bei nachheriger Durchfeuchtung wieder zum Leben erwachen. So überdauern einige algerische Arten von Isoëtes, ebenso wie die auf den regenarmen Hochebenen Centralamerikas wachsende Selaginella lepidophylla, die monatelange Dürre bei voller Sonnengluth in lufttrocknem Zustande [16]. Der erste Platzregen aber lässt sie wieder weiter wachsen. Ebenso vermögen viele Laub- und Lebermoose, Flechten und Algen, die auf 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 von Nelumbium, welche an 100 Jahre lang aufbewahrt wurden, sollen sich trotzdem noch keimfähig erwiesen haben; desgleichen 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 erst nach einem oder wenigen Jahren, manche schon nach Tagen, und wieder andere sollen ein Austrocknen überhaupt nicht vertragen. Dagegen ist für die Samen gewisser Wasserpflanzen ein vorheriges Eintrocknen zur Erlangung der Keimfähigkeit nützlich oder nothwendig (Eichhornia u. a.) [17]. — 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 6 und mehr Procent ihres Gewichts an Wasser. Auch die Austrocknung bei 110°, wie durch absoluten Alkohol, vertragen manche Samen und Sporen ganz gut.

In der Pflanze spielt das Wasser aber noch eine mannichfaltigere 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

40

Gehörung. Lösungsm. u. Transportmittel. Constitutionswasser. Wachsthum der Zellen. Festigung durch den Turgor.

Constitutionswasser.

H und O) zur Bildung organischer Verbindungen verwandt wird; das hierzu benutzte Wasser (vgl. S. 167) 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. 136) benutzt. Es dient ferner dem Wachsthum der Pflanzenzellen, welche es in grossen Mengen in sich aufnehmen und mit Hülfe seines Volumens sich vergrössern, 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 Verdunstung der oberirdischen Theile wieder ausgeschieden. — Die Transpiration dieser Theile hebt deren Sättigung mit Wasser stets auf, veranlasst und ermöglicht dadurch den Zustrom 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 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.

Transpirationsstrom.

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. 157 ff.); wir sehen sie 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 zurückzuhalten.

Die Aufnahme des Wassers. Das von der Pflanze aufgenommene „Wasser“ ist also in Wirklichkeit eine sehr verdünnte wässerige 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 kraft ihres Wahlvermögens (S. 147) eine gewisse Auslese unter den gebotenen Stoffen dieses „Nährwassers", wie es im Folgenden bezeichnet werden mag, 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 phanerogamen Familien. Die Wasserpflanzen werden 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 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 ([18]).

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.

Wurzel-system

Beobachtet man diese Bodenerschliessung beispielsweise an einer keimenden Bohne oder Eiche, so findet man, dass die erstarkende Keimwurzel sofort senkrecht 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 Seitenwürzelchen „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 ausgebeutet würde. Die Gesammtlänge aller dieser Fasern eines Wurzelsystems erreicht oft erstaunliche Maasse.

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 Forstwirthschaft 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 vorzudringen, welche sich in jenen Tiefen, wo sie Wasser finden, erst reichlich verzweigen.

Zu der Durchsetzung des Bodens mit Wurzelfasern kommt die noch ausgiebigere und vor Allem viel innigere Erschliessung durch Wurzelhaare hinzu. Diese stehen äusserst zahlreich dicht bei einander und von der Wurzeloberfläche ringsum gerade ab, durchdringen die engsten Bodencanälchen, umspinnen die kleinsten Bodentheilchen und legen sich ihnen so innig an, dass sie förmlich mit denselben verwachsen (bezw. verklebt) erscheinen (vgl. Fig. 174). Obwohl nur eine mittlere Zellenstärke im Durchmesser erlangend und dem freien Auge nur als feine glänzende Linien erscheinend, erreichen die Wurzelhaare doch oft mehrere Millimeter Länge, so dass sie die wasseraufnehmende Oberfläche einer Wurzel sehr wesentlich vergrössern. (Bei Pisum, wo etwa 230 Haare auf dem Quadratmillimeter stehen, wird nach F. Schwarz die behaarte Wurzeloberfläche durch sie auf das Zwölffache vergrössert.)

Wurzel-haare.

Fig. 174. Die Spitze eines Wurzelhaars mit Bodentheilchen verwachsen. Vergr. ca. 240.

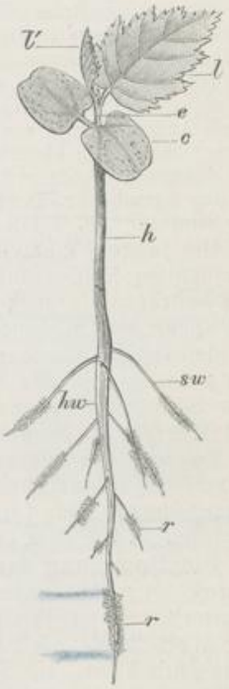


Fig. 175. Keimpflanze der Weissbuche, Carpinus Betulus. Bei *r* nahe den Wurzelspitzen die Region der Wurzelhaare.

Es ist bemerkenswerth, dass die Wurzelhaare nur eine verhältnissmässig kurze Zone hinter der fortwachsenden Wurzelspitze bedecken. Kurze Zeit schon, nachdem sie ihre grösste Länge erreicht haben und mit den Bodentheilchen an ihrer Spitze in engste Berührung getreten sind, sterben sie wieder ab. Die Wurzelepidermis erscheint dann wieder nackt (Fig. 175). 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 beschränkt sich die Aufnahme des Wassers vornehmlich auf die behaarte Region oder bei unbehaarten Wurzeln auf eine entsprechend gelegene Zone.

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 Bodentheilchen anhaften, dass der Boden 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 Lehmboden 8 % und in Sand $1^1/_2$ %

Wasser zurückliess. Selbst hartgefrorenem Boden oder Eisblöcken vermag die Pflanzenwurzel noch gewisse Mengen Wasser zu entziehen.

Die Absorptionskraft des Bodens beruht theils auf chemischen Bindungen und Umsetzungen, 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 absorbirt; 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 Kalknitrat dafür in Lösung geht.

Eine gewisse Rolle bei den Umsetzungen im Boden spielen einerseits auch die Humussäuren, andererseits die Bodenbacterien, denen z. Th. starke oxydirende oder reducirende Wirkungen innewohnen. (Vgl. S. 143.)

Die Bodenabsorption, welche übrigens keine absolute ist und in verschieden zusammengesetzten Böden verschieden ausfällt (Sandboden absorbirt schlecht), wirkt sehr nützlich durch Aufspeicherung von Nährstoffen, die rasch in grösseren Mengen angesammelt und dann allmählich in kleinen Gaben an die Pflanzen ausgeliefert werden können.

Als wasserhaltende Kraft wird die Fähigkeit des Bodens bezeichnet, das Wasser capillar festzuhalten. Der von SACHS untersuchte Ackerboden hielt 46 %, der Lehm 52 %, der Sand nur 21 % Wasser auf diese Weise fest.

Chemische Thätigkeit.

Die jungen Wurzeln, zumal aber die Haare, scheiden ausser der ausgeathmeten Kohlensäure, welche zur Aufschliessung des Bodens jedenfalls mit beiträgt, oft noch stärkere Säuren oder saure Salze aus, welche sonst unlösliche Mineralstoffe local auflösen. Polirte Gesteinsplatten, wie Marmor, werden von den darüber wachsenden Wurzeln so angeätzt, dass die Aetzfiguren 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 in die Epidermis aufgenommen und durch die Zellen der Wurzelrinde und die Endodermis hindurch (S. 97) dem Centralcylinder der Wurzel zugeführt.

Die Bewegung des Wassers im Pflanzenkörper. I. Der Blutungsdruck der Wurzeln. Blutungsdruck in 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 Staude 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 Gefäss- oder Holztheil derselben, Wasser hervorkommen, die Wunde „blutet". Bei genauem Beobachten lässt sich feststellen, dass das Wasser lediglich aus den Gefässen und Tracheïden selbst hervorquillt. Besonders reichlich ist der Wasseraustritt, wenn die Erde feucht und warm erhalten wird; er dauert dann oft mehrere Tage an und das ausgeschiedene Wasser beträgt unter Umständen bis zu einem halben Liter und mehr. Es 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 Tracheïden pressen, lässt sich leicht feststellen, wenn man ein Manometer auf den Stumpf aufsetzt (Fig. 176). Die Quecksilbersäule desselben wird dann bei gewissen Pflanzen bis zu 50 und 60, unter günstigen Bedingungen aber bis zu 140 Centimetern und weit höher emporgedrückt. Es sind das Druckkräfte, welche eine Wassersäule bis zu 6, 8 und 18 Metern zu heben vermöchten. Bei Schizolobium excelsum auf Java fand FIGDOR sogar einen Druck von 8 Atmosphären. Da die lebendigen Zellen, welche diesen Blutungsdruck zu Stande bringen, über weit höhere Turgorkräfte verfügen, so liegt in den beobachteten Druckhöhen keine überraschende Leistung vor [19].

Beobachtet man statt der Druckwirkung die stündliche Ausflussmenge, dann lässt sich die merkwürdige Thatsache feststellen, dass die Wurzel vieler Pflanzen täglich zu bestimmten Stunden mehr, zu anderen Stunden regelmässig weniger Wasser ausscheidet (Perioden des Blutungsdrucks).

Da der Wurzeldruck 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 aus: Bei vielen Pflanzen erreicht der beobachtete Wurzeldruck nur sehr geringe Höhe oder fehlt ganz. Auch bei den Pflanzen mit kräftigem Wasserauftriebe ist die vom Wurzeldruck gelieferte Wassermenge zu Zeiten erheblich geringer als die bei der Transpiration verbrauchte. Bei einigermaassen starker Transpiration, wie sie an einem Sommertag herrscht, kommt der Wurzeldruck 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 Wurzeldruck 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 transpirirende Laub noch nicht entfaltet ist. Bei Verwundungen des Holzkörpers quillt dann der „Saft" aus Gefässen und Tracheïden in Tropfen hervor.

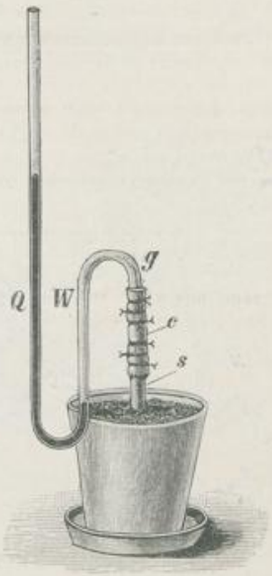


Fig. 176. Kräftige Ausscheidung von Wasser aus einem bewurzelten Stumpf der Georgine (Dahlia variabilis) durch Wurzeldruck. Auf den glatt abgeschnittenen Stumpf *s* ist mittels Kautschukschlauchs *c* das gebogene Glasrohr *g* aufgesetzt. Das aus der Erde durch die Wurzel aufgenommene Wasser *W* wird so kräftig ausgepresst, dass es den Druck der Quecksilbersäule *Q* überwindet.

Das „Bluten" oder „Thränen" beschnittener Bäume und Sträucher ist vornehmlich 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 Safte 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.

Wasserbewegung in den lebendigen Elementen.

Wasserstrom in den Gefässbündeln.

Transpirationsstrom bewegt sich im Holzkörper.

Fig. 177. HALES' Versuch, das Saftsteigen im Holze demonstrirend. 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.

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 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 kein lebendiges Plasma mehr.

III. Der Transpirationsstrom. Dass sich der als Transpirationsstrom bezeichnete ausgiebige Wasserstrom bei holzführenden Pflanzen lediglich im Holzkörper bewegt, ist eine schon 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 nebenstehende 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. 177) sind bei *x* 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. In krautigen Pflanzen besorgt der Gefässtheil der Gefässbündel die Wasserleitung.

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 Hülfe dieser Lösung haben Mac Nab, Pfitzer und Sachs auch die Geschwindigkeit des Transpirationsstromes festgestellt; je nach der Pflanze und den äusseren Transpirationsbedingungen ist dieselbe verschieden gross, erreicht unter Umständen nahezu 1 m und kann bis zu 2 m und mehr in der Stunde betragen. — Die vorerst ausschliessliche Färbung des Holzkörpers, welche bei dem Aufsteigen von Farbstofflösungen beobachtet wird, kann die ausschliessliche Betheiligung 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 Hülfe aufsteigender geeigneter Farbstoffe, welche das Holz färben, immerhin die Bahn des Transpirationsstromes deutlich hervorheben. (Stengel der Impatiens parviflora, panachirte Maisblätter, weisse Blüthenblätter von Tulpen, Camellien, von Philadelphus u. a.)

Entsprechend dieser Aufgabe der Gefässtheile findet man sie in Wasserpflanzen und Succulenten, in denen die Transpiration fehlt bezw. nur schwach auftritt, sehr spärlich entwickelt. Die höchste und massigste Ausbildung erreichen dagegen die secundären 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 beschränkt. Wo Kernholz gebildet wird, ist dieses unter allen Umständen von der Leitung ausgeschlossen.

Ueber die bewegenden Kräfte des Transpirationsstromes ist man noch nicht im Klaren. Die Transpiration schafft vor Allem den Platz für nachkommendes Wasser. Durch Entfernung 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 vorerst 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. — Eine allseitig anerkannte, ausreichende Erklärung des vielumstrittenen Problems ist bis heute noch nicht gegeben[20].

Dass der Wurzeldruck den Auftrieb während der Transpiration nicht besorgen kann, wurde S. 153 erörtert.

Diosmotische Strömungen verlaufen zu langsam, um hier in Betracht zu kommen, und es fehlt ausserdem 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 Tracheïden noch geringer ist als in gleich engen Glasröhren, nicht entfernt an die Höhe eines mittelgrossen Baumes hinanreichen; 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 Tracheïden 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 ringsum gegen die Atmosphäre fest abgeschlossen sind, so kommt der äussere Luftüberdruck in diesem System gar nicht zur Geltung. Die Luft-

verdünnung 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 100 m hohen Wellingtonien und von 150 m hohen Eucalypten leicht hinauf steigt und dass Zweige einer starken Saugung entgegen Wasser aufzunehmen vermögen (vgl. unten), so wird man die ganze Unzulänglichkeit des Luftdrucks übersehen.

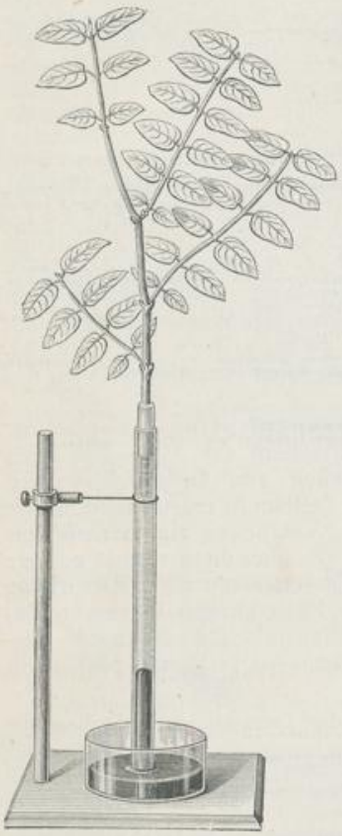


Fig. 178. Saugkraft eines transpirirenden Sprosses. Der beblätterte Spross ist luftdicht in ein wassergefülltes Glasrohr eingeführt, dessen unteres offenes Ende in Quecksilber taucht. Durch die Saugung des Zweiges bei der Transpiration wird das Quecksilber gehoben. (Aus Detmer, physiol. Prakt.)

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. 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[21], stehen dieser Theorie u. a. (vgl. S. 155) vorläufig noch entgegen.

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 Tracheïden bewegt.

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 wassergefüllten Rohre verbunden, vermag ein solcher Spross leicht eine Wassersäule von 2 Metern und mehr emporzusaugen. Wird das untere Ende des Rohres in Quecksilber gebracht, wie es Fig. 178 zeigt, dann wird selbst das schwere Quecksilber von dem transpirirenden Spross bis zu ansehnlicher Höhe emporgehoben. Kräftige, sonst unverletzte Coniferenzweige nehmen sogar 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([22]).

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. Die 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 Umhüllung mit Kork, Cuticula und Wachs stehen der Pflanze sehr wirksame Mittel gegen 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 Kork-schicht 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, sie werden vielmehr mit Einrichtungen ausgestattet, welche die Verdunstung fördern.

Sämmtliche 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 um so grösser, je grösser die verdunstenden Flächen sind. In der flachen Ausbreitung der Laubblätter liegt demnach 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 Intercellulargänge 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), sind aber in so ungeheuerer Anzahl vorhanden (vgl. S. 84) und ausserdem so zweckmässig angeordnet, dass dadurch ihre Kleinheit in der Gesammtwirkung wieder ausgeglichen wird. Ein einziges mittelgrosses Kohl-Blatt (Brassica oleracea) ist mit ca. 11 Millionen, ein Blatt der Sonnenrose (Helianthus annuus) mit ca. 13 Millionen Luftspalten versehen, so dass, bei den besonderen Diffusionsverhältnissen durch siebartig fein durchlöcherte Membranen (vgl. S. 168), eine sehr ausgiebige Verdunstung ermöglicht ist.

Oberfläche.

Spaltöffnungen.

In den Luftspalten besitzt die Pflanze zudem eine Vorrichtung, um die Verdunstung zu reguliren. Die Spalten, welche die Ausmündungen der Intercellularräume bilden, sind von zwei Schliesszellen umgeben (S. 83). Wie der Name „Schliesszellen" schon andeutet, vermögen dieselben den Spalt 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

Schliesszellen.

demgemäss das Oeffnen, der zweite den Verschluss des Spaltes zur Folge, wie das aus der untenstehenden Abbildung Fig. 179 ohne Weiteres hervorgeht.

Die sogen. Nebenzellen (S. 83) der Schliesszellen greifen bei manchen Pflanzen in diese Arbeitsleistung in verschiedener Weise ein. 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 lebhafte 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 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. So feinfühlig ist der Apparat in verschiedener Abstufung aber nur bei Landpflanzen. Bei Sumpf- und Wasserpflanzen reagirt er aus leicht begreiflichen Gründen weniger prompt [23].

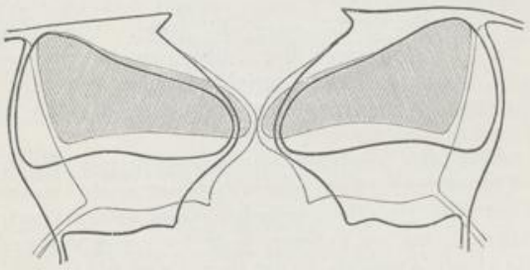


Fig. 179. Spaltöffnung von Helleborus spec. im Querschnitt. Die dicken Linien zeigen die Form der Schliesszellen bei geöffnetem Spalt, die feineren Linien bei geschlossenem Spalt. (Nach SCHWENDENER.) Der Hohlraum der Zellen im geschlossenen Zustand wurde hier schraffirt; er ist sichtlich kleiner als bei geöffneten Schliesszellen.

Blätter Organe für Transpiration

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. 164) 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 durch den Stengel liefen, 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 Zuleitungssystem kann jedem Quadratmillimeter das Nährwasser 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 findet hier auch die gleichmässige Ausbreitung und die geförderte Eindampfung des Nährwassers statt. Die Leistungen der Blätter im Verdunsten des Wassers sind denn auch geradezu überraschend.

Eine kräftige Staude, beispielsweise eine Sonnenrose von Manneshöhe, verdunstet an einem hellen Tage über ein Liter Wasser. Man hat berechnet, dass ein Morgen mit Kohlpflanzen in vier Monaten zwei Millionen Liter, ein solcher mit Hopfen drei bis vier Millionen Liter Wasser verdunstet. Für eine einzeln stehende Birke mit etwa 200000 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 30000 Liter täglich [24].

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 Hülfsmitteln nachweisen und in ihrer Grösse bestimmen. Zunächst ist das möglich durch Benutzung der Wage, welche den durch die Verdunstung entstehenden Gewichtsverlust angiebt. — 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 maassgebende 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 das Papier zunächst nur 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.

Gewisse Pflanzen verdunsten in der Zeiteinheit mehr, andere weniger Wasser, was

mit ihrer Flächenentwickelung und ihrer sonstigen feineren Organisation (Zahl und Weite ihrer Luftspalten, Cuticula, Kork, Behaarung) zusammenhängt. 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 die Pflanzen einer Wiese oder eines Gartens frühmorgens nach einer regenlosen, aber feuchtwarmen Nacht, dann sieht man an den Spitzen und Rändern der Blätter 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 Blattzähnchen, 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. 84) hervor, in anderen Fällen jedoch aus gewöhnlichen Spaltöffnungen (Luftspalten), aus Grübchen der Epidermis, oder werden durch verschieden geformte Haare, bei Datura durch die Wände gewöhnlicher Oberhautzellen ausgeschieden.

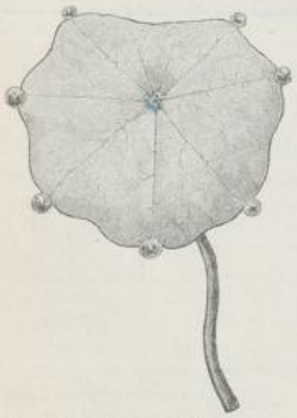


Fig. 181. Ausscheidung von Wassertropfen aus einem Blatte der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus).

Durch künstliches Einpressen von Wasser in abgeschnittene Sprosse kann man die Tropfenausscheidung an Blättern ebenfalls hervorbringen.

Besonders auffallend ist die Tropfenausscheidung bei manchen grossblätterigen Aroideen, an deren Blattspitzen das Wasser oft in kurzen Zwischenräumen (zuweilen jede Secunde) abtropft, oder wie bei einer Colocasia sogar auf kurze Strecken fortgeschleudert wird; merkwürdiger Weise wird bei Spathodea, einer westafrikanischen Bignoniacee, und einigen anderen Pflanzen der vom Kelch umschlossene Hohlraum, in dem sich die jungen Blüthentheile entwickeln, ganz mit Wasser angefüllt [25]. — Auch an einzelligen Pflanzen, besonders an Schimmelpilzen 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.

Hydathoden

Die an den jungen Organen meist sehr frühzeitig ausgebildeten wasserausscheidenden Organe, welche Haberlandt unter dem Namen Hydathoden zusammenfasst (S. 87), pressen zum Theil das Wasser gleich thierischen Schweissdrüsen selbstthätig aus, oder lassen das Wasser lediglich

durchfiltriren, 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[26]. 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 den 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 vom Blutungsdruck unabhängig gemacht. Einzelne Wüstenpflanzen (Reaumuria, Tamarix u. a.) scheiden so stark hygroskopische Salze aus, dass sich ihre Blätter auch in verhältnissmässig trockner Luft, und bei völliger Dürre ringsum, mit zahllosen Wassertropfen bedecken[27]. — Von einzelnen Pflanzen wird überschüssiges Wasser in hohlen Stammgliedern und Blattstielen abgeschieden (Kürbis) und bei Wassermangel aus diesen Reservoiren wieder absorbirt.

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, können aber nur Pflanzen ihr Leben fristen, welche entweder ein völliges Austrocknen ohne Schaden ertragen (S. 148), 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 (Phyllodien) zeichnet vor allem die Flora Australiens aus. Dichte Behaarung 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 Hülfe besonderer Charniere zu einer engen Röhre zusammen, in deren Innenraum die luftspaltentragende Blattfläche vor Verdunstung geschützt liegt. Reduction der Blätter ist eingetreten bei Ginster-Arten und Sarothamnus, wie auch bei den cypressenartigen Coniferen. Vollständiger Verlust aller Blattflächen liegt bei den meisten Cacteen vor, bei welchen ausserdem der Stamm zu einem Wasserreservoir fleischig angeschwollen ist (vgl. Fig. 21). 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 Sipho) beträgt [28]. — 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. Baumbewohnende Orchideen und Aroideen sammeln das Regenwasser in einem Schwammgewebe, welches sich durch Wucherung aus der einfachen Wurzelepidermis entwickelt (Velamen radicum S. 88). 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 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. 323). 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 Schutzeinrichtungen 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 Salzmengen in den Geweben zu verhindern.

Fig. 182. Euphorbia globosa, eine succulente Wolfsmilch. An den oberen kugligen Sprossen sind die verkümmerten Blättchen zu sehen, die alsbald abfallen. Etwas verkleinert.

Im hohen Norden, wo der Boden, monatelang hart gefroren, der Pflanze das Wasser streitig macht, treffen wir aus diesem Grunde in der Flora ähnliche Schutzeinrichtungen gegen starke Transpiration, wie in heissen Wüstengegenden [29].

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 Kohlenstoffs. Die aus organischen Stoffen aufgebauten Organismen verdanken die Möglichkeit ihrer Existenz in letzter Linie also den Eigenschaften des Kohlenstoffs.

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 Holzstructur erhalten hat, lässt weiterhin darauf schliessen, wie gleichmässig die Vertheilung des Kohlenstoffs in der Substanz und wie vorherrschend seine Masse in derselben ist. Genaue Wägungen haben denn auch ergeben, dass der Kohlenstoff etwa die Hälfte des Trockengewichtes 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 Kohlensäure der Luft entnommen und durch die grünen Blätter gewonnen und in Kohlehydrate überführt wird, knüpft sich vornehmlich an die Namen Ingenhouss, Senebier, Theod. de Saussure und Jul. Sachs; sie fällt in ihren Anfängen in das Ende des achtzehnten Jahrhunderts. Diese Entdeckung ist eine der bedeutsamsten naturwissenschaftlichen Leistungen, denn es war gewiss nicht leicht, den unsichtbaren Gasaustausch mit der Luft als den wichtigsten Ernährungsvorgang der Pflanze aufzufinden, und es gehörte der Muth einer festen Ueberzeugung dazu, die Tausende von Centnern Kohlenstoff, welche ein Walddistrict in sich anhäuft, aus dem procentisch äusserst geringen Kohlensäuregehalt der Atmosphäre (0,033 %) herzuleiten.

Der zeitlich und örtlich gewissen Schwankungen unterworfene Kohlensäuregehalt der Luft (H. Brown fand im Juli 2,7—2,9 l, im Winter 3,0—3,6 l; dicht über dem Erdboden 12—13 l in 10,000 l Luft) beträgt im Mittel $3^1/_3 - 3^1/_2$ l in 10,000 l Luft; diese wiegen etwa 7 gr; davon sind aber $^8/_{11}$ des Gewichts Sauerstoff und nur $^3/_{11}$ Kohlenstoff. In den 10,000 l Luft sind demnach nur etwa 2 gr Kohlenstoff enthalten. In einem Baume von 100 Centnern Trockengewicht sind daher ca. 50 Centner oder 2500 Kilo Kohlenstoff angesammelt. Um diesen zu erlangen, muss der Baum also ca. 1,250,000 × 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 Ingenhouss' 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 CO_2 (340 Mill. Kilo C.). Die aus sämmtlichen 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. 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 Chlorophyllkörper.

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 Processen 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 nur auf dieser ersten Grundlage nachträglich fortzusetzen vermögen.

Photosynthese. Höchst bemerkenswerth ist es aber, dass die Chlorophyllkörper nur mit Hülfe 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 eine ansehnliche chemische Arbeit zu leisten und von den dadurch geschaffenen Spannkräften 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

roth, orange u. gelbe Strahlen.

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 Aetherschwingungen, 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 Silber-Haloidsalze 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 betheiligt als die rothen, orangen und gelben Strahlen. Der sogenannte leuchtende Theil des Spectrums ist für die Assimilation am wirksamsten[30].

Bei rothblätterigen Abarten 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.

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[31]. 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 Gewichtstheil (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 den thermoelektrischen Messungen DETLEFSEN's wird kaum der hundertste Theil der einem Blatte zustrahlenden Lichtenergie zur Assimilation verwandt, nach den Berechnungen von H. BROWN im Sonnenlicht nur $^1/_2$ %, im diffusen Lichte aber über 2 %[32]. 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 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, niedere Algen in organischer Nährlösung), 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 Salpetrigersäure, 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.

Fig. 183. Ein der Jodprobe unterworfenes Blatt. Während der Assimilation im Licht 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. $^3/_4$ nat. Grösse.

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, Proteïn, oder ein anderes secundäres Umwandlungsproduct.

Nach begonnener 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 beispielsweise 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 heissem 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 gelegt war. Die durch den Stanniol-Streifen verdunkelten Zellen haben keine Stärke gebildet, die belichteten Partieen sind dagegen mit Stärke dicht gefüllt und durch Jod dunkel gefärbt. — Wird ein grünes Blatt in kohlensäurefreier 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 kohlensäurereicher 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:

$$6CO_2 + 5H_2O = \underset{\text{Stärke}}{C_6H_{10}O_5} + 6O_2$$

Wie man aus dieser chemischen End-Gleichung[33] ersieht, werden bei der Assimilation auch die Elemente des Wassers verbraucht. (Vgl. S. 149.) — 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.

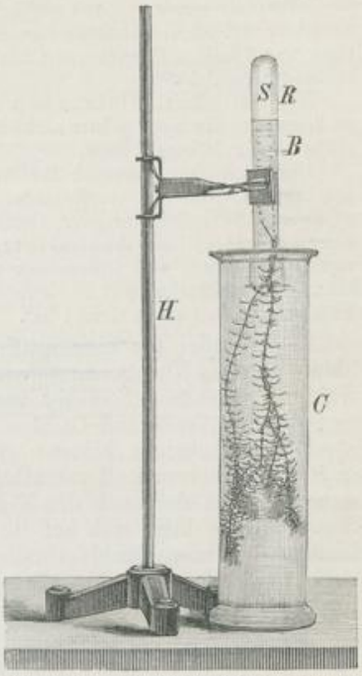


Fig. 184. Ausscheidung von Sauerstoff durch assimilirende Pflanzentheile. In dem Glascylinder *C* befindet sich in Wasser eine frisch abgeschnittene Wasserpflanze (Elodea canadensis). Die Schnittflächen sind in ein ebenfalls mit Wasser gefülltes Probirröhrchen *R* eingeführt. Die ausgeschiedenen Sauerstoffbläs'chen *B* steigen in demselben auf und sammeln sich oben bei *S*.

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. Durch die Ausscheidung von Sauerstoffblasen wurde Ingenhouss überhaupt 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 Luftbläs'chen auf, die man auffangen und sammeln kann (Fig. 184). Die Prüfung des so gewonnenen Gases ergiebt, dass es aus Sauerstoff besteht, dem bei so einfacher Versuchsanstellung aber gewisse Mengen andrer Gase, aus dem Wasser und der Pflanze selbst, durch Diffusion beigemengt sind. Da das Wasser viel weniger Sauerstoff löst als Kohlensäure (bei 14° C. lösen 100 Vol. Wasser nur 3 Vol. Sauerstoff, dagegen 100 Vol. Kohlensäure), so tritt nur der abgeschiedene Sauer-

1) Synthese der Kohlehydrate aus Kohlensäure und Wasser.

stoff in freien Bläschen auf, während die von der Pflanze aufgenommene Kohlensäure im Wasser unsichtbar gelöst bleibt und der Pflanze durch Diffusion, zumal auch durch Vermittlung 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 % 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, während einer nur 6fachen Bereicherung nach H. BROWN eine auch etwa 6fach erhöhte Stärkebildung entspricht [34].

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, 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, während Catalpa nach BROWN pro Stunde und Quadratmeter rund 1 gr Substanz bildet. (Der Kohlenstoff zu jener Stärkemenge war in 50 Cubikmetern Luft vorräthig. 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 Mehlverbrauch einer grossen Stadt oder gar eines Landes zum Ausdruck gelangt. Allein in Getreide betrug die deutsche Ernte an Assimilaten im Jahre 1900 rund 23,000 Millionen Kilo.

Zur Mechanik des Gaswechsels. Während die einfacher organisirten niederen Gewächse wie auch die submersen Phanerogamen den Gaswechsel mit dem umgebenden Medium durch Diffusion an der ganzen Oberfläche vollziehen, verkehren die höher organisirten Pflanzen lediglich mit Hilfe ihrer Spaltöffnungen diffusorisch mit ihrer Umgebung. Wie der Wasserdampf wesentlich nur durch die geöffneten Spalten seinen Ausweg findet, so können auch Kohlensäure und Sauerstoff sowohl im Gaswechsel der Assimilation wie in dem umgekehrten der Athmung (S. 183) nur durch die Spaltöffnungen in ausreichendem Maasse diffundiren. Bei ihrer ausserordentlichen Kleinheit (ca. 0,0001 qmm bei Helianthus) nehmen die Spaltöffnungen aber trotz ihrer enormen Anzahl (S. 157) doch nur ein Procent oder wenig mehr der Blattepidermis für sich ein. Wie BROWN und ESCOMBE gezeigt haben, wird aber gerade durch die Kleinheit und die eigenartige Vertheilung der Spaltöffnungen der physikalische Vortheil einer enorm gesteigerten Diffusionsgeschwindigkeit erreicht. Die Diffusion durch eine Summe feiner Oeffnungen ist weitaus grösser als die durch eine einzige Oeffnung von derselben Gesammtweite, und wenn ausserdem die kleinen Oeffnungen etwa um ihren zehnfachen Durchmesser von einander entfernt stehen, so fällt die Diffusion annähernd so stark aus, als ob überhaupt keine trennende Wand vorhanden wäre. Dieser Anforderung entspricht die Vertheilung der Spaltöffnungen auch so weit, dass beispielsweise ein Quadratmeter Blattfläche von Catalpa in der Zeiteinheit etwa $^2/_3$ der Kohlensäuremenge absorbirt, welche ein Quadratmeter Kalilauge, frei der Luft ausgesetzt, dieser entreisst [35].

b) Synthese der Eiweißkörper: aus Kohlehydraten (Glukosen) u. Mineralstoffen.

Physiologie: Stärke, Inulin, Rohrzucker, Reservecellulose → Fruchtzucker, Lävulose, Maltose, Traubenzucker, Dextrose. — Nitrate und Sulfate u. Phosphate für Calcium und Magnesium. Eisen. Kalksalze für (Stoffwechsel)

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 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 Nucleïne im Zellkern. Das Eisen, welches allen Pflanzen, auch den nichtgrünen, unentbehrlich ist, scheint ebenfalls vornehmlich im Nucleïn organisch gebunden zu sein. Kalksalze scheinen keine unmittelbare Rolle bei der Eiweisssynthese 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. Die zunächst wohl entstehenden löslichen Oxalate setzen 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 Nucleïn sind, da sind auch die Orte für die Oxalsäurebildung, deren Kalksalz gewöhnlich in Form von Drusen, Raphiden oder von winzigsten Kryställchen (Krystallsand) abgelagert wird.

Auf Grund des Vorkommens und sonstigen Verhaltens der im Pflanzenreich weit verbreiteten Amide und Hexonbasen betrachtet man sie wohl mit Recht als Vorstufen der Eiweissbildung. Unter den Amiden steht an Verbreitung das Asparagin $C_2H_3(NH_2)(CONH_2)(COOH)$ obenan. Vorherrschend in Gramineen und Leguminosen (1 Liter Saft von Bohnenkeimlingen enthält 12—15 gr), wird es bei Cruciferen und Cucurbitaceen durch das Glutamin ersetzt, während in den Coniferen einer Hexonbase, dem Arginin $C_6H_{14}N_4O_2$, die entsprechende Rolle zuzufallen scheint. Ueber die Entstehungsweise dieser und ähnlicher stickstoffhaltiger Substanzen, aus deren Reihe nur das Betain, Leucin, Tyrosin, Allantoin noch genannt sein mögen, und ihre weitere Umwandlung zu den hochcomplicirten Eiweissstoffen, fehlen bis jetzt aber jede thatsächlichen Anhaltspunkte.

Von grösster Wichtigkeit für die chemische Reaktionsfähigkeit, wie andrerseits für die Lokalisirung einzelner Prozesse im Plasma ist die colloidale Beschaffenheit seiner Eiweissstoffe, deren osmotische Auswanderung damit auch verhindert ist[36a].

Vorstufen für Eiweißbildung sind Amide und Hexonbasen.
Asparagin in Gramineen u. Leguminosen.
Glutamin in Cruciferen u. Cucurbitaceen.
Arginin in Coniferen.

1) In Parenchymzellen Wanderung der löslichen Spaltungsproducte der Eiweiße:

Die Wanderung der Assimilate.

Proteïnstoffe → Albumosen. Peptone. → Amidosäuren. Hexonbasen. Ammoniakverbindungen.

Wo colloidale Proteïnstoffe von Zelle zu Zelle transportirt werden sollen, wie z. B. aus proteïnreichen Samen in den Keimling, da sieht man dieselben hydrolytisch wieder unter Bildung löslicher Spaltungsproducte zerfallen, wobei nach SCHULZE[36b] zunächst Albumosen und Peptone entstehen, die aber weiterhin in Amidosäuren und Hexonbasen (wie Arginin), vielleicht sogar noch weiter in Ammoniakverbindungen zerlegt werden. Diese leicht diosmirenden Abbauproducte wandern dann nach den Verbrauchsorten und treten dort mit Kohlehydraten und Mineralsäuren zu erneutem Aufbau von Eiweiss zusammen.

2) In Siebröhren Ferntransport fertig. Eiweißkörper, ferner Kohlehydrate, Oel, Leptomin aus den Blättern in die Wurzel.

Neben dem Transport stickstoffhaltigen Bildungsmaterials in Form von löslichen Spaltungsproducten 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 Eiweissschleim auch Kohlehydrate, Oeltröpfchen und Leptomin (S. 65) führt, scheint sich besonders der Abfluss der organischen Bildungsstoffe aus den Blättern in die Wurzeln zu vollziehen. Ein das Siebröhrensystem unterbrechender, bis auf das Holz gehender Ringelschnitt hat demgemäss die Stauung der Nahrungssäfte oberhalb der Ringelwunde zur Folge.

Stärke → Diastase. → Glukose Maltose.

Die Zufuhr der Kohlehydrate zu den Verbrauchsorten kann überall da, wo geschlossene Zellen zu passiren sind, nur in gelöster Form erfolgen. Wo sie also nicht schon am Ausgangspunkt in löslicher bezw. diosmirender Form vorkommen, müssen sie erst in solche Substanzen übergeführt werden. Das gilt vor Allem von der Stärke und von der Reservecellulose. Die erstere wird umgewandelt in Glukose bezw. Maltose unter dem Einfluss der Diastase.

Diastase. stärkelösend. Peptone. eiweißlösend. Invertin. zuckerumwandelnd.

Die Diastase gehört zu jenen eigenartig wirkenden Körpern, die man als Fermente oder Enzyme bezeichnet, deren Bildung in der Pflanze z. Th. den jeweiligen Bedürfnissen entsprechend geregelt wird, und deren auffallendste Eigenschaft es ist, gewisse Verbindungen zu zerlegen, zu erzeugen oder umzuwandeln, ohne bei diesem Wirken selbst merklich verändert oder verbraucht zu werden. Dadurch sind sie im Stande, fast unbegrenzte Mengen bestimmter Substanzen zu verändern. Nach ihren wichtigsten physiologischen Eigenschaften unterscheidet man diastatische (stärkelösende), peptonisirende oder proteolytische (eiweisslösende) und invertirende (zuckerumwandelnde) Enzyme. Mit diesen Gruppen ist aber die mannigfaltige Wirkungsweise dieser Körper nicht erschöpft, welche in dem nassen und kalten Verfahren, mit dem der organische Chemismus arbeitet, die hervorragendste Rolle spielen. So hat man noch trypsinartige, Eiweiss bei alkalischer Reaction lösende Enzyme, membranlösende (Cellulose, Holz, Chitin verdauende), glukosidspaltende und ölzersetzende, Harnstoff in kohlensaures Ammoniak verwandelnde (Urasen) u. a. Enzyme im Pflanzenreich gefunden. Zweifellos wird sich aber noch eine grosse Zahl anderer Umsetzungen, deren Zustandekommen noch unbekannt ist, als Folge von Fermentwirkungen zu erkennen geben, deren oft verschiedene neben einander hergehen, wie zumal in Pilzen. Gemeinsam ist obengenannten Enzymen, dass sie meist hydrolytisch, d. h. die Elemente des Wassers einführend, wirken. (So bildet beispielsweise Diastase aus unlöslicher Stärke $C_6H_{10}O_5$ lösliche Glukose $C_6H_{12}O_6$.)

Wie BUCHNER entdeckte, besitzt sorgfältig filtrirter Presssaft der Hefe, ebenso wie die lebendige Hefezelle, die Fähigkeit, Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure zu vergähren. BUCHNER schreibt dieses Vermögen einem

besonderen Gährungsenzym zu, der Zymase. Diese, den Oxydasen, d. h. Sauerstoff einführenden Enzymen näher stehend, weicht in ihrem Verhalten gegenüber den gewohnten Eigenschaften der bekannteren Enzyme in einigen Punkten so weit ab, dass ihre Enzymnatur von mancher Seite noch bestritten wird.

Enzyme sind meist stickstoffhaltige, eiweissartige, colloidale, Stoffe, welche, vom Plasma erzeugt, in ihren Eigenschaften eine sogen. katalytische Wirkungsweise zeigen. Sie werden leicht aktivirt oder inaktivirt wie z. B. von Giften, höheren Temperaturen. Da auch anorganische Katalysatoren (fein zertheiltes Iridium, colloidales Platin u. v. a.) derartige Wirkungen und ähnliche Empfindlichkeiten zeigen, so liegt in der Thätigkeit der Enzyme 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 (36 e).

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 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 eigenthümliche Weise. Die Stärke wird dabei meist nicht etwa gleichmässig von der Oberfläche her aufgelöst, sondern es bilden sich enge Kanäle, welche das Korn derart zerklüften, dass es schliesslich in kleine Bruchstückchen aus einander fällt. Fig. 185 stellt derartige, durch Diastase in Auflösung begriffene „corrodirte" Stärkekörner der Gerste dar.

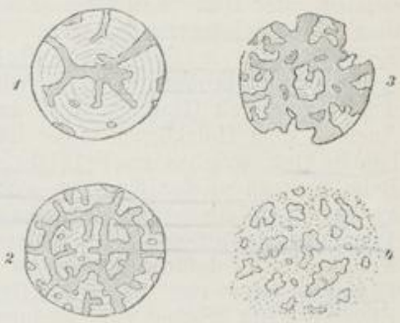


Fig. 185. Corrodirte Stärkekörner aus keimender Gerste. *1, 2, 3, 4* auf einander folgende Stadien der Auflösung, die sich neben einander vorfinden.

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 dabei in den Blättern auftretende Glukose wandert aus den Mesophyllzellen zunächst in die langgestreckten Zellen, welche die Gefässbündelscheiden bilden, und darin durch den Blattstiel in den Stengel, in welchem sie, wie es scheint, vornehmlich in den Gefässbündeln 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 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 assi-

milirenden Zellen abgeführt werden. Jene werden dann an anderen Stellen als Nahrungsvorrath, als sogen. Reservestoffe in der Pflanze für spätere Wachsthumsvorgänge oder für die erste Ernährung der Nachkommen abgelagert. In unseren Kräutern, Sträuchern und Bäumen wird alljährlich gegen Ende einer Vegetationsperiode, wenn das Wachsthum 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 Anziehungscentren 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 Entwickelung 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 (bezw. die Ersatzfasern) und das Mark ausdauernder Stämme wandern dann die Assimilate ein, um in verschiedener Form als Stärke, 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 Elfenbeinpalme) dort aufgespeichert zu werden. Merkwürdiger ist die Umwandlung von Kohlehydraten in Fette und Oele, 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 Oel, 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, Proteïnkrystallen 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 Hülfsmitteln noch nicht gelingt.

Stärke. Rohrzucker. Inulin. Reservecellulose

Plasma. Aleuronkörner. Proteïnkrystalle Fett.

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 Substanzen ist geradezu unübersehbar; 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, sowie 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. Gewisse Pflanzen (Indigofera, Polygonum tinctorium) enthalten Indican, das Glukosid des Indoxyls, welch' letzteres durch Oxydation den Indigofarbstoff liefert. (Der Färberwaid, Isatis tinctoria, enthält dagegen nach Beyerinck freies Indoxyl.)[37] 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 Vanillefrucht, künstlich daraus gewonnen wird. Das Coniferin zerfällt nämlich durch Ferment- oder Säurewirkung in Glukose und Coniferylalkohol, durch dessen Oxydation als Aldehyd das Vanillin entsteht. (In den Blättern der Vanillepflanze ist dieses nach Busse, allerdings in einem Glukosid gebunden, auch vorhanden und wird in den reifenden Früchten aus letzterem frei.)

Unbekannt ist es noch, welche Rolle die Bitterstoffe, wie z. B. das Lupulin des Hopfens, das Aloïn 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, Codeïn, Coffeïn (= Theïn), 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 zuzutreffen scheint bei der Blausäure, die nach Treub z. B. in Pangium edule beim Transport und der Bildung von Proteïnstoffen eine ähnliche Rolle spielt wie in anderen Pflanzen die Amide[38]. — 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 Blüthen und Früchten) oder durch Abstossung derselben (als Schreckfarben) förderlich werden. Ihre Bedeutung in der äusseren Lebensführung (Oecologie S. 132) 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; 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, als Schutz gegen Austrocknung und gegen das Eindringen von Parasiten. Münden doch auf einem Quatratcentimeter Aussenfläche des äussersten Jahresrings durchschnittlich 60—70 Harzcanäle bei der Kiefer, deren Splintholz nach Mayr pro Cubikmeter über 22 Kilo Harz enthält.

In ihrer Bedeutung für die Pflanze eben so wenig 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) legten 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 anderntheils einen wirksamen Wundverschluss. Dem gleichen Zwecke dient bei anderen Pflanzen, besonders bei Holzgewächsen, Wundgummi.

Besondere Ernährungsweisen.

Parasiten, Saprophyten, Symbionten und Carnivoren. 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 producirten organischen Substanz konnten gewisse Pflanzen zu anderer Ernährungsweise übergehen, bei welchen sie von fertig zubereiteter organischer Substanz zehren. 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 chlorophyllosen Pflanzen, wenn die abgestorbenen Pflanzen- und Thierkörper bei der Jahrtausende langen Zufuhr nicht in hohen Schichten die Erdoberfläche bedecken. — Mit der Besitzergreifung solch' herrrenlos gewordener Materie begnügen sich jene eigenartigen Pflanzen jedoch nicht allein, und es kommt ein geradezu gewaltthätiger Zug in die sonst so friedliche Pflanzenernährung, wenn lebende Organismen, Thiere wie Pflanzen, von ihnen angefallen, ausgeraubt und getötet werden.

Es sind vor Allem die zahllosen Bacterien und 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. Sie führen uns zugleich vor Augen, wie sehr die Chlorophyllernährung die Ausgestaltung der grünen Pflanzen beeinflusst hat. Mit dem Zurücktreten oder dem Verschwinden des Chlorophylls in den Schmarotzern verschwinden die, speciell für die Assimilation eingerichteten grossen Blattflächen; die Blätter werden zu unscheinbaren Schüppchen, denn das Licht spielt keine Rolle mehr bei der Ernährung. Auch eine lebhafte 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 Assimilationseinrichtungen 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 aber nur um die Aufnahme organischer Substanzen

aus abgestorbenen Organismen, dann können die äusseren Einrichtungen zur Nahrungsaufnahme denjenigen 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. Der Chlorophyllgehalt ist aber so unwesentlich, dass Cuscuta als Parasit vorzüglich ausgerüstet ist.

Rechts unten in Fig. 186 sind Cuscuta-Keimlinge dargestellt, wie sie sich im Frühjahr aus den Samen, in denen sie schlangenartig aufgerollt lagen, entwickeln. Schon der Keimling verzichtet auf die Ernährung mittels der Cotyledonen, welche verkümmert sind. Auch das Keimwürzelchen stirbt immer sehr bald ab. Das Keimstengelchen aber 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 Brennessel-Stengel, so umschlingt es dieselbe gleich einer Schlingpflanze und unmittelbar darauf entwickeln sich aus der der Wirthspflanze angeschmiegten 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 eigenartigen Saugorgane, der Haustorien (*H*) nach. Diese brechen aus dem Innern des Parasiten hervor und besitzen in hohem Grade die Fähigkeit, mit Hülfe lösender Fermente und des beim Wachsen ausgeübten Druckes in den Körper der Wirthspflanze einzudringen. Sie breiten sich scheinbar ohne Schwierigkeit im fremden

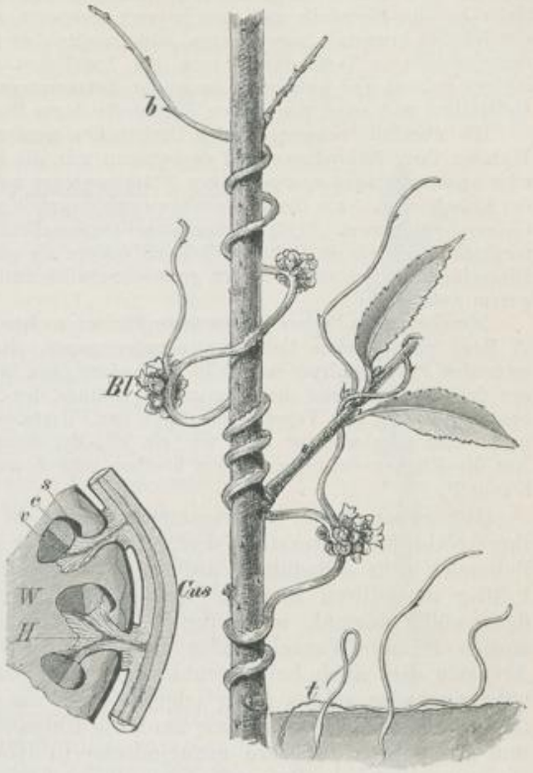


Fig. 186. In der Mitte ein Weidenzweig, umwunden von der schmarotzenden Cuscuta europaea. An den warzenförmigen Anschwellungen des Cuscuta-Stengels treten Saugwürzelchen in die Weide ein. *b* reducirte Blättchen, *Bl* Blüthenknäuel. Links: Verbindung des Schmarotzers (*Cus*) mit einer Wirthspflanze *W*. 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.

Gewebe aus, legen sich eng an dessen Gefässbündel an, während einzelne, aus dem Körper des Haustoriums hervorsprossende freie Zellreihen wie Pilzfäden in dem zarten Parenchym vordringen und diesem weitere Nahrung entnehmen. Da, wo sich das Haustorium an den Gefäss- und Siebtheil eines Gefässbündels herangedrängt hat, bilden sich in dem vorher zartwandigen Haustoriumgewebe 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.

Die ebenfalls schmarotzenden Orobanchen senden ihre Haustorien lediglich in die Wurzeln ihrer Nährpflanze und es kommen nur die hellgelblichen, hell röthlichbraunen oder amethystblauen spargelartigen Blüthensprosse neben dem Stengel des Wirthes aus der Erde 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 Kleeseide", letztere als „Würger" grossen Schaden anrichten und schwer von einem Acker auszurotten sind.

Manche ausländischen 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 Blüthen 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 Blüthen des Schmarotzers brechen seitlich aus den Blattachseln der Nährpflanze hervor[39].

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 Individuen der eigenen Art, wie dies auch bei Cuscuta vorkommt) befällt. Diese merkwürdige Ernährungsweise zeigen mehr oder weniger ausgeprägt die einheimische Santalaceen-Gattung Thesium wie 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 Heinricher 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[40].

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 Wurzeln und Rhizome dieser Saprophyten stehen, wie übrigens auch die Wurzeln der meisten grünen Pflanzen, welche den humusreichen Boden der Wälder und der Haiden bevölkern, in engster Beziehung zu Pilzfäden. Diese finden sich entweder innerhalb der Wurzel, in bestimmten Rindeschichten in Massen knäuelartig aufgerollt, wobei nur ganz vereinzelte Fäden sich nach aussen ausbreiten, oder aber sie umgeben bei anderen Pflanzen die jungen Wurzeln mit einer dichten verfilzten Hülle. Im ersten Falle spricht man von endotropher, im letzteren von exotropher Mykorrhiza, deren

Extreme aber in anderen Fällen durch mannigfache Zwischenstufen verbunden sind. Bei der exotrophen Mykorrhiza erscheint ein directer Stoffaustausch zwischen Wurzel und Boden ausgeschlossen. Hieraus, wie auch aus der Thatsache, dass die chlorophyllosen Schmarotzer, trotz der geringen Berührungsflächen ihrer kurzen dicken Wurzeln und Rhizome mit dem verwesenden Humus, diesem so reichlich Nahrung entziehen, schliesst man auf irgend eine Mitwirkung der Pilzfäden bei der Ernährung jener Gewächse, was auch vergleichende Kulturversuche wahrscheinlich machen. Doch fehlen spezielle Hinweise in dieser Richtung noch so sehr, dass die Vermuthungen sich noch theilweise in entgegengesetzter Richtung bewegen. Während u. a. JANSE annimmt, dass die Mykorrhiza-Pilze der Wurzel Stickstoff in gebundener Form zugänglich machen, erblickt STAHL [41] ihre Bedeutung in der besseren Zufuhr der Bodensalze, womit freilich nur den grünen Pflanzen gedient sein könnte.

Besser bekannt sind die Beziehungen, welche zwischen gewissen Bacterien und den Wurzeln der Leguminosen bestehen. Es ist eine verbreitete und deshalb längst bekannte Erscheinung, dass allgemein die Wurzeln der Leguminosen, der Bohnen, Erbsen, der Lupinen, des Klees u. a. eigenartige Auswüchse, sogen. Wurzelknöllchen, tragen (Fig. 187). Vor nicht zu 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 radicicola (Rhizobium leguminosarum), verursacht werden. Diese Bacterien dringen durch die Wurzelhaare, deren Wand sie local verquellen, in die Rinde der Wurzel ein, verursachen hier die genannten Wucherungen und füllen dieselben mit einer Bacterien-Masse an, welche schliesslich zum grössten Theil in übergrosse und abnorm gebildete Involutionsformen, die sogen. Bacteroiden, übergeht und nur zum kleineren Theil noch aus normal gebliebenen Bacterien bestehen bleibt. Erstere scheinen von der Nährpflanze schliesslich zum Theil resorbirt zu werden, letztere bleiben mit den Wurzelresten im Boden für die Fortpflanzung erhalten. Wie die Entdeckungen HELLRIEGEL's und die Untersuchungen von NOBBE, BEYERRINCK, HILTNER u. a. bewiesen haben [42], handelt es sich hier um eine Art gegenseitigen Parasitismus, eine auf wechselseitiger Ergänzung beruhende Lebensgemeinschaft, wie sie von DE BARY als Symbiose bezeichnet worden ist. Während das Bacterium von dem Ueberschuss der von der Wirthspflanze erzeugten Kohlehydrate zehrt, kommt der Wirthspflanze die Fähigkeit des Eindringlings zu Gute, den atmosphärischen Stickstoff binden zu können. Indem die Leguminose der Bacterienzelle einen Theil des Stickstoffvorraths entzieht, veranlasst sie seine regulatorische Neubildung und erschliesst sich damit bis zur Degeneration der Bacterien eine stetig fliessende Stickstoffquelle, die, wie erwähnt, durch schliessliche theilweise Resorption der Bacteroidensubstanz noch ergänzt wird. Man hat berechnet, dass Lupinen pro ha auf diesem Wege über 200 kg Stickstoff zu gewinnen vermögen. — Die Thatsache, dass derartige knöllchenbildende Leguminosen, abweichend von anderen Pflanzen, selbst auf stickstoffarmen Böden gut zu gedeihen und reichlich Proteïnstoffe zu speichern vermögen,

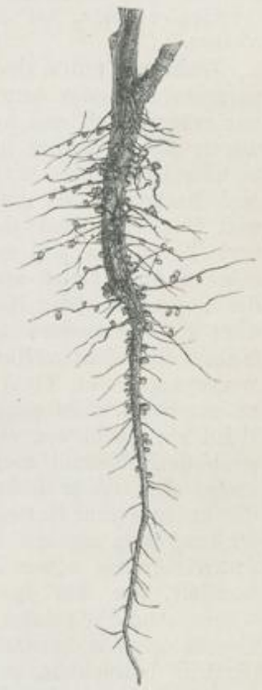


Fig. 187. Eine aus dem Boden gehobene Wurzel der Feldbohne (Vicia Faba), dicht besetzt mit Bacterienknöllchen. Verkleinert.

Symbiose.

war schon PLINIUS bekannt und die Leguminosen wurden schon längst als bodenbereichernde Pflanzen (Stickstoffsammler) bezeichnet.

Stehen der Leguminose genügend mineralische Nitrate im Boden zur Verfügung, dann tritt mit ihrer vegetativen Erstarkung die Infection und Knöllchenbildung mehr oder weniger zurück, und eine gleiche Immunität gegen weitere Infection wird durch den kräftigenden Einfluss schon functionirender Knöllchen bewirkt. — Ausser den Leguminosen, von denen man bisher nur Gleditschia triacanthos knöllchenfrei gefunden hat, vermögen nach NOBBE und HILTNER auch Elaeagnus und Alnus sich die Quelle des freien atmosphärischen Stickstoffs zu erschliessen, wenn ihre Wurzeln durch Infection mit anderen niederen Organismen Knöllchen ausbilden. Durch den Nachweis derselben Autoren, dass der mykorrhizaführende Podocarpus den atmosphärischen Stickstoff auszunutzen versteht, hat JANSE's Vermuthung eine erste experimentelle Bestätigung erhalten.

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 Entwickelung sehr bald gehemmt wird. Wird ein Apfel von einem Schimmelpilz befallen (wobei der Angriff auf die gesunde Epidermis meist mit einer Giftausscheidung eingeleitet wird), so begnügt sich dieser nicht mit der Wegnahme der äusserst geringen Stoffmenge, die er zu seiner Entwickelung 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, die ihm das eigene Gedeihen unmöglich macht. — In die mit Gährung und Fäulniss meist verbundene Ernährungsthätigkeit dieser Organismen greifen besondere Athmungsvorgänge, die man als intermoleculare (S. 185) bezeichnet, gewöhnlich mit ein. Jene Zersetzungsprocesse sind so energisch, dass oft eine erhebliche Wärmeentwickelung dabei stattfindet. Die Wärmeentwickelung 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, nach COHN, durch die zersetzende Thätigkeit eines Schimmelpilzes, des Aspergillus fumigatus bedingt. 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, in die auch anorganische Substanzen hereingerissen werden können. So macht das Penicillium brevicaule und andere Schimmelpilze aus arsenhaltigem Substrat (Tapeten!) gasförmige, äusserst giftige Arsenverbindungen frei[43]. Jene gründlichen Zersetzungen bewirken hauptsächlich die erwähnte Wegräumung der abgestorbenen Orga-

nismen. Die äusserst giftigen Substanzen, welche nebenbei oft gebildet werden, veranlassen die schweren Krankheitserscheinungen, 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 „Schutzstoffe" besitzen oder nachträglich ausbilden, welche, wie auch die Stoffwechselproducte der Bacterien selbst, für diese specifische Gifte sind, ein Umstand, den die Therapie mehr und mehr mit Erfolg zur Bekämpfung der Infectionskrankheiten benutzt. Diphtherieheilserum

Während man bisher als Erreger der ansteckenden Krankheiten stets Mikroorganismen annehmen zu müssen glaubte, ist von Beyerinck ein unorganisirtes, aber im Plasma vermehrungsfähiges „Contagium fluidum" als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabaksblätter entdeckt worden (44).

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 Enzyme 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, Nucleïn, 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 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, und 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 nicht nur das Nährwasser, sondern, wie es nach den Untersuchungen Artaris wahrscheinlich ist, auch Pepton, so dass die Algen in dem Flechtenkörper nicht nur nicht erschöpft werden, sondern sogar sich kräftiger entwickeln, als in freiem Zustande und sich durch Theilung lebhaft vermehren. Beiderlei Bestandtheile der Flechten ziehen aus der Lebensgemeinschaft demnach bestimmte Vortheile und so bilden diese Genossenschaften einen der typischsten Fälle pflanzlicher Symbiose (45).

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 (46).

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. Süsswasserpolypen (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 aber 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

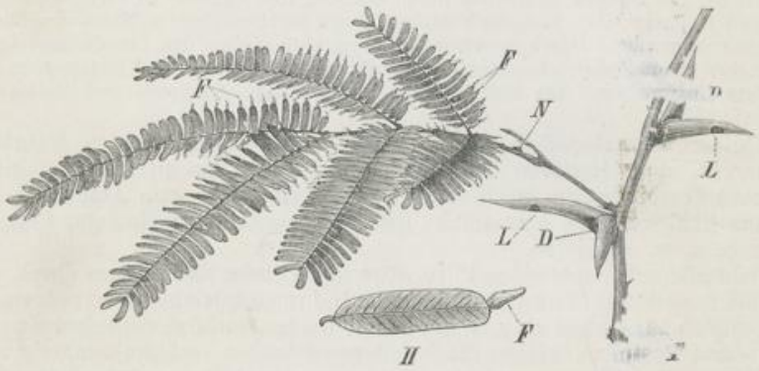


Fig. 188. Acacia sphaerocephala, eine Ameisenpflanze. *I* Stammstück mit Dornen (*S*) u. einem Blatte. Die hohlen Dornen werden von Ameisen unterseits angebohrt und bewohnt. An den basalen Blattfiederchen die Futterkörper *F*. Auf dem Blattstiel bei *N* ein Nectarium. Verkleinert. *II* Einzelnes Blattfiederchen mit dem Futterkörper *F*, etwas vergrössert.

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 Nectarien (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 in einer Symbiose mit einem Pilz (Rozites gongylophora), dessen Mycel sie auf den zusammengetragenen Blattstückchen (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 [47]. — Ein bekanntes symbiotisches Verhältniss hat sich zwischen Blumen und Insecten (auch anderen Thieren) 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. 243 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 wäre. 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 Sonnenthau-Pflänzchen (der Drosera-Arten), welche mit wenigen dünnen Würzelchen den mächtigen, schwammartig durchnetzten Torfmoos-Rasen lose

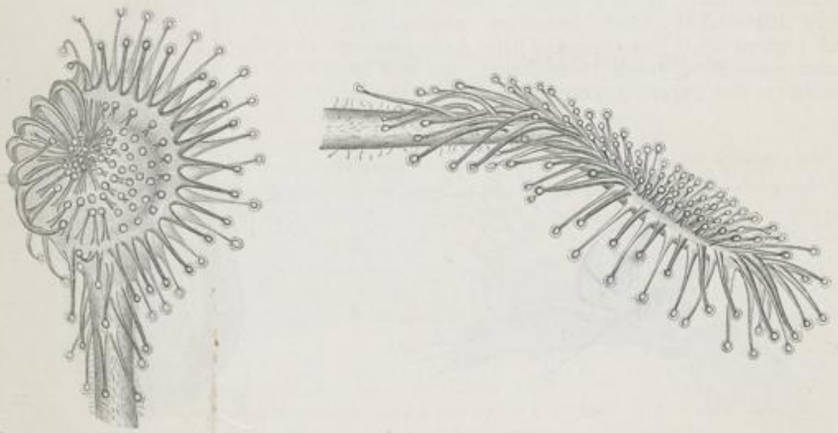


Fig. 189. Blätter von Drosera rotundifolia, links von oben, rechts von der Seite gesehen. Vergr. (Nach Darwin.)

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, saueres Secret absondern (Fig. 189, auch 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 sämmtliche Stielchen („Tentakeln") nach dem Opfer hin, wobei die Blattfläche selbst hohl wird und das Insect um' st. Das Secret wird nun reichlicher ausgeschieden, sein Gehalt an Säuren wird ges gert und es tritt ausserdem ein peptonisirendes Ferment hinzu. Das gefange e 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 Blattrand 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 ist mit einer elastischen, nur nach innen sich öffnenden Klappe verschlossen, gestattet kleinen Schneckchen 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 Blatthälften 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 getötet, 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;

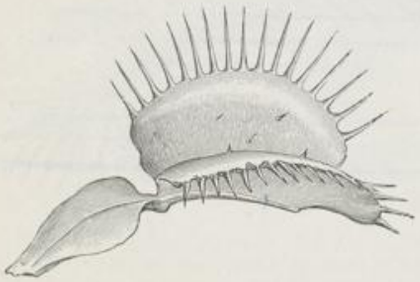


Fig. 190. Ein Blatt der Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula). Auf der inneren Blattfläche die empfindlichen Borsten, deren Berührung ein plötzliches Zusammenklappen der beiden Blatthälften bewirkt. Der schraffirte Theil der Innenfläche dicht mit Verdauungsdrüsen besetzt. (Nach Darwin.) Vergrössert.

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.

später erfolgt die Resorption der gelösten Producte. Vorherrschend tritt bei den ausländischen Insectivoren die Kannenform als Thierfalle auf, so bei Nepenthes, Cephalotus, Sarracenia, Darlingtonia. Die Kannen entstehen, indem ganze Blätter, oder Theile derselben, sich zu krugartigen Behältern ausbilden (vgl. Fig. 45 und Fig. 191). Unten in solchen Kannen steht eine von Drüsen der inneren Wand ausgeschiedene wässerige Flüssigkeit. Thiere, welche bei Nepenthes durch Honigabscheidungen am Rande der Kanne angelockt werden und denselben betreten, gleiten bei der ausserordentlichen Glätte der Wand aus, oder werden auch durch kleine Haare, die alle nach innen gerichtet sind, in die Kannen hineingeleitet und fallen alsdann in die Flüssigkeit, wo sie durch Fermente und Säuren verdaut, dann resorbirt werden. — Bei Sarracenia und Cephalotus hat Göbel keine verdauenden Fermente, bei Cephalotus aber fäulnisshemmende Secrete nachweisen können. — Die deckelartige Ueberwölbung der Kannenöffnung, wie sie sowohl bei Nepenthes als auch bei Sarracenia und Cephalotus sich findet, klappt nicht zu, ihre Aufgabe scheint vielmehr die zu sein, das

Einfallen fremder Körper, 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, was Saussure 1822 und Dutrochet 1837 durch eingehende Untersuchungen bewiesen haben. Liebig erklärte die Athmung der Pflanzen freilich 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 verathmet im Dunkeln einen grossen Theil ihrer organischen Substanz und verliert dabei beträchtlich an Trockengewicht. So verathmet ein Mais-Keimling, der sich aus einem 0,5 gr schweren Mais-Korn entwickelt, 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. Die Pflanzen produciren in 24 Stunden durchschnittlich das 5—10fache ihres eigenen Volumens an Kohlensäure. Bei Schattenpflanzen ist die Production nach Griffon([48]) meist auf das 2fache Volumen beschränkt; die bekannte Zimmerpflanze Aspidistra bringt es aber nur auf die Hälfte ihres Eigenvolums und kann sich eben deshalb auch mit der geringen Assimilation in sehr gedämpftem Lichte begnügen.

Einen Anhaltspunkt über die Bedeutung der Athmung auch im Pflanzenreich giebt uns das Verhalten der Pflanzen, wenn ihnen der Sauerstoff vorenthalten wird, entweder so, dass sie z. B. in reinen Stickstoff oder Wasserstoff, oder aber in einen luftleeren Raum gebracht werden. Da kommt nämlich alsbald jede sichtbare Lebensthätigkeit zum Stillstand. Bei einer vorher kräftig wachsenden Pflanze erlischt das Wachsthum, die Plasmaströmung in den Zellen hört auf, wie auch alle äusseren Bewegungserscheinungen bei Aërobionten (s. S. 186). Wenn dann nach nicht zu langer Zeit Sauerstoff wieder zugelassen wird, so kehren die unterbrochenen Lebens-

äusserungen 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.

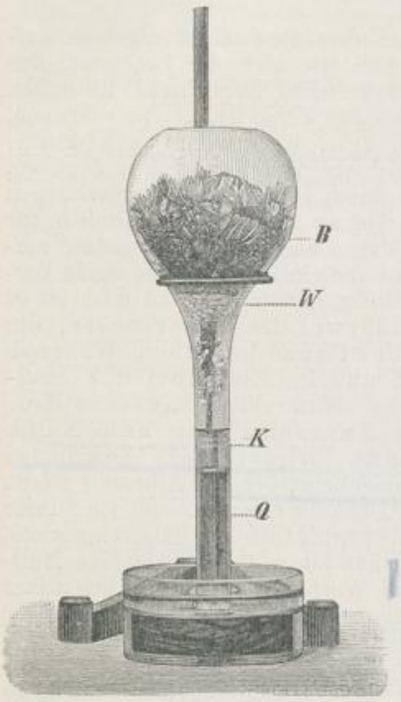


Fig. 192. Athmungsversuch. Der bauchige Theil des Glaskolbens *B* ist mit Wucherblumen (Chrysanthemum) gefüllt. Die von diesen durch Athmung erzeugte Kohlensäure wird von der Kalilauge *K* absorbirt und die Absorption angezeigt durch das Eindringen und Steigen des Quecksilbers *Q* in die Röhre.

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. Je reicher dieselben an Protoplasma sind und je energischer ihre Lebensthätigkeit ist, um so kräftiger athmen sie auch. — 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 Wattepfropf (*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 absorbirt, 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 Stande unverändert stehen. Berechnet man das zurückgebliebene Luftvolumen im Kolben auf normale Dichtigkeit, so ergiebt sich, dass ein Fünftel des ursprünglichen Volums verschwunden ist, 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 absorbiren, dann bleibt der anfängliche Queck-

silberstand 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 Inhaltskörpern mitwirkt, wie bei der Keimung fettreicher Samen und beim Gaswechsel der Succulenten. Bei der Keimung fettreicher Samen wird das Fett in sauerstoffreichere Kohlehydrate verwandelt. Bei den Succulenten dagegen greift die denselben vorwiegend eigenthümliche nächtliche Säurebildung und die im Licht erfolgende Entsäuerung in den Gaswechsel der Pflanze ein. Der Athmungs-Coëfficient kann übrigens mit der Ernährung und den Culturbedingungen einer Pflanze in gewissen Grenzen schwanken.

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: Wird ein hohes Standglas 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, 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 gebricht. Die bei der Athmung gebildete Kohlensäure kann quantitativ durch die Gewichtszunahme der sie absorbirenden Kalilauge oder bei der Einleitung in Barytwasser mit Hülfe des Niederschlags von kohlensaurem Baryt nachgewiesen werden.

Die intramoleculare Athmung (49). 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 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 intramoleculare Athmung bezeichnet.

Die in einem bestimmten Zeitraum durch intramoleculare Athmung erzeugte Kohlensäuremenge ist, wie leicht erklärlich, meist geringer als die bei Gegenwart freien Sauerstoffs 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 Wachsthum und Bewegungen der Aërobionten (s. S. 186) aber bei intramolecularem Athmen auf und es treten fremdartige Zersetzungen ein, wobei u. a., wie bei der Hefegährung, neben Kohlensäure die entsprechende Menge 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 (Bacterien, Pilze, Characeen) 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, bezw. 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 bezw. facultative und permanente bezw. obligate Anaërobiose unterschieden.

Die Athmung als Energiequelle. Da lebendiges Plasma unter allen Umständen athmet, da weiterhin bei gehinderter Athmung die Lebensäusserungen aufhören, während eine erhöhte Lebensthätigkeit mit erhöhten Ansprüchen an die Athmung verknüpft ist, so stellt sich der Stoffwechsel derselben als eine für das Leben nothwendige Begleiterscheinung dar.

Das Gemeinsame der Athmungsvorgänge besteht in Umsetzungen, bei denen chemische Spannkraft entbunden und Energie befreit wird. Man geht 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 also specifische 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. Diese Verbrennung ist dabei meist so energisch und weitgehend, dass als ihre Producte CO_2 und H_2O auftreten; damit ist sowohl der grösste Energiegewinn erreicht, als auch eine Anhäufung von schädlichen Athemproducten vermieden. Doch kann der Athemprocess auch anders verlaufen, indem nicht sowohl die Endproducte CO_2 und H_2O, 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 profitiren.

Die bei der Verathmung organischer Kohlenstoffverbindungen entbundenen Kräfte leiten sich von jenem Kraftvorrath ab, welcher bei der Assimilation mit Hülfe der Sonnenstrahlen in Gestalt chemischer Spannkraft in Kohlehydraten gespeichert wurde (vgl. S. 164). Spannkräfte 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 zumal wieder Bacterien, auch Energiequellen in anderen Umsetzungen geschaffen. So oxydiren die Schwefelbacterien den Schwefelwasserstoff zu Schwefel und diesen zu Schwefelsäure; die Nitritbacterien bilden aus Ammoniak und Amiden salpetrige Säure, die Nitratbacterien hieraus Salpetersäure, während die Eisenbacterien Eisenoxydulverbindungen zu -Oxyd verbrennen. Die in solchen Vorgängen gewonnene Energie kann zum Athmungsbetrieb, oder auch, wie es bereits von den Nitrobacterien (S. 166) erwähnt wurde, zur Synthese von organischen Kohlenstoffverbindungen benutzt werden, je nach der Lenkung der gewonnenen 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 Maschinen, zur Lichterzeugung oder zu chemischen Umsetzungen verwandt wird (50).

Gährung und Athmung. In dem Abschnitt über besondere Ernährungsweisen wurde bereits erwähnt, dass zumal bei der Ernährung aus organischer Materie neben den für die Gewinnung der Körpersubstanz unmittelbar nothwendigen stofflichen Umsetzungen häufig ausgedehnte Zersetzungen des ganzen Substrats, sogen. Gährungen, einhergehen. Insofern diese Zersetzungsthätigkeit mit Befreiung von Energie verknüpft ist, welche allgemein in organischen Substanzen gespeichert ist, kann sie ebenfalls der Athmung dienstbar gemacht und durch das Athmungsbedürfniss mehr oder weniger beeinflusst werden.

So wird bei anaërobem Gedeihen der Hefe bei weitem der grösste Theil des Substrates (ca. 98—99 %) vergohren, während bei aërobem Wachsthum unter vollem Sauerstoffzutritt der auf Wachsthum und Vermehrung entfallende Antheil am Substanzverbrauch verhältnissmässig grösser sein kann.

Aus dem Umstande, dass aber auch bei ausreichendem Sauerstoffzutritt grosse Mengen des Traubenzuckers (nach BUCHNER und RAPP etwa 85 %) vergohren werden, darf man wohl schliessen, dass die dem Energiegewinn des Organismus unter Umständen dienstbar gemachten Gährungsprocesse in einer gewissen Unabhängigkeit von dem Athembedürfniss verlaufen können. Auch für die Sauerstoffathmung ergiebt sich eine gewisse Selbständigkeit gegenüber den anderen Lebensäusserungen daraus, dass die Athmung ihren höchsten Umsatz erreicht bei einer Temperatur, in der sonst jede normale Lebensthätigkeit längst durch Wärmestarre lahmgelegt ist, kurz vor dem eintretenden Tode. — Aehnlich wie das Arbeiten einer Dampfmaschine von der Energiezufuhr aus der Kohlenfeuerung zwar ermöglicht werden muss, aber auch trotz fortgesetzter oder gesteigerter Feuerung völlig stille zu stehen vermag, so ist das Lebensgetriebe der Zelle zwar auch auf einen kraftentbindenden Stoffwechsel angewiesen; die übrigen Lebensäusserungen stehen aber damit nicht in derartig unmittelbarem Zusammenhang, dass sie mit der Intensität der energiespendenden Stoffwechselprocesse unter allen Umständen gleichen Schritt zu halten brauchten.

Wärmeentwickelung beim Athmen. Die Athemprocesse sind chemisch-physikalisch betrachtet meist Oxydationen oder Verbrennungen und gleich diesen mehr oder weniger mit Wärmeentwickelung verknüpft. Dass sich die Pflanzen durch die Athmung aber nicht fühlbar erwärmen, rührt daher, dass letztere gegenüber der wasserreichen Masse meist nicht ausgiebig genug ist, dass weiterhin die Transpiration der, im Verhältniss zu ihrer Körpermasse, grosse ausstrahlende Flächen besitzenden Pflanzen erhebliche Wärmemengen latent macht, wodurch transpirirende Pflanzen meist sogar kühler als ihre Umgebung sind und aus dieser noch Wärme aufnehmen. 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 blühenden Kolben von Araceen beobachtet worden, welche ihre Temperatur um 10, 15, ja sogar um 20° C. durch intensive Athmung erhöhen. Ein Gramm der Kolbensubstanz jener Araceen liefert dabei in einer Stunde bis zu 30 Cubikcentimeter CO_2 und in wenigen Stunden kann bei so intensiver Athmung die Hälfte der Trockensubstanz (der Vorrath an Zucker und Stärke) verathmet werden. Auch bei den grossen Blüthen der Victoria regia sind 15° C. Temperaturerhöhung gemessen worden. Beim Heilprocess verwundeter Pflanzen wird die Athmung und damit auch die Erwärmung merklich gesteigert.

Dass neben der Kohlensäure-Athmung aber auch noch andere Processe in die Wärmeentwickelung eingreifen, geht daraus hervor, dass letztere nicht proportional mit der erzeugten Kohlensäure steigt und fällt.

Wege der Athemluft. Während sich bei einfacher gebauten Pflanzen der im Dienste der Athmung stehende Stoffaustausch diffusorisch durch die ganze Oberfläche vollzieht, ist derselbe bei den höher organisirten Pflanzen, wie auch der Stoffaustausch bei der Transpiration und der Assimilation in der Hauptsache auf die Spaltöffnungen beschränkt. Das früher (S. 157 und 168) über die Ergiebigkeit dieses Austausches Gesagte gilt in gleicher Weise auch für den respiratorischen Austausch, der bei geöffneten Spalten in ausgiebiger Weise ermöglicht ist. Im Inneren des Pflanzenkörpers erfolgt die Weiterverbreitung theils durch die Zellen hindurch, vor allem aber wohl

durch die Intercellularräume, die mittels der Spaltöffnungen (oder bei verkorkten Pflanzentheilen mittels der Lenticellen [S. 119]) einerseits mit der freien Atmosphäre in Verbindung stehen, andererseits auch die tief im Innern massiger Pflanzentheile gelegenen Zellen mit Athemluft versorgen müssen, während für den Gasaustausch der Assimilation und Transpiration die oberflächlich gelegenen grünen Gewebe fast ausschliesslich in Betracht kommen.

Die Bewegung der Gase in den Intercellularräumen geschieht durch Diffusion, 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.

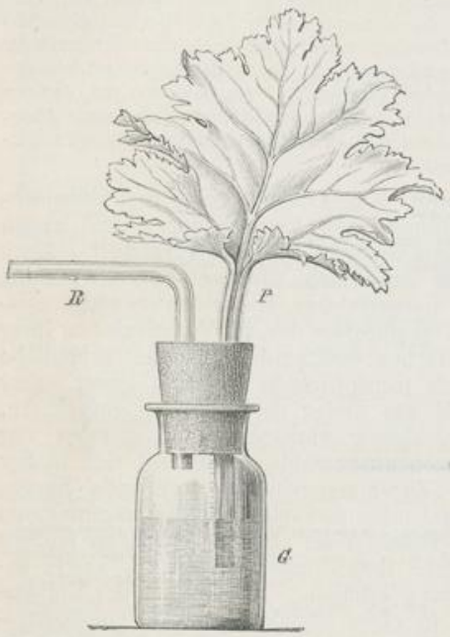


Fig. 193. Apparat zum Nachweis der offenen Gaswege in der Pflanze. In das Glas *G* sind ein Blatt *P* und eine Glasröhre *R* eingedichtet. Wird die Luft im Glase durch Saugung an *R* verdünnt, dann dringt äussere Luft durch die Spaltöffnungen in die Intercellularen des Blattes und tritt in Form kleiner Luftblasen aus der untergetauchten Schnittfläche des Blattes in das Glas ein. Aus DETMER physiol. Pract.

Der Zusammenhang der Intercellularen unter sich und mit der Aussenwelt, auf den aus der anatomischen Untersuchung schon geschlossen werden kann, wird zur Gewissheit durch das physiologische Experiment. Es gelingt nämlich 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.

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

Bacterien, 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.

Die bekanntesten, mit weissem, blauem oder grünem Lichte phosphorescirenden Pflanzen sind einerseits gewisse Bacterien, 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. noctilucens, Ag. Gardneri u. a.). Das Leuchten modernden Holzes ist jedenfalls auf darin wuchernde Pilze oder Bacterien zurückzuführen. Am Leuchten des Meeres nehmen, neben zahlreichen Thieren, von Pflanzen besonders die Alge Pyrocystis noctiluca, gewisse Peridineen, sowie leuchtende Bacterien hervorragenden Antheil. Ihr Aufleuchten wird, nach Untersuchungen von Reinke an Ceratium tripos, sowohl von mechanischen als von thermischen und chemischen Reizen veranlasst[51].

Das 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. 331) beruht. Das sogenannte Leuchten einzelner Meeresalgen besteht dagegen im Fluoresciren und Opalisiren 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 nur bei stärksten Vergrösserungen sichtbar zu machenden Micrococcus und einem grossen Hutpilz; und wie klein ist letzterer wieder neben der wolkenanstrebenden Sequoia Californiens. 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 Entwickelung oft erstaunliche Maasse annehmen und aus Hunderttausenden und Millionen von Zellen sich zusammensetzen, so beginnen sie doch ihr Dasein als mikroskopisch 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 müssen nach ihrer Vermehrung durch Zweitheilung 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. — Vergleicht man im Geiste aber eine erwachsene Eiche oder Ceder mit jener einfachen Eizelle, aus der sie wachsend entstand, dann wird es erst recht klar, dass mit dem Worte Wachsthum nicht

nur ein blosses Grösserwerden gemeint sein kann, sondern dass eine Reihe der mannigfaltigsten Entwickelungen, 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 Wachsthums zu suchen. Eine Volumzunahme allein setzt noch kein Wachsthum voraus, denn wenn eine ausgetrocknete verschrumpfte Rübe in Wasser anschwillt, so wird man nicht sagen, die Rübe wächst. Ergiebiges Wachsthum 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 ergiebiges Wachsthum.

Bei niederen Organismen äussert sich das Wachsthum 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 Wachsthumsvorgänge weit verwickelter und mannigfaltiger, so dass man hier nach Sachs etwa 3 Hauptphasen des Wachsthums unterscheiden kann, welche indessen 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 in aussergewöhnlichen Fällen auch aus fertigen, älteren Gewebetheilen erstehen, die sich mit Plasma füllen, in Theilung eintreten und so wieder embryonalen Charakter annehmen. Für gewöhnlich entwickeln sie sich aber gleich aus den Vegetationspunkten und man hat deshalb alle Organe, welche an anderen als den gewohnten Stellen entspringen, als bloss 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 mit wenigen Ausnahmen in akropetaler Reihenfolge ausbilden, dass die jüngsten der Spitze zunächst auftreten und die davon entfernteren daher die älteren sind. — 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. Aeussere Einwirkungen sind nur bis zu einem gewissen Grade im Stande in diese Verhältnisse ein-

zugreifen. Der Einfluss äusserer 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) beispielsweise in den Sporen von Equisetum, wie in den Eiern von Cystoseira barbata, Pelvetia und Ascophyllum unter den Fucaceen, durch die Lage zur Lichtquelle gegeben ist[52].

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. 175). 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.

Starke einseitige Beleuchtung sowie der Schwerkraftsreiz und der fördernde Einfluss feuchter Luft bewirken es, dass die Rhizoide 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. 129).

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, 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 Wurzelstöcke bilden vor Allem neue Sprosse aus. Hier tritt also ganz besonders auffällig eine innere Wechselwirkung in dem gestaltenden Wachsthum der Organe in die Erscheinung, die man als Wachsthumscorrelation bezeichnet. Wachsthums-correlation.

Auch bei der normalen Organbildung unverletzter Pflanzen spielen Wachsthums-Correlationen 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 Entwickelung muss aber auch hier entweder von der blossen Bestäubung der Narbe oder doch von der Befruchtung der vorhandenen Samenanlagen ausgehen, welch' letztere dann aber früher oder später verkümmern, ohne der sonstigen Entwickelung der Frucht Eintrag zu thun. Bei samenhaltigen Weinbeeren gehen nach MÜLLER-THURGAU [53] aber auch von der Samenausbildung selbst noch einmal besondere Reizwirkungen auf die Form, Qualität und Quantität des Fruchtfleisches aus. In seltenen Ausnahmefällen entwickeln sich sogen. „taube" Früchte aber auch ganz ohne den Anstoss der Befruchtung (Feige) [54]. — Correlationsvorgänge regeln auch die Ausbildung von Leitbahnen im Pflanzenkörper, greifen also auch in die anatomische Entwickelung 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 scheitelwärts zur Erzeugung neuer Sprosse, grundwärts aber zur Erzeugung neuer Wurzeln neigt, während Theilstücke von Wurzeln an dem scheitelwärts gerichteten Ende neue Wurzeln, an dem stammwärts gelegenen neue Sprosse bilden.

Auf diese Weise erhält ein abgetrenntes Stengelstück naturgemäss neue Wurzeln an seinem „Wurzelpol", eine verletzte Wurzel neue Sprosse an ihrem „Sprosspol". Dieser besonders von VÖCHTING und SACHS studirte polare Gegensatz, zu welchem nach GÖBEL auch die gewohnheitsmässige Richtung des Nahrungsstromes, wie 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 schadhaften 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 nach der Bewurzelung 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 ge-

pflanzter 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 Entwickelung 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 Bodentheilchen 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 (55).

Die correlativen Wachsthumsvorgänge, 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 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 Brechwurzel (Ipecacuanha), deren zerhackte Wurzelstücke wie Samen gesät werden. Auch einheimische Unkräuter, wie der Löwenzahn, besitzen diese Fähigkeit 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 (die Unterlage) 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 der Unterlage aufgesetzt, keine Wurzeln, sondern verwächst mit demselben zu einer physiologischen Einheit. Es adoptirt die Wurzeln der Unterlage, wie diese die Knospen des Edelreises adoptirt, ohne zur Bildung eigener Neuanlagen zu schreiten. Die Verwachsung erfolgt mit Hülfe eines an beiden Pflanzentheilen entstehenden Wundgewebes, des sogen. Callus (vgl. S. 120). 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.

Unterlage 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 Be-

schaffenheit 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) (S. 249). — 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 der jugendlichen, etwa gleich stark entwickelten Unterlage. Mit schrägem, glattem Schnitt werden beide gestutzt, auf einander gepasst und die Verbindungsstelle wasser- und pilzdicht mit Baumwachs nach aussen abgeschlossen (Fig. 194 *II*).

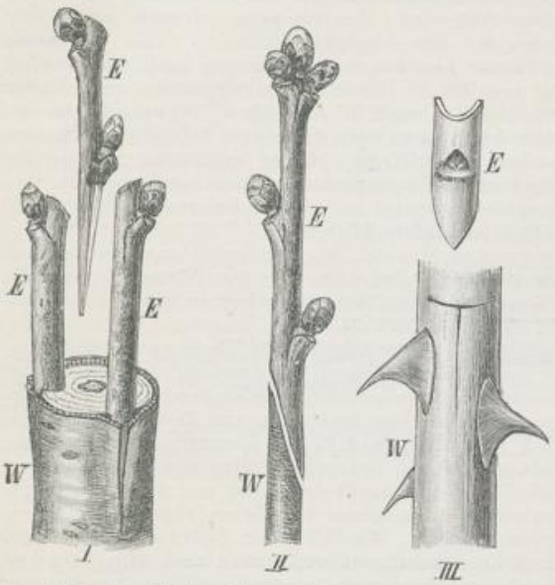


Fig. 194. Verschiedene Veredelungsweisen. *I* Pfropfen. *II* Copuliren. *III* Oculiren. In allen Figuren bedeutet *W* Unterlage (Wildling), *E* Edelreis bezw. Edelauge.

Das Pfropfen ist die Einfügung schwächerer Edelreiser in die stärkere Unterlage. In den abgestutzten Stamm der Unterlage 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 der Unterlage 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 der Unterlage 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 der Unterlage eingeschoben. Das Edelauge bleibt im Zusammenhang mit einem schildförmigen Rindenstück, das sich leicht vom Splint ablöst, wenn die Pflanzen im Saft sind. Durch einen Tförmigen Schnitt wird dann die Rinde der Unterlage 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.

2) 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 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 bedürfen, erreichen die Pflanzen ihre hauptsächlichste Grössenentfaltung durch die Aufnahme von Wasser in ihre Zellen, welches ihnen reichlich von Aussen geboten wird und nicht erst durch innere Ernährungsthätigkeit geschaffen zu werden braucht.

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.

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 Wachsthumsvorgänge 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 im Protoplasma ziemlich gleichmässig vertheilt. Bei übergrossem Wasserreichthum des letzteren erfolgt dann aber eine Wasserabsonderung in Vacuolen (vgl. Fig. 58). Da die Flüssigkeit der Vacuolen organische und anorganische Stoffe gelöst enthält, so wirken diese Binnensafträume 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, und bilden schliesslich einen einzigen grossen Saftraum in der Mitte der Zelle.

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 Saftraumes, welches man zum Unterschied von dem „Nährwasser", dem „Imbibitionswasser" und dem „Constitutionswasser" der Pflanzen als „Schwellwasser" bezeichnen könnte. Schwellwasser

Wie man bei einer ganzen Reihe anderer Lebensäusserungen beobachtet, dass sie langsam eingeleitet werden, dann zu einem Maximum ansteigen, um ganz allmählich abnehmend zum Stillstand zu kommen, 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 gleichaltrigen Zellen eines Organs dieses Ansteigen und Abschwellen der Grössenzunahme etwa zu gleicher Zeit durchmachen, so kommt diese Erscheinung auch im Wachsthum ganzer Organe zum Ausdruck und führt hier zum Auftreten der sogen. grossen Periode des Wachsthums. 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(56).

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. 136ff.). Der osmotische Druck des Zellinneren scheint ausserdem aber auch eine wichtige Rolle bei dem Wachsthum der Zellmembran selbst zu spielen. Zellen, in denen der Turgor durch Wasserverlust beim Welken oder bei der Plasmolyse aufgehoben ist, zeigen kein Membranwachsthum mehr, so dass eine gewisse Dehnung der Membranen eine mechanische Vorbedingung für ihr Flächenwachsthum zu sein scheint. Diese Dehnung veranlasst aber keineswegs für sich allein das Wachsen der Membran; die inneren, physiologischen Bedingungen für das Wachsthum derselben liegen in einer vom lebendigen Plasma ausgehenden und von dessen Reizzuständen beherrschten Lebensthätigkeit. Ohne das Zuthun dieser eigentlichen physiologischen Wachsthumsvorgänge tritt auch bei stark gespannten Membranen kein Wachsthum ein; umgekehrt können aber Membranen unter sehr schwacher Turgorspannung ein ergiebiges Flächenwachsthum 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 Membranwachsthum wird aber verschieden sein, je nachdem das Wachsthum das Resultat von Einlagerung (Intussusception) neuer kleinster Membrantheilchen innerhalb der vorhandenen Membransubstanz ist, oder auf plastischen (unelastischen, daher nicht rückgängig zu machenden) Dehnungen beruht. Im letzteren Falle wird die Membran beim Flächenwachsthum 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 Wachsthum von Membranen in Anspruch genommen werden. Für den Vorgang der plastischen Dehnung ist die Nothwendigkeit einer, wenn auch geringen Turgorspannung selbstverständlich; bei Intussusceptionswachsthum könnte eine Dehnung der Einlagerung kleinster Theilchen förderlich sein, ist aber hier keine durchaus nothwendige Vorbedingung für das Wachsthum.

Die Annahme von Intussusceptionswachsthum 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 bestimmter Orientirung der Molecülgruppen (Micelle NÄGELI's) oder mit Spannungsverhältnissen colloidaler Wabensysteme (BÜTSCHLI) in Verbindung gebracht. — Aehnlich wie die mit der Imbibitionsflüssigkeit in innigster und deshalb wirksamster Berührung stehende, zumeist colloidale organische Substanz dieser z. B. Farbstoffe entreisst und in sich aufnimmt, können wohl aber auch ähnlich zugeführte neue Cellulosetheilchen der Membran innerlich angegliedert werden [57].

Nachdem im Vorhergehenden die Streckungsvorgänge an der einzelnen Zelle in ihren wichtigsten Punkten hervorgehoben wurden, seien nun die Erscheinungen des Gesammtwachsthums an vielzelligen Organen geschildert, wobei zu berücksichtigen ist, dass bei gleich starkem Gesammtwachsthum zweier Organe die Wachsthumsintensität ihrer begrenzten Zuwachszonen um so grösser ist, je kürzer letztere sind.

Im Allgemeinen wachsen pflanzliche Organe sehr langsam, so langsam, dass man bei kurzer Beobachtungszeit überhaupt kein Wachsthum bemerkt. Nur die Staubfäden mancher Gräser wachsen so rasch, dass man ihre Verlängerung mit blossem Auge noch unmittelbar wahrnehmen kann: Bei den

Staubfäden von Triticum (Weizen) ist ein Zuwachs von 1,8 mm in der 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 der Minute)[58].

Um die Zuwachsgrössen der Pflanzen besser messen zu können, bringt man sie in vergrössertem Maassstabe zur Anschauung. Das kann natürlich durch das Mikroskop geschehen, welches mit der Vergrösserung des durchmessenen Raumes auch die Geschwindigkeit entsprechend vergrössert. — Die bequemste, und bei gröberen 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

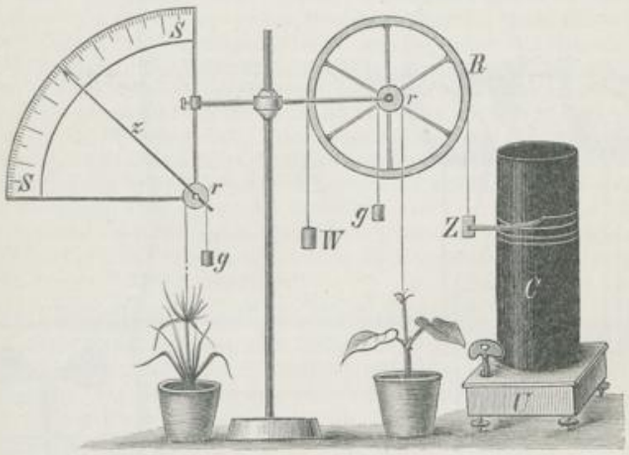


Fig. 195. Wachsthumsmesser (Auxanometer). Links ein einfaches Hebelauxanometer (Zeiger am Bogen), rechts ein selbstregistrirendes Auxanometer. Nähere Erklärung im Text.

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 angiebt. Ein Zuwachs des Schaftes um $^1/_5$ 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 verwandt, 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 equilibrirt ist. Der horizontale spitze Zeiger berührt rechts eine durch das Uhrwerk U in gleichmässige Drehung versetzte Trommel C, die mit einem berussten Papier über-

zogen 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 Zeigerspuren den jeweiligen stündlichen Zuwachs selbstthätig an.

Die grosse Periode, die aus inneren Ursachen beim Wachsthum 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 nach 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.

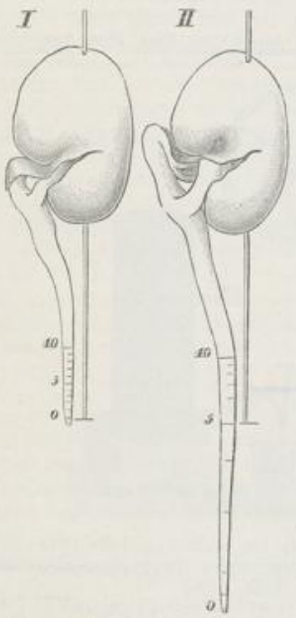


Fig. 196. Die Vertheilung des Zuwachses an der Wurzelspitze einer Feldbohne (Vicia Faba). Bei *I* die Wurzelspitze durch Tuschemarken in 10 gleiche Querzonen von 1 mm getheilt. In *II* dieselbe Wurzel nach 22 Stunden. Die Tuschestriche sind durch ungleiches Wachsthum der Zonen verschieden weit auseinander gerückt. Nach SACHS.

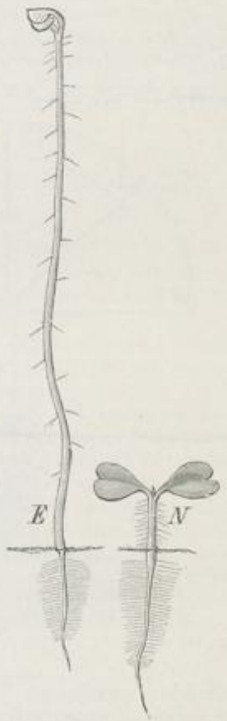


Fig. 197. Zwei gleichalte Keimpflänzchen des weissen Senfs (Sinapis alba). *E* im Dunkeln erwachsen, etiolirt. *N* bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung gewachsen, normal. Die Wurzeln mit Wurzelhaaren.

Im Gesammtwachsthum einer ganzen Wurzel macht sich aber die grosse Periode d. h. also die allmähliche Zunahme der Wachsthumsgrösse 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 ½ Centimeter; ihre Länge ist aber unter dem wechselnden Einfluss äusserer Bedingungen wie mechanischer Hindernisse, Kälte, Wärme, Trockenheit etc. gewissen

Schwankungen unterworfen[59]. 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 *I* zeigt eine keimende Feldbohne, deren Wurzel an der Spitze in verschieden alte, aber gleich lange Querzonen abgetheilt wurde. Fig. 196 *II* zeigt dieselbe Wurzel nach 22stündigem Wachsen. Die Tuschemarken sind durch das Wachsthum der Zonen aus einander gerückt, aber verschieden weit, je nach Lage bezw. 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 Wachsthums während der verschiedenen Altersstadien der Zellen. Für die Zuwachse millimeterlanger Querzonen einer Wurzel von Vicia Faba fand SACHS den Zuwachs von 15 58 **82** 35 16 13 5 3 2 1 0 in Zehntelmillimetern nach 24 Stunden, wobei die linksstehenden Zahlen die jüngeren, die rechtsstehenden die älteren Querzonen bezeichnen.

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 des Vegetationspunktes ganz derjenigen bei Wurzeln. Die Vertheilung des Wachsthums an einem Spross der Gartenbohne, welcher von der Spitze ab in Querzonen von 3,5 mm getheilt war, ergab nach SACHS in 40 Stunden die Zuwachse von 20 25 45 **65** 55 30 18 10 10 5 5 5 Zehntelmillimeter mit zunehmendem Alter der Querzonen. Auch bei sogen. intercalarem Wachsthum, wobei der Zuwachs nicht an und unter der Spitze, sondern in einer beliebigen Region, meist am Grunde des Organs, erfolgt (wie bei Blättern und Blüthenschäften mancher Monocotylen), tritt die grosse Periode bei der Streckung auf.

Diese periodische Veränderung des Zuwachses tritt also, um es noch einmal hervorzuheben, auch unter constanten äusseren Wachsthumsbedingungen ein, sie ist allein durch innere Ursachen bestimmt.

Aeussere Einwirkungen auf das Wachsthum[60]. 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 Wachsthum hervor die Temperatur, das Licht, Feuchtigkeit, Sauerstoffgehalt und stoffliche Beschaffenheit der Umgebung, Zug- und Druckkräfte, sowie auch Verletzungen.

Die Temperatur beeinflusst das Wachsthum derart, dass im Allgemeinen sowohl die niederen Wärmegrade um 0°, wie auch höhere von 40 bis 50°, dasselbe völlig zum Stillstand bringen. Zwischen jenem Minimum und diesem Maximum der Temperatur, bei welchen das Wachsthum erlischt, liegt als Optimum (vgl. S. 134) der Wärmegrad zwischen 22 und 37° 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 Entwickelungsvorgänge eines und desselben Individuums, verschieden sind. Bei Pflanzen tropischer Klimate kann beispielsweise das Minimum bei + 10° 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° noch kräftig wachsen. Ebenso zeigen Optimum wie Maximum entsprechende Abweichungen bei verschiedenen Pflanzenarten; so gedeihen, wie

0°.
40-50°.
22-37°.
Cardinal-punkte der Temperatur.

schon erwähnt, in den heissen Geysirn gewisse Algen und Bacterien in Temperaturen bis zu 80° 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 Wachsthumsvorgänge bei der Keimung der Samen wirken merkwürdigerweise Temperaturschwankungen, selbst wenn sie zeitweise nach unten erfolgen, meist günstiger ein als ein Verharren selbst auf der Optimal-Temperatur, was auch für die Keimung von gewissen Pilzsporen zu gelten scheint[61].

Der Lichteinfluss macht sich in anderer Weise geltend als die Wärmeschwingungen. Das Licht verlangsamt im Allgemeinen das Wachsthum, 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 Wachsthum zu völligem Stillstand bringen. Sehr schwache Beleuchtung oder Finsterniss wirken dagegen zunächst wachsthumsfördernd 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 Wachsthum, 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 (Etiolement). Die Stengel dicotyler Pflanzen findet man im Dunkeln meist unverhältnissmässig verlängert, weichlich und weiss. Die Blattspreiten solch' etiolirter oder vergeilter Pflanzen bleiben meistens klein und verharren lange in der Knospenlage (vgl. Fig. 197*E*); ihre Farbe ist ein helles Gelb.

Etiolement

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 Palissadenzellen verjüngen sich dabei nach unten trichterförmig, grosse Hohlräume zwischen sich lassend. So prägt sich der Einfluss der Lichtintensität auch 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, zumeist nur blasser in der Farbe. Ist jedoch zugleich die Thätigkeit der ernährenden Assimilationsorgane durch Lichtmangel unterdrückt oder geschwächt, dann bilden, wie Vöchting fand, viele Pflanzen nur unscheinbare, krüppelhafte oder geschlossen bleibende, kleistogame Blüthen (S. 245) 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 Zuhülfenahme einer ungewöhnlich grossen Menge von Schwellwasser die Achsentheile zu verlängern. Diese Wirkung der Dunkelheit ist aber von grösstem Werthe beim Austreiben junger Pflanzentheile aus unterirdischen Knollen, Rhizomen und Samen. Wo den Blättern selbst diese Aufgabe zufällt, wie bei vielen Monocotylen, da verhalten sie sich wie die Stengel dicotyler Gewächse, indem sie im Dunkeln eine abnorme Länge erreichen.

Aus den mitgetheilten Erfahrungen wäre zu schliessen, dass das Wachs-

Roth, orange, gelb ——→ Assimilation.
Blau, indigo, violett ——→ Wachsthum.

thum 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 Temperaturerniedrigung während der Nacht u. a. m. kann aber einen Vorsprung zu Gunsten des Tageszuwachses bewirken.

Wie bei der Assimilation die Strahlen verschiedener Wellenlänge verschiedene Wirksamkeit besitzen, so ist es auch für die Wachsthums-Erscheinungen nicht 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 roth-gelbe Seite des Spectrums wirkt auf viele Pflanzen wie Dunkelheit[62]. blau indigo violett.

Die Feuchtigkeit beeinflusst das Wachsthum sowohl als Reiz, wie auch durch Begünstigung des Turgors bei verminderter 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 (vgl. Fig. 34). Aber auch Blattstiele, Internodien und Schwimmblätter zeigen im Wasser oft eine andere Ausbildung als in der Luft, und es erinnert ihr Verhalten im Wasser an die Ueberverlängerung im Finstern (Wasser-Etiolement). 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.

Dass freier Sauerstoff von der grössten Bedeutung für das Wachsthum ist, wurde bereits (S. 183) bei der Athmung erwähnt. Ohne gasförmigen oder gelösten freien Sauerstoff in der Umgebung steht das Wachsthum, wenigstens bei den Aërobionten, völlig still.

Mechanische Einwirkungen. Druck und Zug wirken in zweierlei Weise auf das Wachsthum, einmal rein mechanisch, ausserdem aber auch als Reiz. Mechanische Widerstände verlangsamen zwar zunächst das Wachsthum, 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 erwarten, dass er durch Unterstützung und Förderung der Turgordehnung das Längenwachsthum beschleunige. Die entscheidende Rolle des Plasmas bei den Wachsthumsvorgängen tritt aber auch hier insofern wieder recht deutlich zu Tage, als mechanische Zugkräfte nach Hegler zunächst geradezu eine Verzögerung des Wachsthums zur Folge haben können (ausser im Maximum der grossen Periode), dann aber Beschleunigungen bis 20 % bedingen. 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. So kann die Zerreissungsfestigkeit des Blattstiels von Helleborus, die zunächst nur einem Zug von 400 gr entspricht, allmählich auf 3500 gr gesteigert werden[63].

Luftverdünnung, chemische Reize und innere Zustände können das Wachsthum ebenfalls erheblich beeinflussen. Nach Townsend wirken unwesentliche Verletzungen merklich fördernd auf das Wachsthum, 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 specifischen Functionen völlig in Stand gesetzt. Die wesentlichsten Vorgänge dabei sind die Verschmelzungen (Fusionen) von Zellräumen unter einander und die Verdickungen der Zellmembranen, welche oft in eigenartiger Form und Vertheilung auftreten (S. 175 bezw. 54 ff.). — Bei Pflanzen, welche für eine längere Lebensdauer eingerichtet sind, folgt auf das Längenwachsthum häufig noch ein Wachsen in die Dicke (S. 103 ff.).

Entwickelungsperioden und Lebensdauer.

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 unabhängig vom äusseren Wechsel, ja diesem entgegen, kürzere oder längere Zeit beibehalten können. Die nächtliche Steigerung des Wachsthums, welche sich im Allgemeinen nach Mitternacht durch ein Ansteigen der Wachsthumscurve 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 einer, von der gewohnten Rhythmik hinterlassenen Nachwirkung, deren Erscheinungen uns noch öfter begegnen werden.

Nachwirkung der gewohnten Rhythmik.

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 Entwickelungs- und Wachsthumsvorgänge stillstehen, so ruhen die allerdings verlangsamten inneren Lebensprocesse doch keineswegs ganz.

Die durch den klimatischen Wechsel bedingte Jahresperiode, welche im Laubfall während des Spätsommers und im Ausschlagen neuer Triebe und Blätter im Frühjahr besonders auffällig zum Ausdruck gelangt, ist dem Lebensgang unserer Bäume und Sträucher so fest eingeprägt, dass dieselben auch in tropischen Gegenden, wo andere Pflanzen unter dem Einfluss gleichmässiger günstiger Verhältnisse zum Theil das ganze Jahr hindurch grünen, blühen und fruchten, ihr Laub abwerfen und eine, wenn auch kürzere Zeit der Ruhe durchmachen. Eichen, Buchen, Apfel- und Birnbäume halten auch in dem subtropischen Klima von Madeira ihre Ruheperiode bei, die sich aber unter gleichmässig günstigen Verhältnissen, wie in den Bergen Javas, bei verschiedenen Individuen, ja sogar an den Aesten eines und desselben Baumes, zeitlich derart verschieben kann, dass Eichen, Obst- und Mandelbäume dort zu gleicher Zeit belaubte und blattlose Zweige tragen. Andere Bäume, wie beispielsweise der Pfirsich, sind aber auf Ceylon allmählich zu völlig immergrünen Bäumen geworden. Die Pfirsiche sollen dort auch 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.

Wenn daneben auch gewisse, dort einheimische Gewächse ebenfalls eine ausgesprochene Periode der Ruhe und des erneuten Austreibens durchmachen, so geht daraus auf das deutlichste hervor, dass Ruheperioden nicht bloss von äusseren Verhältnissen aufgezwungen oder geregelt werden, sondern auch in einem autonom rhythmischen Verlauf der Lebensprocesse ihre Ursache haben können. Es machen auch keineswegs alle unsere einheimischen Gewächse eine winterliche Ruheperiode durch, was man bei vielen unserer Unkräuter in milden Wintern leicht feststellen kann; andere, wie Flechten und Moose, finden gerade in frostfreien Wintertagen ihre besten Vegetationsbedingungen, während sie im Sommer nicht oder nur wenig wachsen. — Etwas Aehnliches liegt bei unseren Frühjahrspflanzen vor, die ja auch nicht während des warmen Sommers den Höhepunkt ihrer Entwickelung 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 Unterbrechung der Vegetation durch das althergebrachte Abmähen von Wiesen und Feldern hat nach WETTSTEIN zu einem Saison-Dimorphismus bei vielen Wiesenpflanzen geführt, indem die im Spätsommer entwickelten Sprösslinge in ihren Eigenschaften von den frühjährlich gebildeten mehr oder weniger abweichen [64].

Die Vegetationsruhe lässt sich durch verfrühte Darbietung günstiger Vegetationsbedingungen mehr oder weniger abkürzen, wobei vorangegangene Einwirkungen von Frost, Trockenheit (Welken) oder, wie JOHANNSEN entdeckte [65], von Aetherdämpfen u. dergl. die vorbereitenden Schritte erheblich fördern können. Das Erwecken aus dem Ruhestadium gelingt aber nicht jederzeit gleich gut, am besten natürlich in der Zeit kurz vor dem normalen Erwachen der Lebensthätigkeiten, in der Nachruhe, kaum weniger gut aber auch kurz nach eingetretener Hemmung, in der Vorruhe (so dass unter Umständen Kartoffelknollen und Zwiebeln überhaupt nicht zur Vollruhe übergehen), während in der zwischenliegenden Mittelruhe oder Vollruhe die Erweckungsversuche meist ergebnisslos verlaufen. Mit diesen Verhältnissen muss die Frühtreiberei ebenso rechnen wie mit dem Umstande, dass die Temperatur-Optima für die einzelnen Entwickelungsvorgänge in der Pflanze verschieden hoch, zum Theil verhältnissmässig recht tief liegen.

Die Lebensdauer. Theils von inneren, theils von äusseren Umständen abhängig verläuft die den Entwickelungsgang 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 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 Entwickelungsganges und eine Erschöpfung ein, welche den Tod aus inneren Ursachen bedingt. Einen solchen organischen Abschluss der Lebensperiode finden wir bei vielen einjährigen Sommergewächsen, welche nach KLEBS durch künstliche Verhinderung der Fortpflanzung demgemäss mehrjährig gemacht werden können. 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 Gewächse 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 lebendig sehen, ist thatsächlich nur wenige Jahre alt; es sind junge Blätter, junge Triebe, junge Rindentheile. Die wirklich alten Theile sind längt abgestorben wie die Borke, oder doch tief im Innern versteckt, wie Mark und Kernholz, oder längst abgestossen, wie die erste Rinde. Nur die embryonalen 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 somatischen 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-, Blüthen- und Staubblätter. Die Blätter unserer Laubhölzer leben nur wenige Sommermonate, dann werden sie abgeworfen (S. 119). 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.

V.

Die Bewegungserscheinungen.

In jedem lebendigen Organismus finden durch den Stoffwechsel jederzeit lebhafte 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 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, Elektricität 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 behäutete 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. 175 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. 253) 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 Endknospe das feste Erdreich durchbrechen kann.

Ortsveränderung durch Zuwachs.

Bewegungen der Organe.

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

Kriechende Bewegung der Myxamöben beruht auf Oberflächenspannungen.

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 äussert 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 Berührungen 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 durcheilen, 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 unbekannten 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

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.

Heliotaxis. Phototaktische Bewegungen.

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 assimiliren könnte.

Chemotaxis.

Schwärmer von wasserbewohnenden Pilzen und die durch Geisseln beweglichen Bacterien werden nach PFEFFER's Untersuchungen vornehmlich durch die ungleiche Vertheilung bestimmter gelöster Stoffe in ihrer Richtung beeinflusst (Chemotaxis). Durch die Bewegung gewisser Bacterien geben sich beispielsweise schon die geringsten Spuren freien Sauerstoffs, die auf keinem anderen Wege nachzuweisen wären, zu erkennen, worauf ENGELMANN's Bacterienmethode beruht. 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; sie besitzen nicht nur eine Empfindung für die Qualität, sondern auch für die Quantität der gelösten Stoffe und ihre osmotische Leistung (Osmotaxis)(66).

Chemotaktische Bewegung.

Osmotaxis.

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 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 behäutete Zellen (z. B. die der Sphaerella pluvialis) mittels Cilien frei schwimmen, so entspringen letztere dem Protoplasma und durchsetzen die Membran.

Rheotaxis.

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 Hülfe 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 der Spirogyren.

Plasmabewegung in behäuteten Zellen.

Führen die mitgetheilten Formen der Bewegung zu einer Ortsveränderung der ganzen Zelle, so findet man 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 Pilzhyphen, in den langgestreckten 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 Fadengerüst wie ein grosses eingeschlossenes Plasmodium.

Circulationsbewegung. Rotationsbew. Orientirungsbew.

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 Orientirungsbewegungen, 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 und 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. 138) 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 bei den Aërobionten auch von der Gegenwart freien Sauerstoffs; wenn nach den Beobachtungen von Kühne Nitella, auch bei Ausschluss des Sauerstoffs aus ihrer Umgebung, die Plasmabewegung Tage und Wochen lang zu unterhalten vermag, so ist dies nach Ritter[67] auf die Befähigung der Characeen zu längerem facultativ anaërobem Gedeihen zurückzuführen (S. 186). — 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.

Licht.

Die Orientirungsbewegungen 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 Orientirung 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.

Gemässigtes Licht: Flächenstellung der platten Chlorophyllkörpers (bei Alge Mesocarpus) Profilstellung (direktes Sonnenlicht.)

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 gemässigten Lichtes und der 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 Licht kann eine dritte, aus der Fig. 199 *N*, ersichtliche Art der Gruppirung eintreten, deren Vortheile noch unbekannt sind.

Die Chlorophyllkörper selbst erfahren bei dem Beleuchtungswechsel mehrfach Formveränderungen; in gemässigtem Lichte sind sie abgeflacht, in starkem Lichte abgerundet und dicker.

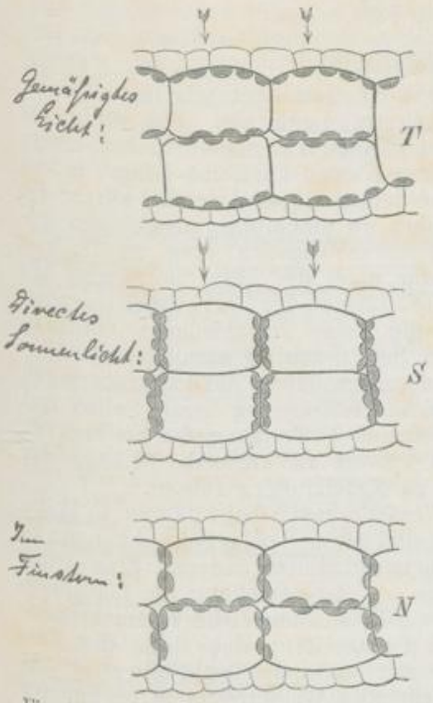


Fig. 199. Wechselnde Stellung der Chlorophyllkörper in den Zellen der untergetauchten Wasserlinse (Lemna trisulca) bei verschiedener Beleuchtung. *T* in diffusem Tageslicht, *S* in directem Sonnenlicht, *N* des Nachts. Die Pfeile geben die Richtung des einfallenden Lichtes an. Nach STAHL.

Fig. 200. Fluthendes Plasma in den Hyphen von Rhizopus nigricans. Nach J. C. ARTHUR.

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 Chlorophyllkörper-Bewegungen aufmerksam. — Verwundungen, aber auch einseitige Zellwandverdickungen rufen ebenfalls Orientirungsbewegungen 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 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 (vgl. Fig. 200). CHARLOTTE TERNETZ beobachtete die gleiche Bewegung in den Mycelien von Ascophanus carneus, wo sich der Plasmastrom sammt Vacuolen durch die Löcher der zahlreichen perforirten Querwände durchzwängt, und stellte zugleich fest, dass die Stromrichtung durch locale Wasserzufuhr bezw. localen Wasserverlust bedingt wird[68].

Krümmungsbewegungen.

Die Organe festsitzender Pflanzen, sowohl einzelliger wie mehrzelliger, führen ihre Bewegungen vermittelst 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 gegenüberliegenden Flanken ungleich lang werden, so muss das Organ sich krümmen und zwar nach der kürzeren Flanke hin (vgl. Fig. 169, S. 141). Die ungleiche Länge der gegenüberliegenden (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 Wachsthums auf. Seltener sind es ungleiche Schwankungen in der Turgordehnung, welche das Längenverhältniss ändern. 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 Zellcomplexe, wobei mit schwindendem Füllwasser das Gewebe durch die Cohäsion des verbleibenden Wasserrestes in bestimmter Richtung contrahirt wird (vgl. S. 211).

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.

Obgleich 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, in der Zellenanordnung, im Schichtenverlauf, in Streifung und Tüpfelstellung sowie im optischen Verhalten kundgiebt — 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. Die Organe vieler Pflanzen sind nun auf derartige Bewegungen eigens eingerichtet, welchen letzteren oft recht wichtige Verrichtungen, so z. B. das Oeffnen 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 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 die Ausbreitung beeinflusst, aber auch immer eine Anzahl von Sporen zu gemeinsamer Keimung der eingeschlechtlichen Prothallien zusammenhält.

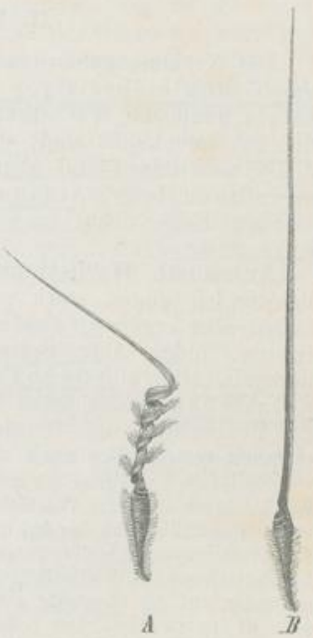


Fig. 201. Theilfrüchtchen von Erodium gruinum. *A* In trockenem Zustande, aufgerollt. *B* In feuchtem Zustande, gerade gestreckt.

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 „Wetterhäus'chen" benutzt.

Den Imbibitionsmechanismen sind von Steinbrinck und Kamerling die Cohäsionsmechanismen gegenüber gestellt 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 können. Was hier bei eintretendem Wasserverlust sich verkleinert, ist das Zell-Lumen 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 oder zur Zerreissung geschlossener Gewebekörper führen. Solche Cohäsionsmechanismen werden in der Wandung der Staubbeutel und der Sporangien höherer Cryptogamen allgemein ausgebildet und bewirken deren Oeffnen. Aber auch die Lebermoos- und Schleimpilz-Elateren, welche durch ihre Austrocknungsbewegungen das Lockern und Ausstreuen der Sporen besorgen, sind, wie der Pappusschirm der meisten und der Hüllkelch einiger Compositen, derartige Cohäsionsmechanismen[69].

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. 148), gewisse Moose und Flechten.

II. Wachsthumskrümmungen.

Die Krümmungsbewegungen der Pflanzen kommen zum grössten Theil durch ungleichseitiges Wachsthum lebendiger Theile zu Stande. Dieses ungleiche Wachsthum erfolgt theils auf innere Veranlassungen hin, die uns unbekannt sind, theils nach äusseren Einwirkungen, welche man z. Th. 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. Genaue Beobachtungen haben aber ergeben, dass 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 Blüthenknospen eine Nutationsbewegung, welche durch stärkeres Wachsthum 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 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 Wachsthum 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 in Gärten häufig cultivirten Liliacee Yucca filamentosa 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 Wachsthum 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 Wachsthum 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 Kletterpflanzen auf und ermöglicht es denselben, Stützen in ihrem Bereiche sicher 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 ihnen 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 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 das Aufsuchen ganz verschiedener 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. 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[70].

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 physikalisch-mechanische Abhängigkeit von äusseren Kräften handelt. Es liegt hier vielmehr eine Auslösung bestimmter Wachsthumsvorgänge durch verschiedenartige äussere Anstösse vor, wie man sie in dieser Wirkungsweise allgemein als Reizwirkung bezeichnet (vgl. S. 4 und S. 133).

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 aber in der lebendigen Substanz bestimmte reizempfängliche Structuren vorhanden sein, welche durch erstere beeinflusst werden. — Die durch äussere Reize veranlassten Wachsthumsbewegungen 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 Elektricität), Schwerkraft, Wärme, stoffliche Einwirkungen (Sauerstoff, Nährstoffe, Wasser u. s. w.), Stoss und Reibung.

Der Ort der grössten Reizempfänglichkeit 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, bei Graskeimlingen von der Spitze der Keimblattscheide aufgenommen und von hier aus den wachsenden Theilen die Bewegung inducirt[71].

Die Befähigung der Pflanzen, durch Wachsthumskrümmungen 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, 13), 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 Wachsthum 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 oder 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 Entwickelung 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 entgegengestreckt. Blattstiele und Stengel sind demnach positiv heliotropisch

Positiver Heliotropismus. (lichtwendig.)
Transversal. Heliotrop. (lichtauffangend)
Negativer Heliotrop. (lichtscheu abwendend.)

(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 (lichtauffangend) (Fig. 202). Befindet sich unter den Pflanzen etwa zufällig das früher so beliebte Chlorophytum mit seinen hängenden Ausläufern, dann kann man an dessen, vom Fenster abgewandten (lichtscheuen) Luftwurzeln auch den negativen Heliotropismus wahrnehmen.

Zur genaueren Beobachtung der heliotropischen Erscheinungen ist es nothwendig, das zerstreute Licht eines Fensters durch eine enger begrenzte Lichtquelle zu ersetzen. 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.

Die Eigenschaft der Pflanzen, gegen die Richtung der Lichtstrahlen eine besondere Lage anzunehmen, bezeichnet man als Heliotropismus.

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.

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 nur durch ein kleines verglastes Rundfenster in die heliotropische Versuchskammer einfallen lassen, so findet man die klebrigen Sporangien alle dicht um das Centrum der kleinen Lichtscheibe angeschossen, ein Zeichen, dass die Sporangienträger genau dorthin gerichtet waren [72].

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 Wachsthum sind die Marken

der Lichtseite näher zusammen geblieben, die der Schattenseite aber haben sich weiter aus einander geschoben; d. h. das Wachsthum 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 Wachsthums ist (Fig. 202).

Man hat früher geglaubt, das geförderte Wachsthum auf der Schattenseite durch beginnendes Etiolement, das gehemmte der Lichtseite durch die retardirende Wirkung erklären zu können, welche das Licht auch auf das geradlinige Wachsthum der Stengel ausübt (S. 200). 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 das Licht das normale geradlinige Wachsthum 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.

Heliotropische Ruhelage.

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 zusammengehen, kann daher der Heliotropismus der Blätter ihrer Assimilationsthätigkeit 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 (Epheu, 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 Haftranken werden als Haftorgane von Kletterpflanzen durch den negativen Heliotropismus der dunklen Unterlage zugeführt und derselben kräftig angepresst, und ähnlich verhält es sich mit dem Würzelchen der keimenden Mistel.

Negativ heliotropische (lichtabwendige) Krümmungen werden zuweilen nicht in der Region des stärksten Wachsthums 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 Wachsthum 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 Hülfe eines Spiegels, die Blattspreiten von Malven und Tropaeolum nach unten umzukehren.

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. Senkrechte Stellung nehmen auch meist die Phyllodien ein, denen die um 90° gedrehten und dadurch in verticale Lage gebrachten Blätter mancher Myrtaceen und Proteaceen an die Seite zu stellen sind. (Vgl. S. 161.)[73].

Besonderes Interesse verdient der Umstand, dass auf verschiedenen Entwickelungs- und Altersstufen, wie auch unter dem Einfluss äusserer Einwirkungen die heliotropische Stimmung und damit die specifische Ruhelage von Pflanzenorganen verändert werden kann. So sind die Blüthenstiele der Linaria Cymbalaria 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. 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 Uebergangszustand. Die von der Lichtintensität abhängige Umstimmung, und das damit verbundene Aufsuchen einer optimalen Lichtintensität (vgl. die heliotaktischen Schwärmsporen S. 206), wurde von OLTMANNS, der diese Verhältnisse für den Heliotropismus klarlegte, als Photometrie bezeichnet. Zu beachten bleibt daher, 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[74].

Die Eigenschaft der Pflanzen, gegen die Gravitationsrichtung eine bestimmte Lage einzunehmen, bezeichnet man also:

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 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

Knight. Negativ geotropisch. (Erdabwendig) alle aufwärts wachsenden Theile.

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. 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 Wachsthumsrichtung 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, besonders 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 also Schwerkraft und Centrifugalkraft in ihrer Wirkung combinirt waren, kamen sie auch in der Richtung der Pflanzentheile, je nach ihrem Antheil, combinirt zur Geltung. Ohne Zweifel ist es also die Gravitation der Erde, welche die Orientirung der Pflanzenglieder gegen die Erde bewirkt[75].

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 eigenartige Reactionen gegen die Schwerkraft mitbestimmt werden.

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. 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 wachsthumsfähig sind, wieder auf. Wie beim Heliotropismus erfolgt die Krümmung durch das gesteigerte Wachsthum der einen und das verminderte Wachsthum der Gegenseite, und der Ort des stärksten Wachsthums 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 Wachsthum auf und das Organ wächst geradlinig weiter.

Der Verlauf einer geotropischen Bewegung ist abhängig: 1) von der Stärke des vorhandenen Wachsthums, 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° von seiner Ruhelage abweicht: Je mehr die krümmungsfähige Zone dieser Lage genähert ist, 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 nebenstehend 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 Wachsthum 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 Verticale 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.

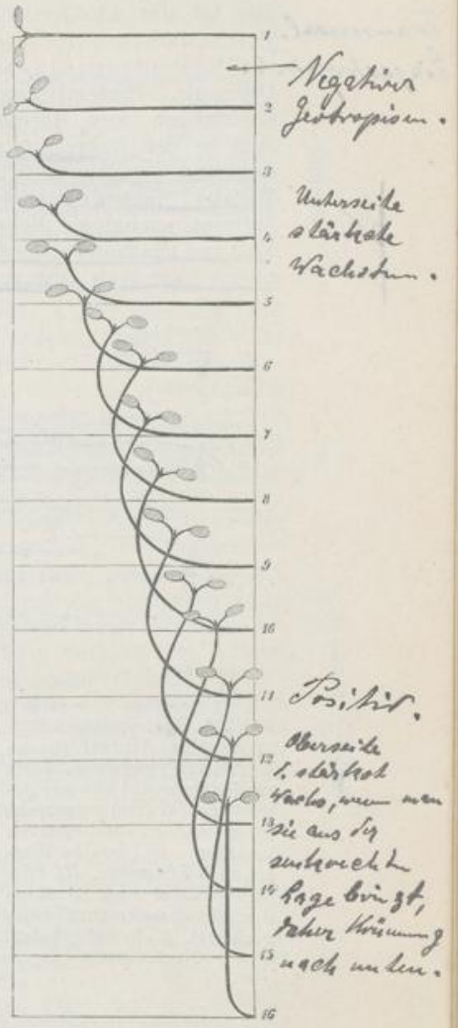


Fig. 203. Verlauf einer geotropischen Bewegung. Die Figuren *1—16* bezeichnen auf einander folgende Stadien der geotropischen Krümmung einer im Halbdunkel erwachsenen Keimpflanze. Dieselbe bei *1* horizontal gelegt, bei *16* wieder völlig aufgerichtet. Für die Zwischenstadien vgl. den Text. Schematisirt.

Positiver Geotropismus wird vornehmlich bei Pfahlwurzeln, bei vielen Luftwurzeln und den bei der Keimung in den Boden eindringenden Blattscheiden mancher Monocotylen beobachtet. Alle diese Organe erreichen die senkrechte Richtung nach abwärts aus jeder anderen Stellung und behalten sie dauernd bei. Die positiv-geotropischen Bewegungen werden ebenso wie die negativ-geotropischen durch actives Wachsthum, das unter Umständen mit der ganzen Gewalt des Turgors sich äussert, ausgeführt, was u. a. durch das Eindringen einer sich abwärts krümmenden Wurzelspitze in das specifisch viel schwerere Quecksilber und das Ueberwinden eines, das eigene Gewicht weit übertreffenden Gegendrucks unwiderleglich bewiesen wird. Die positiv-geotropischen Krümmungen kommen dadurch zu Stande, dass die vom Erdkörper abgewandte, oben liegende Seite stärker wächst, als die der Erde zugewandte, unten liegende Seite. Das geradlinige Wachsthum wird dabei nach den Untersuchungen von Sachs auf der oberen Seite gefördert, auf der unteren noch bedeutender gehemmt. Eine sich um 20 mm geradlinig verlängernde Wurzel der

Castanea vesca wies in einem SACHS'schen Versuche oben ein Wachsthum von 28, auf der Unterseite ein solches von nur 9 mm auf. Fig. 204 wird die Art der Abwärtskrümmung auch an einer horizontal gelegten und mit Tuschemarken versehenen Wurzel der Feldbohne leicht veranschaulichen.

Transversal. Diageotropisch.

Diageotropisch sind viele Seitenzweige und Seitenwurzeln erster Ordnung, während Zweige und Wurzeln höherer Ordnung oft nach allen Richtungen von ihrem Mutterorgan abstehen. Diageotropische Organe sind in der Ruhelage, nicht wenn ihre Längsachse mit der Richtung der 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.

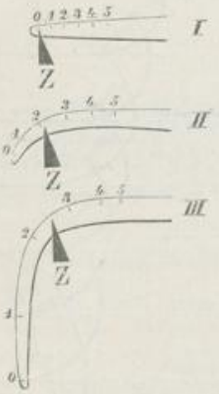


Fig. 204. Geotropische Krümmung einer Wurzel (Keimwurzel von Vicia Faba). *I* Die vorher senkrecht abwärts gewachsene Wurzel wagerecht gelegt und mit Tuschemarken versehen. *II* Dieselbe Wurzel nach 7 Stunden. *III* Dieselbe Wurzel nach 23 Stunden, wieder senkrecht abwärts gerichtet. *Z* ein fester Index. Nach SACHS.

Eine besondere Art der geotropischen Orientirung tritt bei den dorsiventralen Organen (Laubblättern, zygomorphen Blüthen) (S. 12, 13) auf. 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 obenauf, 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 Orientirung dorsiventaler Organe aus abnormen Lagen treten häufig Torsionen auf. Diese entstehen nothwendig, wenn die zunächst geotropisch 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 Blüthen 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 Orientirungstorsionen [76].

Lateralgeotropismus.

Die Schlingpflanzen. Eine ganz eigenartige 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 Wachsthumsförderung 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 er-

halten, 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 Wachsthum krümmt sich das freie Ende aber activ seitwärts über und nimmt diageotropisch eine mehr oder weniger schräge oder wagerechte Stellung an. Zugleich aber beginnt der so geneigte Gipfel wie ein Zeiger sich im Kreise zu drehen, entweder linksum oder rechtsum. Das ist die Bewegung, welche man zum Unterschied von den autonom verlaufenden (S. 212) rotirenden „Nutationen" besser als kreisende Bewegung bezeichnet. Die kreisende Bewegung der Schlingpflanzen kommt aber dadurch zu Stande, dass in den jungen übergeneigten Stengelgliedern entweder die linke oder aber die rechte Flanke im Wachsthum 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 reizempfängliche Flankenstellung und die einmal begonnene 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[77]. 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 von 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. Ist die Stütze dünn, dann schliessen die jungen, 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 auch 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 Rauhheit ihrer Oberflächen (durch

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, einer 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.

Haare, Borsten, Haken, Riefen) und die in den Stengeltheilen der Schlingpflanzen häufig auftretenden autonomen Torsionen noch erhöht. — 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 dicker 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 Blumenbachia lateritia, Hibbertia dentata und Scyphantus; 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. 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. 225.) [78].

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 Wachsthum zu Stande, gleichgültig ob es einzellige oder mehrzellige Organe waren. Durch einseitig stärkeres Wachsthum des Cambiums und der jungen secundären Gewebe können sich sogar verholzte Zweige noch krümmen. Selbst mehrjährige Zweige und Stämme, zumal von Coniferen, vermögen so, wenn auch langsame, geotropische Krümmungen auszuführen [79]. 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 aufrechter Grashalm horizontal gelegt, was im Freien durch Sturm und Regen nicht selten geschieht, dann beginnt ein kräftiges Wachsthum auf der Unterseite dieser Polster, wobei sie häufig noch mehr anschwellen. Da die Oberseite während dessen kein Wachsthum zeigt, sondern oft noch durch Pressung und Wasserverlust verkürzt wird, so werden die Halme, wie das bei gelagertem Getreide zu sehen, von den Polstern, wie an Gelenken, rasch wieder aufgerichtet (Fig. 208).

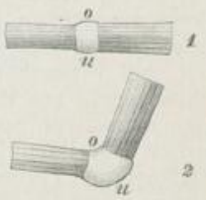


Fig. 208. Geotropische Aufrichtung eines Grasblattpolsters. *1* Der vorher aufrechte Halm horizontal gelegt. *2* Die Unterseite *u* des Polsters stark verlängert, die Oberseite *o* unverlängert (sogar etwas verkürzt). Die dadurch bedingte Krümmung hat das jüngere Halmstück um etwa 75° emporgerichtet.

Wie beim Heliotropismus, so beobachtet man auch Umwandlungen im Geotropismus der Pflanzenorgane. Es sind auch hier sowohl innere wie äussere Einflüsse, welche diesen Wechsel herbeiführen. Sehr verbreitet ist, wie Vöchting nachwies, die Aenderung der geotropischen Lage während der fortschreitenden Entwickelung von Blüthenknospen, Blüthen und Früchten (Knospen und Blüthen von Papaver, Blüthen und Früchte von Aquilegia, Delphinium, Aconitum; Eingraben der Früchte von Trifolium subterraneum,

von Arachis hypogaea u. dergl. m.). Von äusseren Einwirkungen sind zu nennen Luftabschluss bezw. 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 Lebensfunctionen 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 Wärmereize), Rheotropismus (durch die Strömungsrichtung im Substrat) und der eigentlich zum Chemotropismus gehörige Aërotropismus sind weitere Reizerscheinungen, die man u. a. noch festgestellt hat und die alle zu gewissen Lebensbedürfnissen in Beziehung stehen ([80]).

Bei dem ebenfalls festgestellten Elektrotropismus von Stengeln und Wurzeln ist eine derartige Beziehung aber nicht zu erkennen, da die Einstellung wachsender Pflanzentheile gegen die Richtung elektrischer Ströme bezw. Wellen für ihr Gedeihen kaum je in Betracht kommt; das Bestehen dieser Eigenschaft zeigt vielmehr, dass in der Pflanze auch Reizbarkeiten vorhanden sind, 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 Schwerkraftswirkungen gewonnen, da man die Schwerkraft nicht wie das Licht, oder wie bestimmte Temperaturen, Sauerstoff u. s. w., beliebig auszuschalten vermag.

Werden Pflanzen an wagerechter Achse langsam gedreht, dann ist die einseitige Schwerkraftswirkung für dieselben aufgehoben, und bei allseitig gleich reagirenden Pflanzentheilen werden damit geotropische Krümmungen 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[81]. 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. 212) sowie der Rückgang etwaiger, kurz vorher paratonisch erfolgter Krümmungen durch Geradestreckung (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 Blüthen, dass dieselbe bei der Drehung 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 wachsthumsfähigen jüngsten Windungen wickeln sich ab, der Stengel streckt sich in Folge seines Autotropismus gerade und vollführt nur noch unregelmässige Nutationen (S. 223).

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, aber auch aus Erscheinungen an behäuteten Zellen hervor, welche schon durch Einwirkung schwachen Druckes oder durch stärkere Erschütterungen mehr oder weniger geschädigt werden.

Diese wohl ganz allgemein verbreitete Empfindlichkeit des pflanzlichen Protoplasmas gegen mechanische Einwirkungen wird von einer Reihe von Pflanzen verwerthet, um auf Berührungsreize hin in bestimmter Weise zu reagiren, wobei zur Aufnahme der mechanischen Reize häufig besondere Sinnesorgane ausgebildet sind. (Vergl. S. 55 Fig. 69.) So führt eine grosse Zahl von Kletterpflanzen auf Berührungsreize hin Greifbewegungen aus,

um sich an fremden Gegenständen festzuhalten, 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 einseitige Berührung mit einem festen Körper bewirkt nach Ch. Darwin und Mac Dougal bei den darauf untersuchten Ranken höherer Pflanzen, dass sich die Zellen der berührten Seite durch Wasseraustritt elastisch verkürzen, während die der gegenüberliegenden Seite in ihrem Wachsthum fortfahren [52]. Die Folge davon ist eine scharfe Krümmung, durch welche die Ranke um die Stütze gewickelt wird. Dies geschieht 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 verengen strebt, so wird die letztere oft derart fest umwickelt, dass an weichen Körpern, wie z. B. an weichen Stengeln oder Gummischläuchen, tiefe Eindrücke entstehen können.

Winsel Sprossranken
Erbse Blattranken

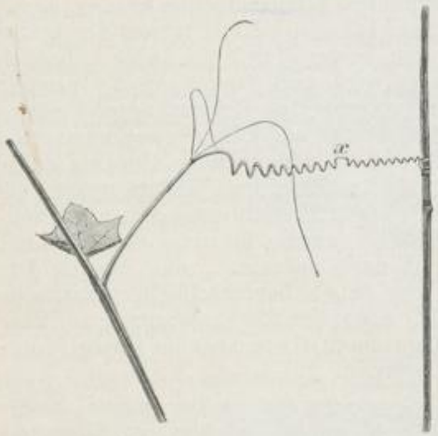


Fig. 209. Stengelstück mit Ranke von Sicyos angulatus, einer Cucurbitacee. Ein Rankenast hat mit seiner Spitze die aufrechte Stütze rechts erfasst und seine freie Strecke bereits spiralig aufgerollt. Bei x Wendepunkt der Aufrollung.

Bei den vollkommensten Ranken, deren Lebenserscheinungen 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 dieser in Berührung kommen und dadurch neu gereizt werden, pflanzt sich die Krümmung auch auf solche Regionen fort, welche keine Berührung erfahren hatten. Dadurch wird die ganze Rankenspitze zunächst einmal rascher um die Stütze gerollt. Später krümmt sich dann auch der übrige, zwischen Stütze und Muttersprossausgespannte freie Theil der Ranke kräftig ein. Da er aber zwischen zwei festen Punkten liegt, so führt sein Krümmungsbestreben nothwendig zu einer spiralfederartigen Aufrollung. Mit der spiraligen 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 linksum, theils rechtsum. Dazwischen treten Wendepunkte auf, derart, dass gleich viel Windungen rechtsum und linksum sich in der Torsion ausgleichen (s. Fig. 209). Durch diese spiralige Rollung wird der Stengel der Kletterpflanze nicht nur näher an die Stütze herangezogen, sondern auch daran elastisch aufgehängt und vor dem Abreissen durch plötzliche Erschütterung geschützt.

Auch in der anatomischen Ausbildung der Ranken treten, nach-

dem sie eine Stütze erfasst haben, sehr vortheilhafte Veränderungen auf. Die junge Ranke, welche in der Knospenlage meist aufgerollt war, zeigte nach ihrer Streckung lebhafte Nutationen, 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.

Fig. 210. Stück eines kletternden Sprosses von Ampelopsis Veitchii (Vitis inconstans). Die Ranken *R* sind mit Haftscheiben an einer glatten Wand befestigt.

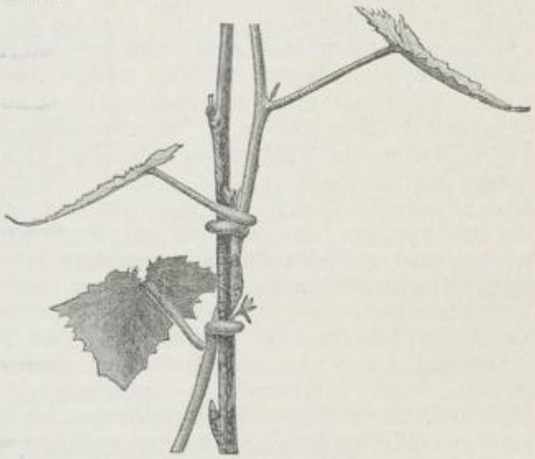


Fig. 211. Theil eines kletternden Stengels von Lophospermum scandens. Die unteren Theile der Blattstiele haben die Befestigung des Sprosses übernommen, indem sie die dünne Stütze rankenartig umklammern.

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 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 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[83]. — 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 Gewebswucherungen, die entweder von vorn herein vorhanden sind oder erst durch den Berührungsreiz hervorgerufen werden. Durch ihre Klebrigkeit haften diese Köpfchen 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.

Saugnapfartige Scheibchen mit Wurzelhaaren.

Die Fig. 211 zeigt ein Stück einer Kletterpflanze (Lophospermum scandens), deren Blattstiele, welche normale Spreiten tragen, gleich Ranken reizbar sind. Wie man sieht, wird hier die Stütze nur etwa 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 umwickelt ausser dem Fiederstielchen auch die Fiederspreite selbst dünne Stützen. Auch bei niederen Cryptogamen (Florideen) kommen rankende Thallustheile vor[84]. — 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 (Unter- und Oberseite) 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 oder 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 Blüthenblätter, welche derartige Bewegungen ausführen, die Blüthen dadurch öffnen und schliessen und ihnen auf diese Weise gewisse Vortheile gewähren.

Die Blüthen der Tulpe, des Crocus, auch die von Adonis, Ornithogalum und Colchicum, öffnen sich bei Erwärmung und schliessen sich bei Abkühlung. Geschlossene Tulpen- und Crocus-Blüthen, 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 Blüthen von Crocus reagiren schon auf die Schwankung von ½° 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 statt.

Die Blüthen von Nymphaea und die Blüthenköpfe von Taraxacum, Leontodon und anderen Compositen, auch die von Cacteen u. a. öffnen sich bei Erhellung und schliessen sich bei Verdunkelung (Fig. 212).

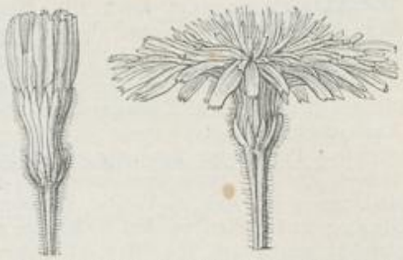


Fig. 212. Blüthenköpfchen einer Composite (Leontodon hastilis), links durch Verdunkelung geschlossen, rechts nach Belichtung geöffnet. Aus DETMER physiol. Pract.

Auch die Laubblätter, zumal die von Chenopodiaceen, Caryophylleen, 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 widerstreitenden 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 da auch die Oeffnungsbewegung bei constant bleibender höherer Temperatur aus inneren Ursachen von einer Schliessbewegung abgelöst wird (85).

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 Wachsthum zur Geltung kommenden Kräfte und Volumveränderungen in ausgedehntestem Maasse den Bewegungs-Bedürfnissen der Pflanzen dienstbar gemacht worden. Gegenüber der allgemeinen Unbeweglichkeit ausgewachsener Organe ist es aber von Interesse zu sehen, dass manche Pflanzen Mittel und Wege gefunden haben, auch ohne Wachsthum noch kraftvolle Bewegungen auszuführen.

Es wurde auf S. 137 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 können

Autonome Variationsbewegungen ohne erkennbare äussere Veranlassung.
Paratonische Variationsbewegg. durch äussere Reize veranlasst. geregelt.

auch von ausgewachsenen lebendigen Organen noch als Bewegungsmittel benutzt werden.

Es sind ausschliesslich Blätter, (Laub und Blüthenblätter) und die aus solchen durch Metamorphose abgeleiteten Gebilde (Staubblätter, Griffel, Narbenlappen der Fruchtblätter), 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 (einem Wasserfarn). Bei diesen Blättern sind besondere Gewebetheile nicht nur physiologisch, sondern auch anatomisch für diese Art der Bewegung eigens eingerichtet.

Gelenkpolster.

Aeusserlich erscheinen dieselben als feste cylindrische Polster, die sich von dem übrigen Blattstiel scharf absetzen 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. 169 *i*). 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 turgescente 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 vollziehen sich entweder autonom (spontan) ohne erkennbare äussere Veranlassung, oder werden als paratonische durch äussere Reize in bestimmter Weise geregelt.

Spontan.

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—4 stündlich 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 Lichtreize, 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 (unter Umständen auch durch Schwerkraftsreize) in Bewegung gesetzt; ausserdem führen sie aber auch noch autonome Bewegungen aus.

Schlafbewegungen oder nyktitropische Bewegungen.

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[86].

Bei den Marantaceen, die durch ganz eigenartig gebaute Blattpolster ausgezeichnet sind, soll sich dagegen nach Denski die concav werdende Seite durch Deformation der Zellen in Folge von Turgorsteigerung verkürzen (vgl. Wurzelrinden S. 253).

Da auch in tropischen Klimaten, wo keine schädigenden Abkühlungen eintreten, die Pflanzen Schlafbewegungen ausführen, so kann der von Darwin vermuthete Vortheil der Nachtstellung, die Blätter gegen zu grosse

Fig. 213. Schlafbewegung der Blätter von Amicia zygomeris. Links in zerstreutem hellem Tageslicht mit ausgebreiteten Blättchen, rechts nach Verdunkelung in Schlafstellung.

Abkühlung zu schützen, nicht in allen Fällen ausschlaggebend sein; Stahl sucht ihn denn auch in der verminderten Thaubildung und der dadurch gewährleisteten höheren Transpiration des nicht benetzten Blattes. Von bekannteren Pflanzen, welche Schlafbewegungen zeigen, sind zu nennen Phaseolus, Trifolium, Robinia, Acacia lophantha, Amicia zygomeris (Fig. 213), Mimosa pudica; weniger auffallend sind die Bewegungen bei vielen anderen Pflanzen.

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 Mittagssonne dagegen richten sie sich steil aufwärts. — Manche Pflanzen vollführen ihre Schlafbewegungen merkwürdiger Weise erst mit Hülfe geotropischer Variationsbewegungen, indem Lichtschwankungen den Geotropismus der Gelenkpolster verändern (Phaseolus, Lupinus)[87].

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 (S. 203). 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 mehr oder weniger lang eine sichtbare Nachwirkung (S. 229), bis mit den abnormen Verhältnissen abnorme Starrezustände (Licht-, Dunkelstarre) und Krankheitserscheinungen sich einstellen [88].

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 mechanische Einwirkungen als Reize und heftige Bewegungen als Reizwirkungen gelten liess. (Ueber Sinnesorgane für mechanische Reize vergl. S. 55 und S. 225).

Erwähnt wurde schon (S. 182) 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

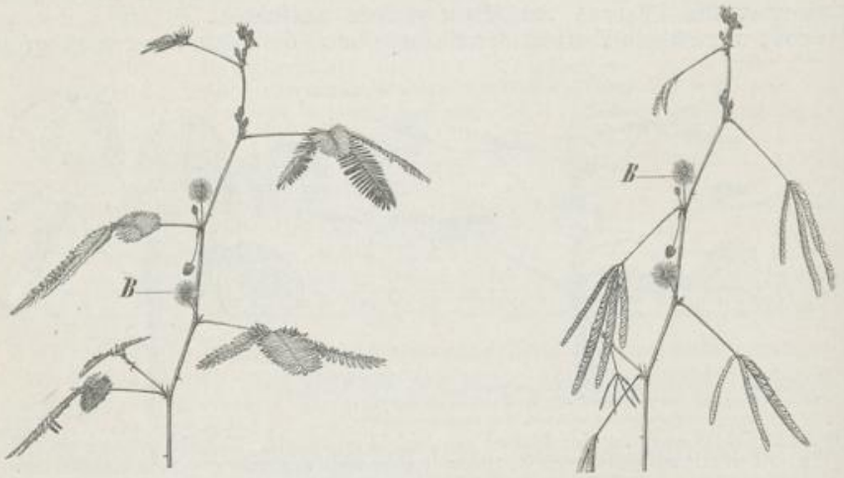


Fig. 214. Mimosa pudica. Links ungereizt in der Tagesstellung, rechts durch Erschütterung gereizt, wodurch sich die Blätter zusammengefaltet und abwärts geschlagen haben. *B* Blüthenköpfchen.

Halbstrauchs, welche ihrer hohen Empfindlichkeit gegen Berührung den 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 fingerartig ausgebreiteten 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 Versengen 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.

Die Bewegungen der Polster werden durch Turgorschwankungen bewirkt, welche, wie bei den nyktitropischen Bewegungen, in den antagonistischen Gelenkhälften in entgegengesetztem Sinne erfolgen. Man hat bei der Reizwirkung beobachtet, dass aus den Zellen der allein für mechanische Reize empfänglichen Unterseite des Hauptstielpolsters ein plötzlicher Austritt von Wasser in die Intercellularräume 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.

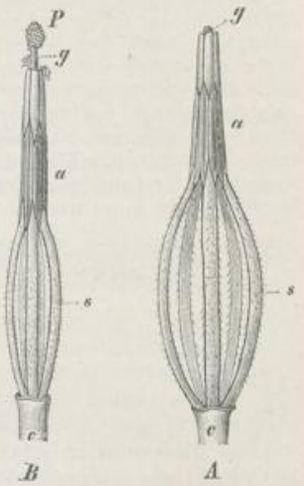


Fig. 215. Staubblätter der Centaurea jacea, durch Entfernen der Kronröhre freigelegt. *A* (rechts) im reizempfänglichen, *B* (links) im contrahirten Zustande. *c* Unterer Theil der Kronröhre, *s* Staubfäden, *a* Antherenröhre, *g* Griffel, *P* Pollen. Vergrössert. Frei nach PFEFFER.

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 mit 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[89].

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 Geradestreckung 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[90]. 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 Stylidium schnellt dagegen bei Berührung des Knies nach oben um.

VI.

Die Fortpflanzung.

Das Leben aller pflanzlichen Einzelwesen ist zeitlich begrenzt; nach kürzerem oder längerem Bestehen sterben sie ab und verschwinden modernd 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 vereinzelte, durch schrittweise oder sprungweise eintretende Variation, Missbildung oder Bastardirung zu Stande gekommene neue Pflanzenformen auf, die von ihren Erzeugern abweichen, oft kräftig wachsen und eine zähe Lebensthätigkeit entwickeln, denen aber zum Theil 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 Entwickelung neu beginnen.

Verjüngung, Loslösung, Vermehrung.

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 man das nicht als Fortpflanzung bezeichnen. Würden dieselben Knospen aber sich 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 Entwickelung 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 denn 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 Millionen entwickelungsfähiger 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 ihren Functionen ist die ganze Systematik 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 Wachsthumsgesetze 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 Wachsthumsgesetze und Eigenthümlichkeiten ihres Erzeugers, aber es fehlt beiden zunächst doch die Fähigkeit sich weiter zu entwickeln. Statt zu Nachkommen auszuwachsen, gehen diese Zellen nach kürzester Zeit zu Grunde, wenn ihnen nicht die Gelegenheit geboten ist, mit einander zu verschmelzen. Erst wenn die eine (die weibliche) Zelle die andere (die männliche) Zelle völlig in sich aufgenommen und sich mit ihr verbunden hat,

Vegetative, ungeschlechtliche oder monogene.
Sexuelle, geschlechtliche oder digene.

wird das Product entwickelungsfähig 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 vollständig zu decken, so dass Pflanzen auch ganz ohne sexuelle Fortpflanzung auskommen können. So regeneriren sich gewisse 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 Blüthen 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 Blüthenständen jener Pflanzen, noch gewonnen werden können[91]. 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[92].

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 fast überall verbreitet sind, bildet zuweilen geschlechtliche Fortpflanzungszellen in besonders geformten 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[93]. 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 (Zygosporen von Algen, Phycomyceten), während die vegetativen Keime (Schwärmsporen 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. 247) klar hervortritt.

Vegetative Zeugung sorgt nur für quantitative Vermehrung.
Sexuelle Zeugung auch für die qualitative.

In der Beeinflussung der Qualität zeigt sich demnach ein wesentlicher 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 an sich nur für die quantitative Vermehrung der Einzelwesen, die sexuelle beeinflusst daneben in hohem Maasse deren Qualität: Die vegetativ erzeugte Nachkommenschaft besteht aus unvermischten Abkömmlingen, die sexuelle dagegen aus Mischlingen.

Der in den Nachkommen entfaltete Complex von Eigenschaften weicht daher bei vegetativer Vermehrung von dem der Stammform in der Regel nicht ab. In der That erhalten sich auf dem Wege vegetativer Vermehrung alle, auch die nicht samenechten (sexuell nicht vererbbaren) Varietäten, Sorten und Rassen unserer Culturpflanzen. Es ist dabei natürlich nicht ausgeschlossen, dass die vegetativen Abkömmlinge in derselben Weise wie die Stammpflanze, oder deren Theile, der Variation (Abänderung) unterliegen (S. 128). Wie aus der Knospe eines Baumes ein Zweig mit neuen Eigenschaften (abweichender Färbung und Gestaltung) durch sogen. Knospenvariation hervorzugehen vermag, oder an einem so abgeänderten Zweige nach Jahren wieder ein als Atavismus bezeichneter völliger oder theilweiser Rückschlag zu den Eigenschaften des Vorfahren sich plötzlich einstellen kann, gerade so gut vermögen Variationen auch in vegetativen Nachkommen aufzutreten, wie das nach BEYERINCK selbst bei den durch ausschliessliche Zweitheilung sich vermehrenden Bakterien durch erbungleiche Theilung der Fall ist[94].

Im Gegensatz zu den vegetativen Abkömmlingen wird der mit den Eigenschaften des Vaters noch ausgerüstete sexuelle Nachkomme niemals der Mutterpflanze völlig ähnlich sein können, sondern die Eigenschaften der Eltern in sich vereinigen müssen. Soweit diese abweichend waren, kommen sie häufig nicht mit gleichem Antheil im Nachkommen zur Geltung, indem einzelne Merkmale sich vorzugsweise Geltung verschaffen, dominirend auftreten, andere recessiv zurücktreten oder zeitweise ganz latent bleiben, so dass der Nachkomme nicht die Mitte zwischen den Eltern zu halten braucht, sondern mehr auf den Vater oder mehr auf die Mutter herauskommen kann. Von ausschlaggebender Bedeutung sind diese Verhältnisse für den Charakter jeder sexuellen Nachkommenschaft. An einzelnen Individuen auftretende Abweichungen werden, sofern sie nicht absolut dominirenden Charakter besitzen, bei regelmässiger Kreuzung mit normal gebliebenen Individuen wieder verwischt und schliesslich beseitigt werden müssen. Unter solchen Umständen arbeitet die sexuelle Fortpflanzung demnach auf eine Constanz der Art hin. Unter anderen Umständen, so, wenn beide Eltern die Neigung haben, in der gleichen oder in ähnlicher Richtung abzuändern, können Abweichungen bei den sexuellen Nachkommen auch verstärkt auftreten, in demselben Sinne wie zwei Wellensysteme sich bei gleicher Schwingungsphase verstärken.

Wie durch die divergirenden elterlichen Tendenzen im sexuellen Nachkommen der Eigenschaftencomplex aus dem bisherigen Gleichgewicht gebracht und im Zusammenhang mit correlativen Beziehungen leicht grösseren Schwankungen unterworfen werden kann, das zeigt sich an der grossen Neigung zur Variation, welche bei Bastarden (S. 247) allgemein zu beobachten ist. Aber auch bei normaler, artgleicher Befruchtung können, neben kleinen vorübergehenden recessiven Variationen, in vereinzelten Fällen Nachkommen erzeugt werden, die von den Eltern so stark, und zwar erblich, verschieden sind, dass sie den Charakter neuer Arten oder neuer Unterarten (petites espèces, von denen bei Draba verna L. etwa 200 bekannt sind) tragen. In solcher sprungweisen Variation, die v. KÖLLIKER und im Anschluss an ihn KORSCHINSKY als Heterogenesis, DE VRIES neuerdings wieder als Mutation bezeichnet, erblicken diese Autoren einen Ausgangspunkt für die Entstehung neuer Arten überhaupt, die sich dann vornehmlich einstellt, wenn eine bestehende Art aus uns unbekannten Gründen in eine Mutationsperiode eintritt, wie sie DE VRIES experimentell für Oenothera Lamarckiana nachweisen konnte, während KORSCHINSKY eine grosse Reihe von Beispielen für Heterogenesis historisch nachwies, für welche das 1590 in einem Heidelberger Garten entstandene Chelidonium laciniatum und die kürzlich bei Hagenau neu aufgetretene Capsella Heegeri Solms. typische Beispiele liefern[95].

Wie die Erfahrungen der Pflanzenzüchter gelehrt haben und wie es von KLEBS,

dmal für niedere Pflanzen experimentell festgestellt wurde, werden die Fortpflanzungsprocesse zum Theil von anderen Constellationen der äusseren und inneren Lebensbedingungen gefördert als die des eigentlichen Wachsthums, derart, dass sich beide, Wachsthum und Fortpflanzung, meist gegenseitig ausschliessen.

Die vegetative Fortpflanzung.

Die vegetative Fortpflanzung, die sich, wie erwähnt, auch als monogene oder ungeschlechtliche bezeichnen lässt und deren vorwiegend 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 Entwickelung 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 (Brutkörper) und einer solchen durch einzelne Zellen (Brutzellen, Sporen) unterscheiden.

Loslösung von Seitensprossen.

Die **Vermehrung durch mehrzellige Brutkörper (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.

Ausläufer. Rhizome. Knollen.

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 Knospen an weit sich ausbreitenden Ausläufern 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 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 Blattachseln der Zwiebelschuppen. Brutzwiebeln oder Brutknospen („Bulbillen") entstehen aber auch in anderen Fällen an oberirdischen Vegetationsorganen.

Brutknospen Bulbillen.

Bei verschiedenen Allium-Arten findet man dieselben im Blüthenstande an Stelle von Blüthen 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 „Getreideregen" 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.) über-

nommen. 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.).

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.

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 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. 320 *b*) aus.

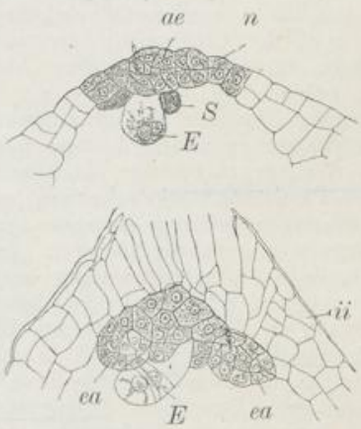


Fig. 217. Vegetative Sprossung aus dem Nucellus von Funkia ovata (Hosta coerulea). *n* Nucellus, dessen Zellen am Scheitel sich zur Anlage der Adventivkeime (*ae*) anschicken, *s* Synergide, *E* aus der Eizelle entstandener Embryo, *ii* inneres Integument.

Einer der interessantesten Fälle von Fortpflanzung durch Adventivsprossungen kommt zu Stande durch die Bildung von Adventivknospen in Samenanlagen. Die Brutkörper wachsen dabei in den Embryosack hinein und entwickeln sich dort ganz wie Embryonen (so bei Evonymus, Citrus, Funkia [Fig. 217], Coelebogyne u. a.). Früher glaubte man, es handele sich bei solcher Polyembryonie um eine Keimbildung aus zahlreichen Eizellen eines Embryosackes. Strasburger's Untersuchungen lehrten jedoch, dass hier die Bildung vegetativer Adventivkeime vorliegt. 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-

Vegetative Adventivkeime.

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 neuholländischen Euphorbiacee Coelebogyne ilicifolia, die ausschliesslich in weiblichen Exemplaren in unseren Gewächshäusern cultivirt wird, aber auch bei Balanophora elongata nach TREUB, und bei Bal. globosa nach LOTSY[96], entstehen die Adventivkeime auch ohne die Anregung der Bestäubung. Hier liegen also Fälle von Geschlechtsverlust vor, wie sie auch von einzelnen 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 Blüthen Brutzwiebeln tragen, von Apogamie reden.

Apogamie bei Farnen.

Parthenogenesis bei Chara crinita.

An diese Vorgänge schliesst sich unmittelbar an die **Parthenogenesis**, d. h. die Entwickelung einer Eizelle ohne vorhergegangene Befruchtung. Dieser seltenere 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 normal aussehenden Früchtchen junge Pflanzen. Auch für einige Saprolegnia- und Marsilia-Arten wird Parthogenesis angegeben. JUEL stellte die parthenogenetische Entwickelung bei einer Phanerogamen, der Composite Antennaria alpina fest, und MURBECK bewies ihre Verbreitung in der Gattung Alchemilla (Tribus Eu-Alchemilla: A. alpina, A. vulgaris, A. speciosa u. a.), wo eine Befruchtung wegen der völligen Degeneration des Pollens ausgeschlossen ist und die Eizelle bereits in der geschlossenen Blüthenknospe die ersten embryonalen Theilungen ausführt. — Weiter ausgedehnte Untersuchungen werden zweifellos noch mehr Fälle von Parthenogenesis erkennen lassen[97].

Von besonderem Interesse ist der dabei von LOEB, WINKLER, NATHANSOHN u. a. geführte Nachweis, dass der Anstoss zur Embryobildung für die Eizelle auch auf bestimmte andere Weise als durch Copulation mit der männlichen Sexualzelle gegeben werden kann. LOEB fand, dass die Anregung zu parthenogenetischer Entwickelung ausgehen kann von wasserentziehenden Lösungen ($MgCl_2$ u. a. Salzen, Zucker, Harnstoff), WINKLER wies das Gleiche nach für Extractivstoffe des Spermas, und NATHANSOHN erkannte, dass unter Umständen Temperaturerhöhungen die der unbefruchteten Eizelle im Interesse der Befruchtung auferlegte Ruheperiode und Entwickelungsunfähigkeit unterbrechen und die parthenogenetische Weiterentwickelung auszulösen vermögen[98].

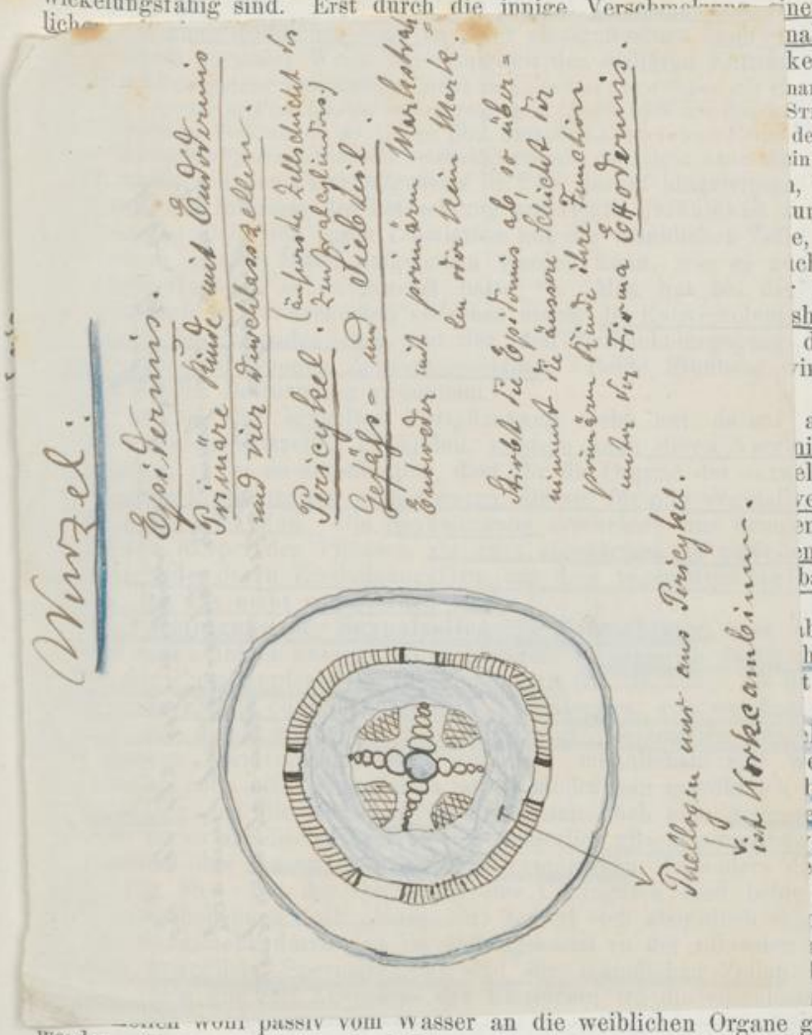
Vegetative Vermehrung durch Einzelzellen: Sporen, Brutzellen. Wie durch vielzellige Vegetationskörper, so kann die Vermehrung auch durch einzelne abgetrennte Zellen bewirkt werden. Rein formal betrachtet liegt diese Vermehrungsweise schon da vor, wo sich einzellige Bacterien, Pilze und Algen durch Theilung ihres Vegetationskörpers fortpflanzen. Eigenartig in Form und Bildungsweise treten die der vegetativen Vermehrung dienenden Zellen (Sporen, Conidien, Schwärmsporen, Brutzellen von Moosen) aber erst bei höher entwickelten Cryptogamen auf, wo sie oft an besonderen Organen oder in eigens dazu angelegten Behältern (Sporangien, Conidienträger, Fruchtkörper) ausgebildet werden. (Vgl. den speciellen Theil.)

Wie eine Farn-Pflanze gelegentlich unmittelbar und unter Umgehung des Sexualactes aus dem Prothallium durch Sprossung hervorgehen kann, so kommt es ausnahms-

weise auch vor, dass die Sporenbildung übergangen wird und die Prothallien unmittelbar aus dem Farn-Blatt hervorsprossen (Aposporie bei Varietäten von Athyrium, Aspidium).

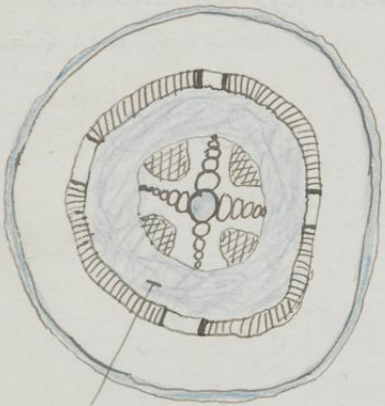
Die sexuelle Fortpflanzung.

Wie erwähnt, werden bei der geschlechtlichen Fortpflanzung zweierlei Fortpflanzungszellen gebildet, welche einzeln in der Regel aber nicht entwickelungsfähig sind. Erst durch die innige Verschmelzung einer männlichen [illegible] nalen Zelle [illegible] kelung.



[illegible] nander, auch [illegible] STEVENS be- [illegible] des Eies mit [illegible] in stehen [99]. [illegible], dass die [illegible] ur Weiter- [illegible] e, sondern [illegible] ich KLEBS [illegible] Befruch- [illegible] shemmung [illegible] derselben [illegible] irken bei [illegible] ankommt [illegible] nigung zu [illegible] ellen Zeu- [illegible] ve Thätig- [illegible] emäss am [illegible] en fremd- [illegible] bau einer [illegible] abgesehen [illegible] hemotak- [illegible] t zumeist [illegible] die An- [illegible] ht. Wo [illegible] eiblichen [illegible] beide be- [illegible] eitige zu [illegible] eglichen [illegible] nen der [illegible] Sexual- [illegible] on meist [illegible] anderen. [illegible] bei den [illegible] n männ- [illegible] lich wohl passiv vom Wasser an die weiblichen Organe getrieben werden, im ganzen Reich der höheren Cryptogamen, selbst noch bei einzelnen Gymnospermen, entwickelt. Bei den geschlechtlich differenzirten Pilzen bleibt dagegen die männliche Substanz zumeist in einen eigenartigen Hyphenzweig eingeschlossen, der sich dem weiblichen Organ anschmiegt. Die Verschmelzung der Inhalte erfolgt nach der Durchbohrung der trennenden Membranen. Eine ähnliche Durchbohrung trennender Membranen wie hier

Wurzel:



Epidermis.

Primäre Rinde mit Endodermis und vier Durchlasszellen.

Pericykel. (äusserste Zellschicht des Zentralcylinders.)

Gefäss- und Siebteil.

Entweder mit primärem Markstrahlen oder kein Mark.

Stirbt die Epidermis ab, so übernimmt die äussere Schicht der primären Rinde ihre Function unter der Firma Exodermis.

Phellogen nur aus Pericykel.

ist Korkcambium.

Holz der Wurzel ist weißlichgelber als das des Stammes. Die Grenze der Jahresringe ist demnach im Holzkörper der Wurzeln nur schwach markirt.

weise auch vor, dass die Sporenbildung übergangen wird und die Prothallien unmittelbar aus dem Farn-Blatt hervorsprossen (Aposporie bei Varietäten von Athyrium, Aspidium).

Die sexuelle Fortpflanzung.

Wie erwähnt, werden bei der geschlechtlichen Fortpflanzung zweierlei Fortpflanzungszellen gebildet, welche einzeln in der Regel aber nicht entwickelungsfähig sind. Erst durch die innige Verschmelzung einer männlichen mit einer weiblichen Zelle zu einer einzigen neuen embryonalen Zelle erlangt diese normaler Weise die Fähigkeit der weiteren Entwickelung.

Bei der Befruchtung verschmelzen meist zwei einkernige Zellen mit einander, auch wenn die vegetativen Protoplasten mehrkernig sind. Doch wird das durch STEVENS bekannt gewordene Vorkommen bei Albugo Bliti, dass die zahlreichen Kerne des Eies mit ebenso zahlreichen Spermakernen sich bei der Befruchtung vereinigen, kaum allein stehen [99].

Es wurde bei der Parthenogenesis (S. 240) darauf hingewiesen, dass die der Eizelle im Interesse der Befruchtung auferlegte Unfähigkeit zur Weiterentwickelung nicht nur durch Copulation mit der männlichen Zelle, sondern auch durch andere Mittel aufgehoben werden kann, wie es auch KLEBS für Algen-Gameten schon gezeigt hatte [100]. Man hat bei der Befruchtung demnach zu unterscheiden zwischen einem die Entwickelungshemmung der Eizelle beseitigenden Reiz und der, den Entwickelungsgang derselben qualitativ beeinflussenden Zellverschmelzung. Beide Einflüsse wirken bei der natürlichen Befruchtung zusammen.

Da es bei der sexuellen Fortpflanzung nicht nur darauf ankommt zweierlei Geschlechtszellen zu bilden, sondern auch deren Vereinigung zu ermöglichen, 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.

Die **Vereinigung der Sexualzellen** (die **Befruchtung**) wird, abgesehen von den dazu nöthigen äusseren Vorrichtungen, vornehmlich durch chemotaktische oder chemotropische Reizbarkeit erzielt (S. 207, 224). Es ist zumeist die ruhende Eizelle oder das weibliche Sexualorgan, von welchem die Anziehung auf die beweglichen männlichen Geschlechtszellen ausgeht. Wo eine äussere Formverschiedenheit zwischen männlichen und weiblichen Sexualzellen noch nicht ausgebildet ist, da findet man 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. Als frei bewegliche Spermatozoide sind die männlichen Zellen bei den meisten Algen und mit Ausnahme der Florideen, wo die cilienlosen männlichen Zellen wohl passiv vom Wasser an die weiblichen Organe getrieben werden, im ganzen Reich der höheren Cryptogamen, selbst noch bei einzelnen Gymnospermen, entwickelt. Bei den geschlechtlich differenzirten Pilzen bleibt dagegen die männliche Substanz zumeist in einen eigenartigen Hyphenzweig eingeschlossen, der sich dem weiblichen Organ anschmiegt. Die Verschmelzung der Inhalte erfolgt nach der Durchbohrung der trennenden Membranen. Eine ähnliche Durchbohrung trennender Membranen wie hier

Niedere Cryptogamen. Gleich und bewegungsfähig = Gameten, Anziehung gegenseitig.
Höhere Cryptogamen. Spermatozoiden frei beweglich.
Phanerogamen.

bei den Pilzen ermöglicht erst die Befruchtung bei den höchst entwickelten Pflanzen, den Phanerogamen. Die männlichen Zellen sind bei diesen sogen. Blüthenpflanzen 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 umhäuteten Pollenkörner werden mit fremder Hülfe (durch Luft- oder Wasserströmungen, vornehmlich aber durch Thiere) entweder 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 aërotropische) 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.)

Eizelle. Embryosack Samenanlage Fruchtknoten.

Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass im Embryosack oft nicht nur die Eizelle mit einer Spermazelle verschmilzt, sondern auch der Embryosackkern mit der zweiten Spermazelle des Pollenschlauchs. Die von dem Embryosackkern abgeleiteten Endospermzellen sind demnach in solchen Fällen, wie der Embryo selbst, ein Mischproduct, woraus sich der Mischlings-Charakter derselben bei der Xenien-Bildung erklärt. Ob dieser sogen. doppelten Befruchtung eine biologische Bedeutung zukommt, ist ungewiss; wahrscheinlicher ist, dass die Embryosackzelle als Schwesterzelle des Eies die gleiche chemotaktische Anziehung für die Spermazelle besitzt wie dieses, dass aber die Vereinigung für das, der Consumption anheimfallende Nährgewebe nebensächlich ist[101].

Wenn auch ein gesundes Pollenkorn für die Befruchtung je einer gesunden Samenanlage genügt, so lehrt doch die Erfahrung, dass ein besserer Erfolg durch eine reichlichere Bestäubung der Narben erreicht wird. Dies rührt nach CORRENS[102] daher, dass nicht alle Pollenkörner (wie auch nicht alle Samenanlagen) tauglich sind. So kamen bei Mirabilis Jalapa auf 1 taugliches Pollenkorn 4 untaugliche, auf 3 taugliche Samenanlagen 1 untaugliche. Für Mirabilis longiflora waren die entsprechenden Zahlen 1:3 und 1:1.

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[103].

Anemophile Pflanzen.

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 findet man bei den Windblüthlern meist enorme Mengen von Pollenkörnern entwickelt. In ganzen Wolken wird der Blüthenstaub 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 Blüthen sind deshalb in Kätzchenform (Coniferen, Amentaceen) 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 rauhe 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 in den Staubbeuteln ausgelöste Spannungen als Wölkchen 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 an langen Fäden ausgezogen sind (Mais). Bei gewissen Coniferen mit freien oder doch frei vortretenden Samenanlagen bleiben die Pollenkörner in Flüssigkeits-

Exine.

tropfen hängen, welche von den Samenanlagen ausgeschieden werden. Bei anderen Coniferen, deren Samenanlagen in weiblichen Blüthenzapfen 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[104]. — 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. Bei den ebenfalls submersen Wasserpflanzen Vallisneria, Elodea und den Enhalus-Arten des indischen Oceans 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 durch erneute spiralige Aufrollung 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, Fledermäuse 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 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 Blüthenblättern 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. circumflorale (Euphorbiaceen) oder extraflorale Schauapparate (Astrantia major, Salvia-Arten, Melampyrum, Dalechampia, Bougainvillea spectabilis, Aroideen) gebildet werden. Der Pollen der Insectenblüthler ist im Gegensatz zu dem der Windblüthler in der Regel nicht staubartig trocken; seine Körner kleben vielmehr mittels öliger oder schleimiger Flüssigkeit an einander oder sie hängen durch rauhe Oberflächen zusammen und werden erst durch die Thiere von den Antheren abgestreift. Der Bau der Blüthen ist, wie Chr. Konr. Sprengel in seinem berühmt 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

Hydrophile Pfl.

Seegräser

Vallisneria spiralis.

Entomophilie.

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 unübersehbar, und die sich ergänzenden Ausrüstungen in Körperformen und Functionen bei Blumen und Insecten sind höchst merkwürdig. Es mag nur noch erwähnt werden, dass ausser dem Ernährungstrieb auch die Fortpflanzungsinstincte 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, in der alten Welt die Honigvögel, welche als Befruchtungsvermittler eine Rolle spielen. Arten der Gattung Feijoa locken aber die gefiederten Bestäubungsvermittler durch geniessbare fleischig-süsse Blumenblätter an[105]. Neben den vogelblüthigen (ornithophilen) Pflanzen verdienen auch die durch Fledermäuse bestäubten (chiropterophilen) Blüthen einer kurzen Erwähnung: So wird beispielsweise die zweihäusige Pandanacee Freycinetia durch einen Pteropus (fliegenden Hund) bestäubt, der die inneren Kronblätter verzehrt. Die Blüthen von Caltha palustris und Chrysosplenium, auch die im Erdboden steckenden Blüthen der oft cultivirten Aspidistra, sollen dagegen dem Zuthun von Schnecken ihre Bestäubung verdanken (malakophile Pflanzen).

Selbstbefruchtung und Kreuzung. Wie gesagt, 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. Es stimmt damit nun ganz überein, wenn man bei der sexuellen Fortpflanzung im Pflanzenreich mannigfache, oft sehr complicirt erscheinende Einrichtungen findet, 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 man trotzdem in einer Minderzahl von Fällen Selbstbefruchtung als Nothbehelf oder als Regel vorfindet, 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 diesen Pflanzen ausreicht. Die Selbstbefruchtung erscheint aber bei dem sonst herrschenden Streben zur Kreuzung, ebenso wie die Apogamie, als ein functioneller Rückschritt. Häufig führt aber die erfolgende Selbstbestäubung überhaupt nicht zur Selbstbefruchtung, indem der Pollen der eigenen Blüthe auf der Narbe unfruchtbar bleibt (selbst-sterile Blüthen), und nur derjenige anderer Individuen die Befruchtung zu vollziehen vermag (Roggen, Corydalis cava und einzelne Cruciferen, Lobelia fulgens, Verbascum nigrum, u. a.)[106].

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 Blüthen kleine unscheinbare Blüthchen vor, die meist zwischen Blättern an der Erde verborgen sind, sich gar nicht entfalten und ausschliesslich durch Selbstbefruchtung Samen tragen. Den Staubbeuteln pflegt in solchen Blüthen der Oeffnungsmechanismus zu fehlen, so dass die Pollenschläuche durch die Antherenwände zu der Narbe durchwachsen müssen. Bei diesen Pflanzen liefern diese kleistogamen Blüthen oft den reichlichsten Samen (Viola-Arten), bei anderen sind sie allein fruchtbar (Polycarpum tetraphyllum besitzt ausschliesslich kleistogame Blüthen). Da aber bei den meisten Arten neben der Selbstbefruchtung in kleistogamen Blüthen eine Kreuzung in den grossen offenen Blüthen 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.

Kleistogame Blüten.

Besondere Einrichtungen zur Kreuzung der Geschlechtszellen finden sich im ganzen Pflanzenreich von den niedersten bis zu den höchsten Formen.

Einrichtungen der Kreuzung

Am sichersten wird natürlich die Selbstbefruchtung vermieden, wenn die Individuen eingeschlechtig 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. Blüthenstand 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 (♂).

Dichogamie

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) 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 Blüthenpflanzen zu beobachten bei Geraniaceen, 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 empfängnissfähig sind.

Dichogamie.
1) Protandrie.
2) Protogynie.

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 empfängnissfähig, 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, Aristolochia clematitis, Helleborus, Magnolia, Plantago media Fig. 218).

Heterostylie

Schon merkwürdiger, weil auch mit Hülfe 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 Blüthen 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 kurz-

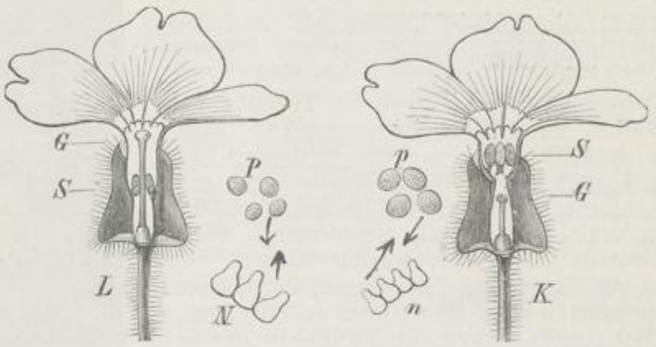


Fig. 219. Primula sinensis. Zwei heterostyle Blüthen von verschiedenen Stöcken. *L* langgriffelige, *K* kurzgriffelige Blüthenform, *G* Griffel, *S* Staubbeutel, *P* Pollenkörner, *N* Narbenpapillen der langgriffeligen, *p* und *n* Pollenkörner und Narbenpapillen der kurzgriffeligen Form. *P*, *N*, *p*, *n* bei 110facher Vergrösserung.

griffeligen 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 zusammen kommen, wenn also Pollen der langgriffeligen Blüthe auf die Narbe der kurzgriffeligen gelangt und umgekehrt. Bei solcher „legitimen" Befruchtung werden mehr und bessere Samen erzielt als bei „illegitimer", ja bei Linum perenne und Fagopyrum esculentum hat die legitime Befruchtung allein überhaupt Erfolg. Die legitime Befruchtung wird aber dadurch begünstigt, dass Insecten beim Blüthenbesuch gleichhoch gestellte Sexualorgane mit der gleichen Körperstelle berühren. — Die Primeln besitzen Blüthen mit zweierlei Griffellängen (dimorphe Heterostylie), das Gleiche ist der Fall bei Pulmonaria, Hottonia, Fagopyrum, Linum. Man hat aber auch Blüthen mit trimorpher Heterostylie kennen gelernt (Lythrum Salicaria und Oxalis-Arten), wo bei zwei Staubblattkreisen ein dreifacher Höhenwechsel von Narben und Staubbeuteln gegeben ist.

Herkogamie

Bei einer grossen Zahl von Blüthen 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 gewölbten Griffeln verborgen und bei der Kesselfallenblüthe der Aristolochia clematitis ist auch schon durch die Protogynie eine Bestäubung der

Narben durch die an der Griffelsäule tiefer inserirten Antherenfächer ausgeschlossen. Bei Orchideen und Asclepiadeen verhindert die eigenartige Beschaffenheit der Pollenmassen, sowie ihre Stellung, die Selbstbefruchtung; 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, u. a.

Fig. 220. Blüthenbestäubung 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.

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 entwickelungsfähiges 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 Phanerogamen 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 entwickelungsfähigen 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)[107]. 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 glichen (vgl. S. 237). 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. 128, 237) 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 eichenähnlich gebuchtete Blätter. Hat die väterliche Art rothe Blüthen, die mütterliche aber gelbe, so bringt der Bastard häufig Blüthen 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. Auch in der freien Natur findet man auf natürlichem Wege entstandene Bastarde bei besonders dazu neigenden Pflanzen. 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[108].

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 oder überhaupt keine Bastarde (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 Birnbaum), 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 auch bemerkenswerthe neue Eigenschaften auf, welche nicht durch Mischung der elterlichen entstanden sind. Es sind dies neben anderen: Eine veränderte Fruchtbarkeit, grössere Neigung zu Abänderungen in Gestalt und Lebenserscheinungen (Varietätenbildung) und oft eine üppigere Gestaltentfaltung („luxurirendes Wachsthum"). 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 (vgl. S. 237). — Bastarde auch von nahe verwandten Arten bilden häufig kräftigere Vegetationsorgane, 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 besonderen Umständen Mischformen (Pfropfhybride) entstehen können, wie man beobachtet haben will, ist noch fraglich, denn in allen darauf gerichteten Versuchen bewahrten die vegetativ verbundenen Formen bisher ihre Selbständigkeit (S. 194, 237).

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 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 durch den Luftwidertand 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 Kelchblättern (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 Zanonia ausgebildet. Bei den Linden ist es das mit dem Blüthenstand 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[109]. — 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 NÄGELI theoretisch nur so erklären lässt, dass eine der Spore adhärirende 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 Schwimmblasen 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([110]).

Fig. 221. Geflügelter Same von Bignonia mucronata in natürlicher Grösse.

Thiere werden zu Verbreitern von Pflanzensamen erstens dadurch, das sie die wohlschmeckenden und oft durch ihre Farbe 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, Echinospermum, Xanthium, sowie die in Schafswolle so häufigen, irrthümlich als „Wollläuse" bezeichneten Früchtchen von Medicago minima). Andere Samen bleiben durch Klebestoffe 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, Cohäsions- 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 umherfliegen. 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 fortgeschnellt werden. Bei der Spritzgurke (Momordica elaterium) und der Eselsgurke (Ecballium) dagegen ist die Fruchtwand von dem breiigen Fruchtfleisch wie die Wand eines Gummiballs gedehnt; trennt sich dann bei der Reife der Fruchtstiel 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 sowohl gegen Temperaturextreme wie gegen Trockenheit 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 Structuren der Oberfläche: Rillen, Kämme, Stacheln und Haare, welch' 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 Hülfe 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 Fruchtstiele, während die Samenkapseln der Linaria cymbalaria von den lichtabwendigen Fruchtstielen 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 dem Fruchtstiel 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 Gallerthüllen 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 theils von verspäteter Quellung (Hartschaligkeit), theils 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, Euphorbia exigua, Dianthus-Arten u. a.). Auch unter günstigen 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 [111].

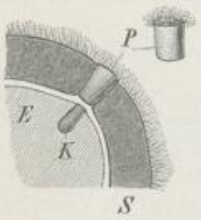


Fig. 222. Schnitt durch den oberen Theil der Frucht von Acrocomia sclerocarpa. *S* die harte Steinschale, *P* der Pfropf darin, welcher von dem Keimling *K* bei der Keimung leicht hinausgeschoben wird, *E* Endosperm. Nach Pfitzer.

Die Keimung wird, nach den Beobachtungen von Klebs, eingeleitet durch echte Wachsthumsvorgänge; durch dieselben erfolgt erst die Sprengung der Samenhülle [112]. Dies 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 Oeffnen 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, Wallnüssen 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 Acrocomia sclerocarpa braucht nur einen leicht befestigten Pfropf aus der dicken harten Steinschale vor sich her zu schieben (Fig. 222) [113]. Aehnliche 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 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 (hypogäisch) in der Samenhülle stecken oder aber sie entfalten sich oberirdisch (epigäisch). 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 (Smyrnium, Delphinium). Die Hüllen werden dabei oft noch mit Hülfe einer Anschwellung am Hypocotyl (Kürbis u. a.) weiter aufgerissen. Sehr häufig folgt der oberirdischen Entfaltung der Blättchen eine Verkürzung der Wurzel[114]. 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. (Nach den Untersuchungen von Rimbach erreicht die Verkürzung bei *Allium ursinum* oft 30 %, bei *Arum maculatum* 50 %, bei *Oxalis elegans* sogar 70 % der sich verkürzenden Wurzelstrecke.)

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 Weiterentwickelung selbständig befähigt.

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 gruppiren 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 Gewächsgruppe lagen noch in tiefem Dunkel. Den Cryptogamen stehen die übrigen 23 Klassen als Phanerogamen oder Pflanzen mit deutlich sichtbaren Geschlechtsorganen in Blüthen gegenüber. Die Phanerogamenklassen unterschied Linné zunächst nach der Vertheilung der Geschlechter in den Blüthen in solche mit Zwitterblüthen (Klasse I—XX) und solche mit eingeschlechtigen oder polygamen Blüthen (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 (XX); die erste dieser drei Gruppen weiterhin nach der Zahl, der Insertion und den Längen-

verhältnissen 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 die 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 sämmtlich 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 loslöst, 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 loslösen 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.

Die Thallophyten gliedern sich naturgemäss in folgende natürliche Verwandtschaftsklassen:

1. *Flagellata*, Flagellaten.
2. *Myxomycetes*, Schleimpilze.
3. *Bacteria*, Bacterien.
4. *Cyanophyceae*, Blaugrüne Algen.
5. *Diatomeae*, Kieselalgen.
6. *Peridineae*, Peridineen.
7. *Conjugatae*, Conjugaten.
8. *Chlorophyceae*, Grünalgen.
9. *Phaeophyceae*, Braunalgen.
10. *Rhodophyceae*, Rothalgen.
11. *Characeae*, Armleuchtergewächse.
12. *Hyphomycetes*, Fadenpilze.

Abgesehen von den Flagellaten, welche pflanzliche und thierische Eigenschaften in sich vereinigen und als eine gemeinsame Gruppe beider Organismenreihen betrachtet werden können, unterschied man früher die Thallophyten in 2 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 4—11 zu rechnen sein, deren Vertreter Chlorophyll in ihren Zellen führen, zu den Pilzen dagegen die Schleimpilze, Bacterien 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.

Diesen 12 Klassen reihen wir als 13. Klasse die *Flechten*, *Lichenes* an, deren Thallus eine Symbiose von Fadenpilzen mit Algen vorstellt. 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.

Da die obigen Klassen grösstentheils scharf abgegrenzt erscheinen, so ist über ihre verwandtschaftlichen Beziehungen wenig Sicheres auszusagen. Bacterien und Cyanophyceen stehen als selbstständige Gruppen abseits von den übrigen; die Conjugaten können als ein Seitenzweig aus gemeinsamer Wurzel der Grünalgen betrachtet werden, die hochorganisirten Characeen und vielleicht auch die Rothalgen von höher stehenden Grünalgen sich herausgebildet haben. Die Fadenpilze leiten sich als farblose Formen von Grünalgen, vielleicht auch von Florideen ab. Die Grünalgen und Braunalgen in ihren einfachsten einzelligen Vertretern sowie auch die Diatomeen, Peridineen und Myxomyceten deuten auf Flagellaten als Ausgangsformen ihrer phylogenetischen Entwicklung hin.

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 sämmtlichen Klassen, geschlechtliche Fortpflanzung auf. Diese Fortpflanzung besteht im einfachsten Fall in der Vereinigung oder Copulation oder Conjugation zweier gleichgestalteter Sexualzellen oder Gameten zu einer einzigen Zelle, der Zygospore oder Zygote. Bei manchen höher stehenden Formen aber erscheinen die Gameten differenzirt 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, und dass die ungeschlechtliche Vermehrung aus der einfachen Zelltheilung entstanden ist.

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 von wichtigem Einfluss sind [1]. 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.

Flagellata, Flagellaten [2].

Die Flagellaten bilden eine sehr formenreiche Gruppe einzelliger meist wasserbewohnender Organismen, welche pflanzliche und thierische Eigenschaften in sich vereinigen und als Ausgangsformen einerseits für einzellige Thallophyten, andererseits für Protozoen betrachtet werden können.

Der contractile oder amöboid sich bewegende Protoplast dieser Organismen ist nach aussen durch eine dichtere Plasmamembran, nicht durch eine feste abgeschiedene Zellhaut, abgegrenzt. Er besitzt eine oder mehrere Cilien (Geisseln, Flagellen) als Bewegungsorgane, führt einen Zellkern, pulsirende Vacuolen und bei vielen Arten wohlausgebildete grüne, gelbe oder gelbbraune Chromatophoren, vermag also dann selbstständig zu assimiliren, ist aber gleichzeitig zu saprophytischer oder auch animalischer Lebensweise, die den farblosen Arten ausschliesslich zukommt, befähigt. Die Aufnahme fester Nahrungspartikelchen kann entweder an jeder Stelle der Körperoberfläche oder nur an besonderen in Ein- oder Zweizahl vorhandenen Mundstellen erfolgen.

Für gewisse Arten ist festgestellt, dass sie sowohl in chlorophyllführenden als auch in farblosen Formen mit reducirten Chromatophoren je nach dem Wechsel der Ernährungsbedingungen auftreten, so z. B. für die grüne *Euglena gracilis* [3].

Die Vermehrung geschieht auf rein vegetativem Wege durch Längstheilung. Bei vielen werden dickwandige Dauercysten als ruhende Sporen erzeugt, während sexuelle Fortpflanzung fehlt.

Klasse II.

Myxomycetes, Schleimpilze [4].

Die Schleimpilze bilden eine selbstständige Gruppe von niederen Thallophyten; sie nehmen ebenfalls eine Mittelstellung zwischen Pflanzen und

Thieren ein und wurden daher auch als *Mycetozoa* oder *Pilzthiere* bezeichnet. Sie sind in zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet. Im vegetativen Zustande bestehen die Schleimpilze aus nackten, saprophytisch sich ernährenden Protoplasmamassen, den Plasmodien, welche zahlreiche kleine Zellkerne enthalten, des Chlorophylls vollständig ermangeln und als Reservestoff keine Stärke, sondern Glukogen führen. Die Plasmodien (S. 46) 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 ein Hülle, Peridium; sein vielkerniges Protoplasma theilt sich durch Zerklüftung in zahlreiche kleine, mit Membran umkleidete und je einen Zellkern führende Sporen, entweder erst nach Abschluss der Kerntheilungen (bei *Trichia*), oder aber noch während der Kerntheilung zunächst in mehrkernige Segmente, die dann schliesslich in einkernige Sporen sich weiter zerklüften (so bei *Fuligo*). Die Sporen entstehen somit auf ungeschlechtlichem Wege. Im Innern der Sporenbehälter oder Sporangien kommt es bei vielen Gattungen auch zur Ausbildung eines Capillitiums (Fig. 224 *B*) d. h. isolirter oder netzförmig verbundener feiner Röhrchen oder Fasern, die neben den Sporen aus dem Plasma entstehen. Bei der Fruchtreife bricht das Peridium des Sporangiums auf, das Capillitium streckt sich hervor (Fig. 223 *B*) 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 Entwickluug 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. Die Sporen (Fig. 59 *a*) können in einem Decoct von Kohlblättern oder anderen Pflanzentheilen zur Keimung gebracht werden. Der aus der Sporenhaut austretende 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 Myxamöbe über. Die Amöben können sich 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 Myxamöben 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*), wobei aber die Kerne nicht mit einander copuliren. Amöben und Plasmodien ernähren sich aus aufgenommenen Nahrungskörperchen und zeigen lebhafte Plasmaströmungen. Nach einigen Tagen kommt das Plasmodium zur Ruhe und wandelt sich in die kleinen 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.

Fig. 224. Trichia varia. *A* Geschlossenes und geöffnetes Sporangium. Vgr. 6. *B* Capillitiumfaser. Vergr. 240. *C* Sporen. Vergr. 240.

Bau und Beschaffenheit der Sporangien geben die wichtigsten Merkmale zur Unterscheidung der einzelnen Formen ab. Die meist braunen oder ockergelben Sporangien sind kugelig, oval oder auch cylindrisch, gestielt (Fig. 223, 225) oder ungestielt (Fig. 224). Gewöhnlich öffnen sie sich durch Absprengung oder Zerfall des oberen Theiles der Wandung, während der untere als Becher zurückbleibt (Fig. 223 *B*, Fig. 224 *A*); bei *Cribraria* (Fig. 223 *C*), deren Fruchtkörper kein Capillitium enthält, wird der obere Theil gitterartig durchbrochen, bei *Stemonitis* (Fig. 223 *A*) hingegen zerfällt das ganze Peridium und das stehen bleibende Capillitium entspringt einer Columella, der Fortsetzung des Stiels.

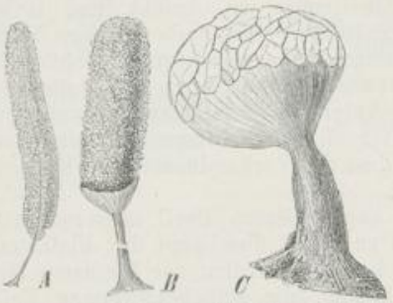


Fig. 223. Reife geöffnete Fruchtkörper nach Entleerung der Sporen *A* von Stemonitis fusca. Vergr. 10. *B* von Arcyria punicea. Vergr. 12. *C* von Cribraria rufa. Vergr. 32.

Zu den wenigen parasitären Myxomyceten gehört die *Plasmodiophora Brassicae* (5), welche die sogen. Kohlhernie an Brassica-Arten, knollenartige Verdickungen am Strunk und an den Nebenwurzeln der befallenen Kohlpflanzen verursacht. Ihre mehrkernigen Myxamöben leben in grösserer Anzahl in den Zellen dieser Wucherungen und zwar in den Vacuolen des lebendigen Plasmas derselben, verschmelzen schliesslich nach Aufzehrung des Inhalts der Wirthzellen zu Plasmodien. Diese theilen sich dann nach wiederholter Kerntheilung in zahlreiche behäutete 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 Peridiumbildung findet also nicht statt, so dass der Pilz einen einfacher organisirten oder in Folge der parasitären Lebensweise in der Sporangienbildung reducirten Schleimpilz vorstellt.

Fig. 225. Leocarpus fragilis. Gesellige Einzelsporangien auf Moos. Nat. Gr.

Klasse III.

Bacteria, Bacterien [6].

Die Bacterien stellen sehr einfach gebaute, einzellige oder fadenförmige niedere 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 todten 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 sich von der Wand ganz oder theilweise zurückzieht, und im Innern des Wandbelegs einen einzigen Saftraum oder auch mehrere Vacuolen umschliessen kann. 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 Zellkerne gedeutet werden, beobachtet, indessen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, unzweifelhafte Karyokinese an ihnen nachzuweisen, so dass das Vorhandensein von Kernen noch nicht sichergestellt ist.

Die Bacterien sind zum grössten Theil ausserordentlich winzige Organismen und es gehören zu ihnen überhaupt die kleinsten bekannten Lebewesen. So messen die kugeligen Zellen der kleinsten Micrococcus-Arten im Durchmesser nur 0,0005 mm, die stäbchenförmigen Zellen des Tuberkelbacillus nur 0,002—0,004 mm Länge, der Querdurchmesser der meisten Arten etwa 0,001 mm.

Die einfachste Form der Spaltpilze wird durch winzige kugelrunde 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. Die einzelligen Coccen, Stäbchen, Vibrionen können nach der Theilung in Zellketten vereinigt bleiben. Häufig kommt es vor, dass die Zellmembranen gallertartig aufquellen und dass so die Zellen oder Zellketten in Gallerte eingebettet erscheinen. Solche Entwicklungszustände heissen Zoogloea.

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 vertheilt (Heubacillus Fig. 228 *a*, *d*; Typhusbacillus 226 *c*; Tetanusbacillus 231 *e*), oder sie entspringen von einem Punkte aus, entweder als Einzelgeissel, monotrich, oder als Geisselbüschel, lophotrich. Polare Einzelgeissel hat der Cholerabacillus (Fig. 226 *a*), ein polares Geisselbüschel Spirillum undula (Fig. 226 *b*, *d*), ein seitenständiges Geisselbüschel die Schwärmzellen von Cladothrix (Fig. 227). Die Geisselbüschel können sich zu zöpfchenartigen Gebilden zusammendrehen, sie werden niemals eingezogen, sondern gehen vor der Sporenbildung oder durch ungünstige Einflüsse, oft unter vorheriger Einrollung (Fig. 226 *e*) zu Grunde.

Die Vermehrung geschieht auf vegetativem Wege durch eine sehr ausgiebige Zweitheilung der Zellen, die Erhaltung der Art und die Verbreitung durch ungeschlechtliche Bildung von Dauersporen, welche als Endosporen (Fig. 228 *c*; 230 *e*, *f*) entstehen, wohl überall in der Weise, dass im Innern des Protoplasmas in der Mitte oder an einem Ende der Zelle die Spore von dem peripherischen, unverbrauchten Plasma sich abgrenzt

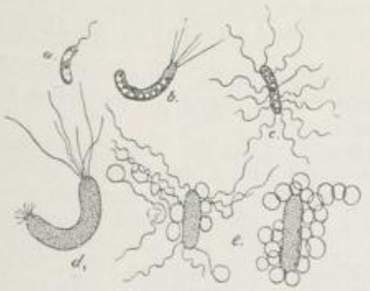


Fig. 226. Geisseltypen. *a* Vibrio cholerae. *b*, *d* Spirillum undula. *d* Entwicklung eines neuen Geisselbüschels bei der Theilung. *c* Bacillus Typhi. *e* Bacillus subtilis. Vergr. 2250. Nach A. Fischer.

Fig. 227. Cladothrix dichotoma. Bildung der Schwärmstäbchen aus den Fadenzellen. Vergr. 1000. Nach A. Fischer.

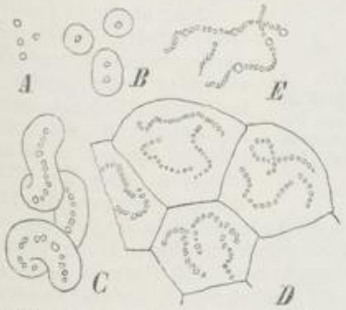


Fig. 229. Leuconostoc mesenterioides. *A* Zellen ohne Gallerthülle. *B*, *C* Bildung der Gallertkörper. *D* Theil einer erwachsenen Zoogloea. *E* Rosenkranzartige Fäden der Zoogloea. Vergr. 520. Nach van Tieghem.

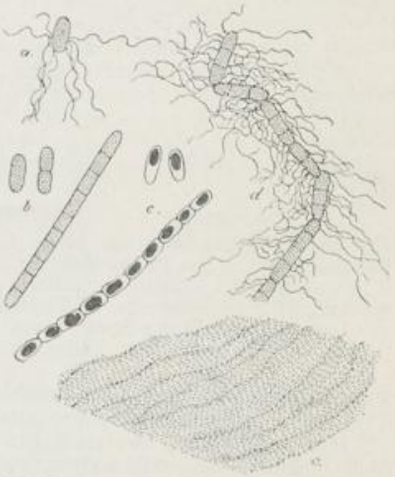


Fig. 228. Bacillus subtilis. *a*, *d* Bewegliches Stäbchen und Kette, *b* unbewegliche Stäbchen und Kette, *c* Sporen aus der Kahmhaut *e*. Vergr. *a*—*d* 1500, *e* 250. Aus A. Fischer, Vorles. über Bacterien.

und mit derber Membran umgiebt. Die Mutterzellmembran geht nach der Reife der Sporen durch Verquellen zu Grunde. Sporen sind aber nicht bei allen Arten nachgewiesen.

Als Beispiel für den Entwicklungsgang einer Bacterie sei der Heubacillus, *Bacillus subtilis* (Fig. 228), gewählt, welcher sich in dem Extract, den man durch Kochen von Heu gewinnt, in der Regel einstellt. Die Sporen bleiben trotz des Kochens lebensfähig und keimen zunächst zu peritrich begeisselten schwärmenden Stäbchen, die sich theilen und auch in kurzen Ketten zusammenhaften. An der Oberfläche der Flüssigkeit gehen

die schwärmenden Stäbchen über in ruhende geissellose, die sich in lange geschlängelte Ketten weitertheilen. Die Zellketten legen sich zu einer sogen. Kahmhaut, eine besondere Form von Zoogloeabildung, zusammen. Nach Erschöpfung der Nährstoffe tritt dann die Sporenbildung ein.

Obwohl der Formenkreis der Bacterien ein sehr einfacher ist, weisen die einzelnen, morphologisch oft kaum zu unterscheidenden Arten eine ungemeine Mannichfaltigkeit in ihrem Stoffwechsel, in ihrer Ernährungsweise auf. Die meisten Bacterien haben Sauerstoff zu ihrer Athmung nöthig wie die übrigen Pflanzen, sind also aërob; manche können aber auch ohne Sauerstoff sich weiterentwickeln, während gewisse Arten, wie z. B. die Buttersäurebacterien, der Starrkrampfbacillus streng anaërob nur bei Abschluss von Sauerstoff gedeihen (vgl. S. 185).

Wir unterscheiden saprophytische und parasitische Arten, obwohl eine scharfe Trennung oft nicht möglich ist und die letzteren in Culturen auf geeigneten Substraten auch die Lebensweise der ersteren führen können.

Zu den saprophytischen Bacterien gehören zunächst die wasserbewohnenden Formen, an deren Spitze die überall verbreitete morphologisch am höchsten stehende *Cladothrix dichotoma* zu nennen ist. Ihre feinen aus stäbchenförmigen Zellen bestehenden, unecht verzweigten festsitzenden Fäden bilden schleimige Ueberzüge an Algen, Steinen, Holzwerk in unreinen Gewässern. Die Vermehrung geschieht durch cilientragende Schwärmzellen, die durch Theilung aus den Fadenzellen entstehen und durch Verquellen der Fadenscheide frei werden (Fig. 227). Nach dem Schwärmen setzen sich die Zellen fest und wachsen zu neuen Fäden heran.

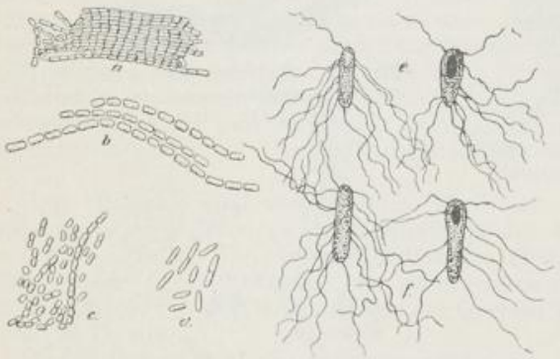


Fig. 230. Gährungsbacterien. *a—c* Essigbacterien. *a* Bacillus aceti. *b* Bac. Pasteurianus. *c* Bac. Kützigianus. *d* Bac. acidi lactici, Milchsäurebacillus. *e* Clostridium butyricum, Buttersäurebacterie. *f* Plectridium paludosum, Gährungsbacterie aus Sumpfwasser. Vergr. 1000. Aus A. Fischer, Vorles. üb. Bact.

Sehr häufig ist ferner der Brunnenfaden, *Crenothrix Kühniana*, aus unverzweigten festsitzenden, aber leicht zerbrechlichen Fäden bestehend. Er entwickelt sich oft in solchen Massen in Wasserleitungen, dass die Röhren sich verstopfen und das Trinkwasser ungeniessbar wird. Bei Crenothrix zerfallen die Fadenzellen in der Scheide durch Theilung in zahlreiche geissellose rundliche Zellen, welche die Vermehrung besorgen.

In Schwefelquellen und am Boden von Gewässern, wo durch Fäulniss organischer Stoffe Schwefelwasserstoff auftritt, siedeln sich die zahlreichen Schwefelbacterien an, unter denen die fadenförmige *Beggiatoa alba* am verbreitetsten ist. Die Schwefelbacterien oxydiren den Schwefelwasserstoff zu Schwefel und speichern diesen in Form von rundlichen Körnchen in ihren Zellen.

Die in Wiesensümpfen und Bächen häufige fadenförmige *Leptothrix ochracea* oxydirt dagegen als sogen. Eisenbacterie kohlensaures Eisenoxydul zu Eisenoxydhydrat, das in den Fadenscheiden aufgespeichert wird.

Zu den saprophytischen Bacterien gehören ferner die zymogenen oder Gährungsbacterien und die saprogenen oder Fäulnissbacterien. Erstere oxydiren oder vergähren hauptsächlich Kohlehydrate, letztere dagegen spalten stickstoffhaltige thierische und pflanzliche Substanzen, Eiweiss, Fleisch etc. unter Abscheidung übelriechender Gase.

So vermittelt *Leuconostoc mesenterioides* (Fig. 229) die Schleimgährung des Rübenzuckers. Es bildet grosse Froschlaich ähnliche Schleimklumpen, indem die rosenkranzartigen Zellketten sich mit Gallerthüllen umgeben. Die *Essigbacterien* (Fig. 230 *a, b, c*) oxydiren den Alkohol zu Essigsäure. Die Vergährung von Zucker zu Milchsäure wird durch die Stäbchen des *Bacillus acidi lactici* (Fig. 230 *d*) bewirkt, die Bildung von

Buttersäure aus verschiedenen Kohlehydraten bei Abschluss von Sauerstoff durch *Clostridium butyricum* (Fig. 230 *e*) vermittelt, während gewisse Sumpfbacterien (Fig. 230 *f*) die Vergährung der Cellulose bei Sauerstoffabschluss zu Methan besorgen. Der häufigste Fäulnisserreger auf Fleisch, Eiweiss etc. ist *Bacillus vulgaris*.

Von den zahlreichen pathogenen Bacterien, deren schädliche Einwirkung auf die Gewebe und das Blut des thierischen und menschlichen Körpers durch Abscheidung von giftigen Substanzen, Toxinen, bedingt ist, sind als wichtigste Erreger von Infectionskrankheiten folgende zu nennen:

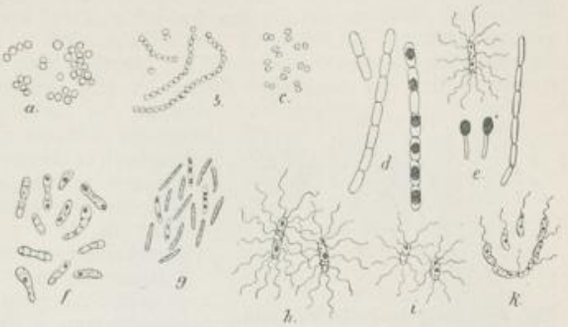


Fig. 231. Pathogene Bacterien. *a* Eitercoccen. *b* Erysipelcoccen. *c* Trippercoccen. *d* Milzbrandbacillen. *e* Starrkrampfbacillen. *f* Diphtheriebacillen. *g* Tuberkelbacillen. *h* Typhusbacillen. *i* Colonbacillen. *k* Cholerabacillen. Vergr. ca. 1500. Aus A. Fischer, Vorles. üb. Bact.

Staphylococcus pyogenes (Fig. 231 *a*), regellose oder traubenförmige Haufen von runden Coccen bildend, ist der häufigste Eitererreger, ebenso der regelmässig bei Wundrose oder Erysipel und anderen Eiterungen auftretende, in Ketten wachsende *Streptococcus pyogenes* (Fig. 231 *b*), während *Micrococcus* (*Diplococcus*) *Gonorrhoeae* (Fig. 231 *c* u. 232 *a*), dessen semmelförmige Coccen paarweise neben einander liegen, den Tripper verursacht. Im Blut und in den Organen milzbrandiger Thiere findet sich der durch R. Koch bekannt gewordene *Bacillus Anthracis* (Fig. 231 *d*, 232 *c*), dessen relativ grosse Stäbchen auch in kurzen Ketten vor-

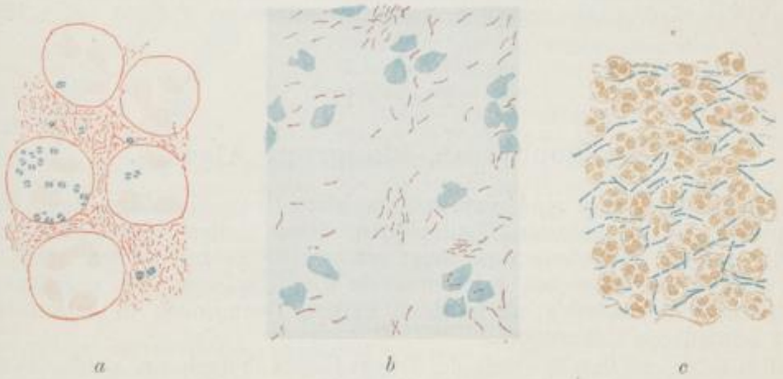


Fig. 232. Färbungspräparate aus Ziegler's Lehrbuch d. allg. Pathologie.

a Trippercoccen im Trippersecret, Schleim und Eiterkörperchen mit Coccen (Methylenblau-Eosin). Vergr. 700. — *b* Tuberkelbacillen im Sputum eines Lungenkranken (Fuchsin-Methylenblau). Vergr. 400. — *c* Milzbrandbacillen in Milzbrandpustel (Methylenblau-Vesuvin). Vergr. 350. Aus A. Fischer, Vorles. üb. Bact.

kommen und in Culturen reichlich Endosporen ähnlich wie der Heubacillus bilden. Der im Erdboden verbreitete *Bacillus Tetani* (Fig. 231 *e*) ist der Erreger des Wundstarrkrampfes. Seine geraden peritrich begeisselten Stäbchen wachsen nur in den Wunden selbst; sie bilden die Sporen in ihren keulig angeschwollenen Enden.

Der LÖFFLER'sche *Bacillus Diphtheriae* (Fig. 231 *f*) besteht aus kleinen zuweilen kolbig an den Enden verdickten Stäbchen, der KOCH'sche *Bacillus tuberculosis* (Fig. 231 *g*, 232 *b*), der sich in allen tuberculösen Organen und Secreten, im Sputum, findet, ist ein schlankes, leicht gekrümmtes Stäbchen. Der Unterleibtyphus wird durch die peritrich begeisselten Stäbchen des *Bacillus typhi* (Fig. 231 *h*) verursacht. Die grösste Aehnlichkeit mit letzteren hat der meist unschädliche, stets im Darm des Menschen anwesende Kolonbacillus, *Bacillus coli* (Fig. 231 *i*). Ebenfalls durch R. KOCH entdeckt wurde der Kommabacillus der asiatischen Cholera, *Vibrio cholerae* (Fig. 231 *k*). Derselbe findet sich nur im Darm in Form kurzer, schraubig gekrümmter Stäbchen mit polarer Einzelgeissel, nicht selten auch in längeren Schraubenketten. *Spirochaete Obermeieri* endlich, lange zarte geissellose aber dennoch lebhaft bewegliche Schraubenfäden vorstellend, vegetirt als Erreger des Recurrensfiebers im Blute während der Fieberanfälle.

Fig. 233. Salpeterbacterien nach WINOGRADSKY. *a* Nitrosomonas europaea von Zürich. *b* Nitrosomonas javanensis von Java. *c* Nitrobacter aus Quito. Vergr. 1000. Aus FISCHER, Vorles. üb. Bacterien.

Ausser diesen bösartigen Parasiten giebt es aber auch zahlreiche, mehr oder weniger harmlose, auf den Schleimhäuten, in der Mundhöhle (Fig. 4), im Darm lebende Arten, so z. B. die im Magen und Darm des Menschen auftretende *Sarcina ventriculi*, welche aus würfelförmigen Klumpen von Coccen besteht.

Sehr eigenartigen Stoffwechsel besitzen die unter dem Namen *Bacillus radicicola* (= Rhizobium Leguminosarum) zusammengefassten Bacterien, welche in den Wurzelknöllchen der Leguminosen leben und wie auch gewisse Bodenbacterien den freien Stickstoff assimiliren (vgl. S. 177).

Ausser den saprophytischen und parasitischen Formen giebt es aber auch gewisse Bacterien, welche, trotzdem sie kein Chlorophyll enthalten, ganz selbstständige Ernährung aus anorganischen Verbindungen aufweisen. Es sind dies die im Boden lebenden Nitritbacterien *(Nitrosomonas)* und Nitratbacterien *(Nitrobacter)*, die Ammoniak zu salpetriger Säure und diese zu Salpetersäure oxydiren und als Kohlenstoffquelle die Kohlensäure benutzen, also gänzlich ohne organische Substanzen auskommen (Fig. 233, vgl. S. 166).

Klasse IV.

Cyanophyceae, Blaugrüne Algen (7).

Die Cyanophyceen sind einfach organisirte, theils einzellige, theils fadenförmige, blaugrün gefärbte Thallophyten, deren Zellen oder Fäden häufig durch Gallerte zu Colonien vereinigt erscheinen. In zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet, bewohnen sie die Gewässer oder vegetiren auf feuchtem Schlammboden, an feuchten Felsen, Baumrinden in gallertartigen oder feinfädigen Ueberzügen.

Ihre Zellen enthalten innerhalb der Zellwand einen Protoplasten, welcher in seiner Differenzirung sich abweichend von demjenigen der übrigen Algen verhält. Man kann in demselben eine peripherische gefärbte Rindenschicht unterscheiden, die als Chromatophor fungirt und ausser Chlorophyll auch einen blaugrünen Farbstoff, das Phycocyan, nach welchem die Gruppe ihren Namen erhalten hat, erhält. Innerhalb der gefärbten Zone liegt der farblose Centralkörper, der vielleicht einem Zellkern entspricht. Indessen sind die für typische Kerne charakteristischen Structuren und Theilungsfiguren, mit Sicherheit wenigstens, nicht nachzuweisen. In der Zelle, namentlich in der peripherischen Zone treten verschiedenartige Granulationen auf (Cyanophycinkörner, Centralkörner), denen wohl die Rolle als Reservestoff zukommt.

Die Vermehrung geschieht ausschliesslich auf rein vegetativem Wege durch Zelltheilung. Bei vielen werden Sporen als Dauerzustände gebildet durch Vergrösserung und starke Wandverdickung einzelner Zellen (Fig. 236).

Wie die Bacterien als Spaltpilze, Schizomyceten, so wurden die blaugrünen Algen als Spaltalgen, Schizophyceen, in Folge ihrer Vermehrung durch Theilung oder Spaltung bezeichnet. Beide Gruppen wurden zu einer Klasse der Spaltpflanzen, Schizophyta, vereinigt; indessen ist die Ableitung der Bacterien von den Spaltalgen zweifelhaft, die Geisseln und Endosporen der ersteren fehlen den letzteren.

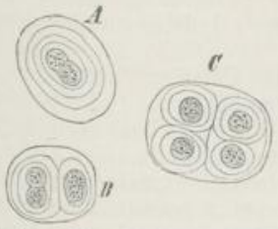


Fig. 234. Gloeocapsa polydermatica. *A* Beginn der Theilung. *B* links kurz nach der Theilung. Vergr. 540.

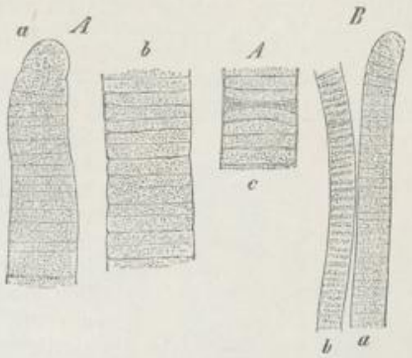


Fig. 235. *A* Oscillaria princeps, *a* Endzelle, *b*, *c* Stücke aus dem Innern des Fadens. In *c* ist eine abgestorbene Zelle zwischen den lebenden zu sehen. *B* Osc. Froelichii. Vergr. 540.

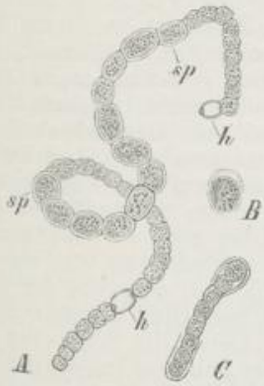


Fig. 236. Nostoc Linckii. Im Wasser freischwimmende Art. *A* Fadenstück mit zwei Heterocysten *h* und einer grösseren Zahl von Sporen *sp*. *B* isolirte Spore, die Keimung beginnend. *C* junger Faden aus der Spore hervorgegangen. Vergr. 650. Nach Bornet.

Die einfachsten Cyanophyceen bestehen aus blaugrünen rundlichen Zellen, so die Arten der Gattung *Chroococcus*. Bei *Gloeocapsa* (Fig. 234), deren Arten meist in gallertigem blaugrünem Ueberzuge an feuchten Felsen und Mauern auftreten, bleiben die Zellen nach der Theilung durch geschichtete Gallerthüllen zu mehrzelligen Colonien verbunden.

Unter den fadenförmigen Arten sind die überall im Wasser oder auf Schlammboden häufigen *Oscillaria*-Arten die einfachsten, da sich hier die meist von einer dicken Scheide eingeschlossenen Fäden aus gleichartigen scheibenförmigen Zellen zusammensetzen (Fig. 235). Die Fäden zergliedern sich in kurze Fadenstücke, Hormogonien, die durch den Druck der Scheide nach aussen gelangen und zu neuen Fäden heranwachsen.

Bei anderen fadenförmigen Cyanophyceen kommt es zur Ausbildung von besonderen Zellen, Grenzzellen oder Heterocysten, mit degenerirtem Zellinhalt, deren Bedeutung nicht aufgeklärt ist, so z. B. bei den *Nostoc*-Arten (Fig. 236), deren rosenkranzähnliche Fäden durch Gallerte in rundlichen oder unregelmässigen Colonien, auf feuchtem Boden oder in Wasser lebend, verbunden bleiben.

Manche Cyanophyceen betheiligen sich an der Zusammensetzung der aus Pilzen und Algen bestehenden Flechten. Einige Arten leben endophytisch in Gewebehöhlungen anderer Pflanzen, so *Anabaena* in *Azolla*, *Nostoc*-Arten in gewissen *Lebermoosen*, in *Wasserlinsen* (*Lemna*), in den Wurzeln von *Cycas* und *Gunnera*.

Klasse V.

Diatomeae, Kieselalgen (5).

Die Diatomeen bilden eine ungemein reichhaltige Klasse von einzelligen Algen, welche theils im süssen 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, aus Poren ausgeschiedenen Gallertstielchen fest sitzend (Fig. 237). Bei anderen Formen bleiben die Zellen in Bändern oder Zickzackketten durch kurze Gallertstiele oder Polster vereinigt oder sie 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 dcm 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*). Die Zelle bietet daher zwei verschiedene Ansichten dar, je nachdem man sie von der Schalenseite (Fig. 3 *A*) oder von der Gürtelseite (Fig. 3 *B*) betrachtet. Beide Schalenhälften enthalten meist viel Kieselsäure, die beim Glühen der Zelle auf einem Glimmerplättchen 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 oder auch mit Höhlungen oder mit offenen Porencanälen durchsetzt, und bei manchen (Fig. 3) verläuft über die Schalenseite 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 rückwärts strömendes Plasmaband zurückgeführt wird (vgl. S. 207). 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 zahlreiche kleinere Chromatophoren

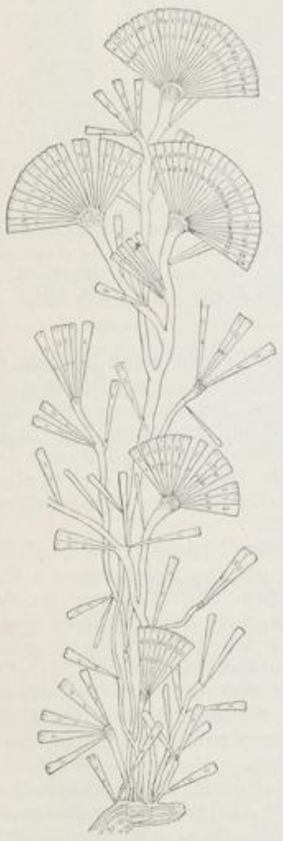


Fig. 237. Licmophora flabellata. Diatomeen-Kolonie mit verzweigten Gallertstielen. Nach Smith, aus Goebel, Organographie.

von braungelber Farbe. Diese sogen. Endochromplatten enthalten ausser dem grünen Chorophyllfarbstoff 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 wachsthumsfähig 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.

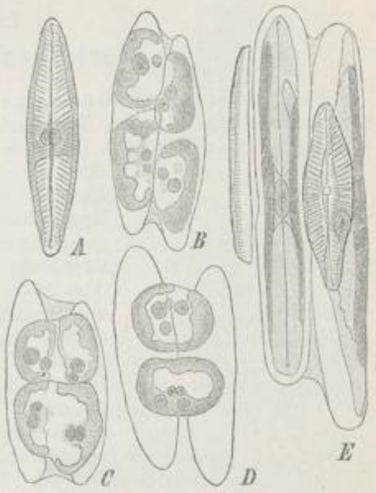


Fig. 238. Auxosporenbildung von Navicula viridula. *A* Zelle von der Schalenseite. *B* zwei Zellen neben einander liegend, ihr Inhalt in je zwei Tochterzellen mit zwei Kernen getheilt. *C, D* paarweise Copulation der Tochterzellen zu zwei anfangs vierkernigen Auxosporen. *E* Die beiden herangewachsenen Auxosporen. Von den vier Kernen einer jeden sind die zwei grösseren zu einem verschmolzen, die beiden kleineren aufgelöst. Vergr. 500. (Nach Karsten.)

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. 238): 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[9], d. h. der an der Meeresoberfläche frei schwimmenden Lebewelt. Die Planktondiatomeen sind mit besonderen Schwimm- und Schwebeeinrichtungen versehen, oft mit hornförmigen Fortsätzen oder Membranflügeln ausgestattet, welche an die Flugvorrichtungen der Samen erinnern. Es sind lauter Formen ohne Mittelnaht oder Raphe auf der Schalenseite.

Viele Diatomeen siedeln sich mit Vorliebe an Stellen an, wo verwesende Substanzen reichlich vorhanden sind. Solche Arten können zu saprophytischer Lebensweise übergehen. Ihre Chromatophoren erleiden dabei eine bedeutende Verkleinerung und eine Entfärbung. Für einige marine farblose Nitzschia-Arten ist sogar ausschliessliche Ernährung von

organischen Substanzen und vollständige Reduction der Chromatophoren und Farbstoffe nachgewiesen[10].

In fossilem Zustande finden sich die Kieselschalen der Diatomeen als Hauptbestandtheil 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 ʔ-förmig gekrümmte Schalenseite bei starker Vergrösserung rechts und links von der Mittelnaht ein sehr feines Gitterwerk, aus sechsseitigen, aussen und innen wahrscheinlich durch Poren geöffneten Kammern zusammengesetzt, erkennen lässt.

Klasse VI.

Peridineae, Peridineen[9, 11].

Die Peridineen sind einzellige Thallophyten, 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. 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. 239). 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.

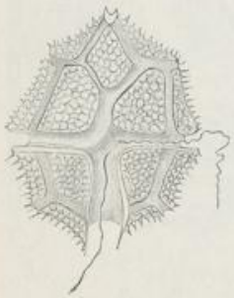


Fig. 239. Peridinium bipes von der Bauchseite gesehen. Vergr. 750. Nach SCHILLING.

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 VII.

Conjugatae, Conjugaten[12].

Die Conjugaten bilden eine formenreiche, 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. In den einzelligen Formen zeigen sie gewisse Aehnlichkeiten mit den Diatomeen.

1. Die ***Desmidiaceen*** umfassen die einzelligen Formen; sie gehören mit zu den zierlichsten Algen und weisen ebenso wie die Diatomeen eine ungemeine Mannichfaltigkeit

der Gestalt auf (Fig. 241 u. 242). 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 Platten zusammengesetztes Chromatophor mit einigen Pyrenoiden oder Stärkeheerden; in der

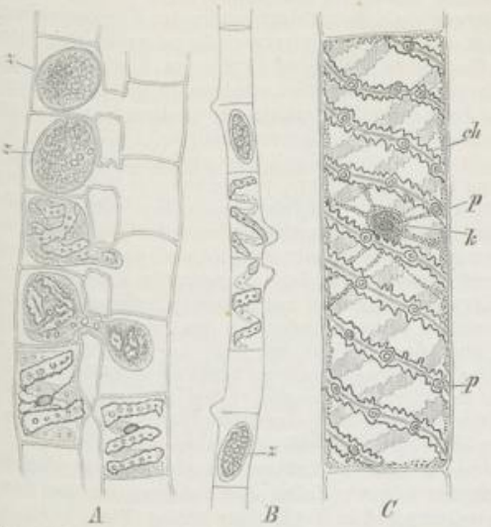


Fig. 240. *A* Copulation von Spirogyra quinina. *z* Zygosporen. Vergr. 240. *B* desgl. von Sp. longata. Vergr. 150. *C* Zelle von Sp. jugalis. *k* Kern, *ch* Chromatophor, *p* Pyrenoide oder Amylumheerde. Vergr. 256.

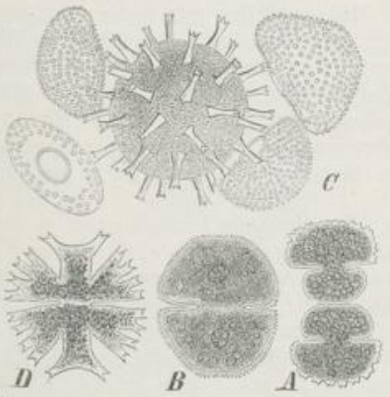


Fig. 241. *A* Cosmarium coelatum in Theilung. *B* Cosmarium Botrytis. *C* desgl. mit fertiger Zygospore. *D* Micrasterias Crux melitensis. Nach Ralfs.

Fig. 242. Closterium moniliferum. *p* Pyrenoide der beiden Chromatophoren, *K* krystallführende Endbläschen. Kern in der Mitte. Vergr. 240.

Mitte der Zelle, in der Einschnürung, ist der Kern gelegen. Die Gesammtform ist sehr verschieden, bald abgerundet eckig (z. B. *Cosmarium*, Fig. 241 *A*, *B*), bald sternförmig (*Micrasterias*, Fig. 241 *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. 242), 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 Desmidieen 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 Mutterzelle heran, indem sie nach der Theilungsfläche zu eine neue Zellhälfte ausbildet (Fig. 242 *A*). Nach Beendigung dieses „Ergänzungswachsthums" trennen sich die Zellen von einander.

Bei den Desmidieen 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. 241 *C*). Neben den reifen Sporen liegen die vier leeren Membranhälften.

2. 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 aus längeren oder kürzeren Zellen bestehenden Fäden wachsen in die Länge durch Theilung und Streckung aller Zellen. Jede Zelle führt in der Mitte einen Kern und ein oder mehrere wandständige, bandförmige spiralige Chromatophoren (Fig. 240 *c*). Bei der Gattung *Zygnema* sind zwei sternförmige vielstrahlige Chlorophyllkörper vorhanden.

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. 240 *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. Aus den conjugirten Protoplasten wird eine sich abrundende, mit dicker Membran umkleidete, dicht mit Fett und rothbraunen Schleimkugeln sich anfüllende Zygospore erzeugt, welche später bei der Keimung zu einem neuen Faden schlauchförmig austreibt. Diese Art der Conjugation bezeichnet man als leiterförmige (Fig. 240 *A*), sie ist den meisten Arten eigenthümlich, während bei anderen Arten sogen. seitliche Conjugation eintritt, indem an ein und demselben Faden je zwei auf einander folgende Zellen durch Austreiben von Fortsätzen in der Nähe der sie trennenden Querwand in Verbindung treten (Fig. 240 *B*).

Klasse VIII.

Chlorophyceae, Grünalgen[13, 14].

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 *Siphoneen* 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 im 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 Thallophyten, 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[15].

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 sind von einer Membran umgeben und enthalten ein oder mehrere grüne Chromatophoren und einen Zellkern. Die Vermehrung geschieht bei den einfachsten Formen nur durch Theilung auf vegetativem Wege, bei den meisten aber werden ungeschlechtliche, mit zwei Cilien versehene Schwärmsporen 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, Eudorina und Volvox, findet Eibefruchtung statt.

Die einfachsten Formen stellen freilebende Zellen, meist von rundlicher Gestalt, dar, die sich nur durch Theilung vermehren. So verhält sich z. B. die in ökologischer Hinsicht interessante Gattung *Chlorella*, deren kleine grüne Zellen symbiotisch in dem Plasma von Infusionsthierchen, in den Zellen von Hydra viridis, Spongilla fluviatilis und anderen niederen Thieren leben.

Zellfamilien einfachster Art, aus je vier Zellen zusammengesetzt, sind der Gattung *Scenedesmus* eigenthümlich. Die häufigste in allen Gewässern verbreitete

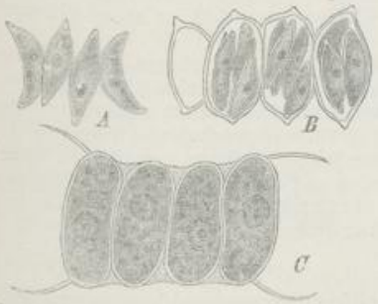


Fig. 243. *A* Scenedesmus acutus. *B* Desgl., in Theilung. *C* Scenedesmus caudatus. Vergr. 1000. Nach Senn.

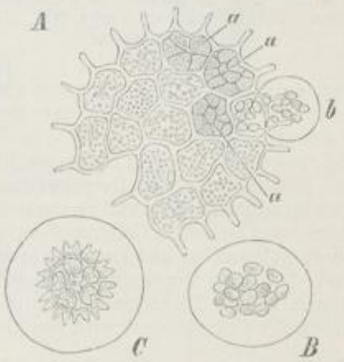


Fig. 244. Pediastrum granulatum. *A* alte Zellfamilie, entleert bis auf die drei Zellen *a*, die Zelle *b* entlässt 16 Schwärmzellen. *B* Zellfamilie nach der Geburt. *C* Zellfamilie $4^1/_2$ Stunden später. Vergr. 300. Nach Al. Braun.

Art, *Sc. acutus*, hat spindelförmige Zellen, während *Sc. caudatus* an den Endzellen sich durch vier lange hornförmige Membranfortsätze auszeichnet (Fig. 243). Jede Zelle theilt sich der Länge nach in vier Tochterzellen, welche die alte Membran verlassen und eine neue Familie bilden.

Während Scenedesmus sich nur durch Theilung vermehrt, findet dagegen bei *Pediastrum* (Fig. 244), dessen Zellen zu zierlichen freischwimmenden tafelförmigen Zellfamilien verbunden sind, Bildung ungeschlechtlicher Schwärmsporen statt, 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. 244 *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.

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 Plasmacilien (meist zwei) hervor strecken, mittels deren sie frei umher schwimmen. Sie beharren somit während ihres vegetativen Daseins auf dem Stadium, das die meisten Protococcoideen als Schwärmsporen vorübergehend einnehmen. Zu den einfachsten Volvocaceen gehört die Gattung *Sphaerella* (= *Haematococcus*), deren wenige Arten theils in Wasserlachen verbreitet auftreten (besonders *S. pluvialis*) und dieselben in Folge des Hämatochromgehalts 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. 245 *A*) und zwei Cilien. Die ungeschlechtliche Vermehrung vollzieht sich durch Theilung der Zellen in vier ausschwärmende Tochterzellen (*B*), die geschlechtliche Fortpflanzung dagegen durch paarweise Copulation von kleineren zweiciligen Planogameten, welche in grösserer Zahl (32 oder 64) aus einer Zelle durch Theilung entstehen, zu einer dickwandigen Zygote (*C*–*G*).

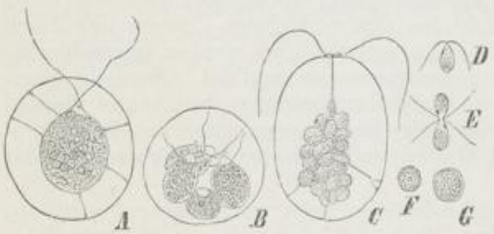


Fig. 245. *A*—*B* Sphaerella pluvialis. *A* schwärmende Zelle. *B* Bildung der Schwärmsporen. Vergr. 360. *C*—*G* Sphaerella Bütschlii. *C* Gametenbildung. Vergr. 400. *D* Gamet. *E* Copulation zweier Gameten. *F*, *G* Zygoten. Vergr. 800. *C*—*G* nach Blochmann.

Bei *Volvox* [16] dagegen, die als höchst stehende Form der ganzen Ordnung betrachtet werden kann und freischwimmende hohlkugelförmige Colonien bildet, sind die Geschlechtszellen in Eier und Spermatozoiden differenzirt. Die Eizellen entstehen durch Vergrösserung einzelner Coloniezellen, sind gross, grün, unbeweglich und von Gallerte umgeben, während die viel kleineren langgestreckten, hellgelben Spermatozoiden an ihrem schmalen farblosen Vorderende 2 lange Cilien tragen und durch Theilung von Coloniezellen in zahlreiche Tochterzellen entstehen. Nach der Copulation mit einem Spermatozoid im Innern der Coloniekugel wird die Eizelle zu einer derbwandigen ruhenden Oospore.

2. Ordnung. Confervoideae.

Die Confervoideen bezeichnen den einzelligen Protococcoideen 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 (Fig. 246 *A*) oder schwimmen frei. Bei der im Meere lebenden Gattung *Ulva* (*Ulva lactuca*, *Meersalat*) besteht der Thallus aus grossen blattartigen grünen Zellflächen (Fig. 5, 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 Hämatochromgehalts roth erscheinen und die einen veilchenartigen Geruch besitzt (Veilchenstein).

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung vollzieht sich bei den Confervoideen durch Bildung von cilientragenden Schwärmsporen. Daneben können auch ungeschlechtliche ruhende Dauersporen auftreten.

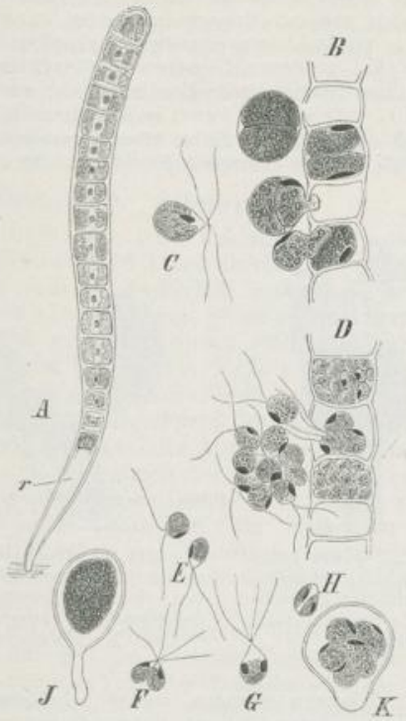


Fig. 246. Ulothrix zonata. *A* junger Faden mit Rhizoidzelle *r*. Vergr. 300. *B* Fadenstück mit ausschlüpfenden Schwärmsporen, zu zwei in jeder Zelle. *C* einzelne Schwärmspore, *D* Gametenbildung und Entleerung eines Fadenstücks. *E* Gameten. *F*, *G* Copulation der Gameten. *H* Zygote. *J* Zygote nach der Ruheperiode. *K* Zygote, deren Inhalt in Schwärmsporen sich getheilt hat. *B*—*K* Vergr. 482, nach Dodel.

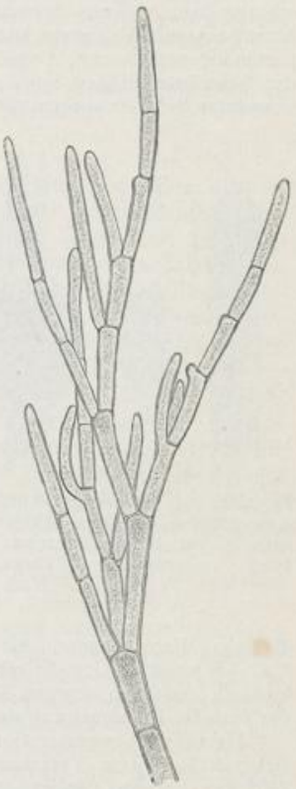


Fig. 247. Stück einer Cladophora glomerata. Vergr. 48.

Die geschlechtliche Fortpflanzung besteht entweder in Copulation von Planogameten oder es sind die Geschlechtszellen in ruhende Eizellen und bewegliche Spermatozoiden differenzirt.

Ulothrix zonata (Fig. 246 *A*) und *Cladophora glomerata* (Fig. 247) sind zwei der häufigsten Fadenalgen. Erstere besteht aus unverzweigten, mit einer Rhizoidzelle festsitzenden Fäden ohne ausgesprochenes Spitzenwachsthum; ihre kurzen Zellen enthalten einen Zellkern und ein bandförmiges, die Zellen fast vollständig auskleidendes Chromatophor. Cladophora dagegen bildet bis fusslange festsitzende Büschel aus verzweigten Fäden mit Spitzenwachsthum. Die Verzweigung vollzieht sich aus den oberen Enden

der langgestreckten, zahlreiche Kerne (Fig. 61) und zahlreiche polygonale Chromatophoren enthaltende Zellen. Beide Arten sind isogam.

Bei *Ulothrix zonata*[17, 18] (Fig. 246) geschieht die ungeschlechtliche Fortpflanzung 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 ausschlüpfen (*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 gameten-

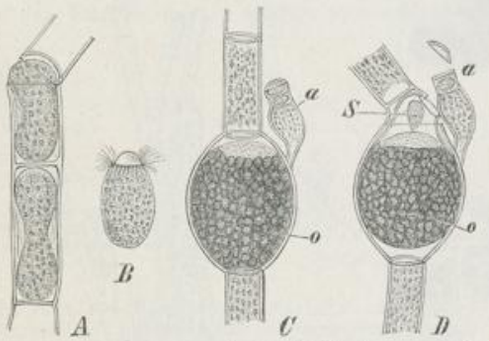


Fig. 248. *A*, *B* Oedogonium. *A* Schwärmsporen beim Ausschlüpfen. *B* freie Schwärmspore. *C*, *D* Oed. ciliatum. *C* vor der Befruchtung. *D* während der Befruchtung. *o* Oogonien. *a* Zwergmännchen, *s* Spermatozoid. Vergr. 350. Nach Pringsheim.

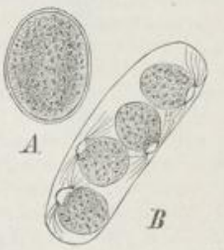


Fig. 249. Bulbochaete intermedia. *A* Oospore. *B* Bildung von vier Schwärmsporen aus der keimenden Oospore. Vergr. 250. Nach Pringsheim.

ähnliche 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.

Als Beispiel oogamer Confervoideen sei die Gattung *Oedogonium*[19] genannt, an die sich mit ähnlichem Verhalten *Bulbochaete* 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. 248 *B*) sind bei Oedogonium besonders gross, haben ein aus Kinoplasma bestehendes, farbloses Vorderende, an dessen unterm Rande zahlreiche Cilien in Form eines Kranzes entspringen. Sie entstehen in Einzahl aus dem ganzen Inhalt einer Fadenzelle (Fig. 248 *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 Empfängnissfleck 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. 249 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 wenigen Zellen bestehenden Pflänzchen, sogen. „Zwergmännchen" erzeugt. Diese Pflänzchen entwickeln sich aus ungeschlechtlichen Schwärmsporen (Androsporen), welche sich nach dem Ausschwärmen 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. 248 *C* zeigt ein reifes Zwergmännchen auf einem noch geschlossenen Oogonium, *D* den Eintritt der Befruchtung, das Spermatozoid auf dem Empfängnissfleck bei *Oedogonium 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 Hyphomyceten 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* (18) (mit einer kosmopolitischen Art *B. granulatum*) dargestellt. Diese Alge wächst auf feuchtem Lehmboden an der Luft und bildet heerdenweise grüne etwa 2 mm dicke Bläschen, deren Basis sich in ein chromatophorenfreies, im Substrat steckendes verzweigtes fädiges Rhizoidsystem fortsetzt (Fig. 250 *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 ausschlüpfende Schwärmsporen zertheilt. Die Schwärmsporen (Fig. 250 *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, mit meist

unverzweigtem Rhizoid und nur einem einzigen netzförmigen Chromatophor. Diese Art erzeugt Planogameten, welche paarweise zu sternförmigen ruhenden Zygoten copuliren (Fig. 250 *e*).

Oogamie tritt unter den Siphoneen bei der Gattung *Vaucheria* [20] auf, deren Arten einen

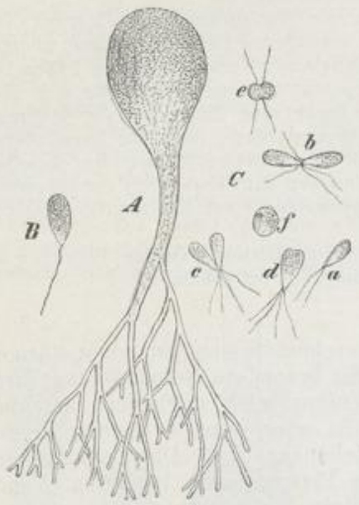


Fig. 250. *A* und *B* Botrydium granulatum. *A* ein freigelegtes Pflänzchen mittlerer Grösse. Vergr. 28. *B* eine Schwärmspore mit Jodlösung fixirt. Vergr. 540. *C* Protosiphon botryoides. Planogameten und zwar bei *a* ein einzelner Planogamet, bei *b* zwei Planogameten in der ersten Berührung, bei *c*, *d* und *e* in seitlicher Verschmelzung, bei *f* die Zygospore. Vergr. 540.

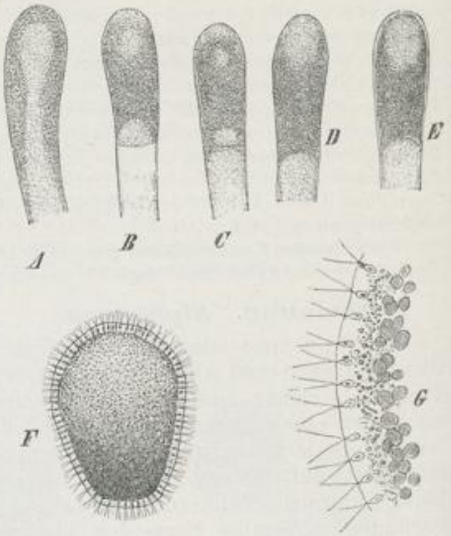


Fig. 251. Vaucheria sessilis. *A*, *B* Anlage der Sporangien. *C*, *D*, *E* Ausbildung der Schwärmsporen. Vergr. 95. *F* Schwärmspore. Vergr. 25. *G* ein Stück der äusseren farblosen Plasmaschicht, dem vorderen Ende der Schwärmspore entnommen. Vergr. 950.

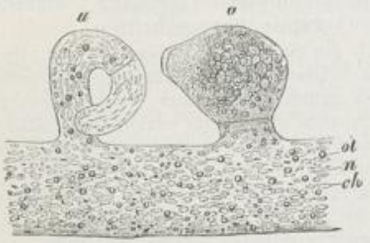


Fig. 252. Vaucheria sessilis forma repens. Fadenstück mit Oogonium *o*, Antheridium *a*; *ch* Chromatophoren, *n* Zellkerne, *ol* Oeltropfen. Vergr. 240.

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 anderer Weise als bei Botrydium. Einzelne Zweigenden schwellen zur Bildung des Sporangiums etwas an und grenzen dasselbe mit einer Querwand ab (Fig. 251 *A*—*E*). Der ganze Inhalt der Endzelle verwandelt sich nun in eine einzige sehr grosse grüne, mit blossem 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 Gesammtheit 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 durch eine Scheidewand abgegrenzt werden (Fig. 252 *o* und *a*). Die Oogonium-Anlage

enthält nach OLTMANNS 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 schnabelartige, mit farblosem Plasma angefüllte Vorstülpung, an welcher das Oogonium geöffnet wird, während sich die Eizelle abrundet. 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 farblosen Spermatozoiden herausschwärmen, um an dem farblosen Empfängnissfleck des Oogoniums sich anzusammeln. Ein Spermatozoid dringt ein und vollzieht die Befruchtung durch Verschmelzung seines Kerns mit dem Eikern. Die befruchtete Eizelle umgiebt 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* (21) eine kriechende, an

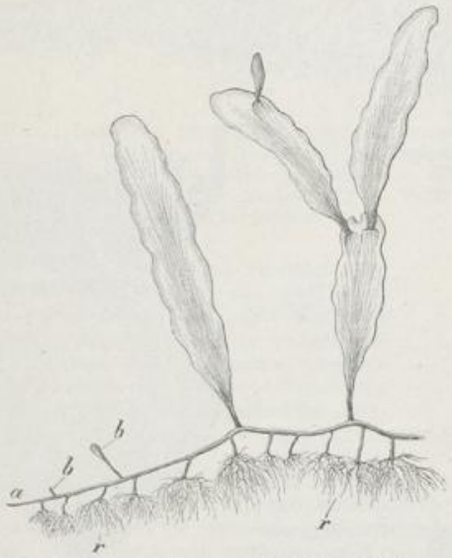


Fig. 253. Caulerpa prolifera. Die feinen Linien auf den Thallusblättern bezeichnen die Plasmaströmungen. *a* fortwachsende Spitze der Thallusachse, *bb* junge Thalluslappen, *r* Rhizoide. 1/2 nat. Gr.

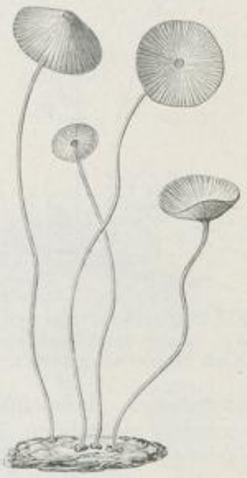


Fig. 254. Acetabularia mediterranea, Kalkalge. Nat. Grösse.

der Spitze fortwachsende Hauptachse, welche nach unten reichverzweigte 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. 253) sind diese Lappen blattartig, von begrenztem Wachsthum und häufig proliferirend. Dabei umschliesst die ganze Pflanze nur einen einzigen Zellraum, welcher von netzförmig verbundenen Zellstoffbalken durchsetzt wird.

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* (22) mit gestieltem schirmförmigem Thallus (Fig. 254). Der dünne Stiel sitzt im Substrat mittels einiger Rhizoide fest. Der Hut besteht aus dicht zu einer Fläche zusammenschliessenden, von der Stielspitze ausstrahlenden schlauch-

förmigen 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 IX.

Phaeophyceae, Braunalgen [13, 23].

Mit Ausnahme einiger weniger Süsswasserarten sind die zahlreichen Brauntange fest sitzende Meeresalgen, die ihre grösste Entwicklung in den kälteren Oceanen erreichen. In der Gestalt des Thallus herrscht eine

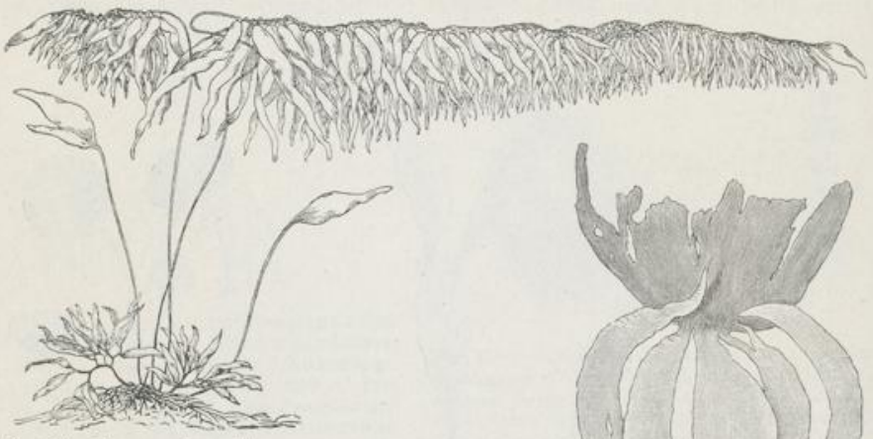


Fig. 256. Macrocystis pyrifera Ag. Sehr stark verkleinert. Nach HOOKER und HARVEY.

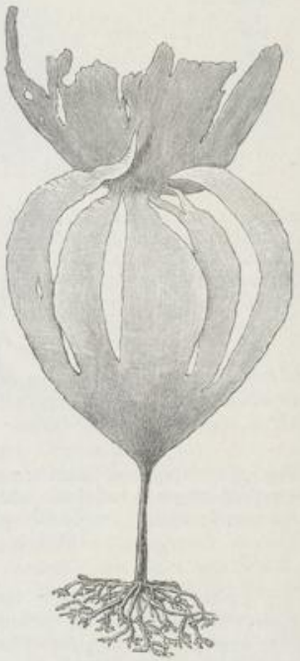


Fig. 255. Laminaria digitata. forma Cloustoni. Nordsee. Auf 1/3 verkleinert. Officinell.

ungemeine Mannichfaltigkeit. Abgesehen von einigen einzelligen Formen gleichen die einfachsten Vertreter (z. B. die Gattung *Ectocarpus*) im Bau des Thallus den Confervoideen, 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), oder mit bandförmig abgeplattetem, dichotomisch verzweigtem vielzelligem Thallus (z. B. *Dictyota*, Fig. 8). Diese Vertreter wachsen an ihren Thallusenden vielfach mittels grosser Scheitelzellen weiter (Fig. 7 und Fig. 161). 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. 255) besitzt das handförmig getheilte Thallusblatt ein sehr eigenartiges Wachsthum, indem es an seiner Basis eine intercalare wachsthums-

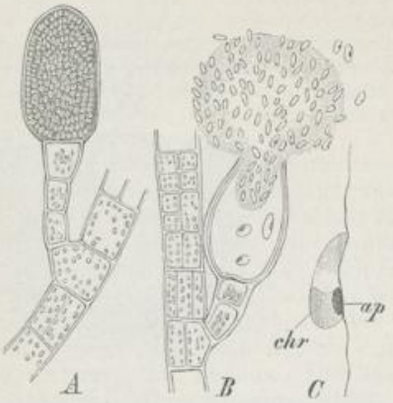


Fig. 257. Cladostephus verticillatus, Schwärmsporenbildung. *A* geschlossenes Sporangium. Vergr. 280. *B* Entleerung der Sporen. Vergr. 280. *C* einzelne Schwärmspore mit rothem Augenpunkt *ap* und gelbem Chromatophor *chr*. Vergr. ca. 2000. Nach PRINGSHEIM.

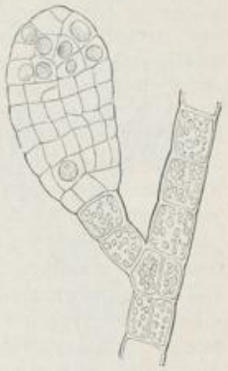


Fig. 258. Cladostephus verticillatus. Theilweise entleertes Gametangium. Vergr. 500. Nach PRINGSHEIM.

fähige 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 ebenfalls sich jährlich erneuendem Thallusblatt 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. 256); 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.

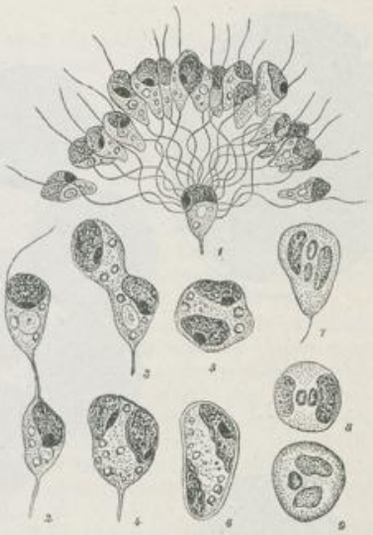


Fig. 259. Ectocarpus siliculosus. *1* Weiblicher Gamet von vielen männlichen Gameten umgeben, von der Seite gesehen. *2—5* Verschmelzung der Gameten. *6* Keimling nach 24 Stunden. *7—9* Vereinigung der Zellkerne bei der Copulation, nach fixirtem und gefärbtem Material. *1—5* nach BERTHOLD, *6—9* nach OLTMANNS.

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 Blasentang, mit rundlichen luftführenden Blasen in dem schwarzbraunen bandförmigen, sich gablig verzweigenden Thallus (Fig. 260) und *F. platycarpus* ohne Blasen. Beide sitzen mit Haft-

Fig. 260. Fucus vesiculosus, Blasentang. *b* Blasen, *f* Conceptakelstände. Auf 1/3 verkleinert.

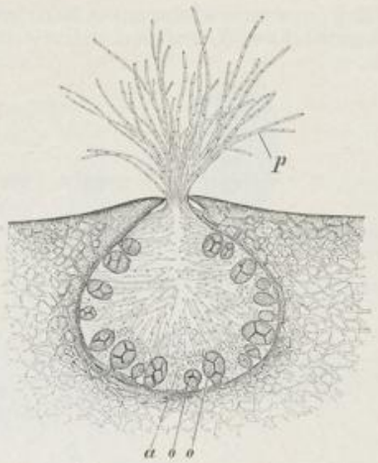


Fig. 261. Fucus platycarpus. Monöcisches Conceptaculum mit Oogonien verschiedenen Alters *o* und Antheridienbüscheln *a*, Paraphysen *p*. Vergr. ca. 25. Nach THURET.

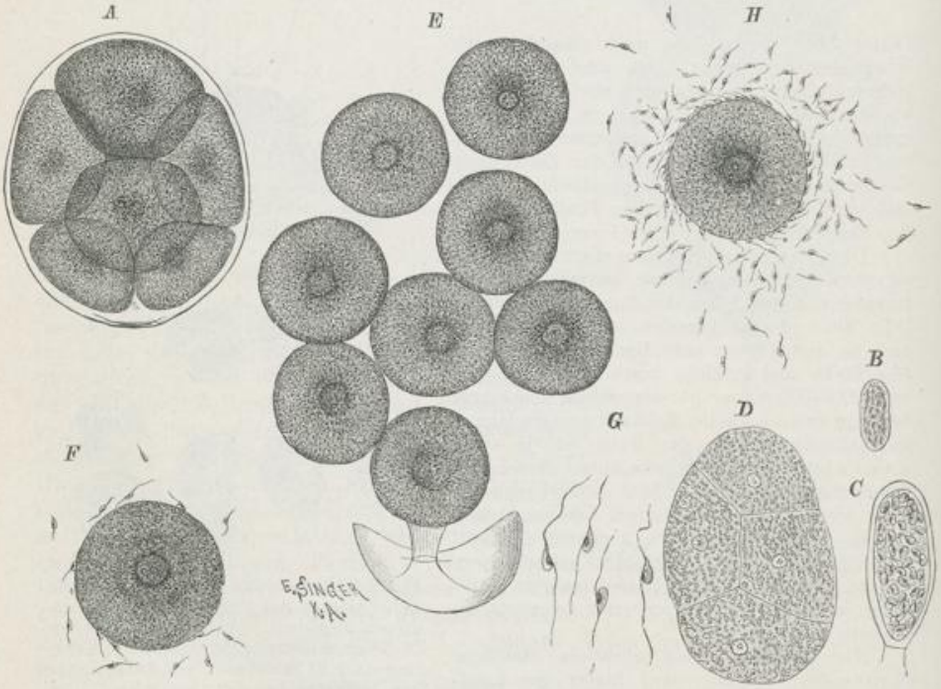


Fig. 262. *A* — *F* Fucus platycarpus. *A* der entleerte Inhalt des Oogoniums, *B* des Antheridiums, von der inneren Membranschicht umgeben. *C* ein Antheridium. *D* Schnitt durch ein Oogonium. *E* entleerte Eier und der Rest der Oogoniumhülle. *F* ein Ei mit anhaftenden Spermatozoiden. *G* und *H* Fucus vesiculosus. *G* Spermatozoiden. *H* ein Ei mit Spermatozoiden. *C* und *G* Vergr. 540, die übrigen Vergr. 240.

scheiben an dem Substrat fest, wachsen gesellig in der Brandungszone; ihr Thallus erreicht über 1 m Länge. Die höchste Gliederung erlangt der Thallus bei den Braunalgen, ja den Algen überhaupt, in der verwandten Gattung *Sargassum* durch 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. 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.

Die Zellen der Phaeophyceen enthalten meist nur einen Zellkern und mehrere oder viele flache scheibenförmige gelbbraune Chromatophoren, welche ausser Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das Phycophaein enthalten und den Algen eine gelbbraune oder dunkelbraune Gesammtfärbung verleihen. Als Assimilationsproduct sind zahlreiche halbflüssige sogen. Fucosankörner nachweisbar, welche wohl zu den Kohlehydraten gehören und nach Hansteen[24] ihren Bildungsheerd an den Chromatophoren haben. Bei den höheren Formen zeigt sich bereits eine ziemlich weitgehende anatomische Differenzirung des Thallus. Die äusseren Zellschichten sind in der Regel als Assimilationsgewebe ausgebildet, die inneren als Speicherzellen. Bei gewissen Arten finden sich axile Zellstränge mit siebröhrenähnlichen Elementen und auch mit echten Siebröhren[25].

Nach der Art der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fortpflanzung zerfallen die Phaeophyceen in drei Ordnungen.

1. Ordnung. *Phaeosporeae*[26].

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. 257).

Ausser den einfächerigen Sporangien werden von den Phaeosporeen auch vielfächerige oder multiloculäre Sporangien erzeugt (Fig. 258). Jede Zelle derselben bildet nur eine, selten mehrere ausschlüpfende Schwärmsporen. Bei einigen Gattungen ist Copulation dieser Schwärmsporen beobachtet worden. Wir haben dieselben demnach als Planogameten und ihre Sporangien als Gametangien zu bezeichnen. Allerdings 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. 259) 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. 259, *1*). Schliesslich verschmilzt ein männlicher Gamet mit dem weiblichen zu einer Zygote (Fig. 259, *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[27].

2. Ordnung. *Fucaceae*[28].

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. 260 *f*). Bei *F. platycarpus* enthalten die Conceptakeln (Fig. 261) sowohl Oogonien als Antheridien, bei *F. vesiculosus* dagegen herrscht Dioecie.

Der Innenwand der Conceptacula entspringen zahlreiche unverzweigte sterile Haare, sogen. Saftfäden oder Paraphysen, die zum Theil als Büschel nach aussen vortreten (Fig. 261 *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. 261 *a* und 262 *C*). Der Inhalt des Antheridiums zerfällt in zahlreiche Spermatozoiden, er wird als Ganzes, von der dünnen inneren Wandschicht umgeben, entleert (Fig. 262 *B*) und entlässt dann die gestreckt eiförmigen, mit zwei verschieden langen seitlichen Cilien und rothem Augenfleck versehenen Spermatozoiden (Fig. 262 *G*). Die Oogonien (Fig. 261 *o*) sind grosse rundliche, auf einzelligem Stiel sitzende gelbbraune Gebilde, deren Zellhaut im Inneren acht grosse, aus der Oogoniummutterzelle durch Theilung entstandene Eizellen umschliesst. Dieselben treten, ebenfalls von einer dünnen Hülle umgeben, aus der aufplatzenden Oogoniumwand heraus (Fig. 262 *A*), die Hülle verquillt am oberen Theil, stülpt sich theilweise zurück und die nackten Eier werden nun frei ins Wasser entleert (Fig. 262 *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. 262 *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 Oltmanns in 8 Kerne, wovon dann in diesen Fällen nur 4, 2 oder 1 zu Eikernen ausgebildet, die übrigen als reducirte befruchtungsunfähige Eikerne bei Seite geschoben werden.

3. Ordnung. Dictyotaceae.

Hierher gehören nur wenige Formen, z. B. *Dictyota dichotoma* (Fig. 8). 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 differenzirt; 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 [29] 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 Fucaceen 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.

Klasse X.

Rhodophyceae, Rothalgen [13, 30].

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 Oceane, besonders der gemässigten und tropischen Zonen. Nur wenige Gattungen (*Batrachospermum* z. B.) wachsen im Süsswasser, am Boden fliessender Gewässer.

Der Thallus der Rothal genweist grosse Mannichfaltigkeit auf. 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 schmäler band-

förmigen und oft reich verzweigten Thallus (z. B. *Chondrus crispus* Fig. 263, *Gigartina mammillosa* Fig. 264). Sodann giebt es Arten, die in Form von Zellflächen dem Boden oder einer anderen Unterlage aufsitzen. Alle Florideen sitzen an der Basis mittels Haftfäden oder Haftscheiben fest. Eine der complicirter gegliederten Formen ist z. B. die *Delesseria* (*Hydrolapathum*) *sanguinea* (Fig. 9) des atlantischen Oceans. Der blattartige zunächst einer Basalscheibe entspringende Thallus ist hier mit Mittel- und Seitenrippen versehen. Im Herbst fallen die Spreiten ab, die Hauptrippen bleiben als Achsen stehen, um im nächsten Frühjahr neue Thallusblätter zu treiben.

Fig. 263. Chondrus crispus. *s* ovale Fruchtkörper im Thallus. 1/2 nat. Gr. — Officinell.

Fig. 264. Gigartina mammillosa. *s* warzenförmige Fruchtkörper. 3/4 nat. Gr. — Officinell.

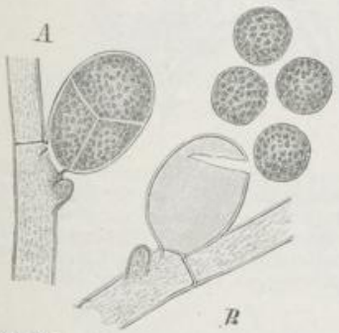


Fig. 265. Callithamnion corymbosum. Tetrasporenbildung. *A* geschlossenes, *B* entleertes Sporangium mit den vier ausgetretenen Tetrasporen. (Nach Thuret.)

Die Familie der *Corallinaceen*, 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 etwa 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 Phycoerythrin, durch den der ebenfalls vorhandene Chlorophyllfarbstoff verdeckt wird. Echte Stärke wird nicht als Assimilationsproduct erzeugt, sondern eine stärkeähnliche Substanz, die Floridеenstärke, in Form von rundlichen, oft geschichteten, mit Jod sich röthlich färbenden Körnchen. Auch Oeltröpfchen kommen vor. 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 einem Sporangium 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. 265). 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 Köpfchen in den Zweigquirlen.

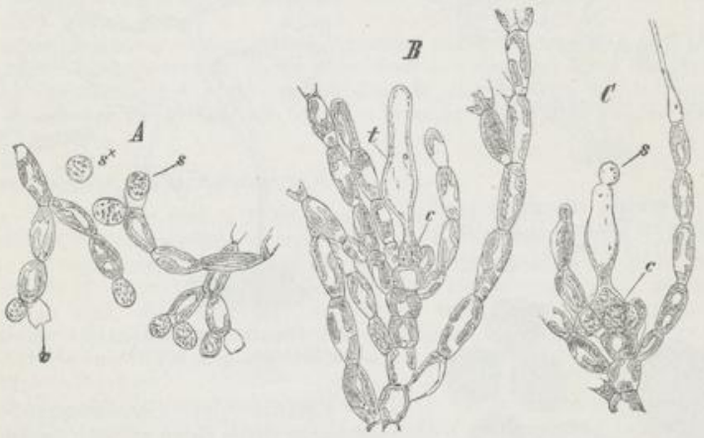


Fig. 266. Batrachospermum moniliforme. *A* einzelne durch Druck isolirte Wirtelzweige mit Antheridien. Bei *s** ein Spermatium, bei *s* ein solches im Augenblick der Entleerung, bei *v* ein leeres Antheridium. *B* ein isolirter Wirtelzweig mit einem noch unbefruchteten Carpogonium. Bei *c* Basaltheil, bei *t* Trichogyn desselben. *C* ein Wirtelzweig mit befruchtetem Carpogonium, *s* ein entleertes mit dem Trichogyn copulirtes Spermatium, beginnende Sprossung aus dem Basaltheile des Carpogons bei *c*. Vergr. 540.

Die Antheridien, auch Spermatangien genannt (Fig. 266 *A*), schliessen meist in Zweizahl die Enden der Wirtelzweige im Glomerulus ab. Jedes Antheridium besteht aus einer einzelnen zartwandigen Zelle, deren gesammtes Plasma bei den Rothalgen meist in die Bildung nur eines einzigen Spermatiums aufgeht. Die Spermatien werden aus der zurückbleibenden Zellhaut (*A v, s*) entleert, sind rundlich, einkernig, anfangs membranlos, später jedoch mit dünner Membran umkleidet, 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. 266 *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 Empfängnissorgan für die Spermatien, die zu einem oder mehreren mit dessen Spitze copuliren (*C*), indem ihr Inhalt durch eine entstehende Oeffnung in den Zellinhalt des Carpogons unter Zurücklassung der entleerten Membran übertritt. Der Zellkern eines Spermatiums be-

fruchtet die Eizelle. Die alsdann vom Trichogyn sich abgrenzende Eizelle wird nun nicht direct zu einer Oospore, in Folge der Befruchtung wachsen vielmehr aus den Seitenflächen des Bauchtheils des Carpogons sich weiter verzweigende Schläuche hervor, die sporogenen Fäden. Zugleich sprossen aus den Tragzellen des befruchteten Carpogons Hüllzweige her-

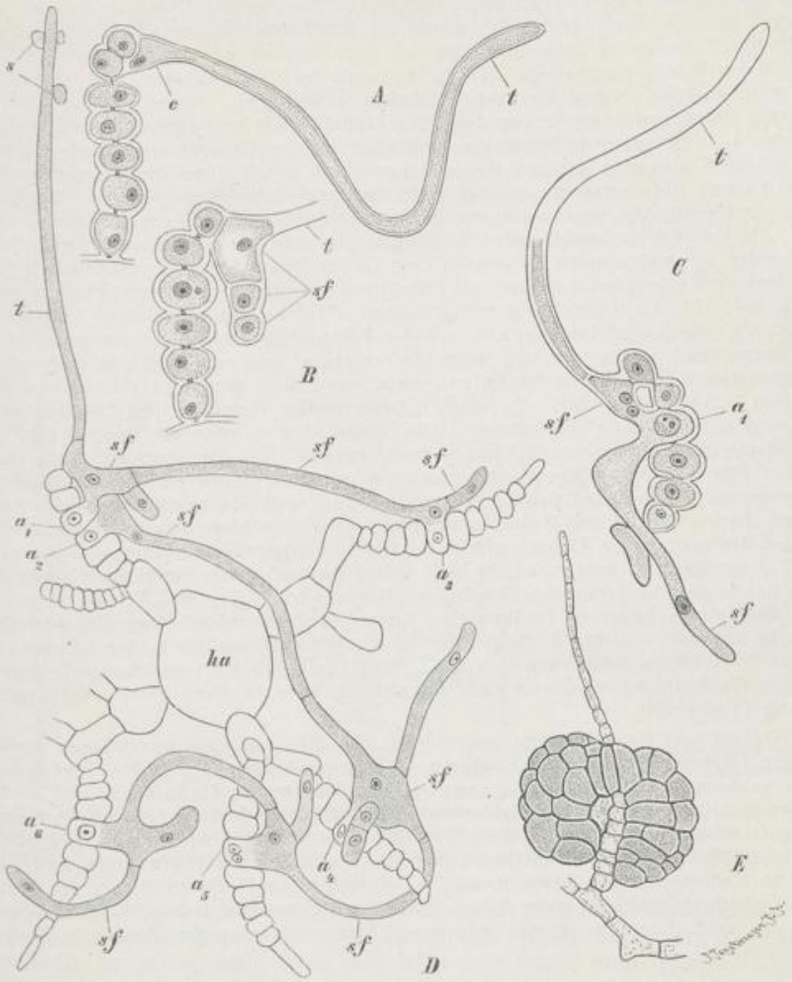


Fig. 267. Dudresnaya coccinea. *A* Carpogonast, Carpogon *c* mit Trichogyn *t*. *B* Nach der Befruchtung, Carpogon zum sporogenen Faden *sf* ausgewachsen. *C* Verbindung dieses Fadens mit der ersten Auxiliarzelle a_1. *D* Verzweigung des sporogenen Fadens und Verbindung mit 6 Auxiliarzellen a_1—a_6. Die Zellen a_3—a_6 sind Aesten eingefügt, die von der Achse *ha* entspringen. Schema. *E* Reifer Carposporenknäuel, aus einem Ast hervorgegangen. Vergr. *A*—*C* ca. 500, *D* 250, *E* 300. (*A*—*D* nach OLTMANNS, *E* nach BORNET.)

vor, 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 kugelrunden, einen Kern und ein Chromatophor führenden Sporen, die man hier als Carposporen bezeichnet. Sie werden aus den zurückbleibenden Hüllen der Endzellen entleert. Aus den Carposporen entwickelt sich bei *Batracho-*

spermum 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 Cystocarpien und Carposporen in noch complicirterer Weise wie bei den Batrachospermen, überall aber lassen sich die Carposporen nach Oltmanns in ihrer Entstehung als Abkömmlinge der befruchteten Eizelle nachweisen. Wir haben somit bei den Florideen zwei Generationen zu unterscheiden, einmal die geschlechtliche (Gametophyt), welche Eizellen und Spermatien 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.

Als Beispiel für complicirtere Ausbildung der aus der befruchteten Eizelle hervorgehenden sporenbildenden Generation sei die an den wärmeren europäischen Küsten verbreitete *Dudresnaya coccinea*, mit cylindrischem, reich verzweigtem Thallus, gewählt (Fig. 267). Die Carpogonäste bestehen aus ca. 7 Zellen; die endständige Carpogonzelle trägt ein sehr langes Trichogyn. Nach der Befruchtung treibt die Carpogonzelle einen Zellfaden nach unten, der sich weiterhin verlängert und verzweigt und successive mit bestimmten, dichten Inhalt führenden vegetativen Zellen, den Auxiliarzellen, durch Fusion in Verbindung tritt. Die ersten Auxiliarzellen liegen in dem Carpogonast, die folgenden in anderen Seitenästen. Alle Kerne des sporogenen Fadens sind durch Theilung des befruchteten Eikerns hervorgegangen. Die Fusionen mit den Auxiliarzellen führen nicht zu Kernverschmelzungen, sondern dienen nur der Ernährung der sporogenen Fäden. Aus der Carpogonzelle kann noch ein zweiter und dritter sporogener Faden in gleicher Weise entspringen. Aus den blasenförmig angeschwollenen Zellen der sporogenen Fäden, welche mit den Auxiliarzellen fusionirten, sprossen nun je 2 Ausstülpungen hervor, welche sich weiter theilen zu den rundlichen Sporenhaufen, aus denen die Carposporen schliesslich entlassen werden (Fig. 267 *E*).

Besonderes Interesse verdient eine kleine Nordseefloridee, *Harveyella mirabilis* (31), 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 diese Floridee sich wie ein echter Pilz verhält.

Officinell sind *Gigartina mammillosa* (Fig. 264) mit zäpfchenförmigen, 2—5 mm langen Cystocarpien auf dem Thallus und *Chondrus crispus* (Fig. 263) mit ovalen, dem Thallus eingesenkten, ca. 2 mm langen Cystocarpien 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* oder irländische Moos (Pharm. germ., austr., helv.) das zu Gallertbereitung verwandt wird. — Verschiedene Florideen liefern das ebenfalls zur Gallertbereitung benutzte Agar-Agar; so *Gracilaria lichenoides* das Agar von Ceylon (auch Fucus amylaceus genannt); *Eucheuma spinosum*, Agar von Java und Madagaskar.

Klasse XI.

Characeae, Armleuchtergewächse (32).

Die Characeen bilden eine isolirt stehende Gruppe von grünen Thallophyten mit complicirten Sexualorganen. Sie vegetiren in Form von oft über fusshohen submersen Wiesen in Teichen und Bächen. 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 Quirlen entspringen (Fig. 268). 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 armleuchterartiger Habitus zu Stande. Am Grunde sind die Achsen mittels farbloser verzweigter Rhizoidfäden im Substrat befestigt. Letztere entspringen aus den Knoten.

Fig. 268. Chara fragilis. Ende eines Hauptsprosses. Nat. Gr.

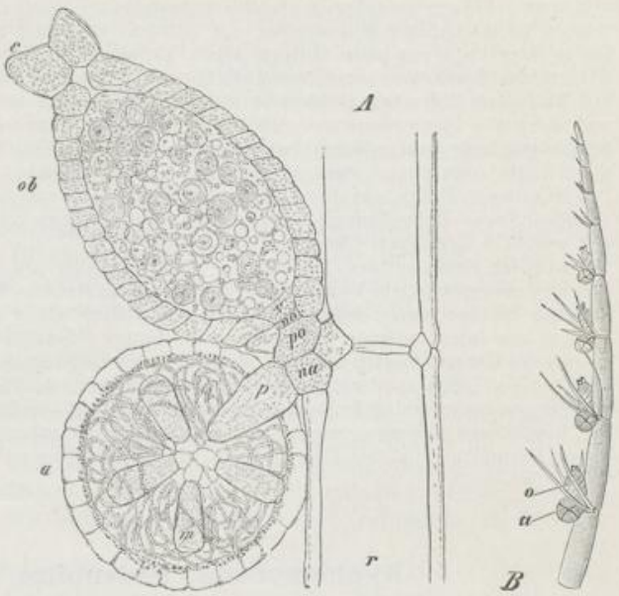


Fig. 269. Chara fragilis. *A* medianer Längsschnitt durch eine Seitenachse *r*, *a* Antheridium und zwar *na* Basilarknotenzelle, *p* Stiel, *m* die Griffzellen, aus deren aufsitzenden Zellen die Spermatozoidenmutterzellfäden entspringen, *ob* Eiknospe und zwar *po* Stielzelle, *no* die Knotenzelle, *v* die Wendungszelle, *c* das Krönchen. Vergr. 60. *B* ganze Seitenachse. Vergr. 6.

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 hervorwachsen, dicht umschlossen.

Die Internodialzellen der Characeen enthalten zahlreiche durch Fragmentation sich vermehrende Kerne in dem wandständigen, lebhafte Strömung aufweisenden Plasma und zahlreiche grüne Chromatophoren.

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 blossem Auge sichtbar. Meist sind die Pflanzen monöcisch, einige Arten auch diöcisch.

Die Eiknospen (Fig. 269 *ob*) enthalten eine grosse mit Oeltropfen und Stärkekörnern vollgepfropfte Eizelle, welche von spiralig gewundenen Hüllschläuchen dicht umschlossen wird. Dieselben endigen in dem Krönchen *c*, zwischen dessen Spalten die Spermatozoiden eindringen. Die Antheridien (Fig. 269 *a*) besitzen eine aus 8 flachen, innen durch vorspringende Wände gefächerten Schildern bestehende Wandung und erzeugen die zahlreichen korkzieherartig gewundenen, mit 2 Cilien versehenen Spermatozoiden (Fig. 97 *A*), die in ihrer Form von allen übrigen Algen abweichen und sich denen der Bryophyten nähern, aus den Zellen langer quergefächerter, im Innern entspringender Zellfäden.

Nach der Befruchtung umgiebt sich die Eizelle mit einer dicken farblosen Haut und auch die Innenwände der Schläuche verdicken sich, werden braun und mit einer Schicht von amorphem kohlensaurem Kalk bedeckt, während die äusseren weichen Zellwände der Schläuche bald nach dem Abfallen der Frucht vergehen.

In seltenen Fällen, so bei *Chara crinita*, kommt es vor, dass die Eizellen parthenogenetisch, ohne Befruchtung, zu Sporen sich weiter entwickeln. In unserer Flora treten nur weibliche Exemplare dieser Art auf.

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 Astquirlen hervor (so bei *Tolypellopsis stelligera*, wo sie sternförmige Gestalt haben) oder entsprechen modificirten Rhizoiden (z. B. bei *Chara aspera*, wo sie kugelige weisse Gebilde vorstellen).

Klasse XII.

Hyphomycetes, Fadenpilze[33, 34].

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 chitinhaltige Membran und im farblosen Plasma zahlreiche winzige Zellkerne (Fig. 62); sie führen häufig Fetttröpfchen, nie echte Stärke, an deren Stelle vielmehr Glukogen oft in sehr beträchtlicher Menge. 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. Bei den übrigen Fadenpilzen dagegen, den *Ascomyceten* und *Basidiomyceten*, 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 ungegliederte und gegliederte Hyphen. Die Gesammtheit des fädigen vegetativen Thallus heisst Mycelium. Die Mycelhyphen sind in der Regel unter sich frei oder nur lose verfilzt, sie durchziehen nach allen Richtungen hin das Substrat und

saugen aus demselben ihre gesammte Nahrung auf. Bei manchen Pilzen mit gegliedertem Mycel können aber die Hyphen Gewebekörper durch reiche Verzweigung 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 strangartige feste pseudoparenchymatische Körper, die unter bestimmten Bedingungen wieder auskeimen (Fig. 106). Ferner bestehen die Fruchtkörper aus lockerem oder dichterem Hyphengewebe (Fig. 105).

Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung treten uns bei den Fadenpilzen in so mannichfaltigen Formen entgegen, wie sie bei den anderen Thallophytenklassen nirgends wiederkehren. Die folgende Uebersicht über diese verschiedenartigen Fructificationen ergiebt zugleich die Charakterisirung der 3 Hauptgruppen.

1. Bei den *Phycomyceten* oder Algenpilzen, bei denen allein das vegetative Mycelium bis zur Bildung der Reproductionsorgane einzellig ist, sind Sexualorgane vorhanden, entweder differenzirt in Oogonien und Antheridien, also Oosporen liefernd, oder die beiden copulirenden Sexualzellen, Gameten, von gleicher Beschaffenheit und Zygosporen liefernd. Jedoch ist bei manchen Arten ein Zurücktreten der Sexualität erwiesen, die Bildung der männlichen Organe oder auch die Copulation unterbleibt und die Sporen entstehen parthenogenetisch.

Von ungeschlechtlichen Sporen sind drei verschiedene Formen zu unterscheiden. Bei den meisten Phycomyceten werden Sporangien erzeugt in der Regel aus den Endzellen bestimmter Myceläste oder Sporangienträger. Das gesammte Protoplasma des Sporangiums zerklüftet sich in zahlreiche Sporen, Endosporen, welche bei den wasserbewohnenden Gattungen als cilientragende Schwärmsporen aus den Sporangien entlassen werden, bei den terrestrischen dagegen mit Membran umkleidet, der Verbreitung in der Luft angepasst sind.

Neben den Sporangien, oder auch ausschliesslich, tritt bei gewissen Gattungen die Bildung von Conidien oder Exosporen ein, welche durch Hervorsprossung und Abschnürung von Sporenzellen aus den Enden von Mycelzweigen, die dann meist zu besonderen Conidienträgern ausgebildet sind, entstehen. Die Conidien sind behäutete, vorzugsweise an die Verbreitung in der Luft angepasste Sporen.

Die dritte nur vereinzelt bei Phycomyceten vorhandene Form von Sporen sind die Chlamydosporen (bekleidete Sporen) oder Gemmen. Sie entstehen in einfachster Weise, meist in Reihen, direct aus den Hyphen durch Quertheilung und Loslösung der so gebildeten Zellen.

2. Die grosse Gruppe der Schlauchpilze oder *Ascomyceten* im weiteren Sinne weist in ihren typischen Formen als Sexualorgane Oogonien (hier Carpogone genannt) und Antheridien auf. Die befruchtete Carpogonzelle wird aber nicht zu einer ruhenden Oospore, sondern entwickelt sich im Zusammenhang mit der Mutterpflanze weiter, sprosst Fäden aus, deren Enden schliesslich zur Bildung von eigenartigen Sporangien, den Sporenschläuchen oder Asci übergehen. Wie bei den Florideen entsteht also aus der befruchteten Eizelle eine ungeschlechtliche Generation.

Der für diese ganze Gruppe sehr charakteristische Ascus (Fig. 276) ist ein meist langgestrecktes Sporangium, in welchem die Sporen durch freie Zellbildung gewöhnlich in ganz bestimmter Zahl, vorherrschend zu 8, gebildet werden. Im Gegensatz zu den Sporangien der Phycomyceten

wird hier nicht das gesammte Plasma zur Bildung der Ascosporen verbraucht.

Die aus den Carpogonen entstehenden Asci sind bei den meisten Gruppen der Ascomyceten zu besonderen Fruchtkörpern vereinigt, an deren Zusammensetzung sich auch vegetative Hyphen des Myceliums betheiligen.

Aber nicht bei allen Ascomycetengruppen sind bis jetzt solche Sexualorgane nachgewiesen und bei gewissen Ordnungen fehlen sie, vielleicht durch Reduction, vollständig, so dass die Asci direct aus dem Mycelium hervorgehen.

Bei vielen Ascomyceten werden auch Conidien, selten dagegen Chlamydosporen als ungeschlechtliche Sporen erzeugt, bevor es zur Bildung von Sexualorganen oder von Asci kommt.

3. Die dritte grosse Gruppe, die *Basidiomyceten* im weiteren Sinne, ermangelt der Sexualorgane vollständig. Hier scheinen sie aus dem Entwicklungsgang vollständig ausgeschaltet zu sein. Die ungeschlechtliche Vermehrung vollzieht sich nicht durch Asci, sondern nur durch Conidien und vielfach auch durch Chlamydosporen, welche letztere bei den Ordnungen der Brand- und Rostpilze besonders typisch auftreten. Die Basidiomyceten sind ausgezeichnet durch eine besondere Form der Conidienbildung, auf sogenannten Basidien, das sind ein- oder vierzellige Conidienträger von bestimmter Form, an denen die Basidiosporen in bestimmter Zahl, gewöhnlich zu 4, hervorsprossen (Fig. 288). Die Basidien sind ferner auch dadurch von den übrigen Conidienträgern unterschieden, dass in ihre Anlage 2 Zellkerne eintreten, welche mit einander copuliren, worauf erst die Kerntheilung für die Basidiosporen erfolgt. Neben diesen Basidien können aber auch noch andere Formen von Conidienträgern in den Entwicklungsgang sich einschieben. Bei den complicirteren Basidiomyceten sind die Basidien an oder in besonderen Fruchtkörpern, deren Anlage sich nicht auf Sexualorgane zuzückführen lässt, angeordnet.

Die Systematik der Fadenpilze ist noch nicht zu einem sicheren Abschluss gediehen. Wahrscheinlich ist die Klasse keine einheitliche, und muss in mehrere selbständige Klassen zerlegt werden, wenn es gelingt, für die Ableitung der Gruppen von bestimmten Algenordnungen sichere Anhaltspunkte zu gewinnen. Die Phycomyceten weisen auf Grünalgen als Ausgangsformen hin, die Ascomyceten zeigen gewisse Beziehungen zu den Rothalgen, während für die Basidiomyceten der Anschluss direct an Algen oder an die anderen Fadenpilze unsicher ist.

O. Brefeld, dessen Untersuchungen wir die Erweiterung unserer Kenntniss von der Entwicklung so vieler Fadenpilze verdanken, fasst die ganze Klasse als einheitliche auf und leitet die Ascomyceten, deren sexuelle Fortpflanzung er nicht anerkennt, von den sporangientragenden, die Basidiomyceten dagegen von den conidientragenden Phycomyceten als höhere apogame Stufen ab. Diese Ableitungen sind aber durch neuere Arbeiten über die Sexualorgane der Ascomyceten und durch den Nachweis wesentlicher Unterschiede zwischen Sporangien und Sporenschläuchen in Frage gestellt.

1. Unterklasse. Phycomycetes, Algenpilze (35).

Die durch ihr einzelliges ungegliedertes, an Siphoneen (Vaucheria) erinnerndes Mycel charakterisirten Algenpilze gliedern sich nach der Beschaffenheit der Sexualorgane in zwei Gruppen. Die *Oomyceten* erzeugen Oogonien und Antheridien, die *Zygomyceten* dagegen gleichgestaltete Sexualzellen, die sich hier aber vielleicht von ursprünglich differenten Sexualorganen ableiten.

1. Ordnung. Oomycetes.

Die hierher gehörigen Gattungen leben theils saprophytisch auf faulenden Pflanzen oder Thieren, theils parasitisch in den Geweben höherer Pflanzen oder auch auf Insecten.

Als wichtigste Vertreter seien die folgenden drei Familien erwähnt.

1. Nur bei der kleinen Familie der *Monoblepharideen*[36] entlassen die Antheridien freie, cilientragende Spermatozoiden, während dagegen bei den übrigen Oomyceten der vielkernige Antheridiuminhalt sich nicht mehr in freie Spermatozoiden sondert, vielmehr durch Ausstülpungen des Antheridiums direct in die Eizellen eingeführt wird.

Die *Monoblepharis*-Arten finden sich an faulenden Pflanzenresten im Wasser, vermehren sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, die in grösserer Zahl in Sporangien erzeugt werden. Die meist terminal stehenden Oogonien enthalten nur eine Eizelle (Fig. 270), die den Sporangien ähnlichen Antheridien entlassen eine Anzahl von mit einer Cilie versehenen Spermatozoiden, welche zu den Oogonien gelangen und durch die Oeffnung derselben zur Eizelle hineinkriechen, die dann zu einer stachelig behäuteten Oospore wird. Eine gewisse Aehnlichkeit mit der Algengattung Oedogonium (Fig. 248) ist nicht zu verkennen.

2. An die erste Familie schliessen sich die *Saprolegniaceen*[37] an, die mit ihren reich verzweigten Mycelien ebenfalls im Wasser meist saprophytisch 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 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 dieser wie auch der folgenden Familie kann sogar die Bildung der Antheridien gelegentlich oder auch stets ausbleiben, so dass also hier Parthenogenesis vorliegt.

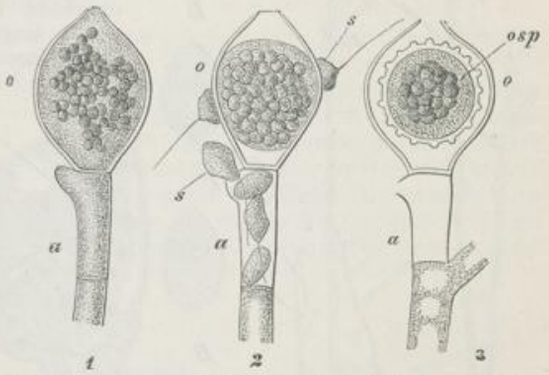


Fig. 270. Monoblepharis sphaerica. Ende eines Fadens mit einem Oogonium *o* und dem darunterliegenden Antheridium *a*, in *1* vor der Bildung der Eizelle und der Spermatozoiden, in *2* die letzteren *s* austretend und nach der offenen Mündung des Oogoniums hinkriechend, in *3* reife Oospore *osp*, das Antheridium entleert. Vergr. 800. (Nach Cornu.) Aus v. Tavel, Pilze.

3. Die *Peronosporeen*[38] 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 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. 271). Die Letzteren erscheinen dem blossen Auge als weisser Schimmel. Die Sporangien werden endständig angelegt und durch eine Querwand abgegliedert, 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 Sporeninhalt theilt sich in mehrere, mit zwei Cilien versehene, ausschlüpfende 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 Peronosporeen 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 Mehlthaues der Blätter und Trauben des Weinstockes. Eine sehr häufige Art ist ferner *Albugo candida* (= Cystopus candidus) auf Cruciferen, besonders Capsella bursa pastoris, weisse Auftreibungen der Stengel verursachend. Die Sporangien werden bei dieser Art in langen Ketten an Mycelästen unter der Epidermis der Nährpflanze erzeugt und entleeren im Wasser zahlreiche Schwärmsporen.

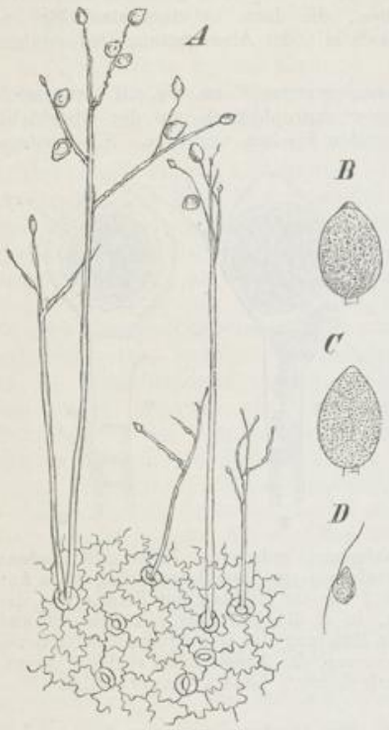


Fig. 271. *A* Oberflächenansicht der Blattepidermis von Solanum tuberosum mit den aus den Spaltöffnungen hervortretenden Sporangienträgern der Phytophthora infestans. Vergr. 90. *B* ein reifes Sporangium. *C* ein solches mit getheiltem Inhalt. *D* eine Schwärmspore. *B*—*D* Vergr. 540.

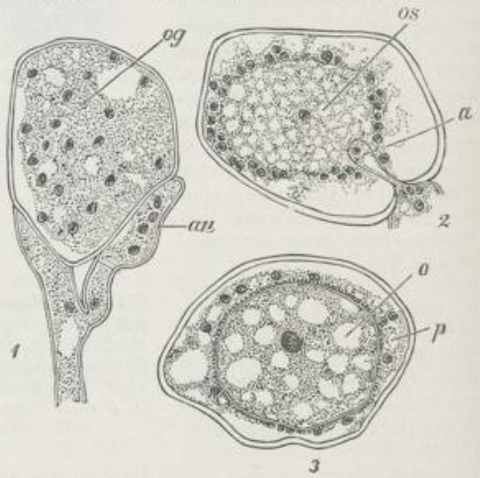


Fig. 272. Befruchtung der Peronosporeen. *1* Peronospora parasitica. Junges vielkerniges Oogonium *og* und Antheridium *an*. *2* Albugo candida. Oogonium mit der centralen einkernigen Oosphäre und dem Befruchtungsschlauch *a* des Antheridium, welcher den männlichen Kern einführt. *3* desgl. Befruchtete Eizelle *o* umgeben von dem Periplasma *p*. Vergr. 666. (Nach Wager.)

Die Sexualorgane der Peronosporeen, welche an Vaucheria (Fig. 252) erinnern, entstehen meist im Innern der Nährpflanze, die Oogonien als kugelige Anschwellungen von Hyphenenden, die Antheridien als schlauchförmige Ausstülpungen meist dicht unter den Oogonien. Beide sind durch Querwände abgegrenzt und vielkernig (Fig. 272). Im Verhalten der Kerne zeigen sich bei den einzelnen Arten interessante Verschiedenheiten. Bei Peronospora parasitica, Albugo candida, Pythium, differenzirt sich im Plasma des Oogonium eine einzige grosse centrale Eizelle oder Oosphäre, welche einen Eikern in der Mitte enthält, während die übrigen Kerne sämmtlich in das peripherische sogen. Periplasma hineinwandern. Die Antheridien treiben nun einen Fortsatz in das Oogonium,

der sich an der Spitze in die Eizelle öffnet und den männlichen Spermakern eintreten lässt (Fig. 272 *3*). Die Oosphäre grenzt sich sodann durch eine Membran ab (Fig. 272 *3*), die Kerne verschmelzen und das Periplasma wird zur Bildung der äusseren Sporenmembran, des Episporium, verbraucht. Bei Peronospora parasitica ist die reife Oospore einkernig, bei Albugo durch Kerntheilung vielkernig. Albugo Bliti und A. Portulacae legen zwar ebenfalls eine centrale Oosphäre, von Periplasma umgeben, an, in dieselbe treten aber zahlreiche Kerne ein und auch der Antheridiumschlauch führt zahlreiche Kerne ein, welche paarweise mit den weiblichen Kernen copuliren. Aus dieser zusammengesetzten Eizelle geht dann eine vielkernige Oospore hervor. Eine vermittelnde Stellung nimmt nun Albugo Tragopogonis ein, dessen Oosphäre zwar vielkernig angelegt, aber schliesslich doch nur einen weiblichen Kern infolge Degenerirens der übrigen enthält. Die überzähligen Kerne in den Oogonien und Antheridien können als functionslos gewordene Gametenkerne phylogenetisch betrachtet werden, ähnlich wie die überzähligen Eikerne bei gewissen Fucaceen (cf. p. 282). Die Oosporen keimen entweder direct zu einem Mycelium aus oder erzeugen zunächst Schwärmsporen.

2. Ordnung. *Zygomycetes*[31, 39].

Zu den Zygomyceten oder Mucorineen gehören eine Anzahl der gewöhnlichsten Schimmelpilze, die vorwiegend auf faulenden pflanzlichen und thierischen Stoffen saprophytisch vegetiren und terrestrische Lebensweise führen. Die ungeschlechtliche Vermehrung geschieht durch unbewegliche, behäutete Sporen aus Sporangien oder durch Conidien. Die sexuelle Fortpflanzung besteht in der Copulation zweier gleichwerthiger Gametenzellen zu einer Zygospore.

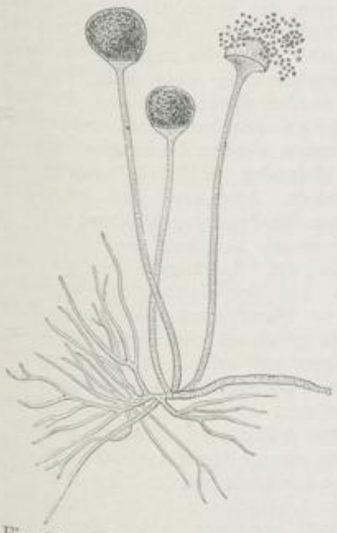


Fig. 273. Rhizopus nigricans (= Mucor stolonifer). Theil eines Myceliums mit 3 Sporangien, das rechts befindliche die Sporen entleerend mit stehenbleibender halbkugeliger Columella. Vergr. 38.

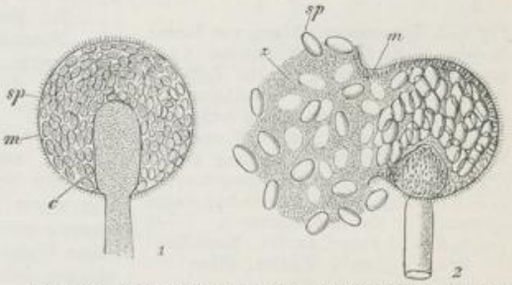


Fig. 274. *1* Mucor Mucedo. Sporangium im optischen Längsschnitt, *c* Columella, *m* Membran, *sp* Sporen. *2* Mucor mucilagineus, Sporangium in der Sporenentleerung begriffen, die Membran *m* zerfliessend, die Zwischensubstanz *x* stark aufquellend. *1* Vergr. 225. *2* Vergr. 300. (Nach Brefeld.) Aus v. Tavel, Pilze.

Eine der verbreitetsten Arten ist der Kopfschimmel, *Mucor mucedo*, dessen zierlich verzweigtes Mycel weisse Schimmelrasen auf feuchtem Brod, Mist, Fruchtsäften bei Abschluss von frischer Luft bildet, ferner auf gleichen Substraten der Ausläufer treibende *Mucor stolonifer* (= *Rhizopus nigricans*) mit bräunlichem Mycelieu. Bei den Mucor-Arten entstehen die kugeligen Sporangien (Fig. 273) an den Enden von senkrecht sich erhebenden dicken Mycelschläuchen durch Abgrenzung mittels Querwand, welche sich als sogen. Columella (Fig. 274 *1c*) vorwölbt. Das Plasma des Sporangiums zerfällt durch fortgesetzte Zerklüftung in zahlreiche Sporen, die durch Zerfliessen der Sporangiumwandung unter Aufquellung einer zwischen ihnen liegenden Zwischensubstanz entleert werden.

Bei den auf Excrementen häufig sich entwickelnden *Pilobolus*-Arten wird das Sporangium durch den stark turgescirenden und an der Columella schliesslich aufplatzenden Träger weit abgeschleudert.

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. 275) 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. 275 5). Sowohl die Gameten als auch die Zygosporen (wenigstens bei der Gattung *Sporodinia* nach GRUBER) sind vielkernig. Das Verhalten der Kerne bei der Copulation ist nicht bekannt.

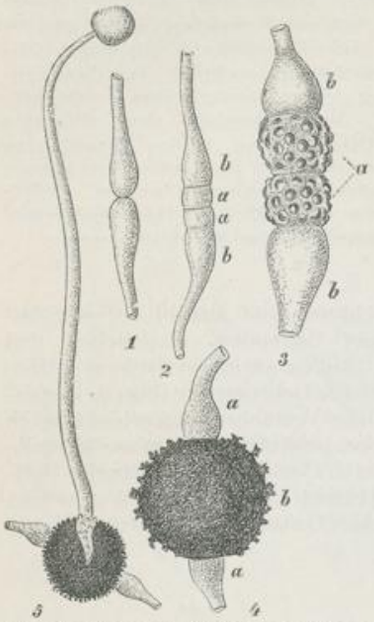


Fig. 275. Zygosporenbildung von Mucor Mucedo. *1* die Conjugationsäste. *2* Abgrenzung der conjugirenden Zellen *a* von den Suspensoren *b*. *3* weiteres Stadium, die conjugirten Zellen *a* sind als solche noch zu erkennen, die Warzen der Membran beginnen ihre Bildung. *4* reife Zygospore *b* zwischen den Suspensoren *a*. *5* Keimung der Zygospore mit einem Sporangium am Keimschlauch. *1—4* Vergr. 225, *5* Vergr. ca. 60. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

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. Auch stellt sich bei vielen Arten nur selten die Zygosporenbildung ein.

Bei *Mucor mucedo* unterliegt die Grösse und die Sporenzahl der Sporangien auffallenden Schwankungen. Bei der Gattung *Thamnidium* nun hat sich ein Dimorphismus der Sporangien ausgebildet, ein grösseres vielsporiges 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 *Choanephora* 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.

2. Unterklasse. Ascomycetes, Schlauchpilze [33, 31, 40].

Charakteristisch für die Ascomyceten, deren Mycel gegliedert ist, sind die Sporenschläuche oder Asci (Fig. 276). Der junge Ascus ist zunächst zweikernig, wird dann durch Fusion beider Kerne einkernig. Dieser Kern theilt sich successive in acht Kerne, um die sich die acht Sporen in der in Fig. 95 dargestellten Weise durch freie Zellbildung abgrenzen. Die mit Membran umgebenen Sporen liegen gewöhnlich in einer Längsreihe und werden durch Verquellen des übrigen Plasmas aus dem aufgeplatzten Scheitel des Schlauches entleert.

Die meisten Ascomyceten bilden mehr oder weniger complicirte Fruchtkörper, Ascusfrüchte, in oder auf denen die Asci sich vorfinden. Als erste Anlage dieser Fruchtkörper sind vielfach besondere Organe, Carpogone nachgewiesen. Für bestimmte Gattungen (Sphaerotheca Fig. 277, Pyronema Fig. 281) ist durch HARPER die bereits von DE BARY angenommene Befruchtung dieser Carpogone durch Antheridien festgestellt, so dass eine weitere Verbreitung dieser Vorgänge innerhalb der Gruppe wahrscheinlich ist; möglich ist aber auch, dass in der That bei manchen Ascomyceten die schwierig nachweisbaren Sexualorgane nicht mehr zur Ausbildung gelangen.

Aus den Carpogonen gehen nun durch Aussprossen ascogene Fäden hervor, die schliesslich die Sporenschläuche als letzte Auszweigungen liefern. An der Zusammensetzung der Früchte betheiligen sich auch sterile, die Hülle liefernden Hyphen, welche unterhalb der Carpogone entspringen. Beide Hyphenarten sind immer scharf geschieden. In vieler Beziehung erinnern also die Ascomyceten an die Florideen, bei denen ebenfalls eine ungeschlechtliche, die Carposporen liefernde Generation aus der befruchteten Eizelle hervorgeht.

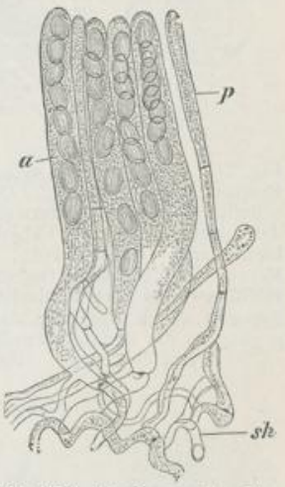


Fig. 276. Partie aus dem Hymenium von Morchella esculenta. *a* Asci, *p* Paraphysen, *sh* subhymeniales Gewebe. Vergr. 240.

Nach der Beschaffenheit der Ascusfrüchte unterscheiden wir die Ordnungen der Ascomyceten.

Bei den *Perisporiaceen* sind die kleinen kugeligen Früchte (Peritheciem) allseitig von einer Hülle umschlossen, die erst durch Verwesen oder Aufbrechen die Ascussporen frei lässt.

Bei den *Discomyceten* treffen wir offene becher-, keulen- oder hutförmige Fruchtkörper an, sogen. Apothecien, an denen die Sporenschläuche parallel neben einander in einer oberflächlichen Schicht, dem Hymenium, angeordnet sind.

Bei den *Pyrenomyceten* sind die Peritheciem krugförmig und die Asci stehen im Grunde des Hohlraums.

Bei den *Tuberaceen* sind die reifen unterirdischen knollenförmigen Fruchtkörper geschlossen.

Diesen Ordnungen reihen wir die *Exoasci* an, bei denen die Asci frei ohne Fruchtkörperbildung aus den Mycelzellen hervorgehen, ferner die sehr einfachen *Saccharomyceten* oder Hefepilze. Beide Gruppen können als reducirte Ascomyceten aufgefasst werden, andererseits werden sie auch vielfach mit einer Anzahl einfach gestalteter, von BREFELD als *Hemiasci*[41] zusammengefasster Gattungen, bei denen die Sporen in unbestimmter grosser Zahl in den Schläuchen erzeugt werden, als einfachste Formen an den Beginn der ganzen Klasse gestellt.

Erwähnt sei ferner die durch THAXTER[42] genauer bekannt gewordene interessante Ordnung der *Laboulbeniaceen*, winzige auf Insecten schmarotzende, wenigzellige Pilze, deren Carpogone sehr an die gleichnamigen Organe der Florideen erinnern und wie diese durch Spermatien befruchtet werden.

1. Ordnung. *Perisporiaceae*[33, 43].

Zu dieser Ordnung gehören als Ascomyceten mit geschlossenen Ascusfrüchten die zwei Familien der *Erysipheen* oder Mehlthaupilze und der *Perisporieen*.

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 Epidermiszellen der Nährpflanze. Die reifen Ascusfrüchte (Perithecien) sind in diesen weissen Ueberzügen als kleine schwarze Körperchen zu erkennen. Im einfachsten Fall (z. B. bei der Gattung *Sphaerotheca*) umschliesst das rundliche Perithecium 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 Perithecium mehrere Asci vor. Durch unregelmässiges Aufbrechen des Perithecums werden die Sporen schliesslich frei. Wie HARPER nachgewiesen hat, besteht die erste Anlage des Perithecums 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. 277 *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 mehrkerniger Zelle bei Sphaerotheca der achtsporige Ascus entsteht, während bei Erysiphe diese Zelle ascogene Schläuche treibt, die ihrerseits die hier in Mehrzahl vorhandenen Asci bilden. Die Mehlthaupilze vermehren sich, bevor sie zur Peritheciumbildung übergehen, zunächst durch Conidien, welche an besonderen aufrechten Mycelzweigen in Form von Ketten von der Spitze nach abwärts abgegliedert werden. Nur in Form solcher Conidienträger fructificirend tritt der Mehlthaupilz des Weinstocks *Erysiphe Tuckeri* auf, ein in hohem Maasse schädlicher Parasit, dessen Ascusfrüchte in Europa bis jetzt noch nicht gefunden sind. Seine Conidienform wird auch als Oidium Tuckeri bezeichnet.

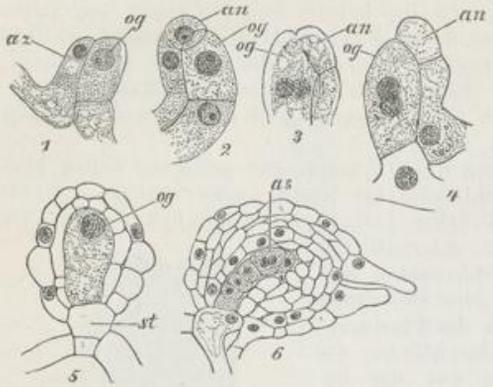


Fig. 277. Sphaerotheca Castagnei, Befruchtung und Peritheciumentwicklung. *1* Oogonium *og* mit angeschmiegtem Antheridiumzweig *az*, *2* Abgrenzung des Antheridiums *an*, *3* Uebertritt des Antheridiumkernes zum Oogoniumkern, *4* Verschmelzung der Kerne, *5* Befruchtetes Oogonium mit zwei Lagen Hüllfäden aus der Stielzelle *st*, *6* Mehrzelliges Ascogon durch Theilung des Oogonium hervorgegangen, die vorletzte zweikernige Zelle, *as*, liefert den Ascus. (Nach HARPER.)

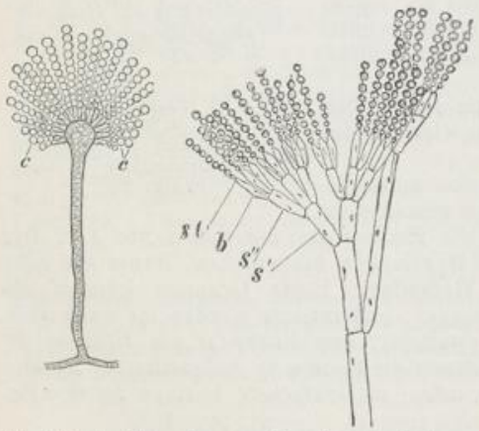


Fig. 278. Conidienträger von Eurotium herbariorum, links, von Penicillium crustaceum, rechts.

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 Perithecien übergehen.

Die Conidien von *Eurotium herbariorum* sind unter dem Namen Giesskannenschimmel bekannt, eine Bezeichnung, die von der eigenthümlichen Gestalt der Conidienträger mit ihren radial ausstrahlenden Conidienreihen herrührt (Fig. 278). 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).

Die kugeligen Perithecien von *Eurotium* und *Penicillium* erscheinen später am Mycel, bei letzterer Gattung treten sie nur selten auf. Sie sind complicirter gebaut als bei den Erysipheen. Ihre erste Anlage ist ein schraubig gewundenes Carpogon, welches bald (nach einer Befruchtung?) von Seitensprossen dicht umhüllt wird, sich später in dem dicht umschliessenden pseudoparenchymatischen sterilen Peritheciumgewebe verzweigt und zahlreiche kleine rundliche achtsporige Asci erzeugt. In den reifen Früchten erscheinen die Schlauchwandungen und das Pseudoparenchym bis auf die einschichtige Fruchtwand aufgelöst; letztere platzt unregelmässig auf und entlässt die Sporen.

2. Ordnung. Discomycetes, Scheibenpilze[33, 44].

Die Discomyceten sind eine sehr formenreiche Gruppe von Schlauchpilzen; sie unterscheiden sich von den übrigen Ordnungen dadurch, dass ihre Schlauchfrüchte zur Reifezeit das aus den Sporenschläuchen und aus sterilen Saftfäden oder Paraphysen bestehende Hymenium offen an ihrer Oberseite tragen (Fig. 280). In der Ausbildung der Fruchtkörper machen sich bei den einzelnen Gruppen Verschiedenheiten geltend.

Die überwiegende Mehrzahl der Discomyceten, als deren Typus die Gattung *Peziza* im weiteren Sinne mit einigen hundert Arten gelten kann, vegetiren meist mit ihrem Mycel auf lebenden oder todten 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. 279) 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 als Apothecien.

Fig. 279. Peziza aurantiaca. Nat. Gr. (Nach Krombholz.)

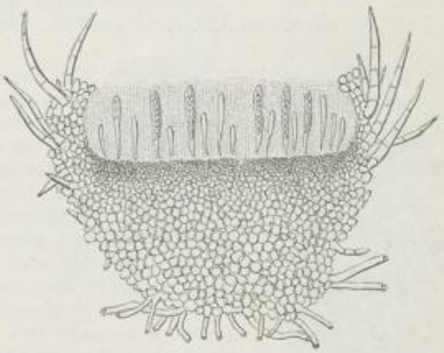


Fig. 280. Lachnea pulcherrima. Sporenreifes geöffnetes Apothecium. Zwischen den Paraphysen sind alte und junge Schläuche vertheilt. (Nach Woronin.) Aus v. Tavel, Pilze.

Die Apotheciumentwicklung sei an dem Beispiel des durch R. Harper eingehend untersuchten *Pyronema confluens* dargestellt, dessen etwa 1 mm breite, fleischige, gelbliche oder röthliche, gesellig beisammenstehende Fruchtkörper häufig auf Brandstellen in Wäldern gefunden werden. Diese Art erzeugt besonders grosse Carpogone, gewöhnlich mehrere als Anlage eines Apothecium (Fig. 281 *A*). Das Carpogon besteht aus dem kugeligen vielkernigen Oogonium, auf dessen Scheitel eine vielkernige, schnabelförmig gebogene Zelle, das Trichogyn, aufsitzt. Unter dem Oogonium entspringt das schlauchförmige, vielkernige Antheridium, dessen Spitze mit dem Trichogynscheitel mittels Durchbrechung der Wandung in offene Verbindung tritt. Die männlichen Kerne

wandern zunächst in die Trichogynzelle ein, dann nach Durchbrechung der Basalwand derselben in das Oogonium, wo sie paarweise mit den zahlreichen Eikernen copuliren, während die Trichogynkerne zu Grunde gehen. Nun grenzt sich die Eizelle wieder ab

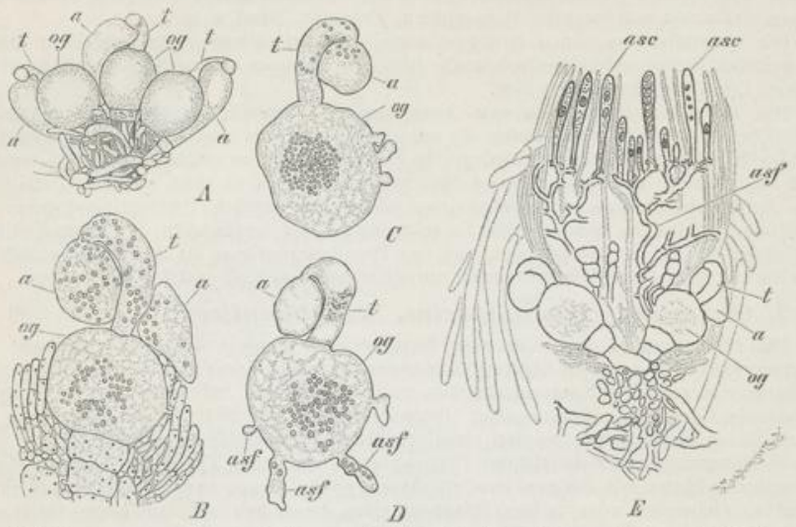


Fig. 281. Pyronema confluens. *A* Anlage eines Apotheciums. 3 Oogonien *og* mit Trichogyn *t*, 3 Antheridien *a*. *B* Fusion des Antheridiums mit der Trichogynspitze. *C* Basalwand des Trichogyns aufgelöst, männliche und weibliche Kerne im Centrum des Oogoniums. *D* Abgrenzung des Oogoniums durch neue Scheidewand gegen das Trichogyn. Bildung der ascogenen Fäden *asf*. *E* Längsschnitt durch junges Apothecium, *asc* Asci. *A*, *E* Vergr. ca. 150, *B*—*D* ca. 300. (Nach R. Harper.)

und treibt zahlreiche ascogene Schläuche, die die conjugirten Kerne aufnehmen, sich verzweigen und schliesslich in den Asci endigen (*E*), während die sterilen Hyphen und die Paraphysen zwischen den Schläuchen aus den Hyphen unterhalb der Ascogone entspringen. Während bei den Erysipheen (Fig. 277) das befruchtete Oogonium erst zu einem mehrzelligen Organ, dem Ascogon sich theilt und aus einer Zelle desselben schliesslich die Schläuche hervorgehen, wird also hier das Oogon direct zum Ascogon. Bei der verwandten Gattung *Ascobolus* wird das Ascogon erst mehrzellig, alle Zellen entleeren aber ihren Inhalt in eine grosse, die dann die ascogenen Hyphen treibt. Im Bau der Carpogone und Ascogone kommen also mancherlei Modificationen vor; bei den flechtenbildenden Ascomyceten (Fig. 311) ist wiederum ein anderer Typus der Carpogone ausgeprägt. Weitere Untersuchungen werden wohl die verbindenden Glieder dieser differenten Bildungen ans Licht ziehen.

Fig. 282. Morchella esculenta. 4/5 nat. Gr.

Die eigenartigste und höchste Entwicklung erfährt der Fruchtkörper der Discomyceten in der Gruppe der *Helvellaceen* oder Morchelpilze, welche mit ihrem Mycel unter der Erde, in humosem Boden vegetiren, ihre mannichfach gestalteten Fruchtkörper aber über die Oberfläche hervorstrecken. Bei der Gattung *Morchella*, Morchel (Fig. 282) 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. 276) mit den achtsporigen Asci breitet sich auf der Oberfläche des Hutes aus. Die Morcheln sind vor-

zügliche Speisepilze[45], besonders *M. esculenta*, die Speisemorchel, mit blassgelbbraunem 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 mützenförmig herabgeschlagen, unregelmässig gelappt und blasig aufgetrieben ist, so *Gyromitra esculenta*, mit schwarzbraunem Hut und weisslichem Stiel, u. A. In der äusseren Form ihrer Fruchtkörper gleichen diese höchst entwickelten Discomyceten vielfach den Basidiomyceten.

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 Perithecien, welche an der Spitze eine offene Mündung und in ihrem Grunde ein Hymenium aus Asci und haarförmigen oft verzweigten Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 283) besitzen. 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.

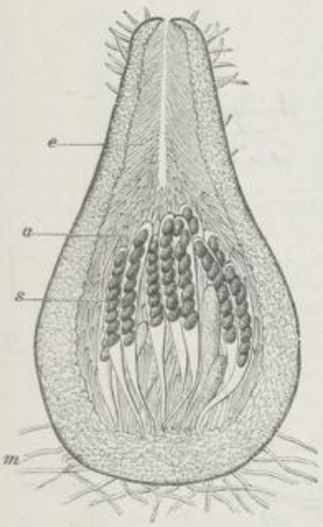


Fig. 283. Perithecium von Podospora fimiseda im Längsschnitt. *s* die Asci, *a* die Paraphysen, *e* die Periphysen, *m* Mycelfäden. Vergr. 90. (Nach v. Tavel.)

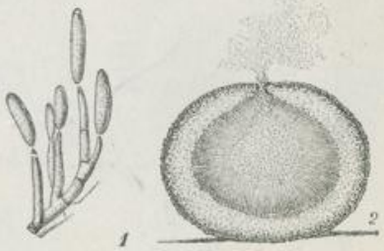


Fig. 284. *1* Conidienabschnürung an den Conidienträgern aus der Pyknide von Cryptospora hypodermia. Vergr. 300. (Nach Brefeld.) *2* Pyknide von Strickeria obducens, im Durchschnitt. Vergr. 70. (Nach Tulasne.) Aus v. Tavel, Pilze.

Die einfachsten Pyrenomyceten besitzen freie, dem Mycel aufsitzende Perithecien (Fig. 283), die in Form von meist schwarz gefärbten kleinen Körperchen auf dem pflanzlichen Substrat auftreten, so bei den Gattungen Sphaeria und Podospora. Bei vielen anderen Kernpilzen aber complicirt sich die Ascusfruchtbildung, die Perithecien erscheinen zu mehreren oder vielen dicht neben einander eingebettet in rundliche polsterförmige oder keulenförmige, zuweilen verzweigte Mycelkörper von dichter pseudoparenchymatischer 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 zu Fruchtkörpern vereinigt. Eine besondere Form solcher Früchte sind die bei vielen Gattungen auftretenden Pykniden, kleine kugelige oder flaschenförmige Gebilde, welche als Auskleidung verzweigte Hyphenfäden besitzen, an deren Spitzen

die Conidien, hier Pyknosporen (oder Pyknoconidien) genannt, abgegliedert werden (Fig. 284 *1, 2*). Die verschiedenen Fruchtformen der Pyrenomyceten erscheinen in der Regel zeitlich nach einander.

Claviceps purpurea.

Wichtig als officinelles Gewächs und als Schädling der Roggenfelder ist *Claviceps purpurea*, der Pilz des Mutterkorns. Derselbe lebt parasitisch in den jungen Fruchtknoten von Gramineen, hauptsächlich des Roggens. Die Fruchtknoten werden im Frühsommer durch die Ascussporen inficirt, mit Pilzmycel überzogen und dadurch deformirt. Das Mycel geht bald zur Bildung von Conidien über, welche auf kurzen seitlichen Trägern in kleinen Köpfchen vereinigt abgegliedert werden (Fig. 285 *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

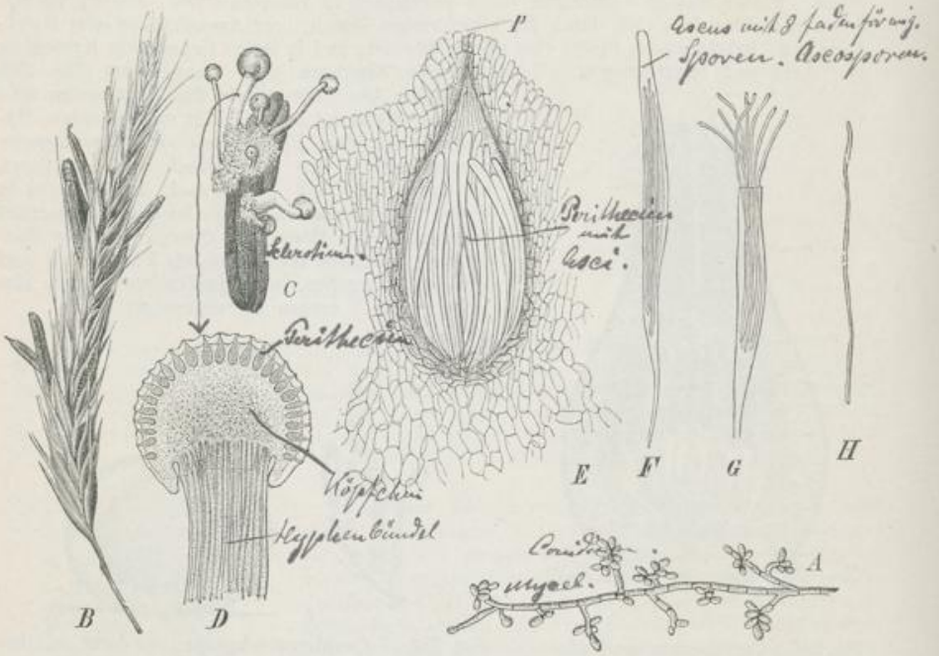


Fig. 285. Claviceps purpurea. *A* Conidienbildender Mycelfaden. *B* Roggenähre mit mehreren reifen Sclerotien. *C* gekeimtes Sclerotium mit gestielten zusammengesetzten Fruchtkörpern. *D* Längsschnitt durch einen Fruchtkörper mit zahlreichen Perithecien. *E* einzelnes Perithecium stärker vergrössert. *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.

1) Conidienfructification.

so auf andere Fruchtknoten übertragen. Die Conidienfructification 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 ein Sclerotium, dadurch, dass die Hyphenfäden dicht zusammenwachsen und namentlich in der Peripherie unter Quertheilung zu einem geschlossenen Pseudoparenchym sich umbilden (Fig. 106). Diese langgestreckten, schwarzviolett gefärbten, aus der Kornähre mit schwach hornförmiger Krümmung hervorragenden Sclerotien werden als Mutterkorn, Secale cornutum bezeichnet (Fig. 285 *B*). Die mit Reservestoffen (Fett) dicht angefüllten Sclerotien fallen schliesslich zu Boden, 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 zahl-

2) Sporenfructification.

reiche eingesenkte Perithecien, gleichmässig über die Oberfläche vertheilt, erzeugt (*D*, *E*). Jedes Perithecium 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.

Officinell ist Secale cornutum (Pharm. germ., austr., helv.), Mutterkorn, das Sclerotium von *Claviceps purpurea*.

4. Ordnung. Tuberaceae, Trüffelpilze (46).

Die Tuberaceen oder Trüffelpilze sind saprophytische, unterirdisch mit ihrem Mycel im Humus oder unter der faulenden Laubdecke der Wälder lebende Ascomyceten. Die Ascusfrüchte, unter der Bezeichnung Trüffeln bekannt, stellen unterirdische knollenförmige Körper vor (Fig. 286), welche von einer dicken Hülle umgeben sind und im Innern die keulenförmigen Asci bergen (Fig. 286 *2*). 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.

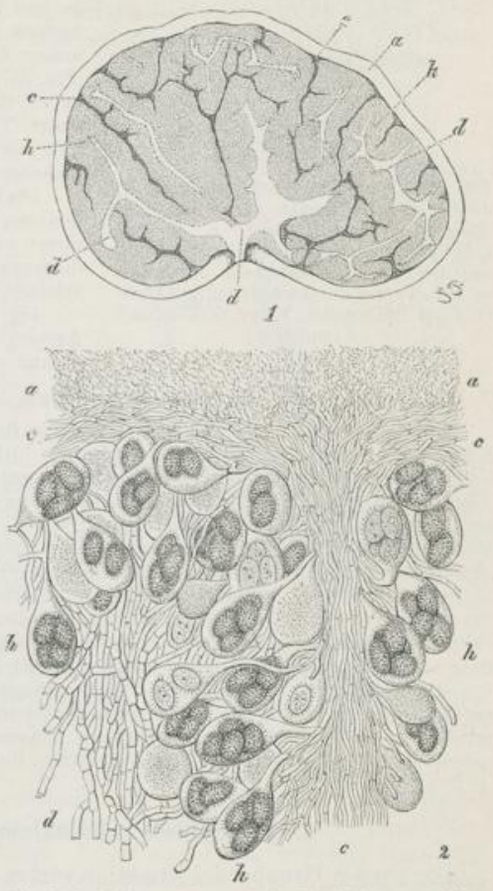


Fig. 286. Tuber rufum. *1* ein Fruchtkörper in Verticalschnitt. Vergr. 5. *a* die Rinde, *d* lufthaltiges Gewebe, *c* dunkle Adern lückenlosen Gewebes, *h* das ascusbildende Gewebe. *2* ein Stückchen des Hymeniums. Vergr. 460. (Nach Tulasne.) Aus v. Tavel, Pilze.

Manche Tuberaceen haben essbare Fruchtkörper (45) von aromatischem Geruch und Geschmack. Sie werden besonders in Frankreich und Italien gesammelt und in den Handel gebracht. Die wichtigsten sind die vier als schwarze Trüffeln bezeichneten Arten der Gattung *Tuber*, nämlich *Tuber brumale*, *melanosporum*, *aestivum* und *mesentericum*, welche aussen schwarz, rothbraun oder schwarzbraun gefärbt und mit Warzen versehen sind, ferner die weisse Trüffel, *Choiromyces meandriformis*.

5. Ordnung. Exoasci (47).

Die wichtigste Gattung dieser Ascomyceten ist *Taphrina* (incl. Exoascus), deren Arten als parasitische Pilze auf verschiedenen Bäumen leben und theils als einjährige Pilze sich subcuticular nur in den Blättern entwickeln und 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.

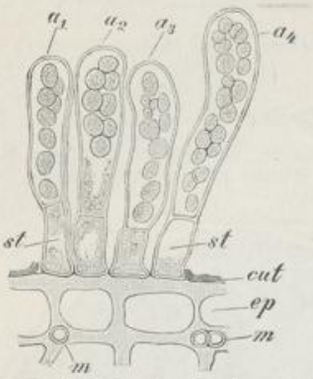


Fig. 287. Taphrina Pruni. Querschnitt durch die Epidermis einer inficirten Pflaume. Vier reife Asci. a_1, a_2 mit acht Sporen, a_3, a_4 mit Conidiensprossung aus den Sporen, *st* Stielzelle des Ascus, *m* Mycel quer durchschnitten, *cut* Cuticula, *ep* Epidermis. Vergr. 600. (Nach SADEBECK.)

Die Ascusbildung vollzieht sich ohne vorherige Bildung von Sexualorganen in der Weise, dass das Mycelium zwischen die Epidermis und die Cuticula der Blätter oder der Fruchtknoten eindringt und sich hier reichlich verzweigt. Die einzelnen Myceizellen schwellen an und bilden meist unter Abgliederung einer basalen Stielzelle je einen die Cuticula nach aussen durchbrechenden Ascus mit acht Sporen (Fig. 287). Die zahlreichen Asci stehen dicht neben einander. Die Sporen werden aus den in Folge Wasseraufnahme stark turgescirenden und am Scheitel aufplatzenden Schläuchen hinausgespritzt.

Die Sporen sprossen, häufig sogar schon in den noch geschlossenen Asci (Fig. 287 a_3, a_4) direct zu Conidien aus, eine Form der Conidienvermehrung, die als Hefesprossung bezeichnet wird, so bei *Taphrina Pruni*.

Die Exoasci sind vielleicht als reducirte Ascomyceten aufzufassen, bei denen die Sexualorgane vollständig rückgebildet wurden.

6. Ordnung. *Saccharomycetes*, Hefepilze.

Die zur Gattung *Saccharomyces* vereinigten Bier-, Branntwein- und Weinhefen stellen sehr einfache einzellige Pilze vor, welche nur in Form von kugeligen, ovalen oder cylindrischen Conidien, die im Innern einen Kern enthalten und in Conidien weitersprossen (Fig. 2), auftreten. Mycelbildung fehlt, höchstens bleiben die Zellen in Ketten eine Zeit lang vereinigt. Nach Erschöpfung des Substrats, bei freiem Zutritt von Sauerstoff und bei günstiger Temperatur bilden die Hefen Sporangien, die äusserlich den Conidien gleich, im Innern aber einige wenige Sporen erzeugen. Diese Pilze sind in physiologischer Beziehung bemerkenswerth: sie bewirken als Gährungserreger die Spaltung der Zuckerarten in Alkohol unter Kohlensäureabscheidung. 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 in den Most.

Die Hefen sind selbstständige Pilze, wenigstens ist bis jetzt der Nachweis nicht geführt, dass sie in den Enwicklungsgang anderer Fadenpilze gehören, wenn auch bei verschiedenen Gattungen der Mucorineen, Exoasci, Ustilagineen solche Conidienhefesprossung zu beobachten ist. Vielleicht stellen die Hefepilze reducirte Ascomyceten vor.

3. Unterklasse. Basidiomycetes [34, 45, 48, 49].

Die grosse Gruppe der Basidiomyceten im weiteren Sinne, deren Mycel wie bei den Ascomyceten gegliedert ist, zeichnet sich aus durch vollständigen Verlust der sexuellen Fortpflanzung. Die typischen hierher gehörigen Pilze sind charakterisirt durch die Bildung der Basidien, das sind Conidienträger von bestimmter Form, Grösse und Sporenzahl. Diese Zahl beträgt 4 (vereinzelt auch 2, 6 oder 8). Die Basidien begegnen uns in verschiedenen Formen.

Bei den Ordnungen der *Uredineen* und *Auricularieen* ist der obere Theil der Basidie durch Querwände in vier Zellen getheilt und jede Zelle erzeugt an ihrem oberen Ende je eine auf einem dünnen Stielchen (Sterigma) sitzende Spore (Fig. 288 *A*). Bei den *Tremellineen* dagegen theilt sich die Basidie

durch zwei Längswände in vier mit langen schlauchförmigen Sterigmen versehene Zellen (Fig. 288 *B*). Bei den *Hymenomyceten* und *Gasteromyceten* ist der Basidienträger einzellig, ungetheilt, und bildet an seinem Gipfel auf Sterigmen oder sitzend in der Regel vier Sporen (Fig. 288 *c*, 294). Die Anlage der Basidien enthält zwei Kerne, welche mit einander verschmelzen und dann erst durch weitere Theilung die Sporenkerne liefern.

Die getheilten Basidien nennt BREFELD Protobasidien, die ungetheilten Autobasidien.

Von Interesse ist das Verhalten der *Ustilagineen* oder Brandpilze, indem bei der einen Familie derselben quergetheilte nicht immer gerade vierzellige Basidien, bei der anderen dagegen ungetheilte Basidien auftreten. Die Zahl der gebildeten Sporen ist hier nicht eine scharf begrenzte, sondern oft eine sehr grosse. Daher nennt BREFELD diese Conidienträger Hemibasidien und fasst diese Ordnung unter dem Namen *Hemibasidii* als Vorläufer der typischen Basidiomyceten auf, unter denen die Gruppen mit Protobasidien die Vorstufen zu denen mit Autobasidien repräsentiren sollen.

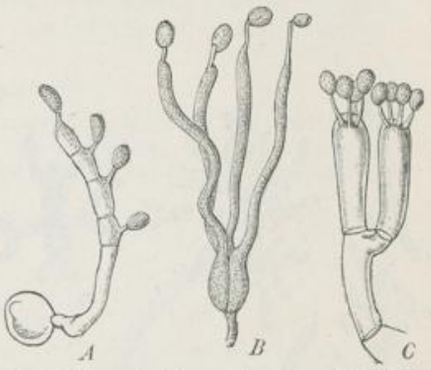


Fig. 288. Basidien. *A* einer Uredinee (Endophyllum Euphorbiae silvaticae). (Nach TULASNE.) *B* einer Tremellinee (Tremella lutescens). Vergr. 450. (Nach BREFELD.) *C* eines Hymenomyceten (Tomentella granulata). Vergr. 350. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Ausser den als Basidien ausgebildeten Conidienträgern treten noch andere Conidienformen als Nebenfructificationen in dem Entwicklungsgang mancher Arten auf. Chlamydosporen spielen bei den beiden ersten Ordnungen der *Ustilagineen* oder Brandpilze als Brandsporen und der *Uredineen* oder Rostpilze, als Rostsporen, hier sogar in dreifacher Ausbildungsweise, eine wichtige Rolle. Bei diesen beiden Gruppen gehen die Basidien direct aus keimenden Chlamydosporen (Fig. 288 *A*, 289 *B*) hervor, während sie bei den übrigen Basidiomyceten, abgesehen von einigen einfacheren Formen, stets an mehr oder weniger complicirt gebauten Fruchtkörpern, bei den *Gasteromyceten* oder Bauchpilzen im Innern von solchen, gebildet werden.

1. Ordnung. Ustilagineae, Brandpilze [34, 50].

Die Brandpilze 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 Fruchtständen 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. 289 *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. So zerfällt das Mycel in Sporen, die eine dunkelbraune oder schwarze staubige Masse vorstellen. Ihrer Bildung nach sind die Brandsporen als Chlamydosporen auf-

zufassen. Sie sind Dauersporen, werden von den Wirthspflanzen aus durch den Wind verstreut und keimen nach der Winterruhe zu den basidienähnlichen Conidienträgern aus, deren Bildung bei den beiden Familien der Brandpilze, den *Ustilaginaceen* und den *Tilletiaceen*, nach verschiedenen Typen erfolgt.

Als wichtigster Vertreter der *Ustilaginaceen* ist die Gattung *Ustilago* zu erwähnen. *Ust. segetum* (= *U. Carbo*) verursacht den Staubbrand an Hafer, Gerste, Weizen. Das Mycel durchsetzt die Fruchtknoten und erzeugt hier massenhaft die Brandsporen als schwarzbraunes ausstaubendes Pulver. *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 (Lychnis, Saponaria) und erfüllt dieselben an Stelle des Pollen mit Brandsporen.

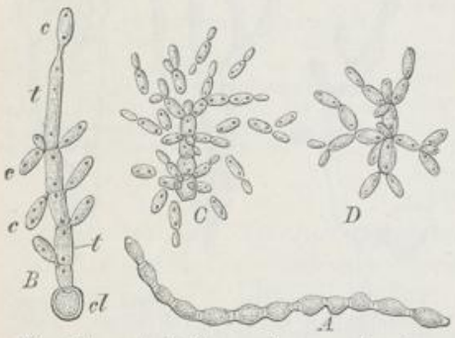


Fig. 289. *A* Ustilago olivacea. In der Bildung von Brandsporen befindlicher Mycelfaden. Vergr. 400. *B—D* Ustilago segetum. *B* in Nährlösung keimende Brandspore *cl* mit dem quergetheilten Conidienträger *t*, den Conidien *c*. Vergr. 450. *C* in Nährlösung liegender, von abgefallenen sprossenden Conidien umgebener Keimling. Vergr. 200. *D* Sprossverband von Conidien. Vergr. 350. (Nach Brefeld.) Aus v. Tavel, Pilze.

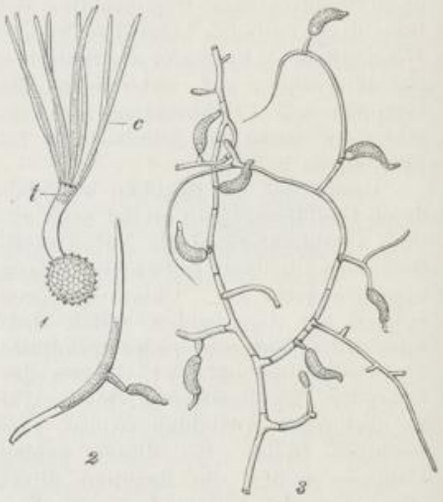


Fig. 290. Tilletia Tritici. *1* keimende Brandspore mit ungetheiltem Conidienträger *t* und den scheitelständigen Conidien *c*. Vergr. 300. *2* keimende fadenförmige Conidie mit einer sichelförmigen Conidie. Vergr. 400. *3* Mycelabschnitt mit sichelförmigen Conidien. Vergr. 350. (Nach Brefeld.) Aus v. Tavel, Pilze.

Die Brandsporen von Ustilago keimen nach der Ruhezeit auf dem Boden zu einem kurzen Schlauch, der sich durch 3 bis 4 Querwände theilt (Fig. 289 *B*) und den basidienähnlichen 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 Vegetationsspitze, 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 *Tilletiaceen* 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 erfüllen das Innere der Weizenkörner mit schwärzlichen, nach Heringslake riechenden Brandsporen, welche bei ersterer Art mit netzförmigen Verdickungsleisten versehen, bei letzteren dagegen glattwandig sind. Im Gegensatz zu den Ustilagineen erzeugt der Keimschlauch die fadenförmigen Conidien nur an seinem Scheitel, in wirteliger Anordnung zu 4 bis 12 (Fig. 290 *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. Solche Zellfusionen kommen auch paarweise zwischen den sprossenden Conidien der Ustilaginaceen vor, und sind nicht mit Kernverschmelzung verbunden. Die fadenförmigen Conidien keimen leicht aus und erzeugen nun an der Spitze des Keimschlauches wiederum eine Conidie, aber von sichelförmiger Gestalt (Fig. 290 *2*). Bei reichlicher Ernährung wachsen die Keimschläuche aber zu saprophytischen 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.

2. Ordnung. Uredineae, Rostpilze[51].

Die Rostpilze leben als schädliche Parasiten mit ihrem Mycel in den Intercellularräumen der Gewebe hauptsächlich der Blätter höherer Pflanzen und sind die Erreger der Rostkrankheiten. Am nächsten schliessen sie sich an die Brandpilze an und er-

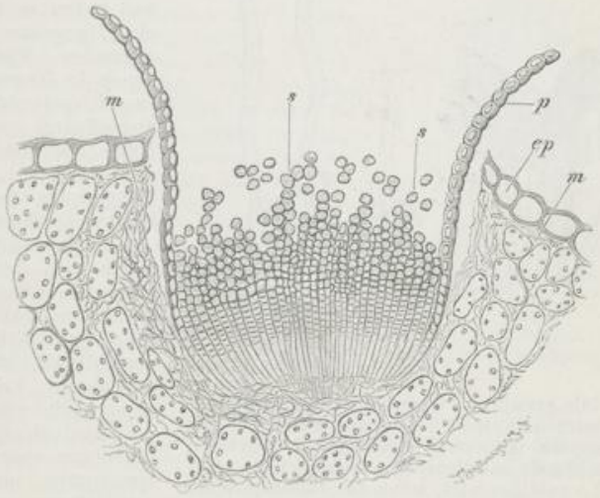


Fig. 291. Puccinia graminis. Aecidium auf Berberis vulgaris. *ep* Epidermis der Blattunterseite, *m* intercellulares Mycel, *p* Peridie, *s* Sporenketten. Vergr. 142.

zeugen wie diese Chlamydosporen, die in Form von kleinen Pusteln oder Sporenhäufchen aus dem Gewebe der Nährpflanzen, als sogen. Rost, hervorbrechen. 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 Teleutosporen, Wintersporen, oder typische Chlamydosporen; sie sind wohl sämmtlichen Arten ursprünglich eigenthümlich, 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 stehender Mycelenden, häufig zu zwei oder mehreren

verbunden (Fig. 292 *1*, *5 t*) und werden im Spätsommer gegen Ausgang der Vegetationsperiode gebildet. Bei der Keimung geht aus ihnen direct die 4 zellige, 4 Sporen bildende Basidie hervor (Fig. 288 *A*; 292 *2*).

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. 292 *5 u. 6*).

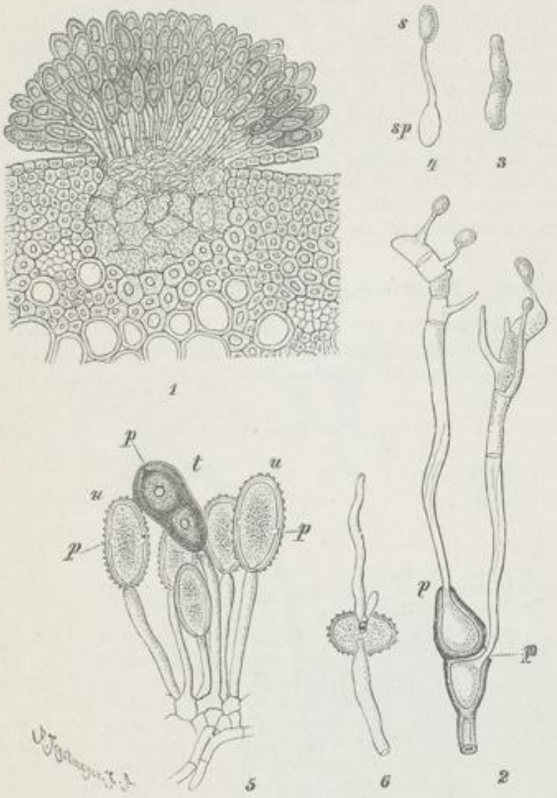


Fig. 292. Puccinia graminis. *1* Querschnitt durch ein Stück eines Getreidehalms mit einem Teleutosporenlager. *2* keimende Teleutospore mit zwei Basidien. *3* vegetativ, *4* fructificativ keimende Basidienspore. Letztere mit Secundärspore, welche gebildet wird, wenn zur Infection einer Pflanze keine Gelegenheit geboten ist. *5* eine Gruppe von Uredosporen *u*, untermischt mit einer Teleutospore *t*; *p* die Keimporen. *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.

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. 291) 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 Chlamydosporen aufzufassen, welche eine bestimmte biologische Rolle für die Ausbreitung des Pilzes übernommen haben und aus Teleutosporen hervorgegangen sein dürften, zumal Uebergangsformen zwischen Teleuto- und Uredosporen gelegentlich vorkommen.

In den Entwicklungsgang dieser mit trimorphen Chlamydosporen 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 Spermatien genannt, weil man sie für männliche Sexualzellen hielt), die aus der Mündung des krugförmigen Organs ausgestossen werden (Fig. 293). 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 Chlamydosporenformen zweierlei Conidien, nämlich die in Pykniden und die an Basidien gebildeten, besitzen, 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 an ein und derselben Nährpflanze auf und man bezeichnet solche Uredineen als autöcisch, 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 an Blättern und Halmen von Gräsern, besonders Roggen, Weizen, Gerste erzeugt. 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. 292 *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. 293), auf der Unterseite die Aecidien (Fig. 291) hervorgehen. Die letzteren werden als Becherrost (Aecidium Berberidis) bezeichnet. 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. 292 *5*) hervor. Die Uredosporen sind einzellig, mit vier äquatorialen Keimporen in der aussen mit kleinen Warzen bedeckten Wandung versehen und enthalten rothgelbe Fetttröpfchen 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. 292 *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.

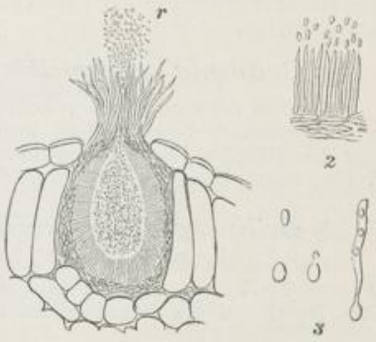


Fig. 293. Puccinia graminis. Pyknide auf Berberis im Längsschnitt, bei *r* die ausgestossenen Pyknosporen. Vergr. 150. *2* ein Stück des Hymeniums aus der Pyknide. Vergr. 225. *3* keimende Pyknosporen, im längeren Keimschlauch einige Oeltröpfchen. Vergr. 360. (Nach v. Tavel.)

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, andere ausser den Teleutosporen nur Uredosporen auf derselben Nährpflanze, oder andere erst Pykniden und Aecidien und dann Teleutosporen, aber keine Uredosporen.

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 geschieht jetzt nach der Beschaffenheit der Teleutosporen, weil diese Sporen die charakteristischsten Unterschiede aufweisen.

3. Ordnung. Auricularieae.

Basidien wie bei den Uredineen quergetheilt, mit vier Sporen. 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.

4. Ordnung. Tremellineae, Zitterpilze.

Basidien der Länge nach getheilt (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.

5. Ordnung. Hymenomycetes.

Die Basidien sind ungetheilt und tragen an der Spitze auf schmalen Sterigmen vier Sporen (Fig. 294 *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 betheiligen sich die Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 294 *p*) und die ebenfalls sterilen Cystiden (*c*) oder Schläuche, welche sich durch grösseren Umfang auszeichnen und meist stark verdickte Membran aufweisen. Chlamydosporenbildung tritt innerhalb der Ordnung nur vereinzelt auf, hat also im Gegensatz zu den Uredineen ganz untergeordnete Bedeutung.

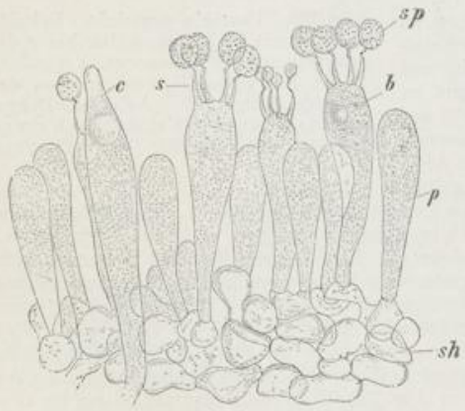


Fig. 294. Russula rubra. Partie aus dem Hymenium; *sh* subhymeniale Schicht, *b* Basidien, *s* Sterigmen, *sp* Sporen, *p* Paraphysen, *c* eine Cystide. Vergr. 540.

Die meisten Hymenomyceten 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 massigen Fruchtkörper, die gemeiniglich 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 Minderzahl der Hymenomyceten vegetirt parasitisch in der Rinde oder dem Holze von Holzgewächsen, so z. B. unter den Hutschwämmen der Hallimasch, *Armillaria mellea* (Fig. 295), dessen Mycel zwischen Rinde und Holz

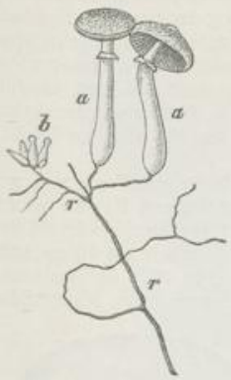


Fig. 295. Armillaria mellea. Stück eines Rhizomorphastranges mit reifen (*a*) und jungen (*b*) Fruchtkörpern. 1/8 nat. Gr. (Nach HARTIG.) Aus v. TAVEL, Pilze.

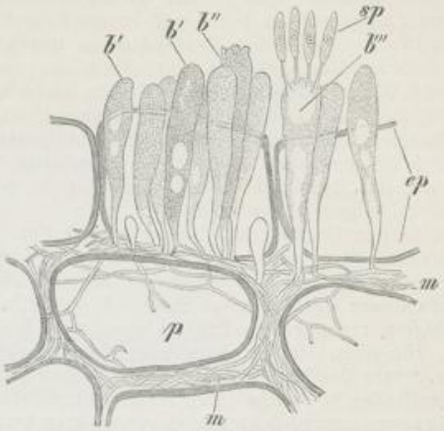


Fig. 296. Exobasidium Vaccinii. Querschnitt durch die Stengelperipherie von Vaccinium, *cp* Epidermis, *p* Rindenparenchym, *m* Mycelfäden in den Intercellularräumen, *b* die nach aussen hervorbrechenden Basidien, *b'* noch ohne Sterigmen, *b''* Anlage der Sterigmen, *b'''* mit vier Sporen. Vergr. 620. (Nach WORONIN.)

von Laub- oder Nadelhölzern wächst und daselbst flache, verästelte, aussen schwarze Stränge, sogen. Rhizomorphen bildet, aus denen später die Fruchtkörper als gestielte Hüte hervorkommen. 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.

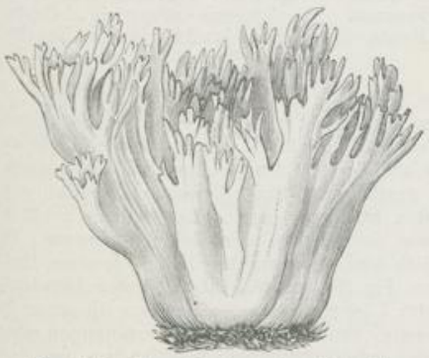


Fig. 297. Clavaria Botrytis. Nat. Gr.

Fig. 298. Hydnum repandum. Verkleinert.

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*[52]

genannt, ein auf Ericaceen, besonders Preissel- und Heidelbeeren auftretender parasitischer Pilz, dessen Mycel Auftreibungen der befallenen Pflanzentheile verursacht. Die Basidien werden in Lagern unter der Epidermis gebildet und brechen durch dieselbe an die Oberfläche hervor (Fig. 296). 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 und bilden auf Baumstümpfen 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 *Clavarieen* haben die Fruchtkörper die Form von weisslichen oder gelben, aus dem Boden sich erhebenden fleischigen kleinen Keulen oder sind mehr oder weniger reich corallenartig verzweigt. Die grösseren, fleischigen, reich verästelten Formen dieser Gruppe liefern Speiseschwämme, so *Clavaria flava* mit bis 10 cm hohem, fleischigem, orangegelbem Fruchtkörper, und *Clavaria Botrytis* (Fig. 297), beide als Bärentatze, Händling, Hahnenkamm oder Korallenschwamm bezeichnet, von blassröthlicher Farbe, ferner der krause Ziegenbart, *Sparassis crispa*, auf Sandboden in Nadelwäldern auftretend, mit blattförmig zusammengedrückten, reich verzweigten Aesten, bis $^1/_2$ m im Durchmesser erreichend.

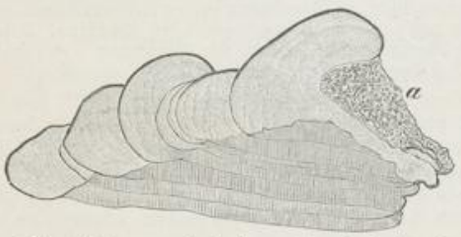


Fig. 299. Polyporus igniarius. Durchschnitt durch einen mehrjährigen Fruchtkörper mit Zuwachszonen. *a* Befestigungsstelle des halbkreisförmigen Hutes. $^1/_2$ nat. Gr.

Fig. 300. Psalliota campestris (= Agaricus campestris). Champignon, rechts junger Fruchtkörper. Verkleinert.

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 braunem, oben schwärzlich beschupptem, bis 15 cm breitem Hut, ferner *Hydnum repandum*, der Stoppelschwamm (Fig. 298), 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, herabhängende Röhrchen und das Basidienhymenium ist in diesen offenen Poren auf der Innenseite entwickelt. Hierher gehört die Gattung *Boletus* mit grossen fleischigen, auf Waldboden auftretenden dickstieligen Hüten, deren Unterseite mit einer dicken Schicht von feinen Röhrchen bekleidet ist. Die Arten sind theils vorzügliche Speisepilze, so *B. edulis*, der Steinpilz, theils aber sehr giftig, wie der Satanspilz, *Boletus Satanas* (Fig. 301), 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 *Poly-*

porus ist der Feuer- oder Zunderschwamm, *P. fomentarius*, officinell. Sein Mycelium lebt parasitisch in Laubbäumen, besonders Buchen, und erzeugt grosse consolförmige,

Fig. 301. Boletus Satanas, Satanspilz. 1/2 nat. Gr. (Nach Krombholz.) — Giftig.

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. 299), besonders an Eichen auftretend, ist rostbraun gefärbt, viel härter und liefert nur einen schlechten Zunder.

Manche Polyporeen sind sehr schädliche Parasiten der Waldbäume, so *Heterobasidion annosum*, das oft ganze Bestände von Kiefern und Fichten vernichtet. Eine sehr schädliche saprophytische Art ist *Merulius lacrymans*, der Hausschwamm [53], dessen Mycelium in feuchtem Bauholz, in erster Linie in Nadelholz, vegetirt und dieses zerstört. An der Oberfläche des Holzes und an dem Mauerwerk bildet das Mycel grosse grauweisse Watten mit derben sich verzweigenden Strängen, welche zur Leitung von Wasser und Nährstoffen dienen. Schliesslich entstehen aus dem Mycel die aus Ritzen hervorkommenden unregelmässig lappigen Fruchtkörper mit rostbrauner grubiger Oberfläche. Trockenlegung und gute Durchlüftung der inficirten Räume ist das sicherste Mittel zur Bekämpfung des Hausschwamms.

Fig. 302. Amanita muscaria, Fliegenpilz. 1/2 nat. Gr. — Giftig.

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 Hülle umschlossen, der Volva, welche bei der Streckung des Stiels als Scheide am Grunde zurückbleibt, bei manchen Blätterpilzen, so beim Fliegenschwamm (Fig. 302), auch in weissen Fetzen auf dem Hut zurückbleibt.

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, später aber einreisst und nun als ringförmiger Hautlappen am Stiele sitzen bleibt (Fig. 300).

Manche Hutpilze unserer Wälder und Wiesen werden als vorzügliche Speiseschwämme geschätzt, so vor Allem auch der in Cultur genommene Champignon, *Psalliota campestris* (Fig. 300), mit weisslichem Hut und erst weissen, dann rosenrothen, zuletzt braunschwarzen Lamellen, ferner der Pfifferling oder Eierschwamm, *Cantharellus cibarius*, mit dottergelbem kreiselförmigem Hut, der Reizker, *Lactarius deliciosus*, mit rothgelbem Hut und rothgelbem Milchsaft in besonderen Hyphenschläuchen, der Parasolschwamm, *Lepiota procera*, mit weissem braunbeschuppptem Hut.

Zu den giftigen Blätterschwämmen gehören vor Allem der Fliegenschwamm, *Amanita muscaria* (Fig. 302), der mit dem Champignon oft verwechselte Knollenblätterschwamm *Amanita bulbosa* mit weisslichem oder gelblichem Hut und dickknolligem Stielfuss, der Speiteufel, *Russula emetica*, mit röthlichem Hut und weissen Lamellen, der Giftreizker, *Lactarius torminosus*, mit gelbem oder rothbraunem zottigem Hut und weissem Milchsaft.

Biologisch sehr interessant ist ein südbrasilischer Hutpilz, die Agaricinee *Rozites gongylophora*, deren Mycel nach A. Möller von den Blattschneiderameisen in ihren Nestern regelrecht cultivirt wird. Das Mycel erzeugt in denselben kugelige, dicht mit Plasma erfüllte Anschwellungen seiner Hyphenenden, die sogen. Kohlrabiköpfchen, 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 [34].

Officinell: *Polyporus fomentarius* (= Fomes fomentarius), liefert Fungus Chirurgorum (Pharm. germ., austr.). — *Polyporus officinalis* (= Boletus laricis), Lärchenschwamm, liefert Agaricus albus (Pharm. helv.), Agaricinum (Pharm. germ.) und Acidum agaricinum (Pharm. helv.).

6. Ordnung. Gasteromycetes, Bauchpilze [45].

Die Gasteromyceten haben geschlossene mannichfach gestaltete Fruchtkörper, welche sich erst nach der Sporenreife öffnen, indem die als Peridie bezeichnete feste äussere Hyphenrinde in charakteristischer Weise aufplatzt. Die von der Peridie umschlossene sporenbildende Innenmasse wird insgesammt als Gleba bezeichnet. Die Gleba ist von zahlreichen Kammern oder Hohlräumen durchsetzt, welche entweder von dem Basidienhymenium ausgekleidet oder von locker verflochtenen Hyphen, deren Zweige in Basidien endigen, angefüllt sind.

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.

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 gefelderte Peridie besitzt (Fig. 303 *1*). Die im reifen Zustande schwarze Gleba ist gekammert und die Kammern sind ausgefüllt mit birnförmigen Basidien, welche vier sitzende kugelige Sporen tragen (Fig. 303 *2*). Der Hartbovist gilt als giftig und wird zuweilen mit Trüffeln verwechselt.

Die Gattungen *Bovista* und *Lycoperdon* (Fig. 303 *3*), 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 $^1/_2$ 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 dickwandiger verästelter Hyphen, welche von den Wänden ausgehen und die Auflockerung der Sporenmasse besorgen. Die jungen noch weissen, fleischigen Boviste sind essbar.

Bei der verwandten Gattung *Geaster* (Fig. 303 *4*), Erdstern, ist die Peridie der rundlichen Fruchtkörper ebenfalls als doppelte Hülle ausgebildet. Die äussere Hülle breitet sich bei der Reife in sternförmigen Lappen aus, die innere öffnet sich am Scheitel mit einem Loch.

Die höchste Entwicklung erreicht der Gasteromycetenfruchtkörper in der Gruppe der *Phalloideen*[55], als deren bekanntester Vertreter *Phallus impudicus*, die Stink- oder Gichtmorchel, in Wäldern in Deutschland einheimisch, zu nennen ist. Dieser Pilz gilt vielfach als giftig, doch sind giftige Wirkungen nicht constatirt. Früher wurde er

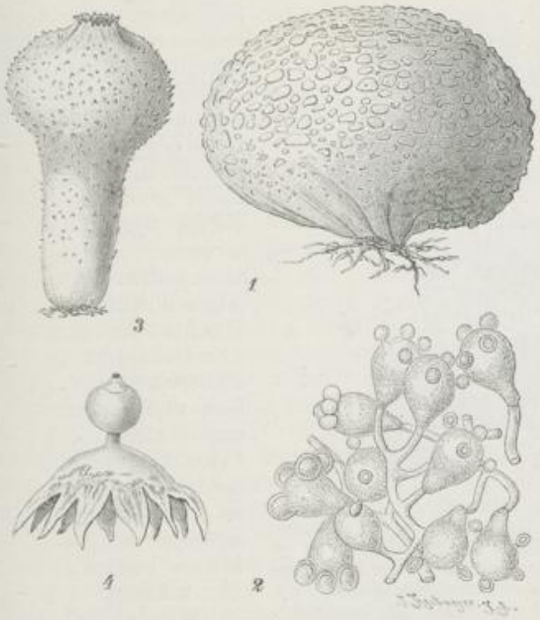


Fig. 303. *1* Scleroderma vulgare, Fruchtkörper. *2* Basidien aus demselben. (Nach TULASNE.) *3* Lycoperdon gemmatum. *4* Geaster granulosus. *1, 3, 4* in nat. Gr. *2* vergrössert.

Fig. 304. Phallus impudicus. ½ nat. Gr. (Nach KROMBHOLZ.)

zu Gichtsalben verwendet. Sein Fruchtkörper gleicht habituell den echten, zu den Discomyceten gehörenden Morcheln, hat aber eine ganz andere 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. 304). 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 axilen 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 XIII.

Lichenes, Flechten [33, 56, 58].

Die Flechten sind symbiotische Organismen, sie bestehen aus Fadenpilzen, und zwar aus *Ascomyceten*, nur in ganz vereinzeltem Falle aus *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 und haben sich als Consortien phylogenetisch weiter entwickelt, so dass sie hier zweckmässiger als besondere Klasse behandelt werden müssen.

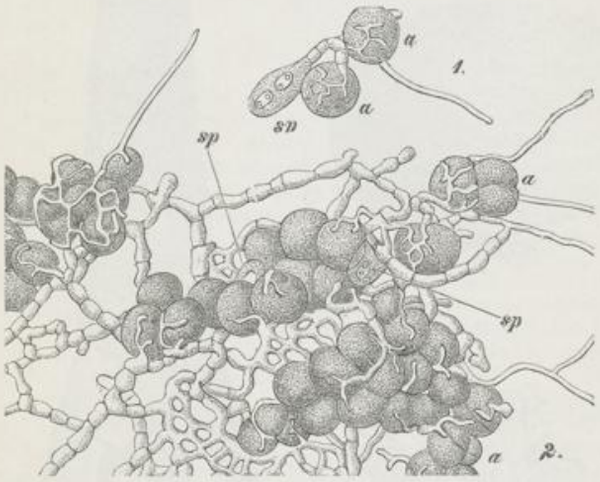


Fig. 305. Xanthoria parietina. *1* keimende Ascusspore (*sp*), deren Keimschlauch die grünen Algenzellen *a* der Gattung Cystococcus umspinnt. *2* beginnende Thallusbildung, in *sp* zwei Ascussporen, *a* die Cystococcuszellen. In der Mitte des Mycels beginnt durch Fusionen an den kurzgliederigen Hyphen die Bildung einer pseudoparenchymatischen Rindenschicht. Vergr. 500. (Nach Bonnier.) Aus v. Tavel, Pilze.

Was das Verhältniss von Pilz zu Alge anbelangt, so umspinnt der Pilz mit seinem Mycel die Algenzellen (Fig. 305), 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, liefert ihnen die anorganischen Stoffe und Wasser (vgl. S. 179). 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 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, bestehend aus Algenfäden, welche mit Pilzhyphen der Länge nach umsponnen sind. Als Beispiel sei *Ephebe pubescens* genannt, eine an feuchten Felsen in Form von zierlichen verästelten niedrigen Räschen auftretende Flechte.

Sodann unterscheidet man Gallertflechten, mit gallertigem laubartigem Lager. Die Algen derselben sind Chroococcaceen und Nostocaceen mit gallertig aufgequollenen Membranen. In der Algengallerte verlaufen die Pilzhyphen. Von einheimischen Gattungen gehört z. B. *Collema* hierher.

Sowohl bei den Faden- als Gallertflechten sind Algen und Pilzhyphen gleichmässig im Thallus vertheilt und wird dieser daher als ungeschichtet oder homoeomer 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 algenfreien und aus pseudoparenchymatisch dicht verflochtenen Pilzhyphen 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 Pilzhyphen etwas in dasselbe eindringt, ferner die Laubflechten (Fig. 306), 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 Pilzhyphen (Rhizinen) angewachsen ist, endlich die Strauchflechten (Fig. 307), mit verzweigtem fadenförmigem oder bandförmigem, an der Basis angeheftetem, zuweilen auch frei auf dem Substrat liegendem Thallus.

Fig. 306. Xanthoria parietina, auf Baumrinde. Nat. Gr.

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 für die tropische *Cora pavonia* (Fig. 313), 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.

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 umsponnen 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 zu den *Ascomyceten*, nur eine einzige Gattung zu den *Hymenomyceten*.

1. Ascolichenes.

Nur wenige Flechtengattungen haben krugförmige Perithecien; ihre Pilze gehören daher zu den Pyrenomyceten, so die Laubflechte *Endocarpon*, die Krustenflechte *Verrucaria*. Die meisten Gattungen aber entwickeln als Ascusfrüchte ihrer Pilze offene, meist schüssel- oder scheibenförmige, dem Thallus aufsitzende oder in ihn etwas eingesenkte Apothecien, welche in ihrem Aufbau wie bei den Discomyceten, speciell den Pezizeen (vgl. Fig. 280) beschaffen sind, also auf ihrer Oberseite ein Hymenium aus Asci und

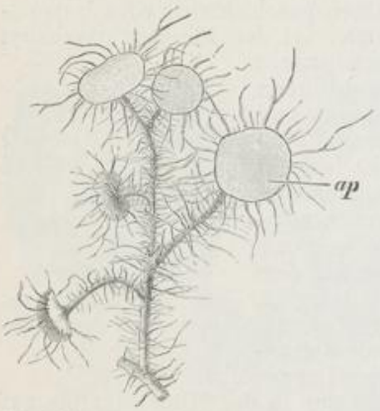


Fig. 307. Usnea barbata. *ap* Apothecium. Nat. Gr.

Fig. 308. Cetraria islandica. *ap* Apothecium. Nat. Gr. — Officinell.

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. 307), ferner die an Felsen der afrikanischen Küsten und Ostindiens weit verbreitete *Roccella tinctoria* mit aufrechtem wurmförmigem, gabelig getheiltem Thallus, aus welchem Lackmus und Orseille gewonnen werden. Eine Mittelstellung zwischen Strauch- und Blattflechten nimmt *Cetraria islandica*, das isländische Moos (Fig. 308) ein, mit vieltheiligen, aufsteigenden, blattartigen Thalluslappen, welche 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. 306) 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 Wüsten Nordafrikas 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.

Eine sehr eigenartige Entwicklung erfährt der Flechtenthallus bei der vielgestaltigen erdbewohnenden Gattung *Cladonia* [57], deren Thallus zunächst aus horizontalen, kleinen, dem Substrat aufsitzenden gekerbten Schüppchen besteht. Auf diesem Thallus erheben sich nun die zusammengesetzten Fruchtkörper (Podetien), die bei den einzelnen Arten sehr verschiedene Gestalt haben und in ihrer Form auch sehr stark variiren. Sie sind bei manchen Arten, so bei *Cladonia pyxidata*, der Becherflechte, und bei *Cladonia coccifera* (Fig. 309) gestielt kreiselförmig und tragen am Becherrand oder auf Aussprossungen desselben die bei ersterer Art braunen, bei letzterer lebhaft rothen Apothecien in Form von rundlichen Knöpfchen. Bei anderen Arten sind die Podetien aufrecht schmal cylindrisch einfach oder gegabelt; bei *Cladonia rangiferina*, der Rennthierflechte, welche

Fig. 309. Cladonia coccifera. *t* Thallusschüppchen. Nat. Gr.

Fig. 310. Cladonia rangiferina. *A* steril, *B* mit Ascusfrüchtchen an den Astenden. Nat. Gr.

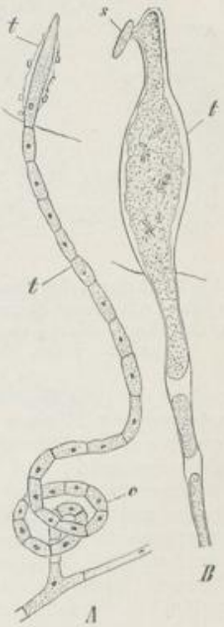


Fig. 311. Collema crispum. *A* Carpogon, *c* mit Trichogyn *t*. Vergr. 405. *B* Spitze des Trichogyn mit Spermatium *s*. Vergr. 1125. Nach E. Baur.

über die ganze Erde verbreitet und in grosser Menge rasenbildend in den nordischen Tundren auftritt, sind die Podetien (Fig. 310) zierlich verästelt und tragen an den Astenden die kleinen braunen Apothecien. Oft bleiben aber die Podetien dieser Art wie auch der anderen Cladonien steril, indem die im Innern vorhandenen ascogenen Hyphen nicht zur Bildung der Asci gelangen.

Die Ascusfrüchte, Apothecien oder Perithecien, nehmen, wie Stahl [58] zuerst nachwies, auch bei den Flechten ihren Ursprung aus befruchteten Carpogonen, die in jungen Thalluslappen oft in sehr grosser Anzahl angelegt werden. Das Carpogon (Fig. 311) ist hier ein vielzelliger, im unteren Theil mehrfach schraubig gewundener Faden, der sich in ein langzelliges, aus dem Thallus mit der Spitze hervorragendes Trichogyn fortsetzt. Die Zellen enthalten je 1 Kern, führen im unteren Theil des Carpogons dichteres Plasma und sind durch Tüpfel verbunden. Abgesehen von der Vielzelligkeit erinnern diese Gebilde an die Carpogone der Florideen. Als männliche Sexualzellen fungiren wahrscheinlich die in besonderen krugförmigen Behältern, den Spermogonien (Fig. 312) erzeugten Spermatien, die von den Enden der diese Organe auskleidenden Hyphenfäden als rund-

liche oder stäbchenförmige Zellen abgegliedert werden und nach der Entlassung mit den klebrigen Spitzen der Trichogynen copuliren (Fig. 311 *B*). Die Spermatien erscheinen nach der Copulation leer, ohne Kern; darauf collabiren die Zellen des Trichogyns, gehen später zu Grunde, während die mittleren Zellen des schraubigen Carpogons anschwellen, sich auch noch weiter theilen und zu einem Ascogon werden, das nun durch Aussprossung die ascogenen Hyphen und aus diesen die Asci liefert. Die vegetativen Hyphen und die Paraphysen der Früchte entspringen aus den unter dem Ascogon befindlichen Hyphen. Entweder nur ein oder auch mehrere Ascogone zusammen geben eine Frucht.

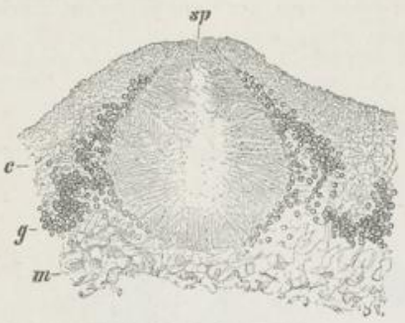


Fig. 312. Schnitt durch den Thallus von Anaptychia ciliaris mit einem Spermogonium *sp*, *c* Rindenschicht, *m* Markschicht, *g* Algenschicht. Vergr. 90.

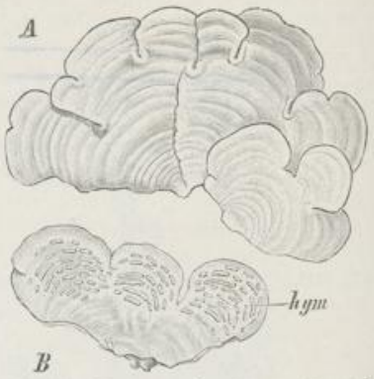


Fig. 313. Cora pavonia. *A* von oben, *B* von unten, *hym* Hymenium. Nat. Gr.

Das Verhalten der Sexualkerne bedarf noch eingehender Untersuchung. Vergleicht man die Sexualorgane der Flechten mit denen der Schlauchpilze, so ist hervorzuheben, dass bei den ersteren schlauchförmige Antheridien, wie sie bei Erysipheen und Pyronema auftreten, nicht beobachtet sind, die männlichen Sexualzellen vielmehr ganz anders entstehen, andererseits aber mit den Spermatien der Florideen sich vergleichen lassen. Spermogonien und Spermatien entsprechen ferner in ihrer Bildung ganz den Pykniden und Pyknosporen der Ascomyceten und auch der Uredineen. Dazu kommt, dass durch A. Möller festgestellt ist, dass die Flechtenspermatien auch vegetativ zu Mycelien auskeimen können. Brefeld und Möller fassen daher die Spermatien als Conidien auf und bestreiten die Sexualität der Flechten.

2. *Hymenolichenes*[59].

Die *Hymenolichenen* werden 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. 310), deren halbkreisförmige gelappte flache, dachziegelartig gruppirte Fruchtkörper auch ganz ohne Algen gefunden werden. Tritt der Pilz in Symbiose mit einzelligen Chroococcusalgen, so resultirt als Fruchtkörper die *Cora pavonia* (Fig. 313), welche wie eine Thelephorafrucht auf der Unterseite ein durch Risse gefeldertes Basidienhymenium entwickelt. Tritt dagegen derselbe Pilz mit den Fäden der blaugrünen Alge Scytonema 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).

Officinell ist unter den Flechten nur *Cetraria islandica*, Lichen islandicus Pharm. germ., austr., helv.).

Hepaticae, Lebermoose.
Musci, Laubmoose.

II.

Bryophyta, Moospflanzen (60, 61). Muscineen.

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.

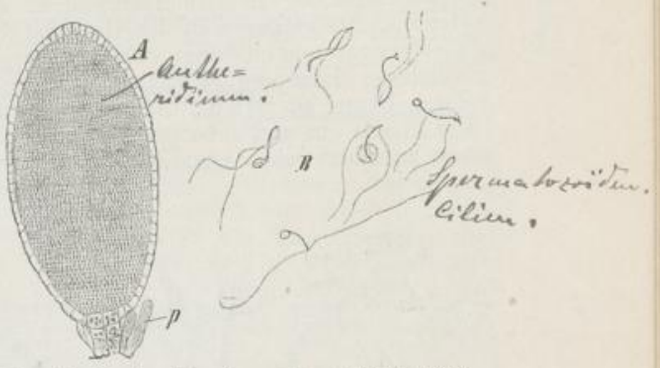


Fig. 314. Marchantia polymorpha. *A* ein fast reifes Antheridium im optischen Durchschnitt, *p* Paraphysen. *B* Spermatozoiden mit 1proc. Ueberosmiumsäure fixirt. *A* Vergr. 90. *B* Vergr. 600.

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. 314). 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.

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

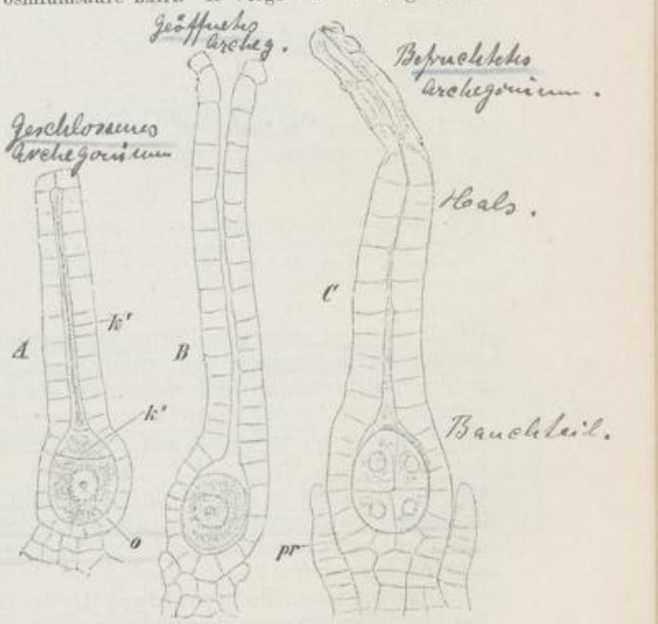


Fig. 315. Marchantia polymorpha. *A* junges, *B* geöffnetes Archegonium, *C* befruchtetes Archegonium nach erfolgtem Beginn der Keimbildung, *k'* Halscanalzelle, *k''* Bauchcanalzelle, *o* Ei, *pr* Pseudoperianth. Vergr. 540.

Eizelle (Fig. 315 *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 vertretene Stoffe (Rohrzucker bei Laubmoosen) diffundiren 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 zu einer Oospore zu werden und als solche einen Dauerzustand durchzumachen.

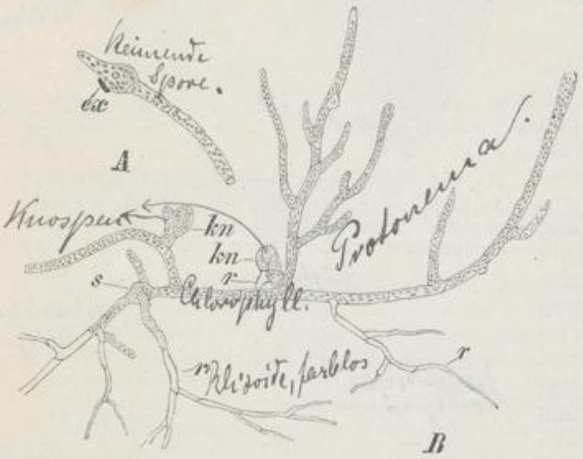


Fig. 316. Funaria hygrometrica. *A* keimende Spore, *ex* Exine. *B* Protonema mit Knospen *kn* und Rhizoiden *r*, *s* Spore. Vergrössert. (Nach MÜLLER-THURGAU.)

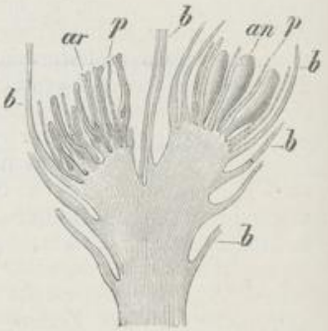


Fig. 317. Antheridien *an* und Archegonien *ar* an den Enden des gabelig verzweigten Moosstämmchens von Phascum cuspidatum, *b* Blätter, *p* Paraphysen. Vergr. 45. (Nach HOFMEISTER.)

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 regelmässigster 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. 316 *A*, *B*). Die Protonema-

zellen enthalten grüne Chlorophyllkörner. Von den grünen Fäden gehen farblose verzweigte Rhizoiden oder Wurzelhaare ab und dringen in den Boden ein (Fig. 316 *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 verzweigten 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). Bei anderen Lebermoosen und bei allen Laubmoosen dagegen ist eine scharfe Gliederung in Stengel und Blätter durchgeführt (Fig. 329), 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. 317).

Aus der befruchteten Eizelle (Fig. 315 *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 loslösen 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. 321 *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 gegliedert. 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 (62).

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 thallöse Formen, die *Jungermanniaceen* theils thallöse, 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 Schlammboden am Ufer der Gewässer oder auf feuchten Aeckern kleine Rosetten bildet (Fig. 318 *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), sie kann aber auch auf Schlammboden niederliegende Rosetten bilden. Die Riccien tragen auf der Unterseite des Thallus feine Rhizoiden (Fig. 318 *B*) und besitzen ausserdem daselbst eine Reihe von quergestellten 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.

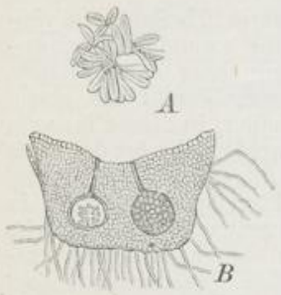


Fig. 318. Riccia minima. *A* Thallus mit eingesenkten Sporogonien am Grunde der Lappen. Nat. Gr. *B* Schnitt durch einen Thalluslappen, schwach vergr. (Nach Bischoff.)

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.

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. 320 *A*, Fig. 321 *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 complicirten anatomischen Aufbau geltend. Auf der Oberfläche des Thallus bemerkt man schon mit blossem 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. 121). 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 grübchenartige Einsenkungen angelegten und dann durch Wachsthum 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 sehr schwacher Belichtung kann ihre Bildung ganz unterbleiben.

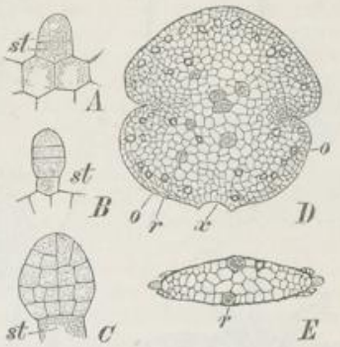


Fig. 319. Marchantia polymorpha. *A—C* aufeinander folgende Stadien der Brutkörperbildung. *st* Stielzelle. *D* Brutkörper von der Fläche. *E* im Querschnitt *x* Ablösungsstelle. *o* Oelzellen, *r* farblose, körnigen Inhalt führende Zellen, aus denen die Rhizoiden später entspringen. *A—C* Vergr. 275. *D—E* Vergr. 65. (Nach Kny.)

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. 320 *b*), auf, in deren Mitte eine Anzahl von gestielten flachen grünen Brutkörperchen von biscuitförmigem Umriss sich befinden. Sie entstehen, wie Fig. 319 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 treten auch im fertigen Thallus zerstreut auf und sind überhaupt bei Lebermoosen sehr verbreitet. Mit Hülfe der Brutkörperchen 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 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, an deren Oberseite die Antheridien eingesenkt sind und zwar ein jedes in einen flaschenförmigen Behälter, der mit einer engen Oeffnung nach aussen mündet (Fig. 320 *B*). Diese Behälter werden von Luftkammern führendem Gewebe getrennt. Gestalt der Antheridien und Spermatozoiden ist aus Fig. 314 ersichtlich.

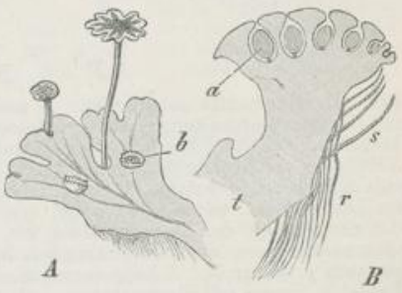


Fig. 320. *A* männliche Pflanze von Marchantia polymorpha, *b* Brutkörbchen. Nat. Gr. *B* Antheridiumstand mit den eingesenkten Antheridien *a* vergrössert, *t* Thallus, *s* Ventralschuppen, *r* Rhizoiden. Etwas vergr.

Die weiblichen Zweige (Fig. 321 *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. 315 ersichtlich.

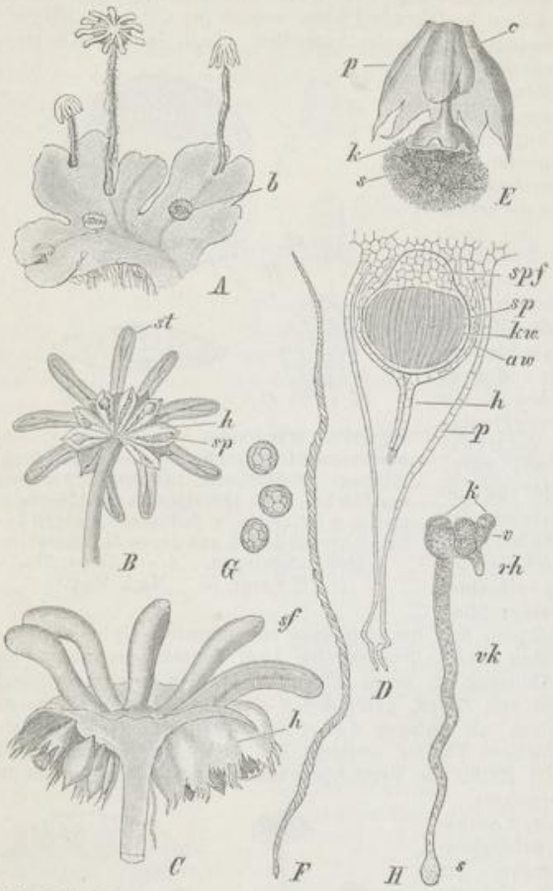


Fig. 321. Marchantia polymorpha. *A* weibliche Pflanze mit vier verschiedenalterigen Archegoniumständen, *b* Brutkörbchen. Nat. Gr. *B* Receptaculum von unten, *st* Strahlen, *h* Hülle, *sp* vortretende Sporogone. Vergr. 3. *C* Receptaculum halb durchschnitten. Vergr. 5. *D* junges Sporogon im Längsschnitt, 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 mit Elaterenmasse *s*, Pseudoperianth *p*, Archegoniumwand *c*. Vergr. 10. *F* Elatere. *G* reife Sporen. Vergr. 315. *H* gekeimte Spore *s* mit Vorkeim *vk* und Keimscheibe *k*, Letztere mit der Scheitelzelle *v* und dem Rhizoid *rh*. Vergr. 100. *C, E* nach Bischoff, *B, D, F—H* nach Kny.

Nach der Befruchtung entwickelt sich die Eizelle zu einem vielzelligen Embryo (Fig. 315 *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, indem das Deckelstück zerfällt und die Wandung in Form mehrerer Zähne sich zurückkrümmt. Charakteristisch für die Marchantien sowie für die 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 am Scheitel sich öffnenden Kapsel hervor und dienen hier zur Auflockerung der Sporenmasse, ähnlich wie das Capillitium der Myxomyceten (Fig. 321 *E, F, G*). Die reife Kapselfrucht ist vor der Streckung des Stieles noch eingeschlossen von der eine Zeit lang mitwachsenden Archegoniumwandung (*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 Archegoniums ringsum als sackartige Hülle hervorsprosst (Fig. 315 *C, pr*, 321 *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 Leebermoose.

3. Ordnung. Die Anthocerotaceen umfassen nur wenige Formen, deren Thallus meist die Gestalt einer krausen Scheibe zeigt und auf dem Boden mittels Rhizoiden festgewachsen ist. Seine Zellen enthalten zum 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 Archegonien 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 Kapselfrucht 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. 322). 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 Archegonium. 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. 123). Sodann giebt es Formen, deren breitlappiger mit Mittelrippe versehener Thallus bereits eine schwache Ausbildung von blattähnlichen 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 tritt 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. 323 *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 oberschlächtig, wenn der Hinterrand eines Blattes von dem Vorderrand des nächstunteren überdeckt wird (Fig. 323 *Frullania*), oder unterschlächtig, wenn der Hinterrand eines Blattes über dem Vorderrand des nächstunteren liegt (Fig. 12, S. 10 *Plagiochila*).

Fig. 322. Anthoceros laevis. *sp* Sporogon, *c* Columella. Nat. Gr.

Fig. 323. Frullania Tamarisci, von unten, *r* Rückenblatt, *ws* als Wassersack ausgebildeter Unterlappen des Rückenblattes, *a* Amphigastrien. Vergr. 36.

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 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 wegschleudern. Der Kapselstiel ist stets zart und weich. Die selten ein-, meist zwei- bis vielschichtigen Kapselwandzellen sind mit ringförmigen oder leistenartigen Verdickungen versehen oder gleichmässig verdickt bis auf die dünnen Aussenwände. Das Aufspringen erfolgt durch die Cohäsion des schwindenden Füllwassers unter Einbiegung der dünnen Aussenwände.

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 bezw. 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 (63).

Das reich verzweigte Protonema der Laubmoose erscheint dem blossen Auge als ein feiner grüner Filz (Fig. 316). 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 spiralige Anordnung der kleinen Blättchen. Nur selten findet sich zweizeilige Anordnung. Bei solchen Laubmoosen, welche niederliegende Stengel haben, sind die Blättchen häufig einseitswendig oder gescheitelt, bei 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) findet sich in der Achse des Stengels ein centrales Leitbündel aus englumigen langgestreckten Zellen vor. Diese Leitbündel stehen noch nicht auf derselben Stufe der Differenzirung wie die Gefässbündel der Farnpflanzen (vgl. S. 89). 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 spiralige Verdickungsleisten als Aussteifungen auf ihrer Wandung besitzen. Sie saugen Wasser mit Begierde auf und dienen als capillare Wasserbehälter und Leiter (Fig. 324 *C*).

Die Blätter der Laubmoose sind in der Regel sehr einfach gebaut, bestehen meist nur aus einer Schicht von polygonalen chlorophyllführenden Zellen (Fig. 63 und Fig. 99 *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. 324 *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 Widerthon, u. A., dessen mehrschichtige Blätter auf der Innenseite zahlreiche einschichtige dicht-

stehende 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.

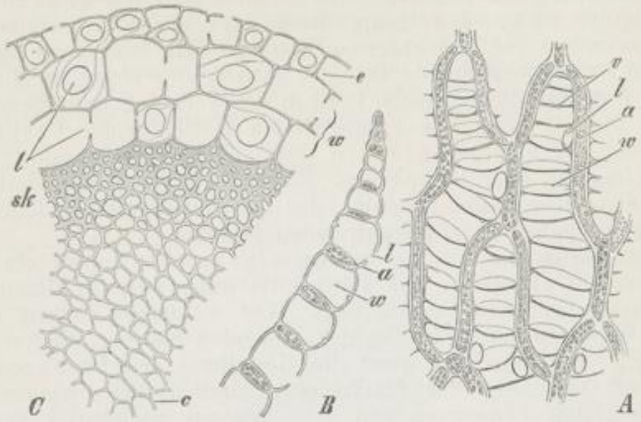


Fig. 324. *A* aus dem Blatt von Sphagnum cymbifolium, *a* chlorophyllhaltige Zellen, *w* Wasserzellen mit Verdickungsleisten *v* und Löchern *l*, von der Fläche. Vergr. 300. *B* Querschnitt durch das Blatt von Sph. fimbriatum. *C* Theil eines Querschnitts durch den Stengel von Sph. cymbifolium, *c* Mitte, *sk* sklerenchymatische Rindenzellen, *w* Wasserzellen mit Löchern und Verdickungsleisten, *e* Epidermis. Vergr. 120.

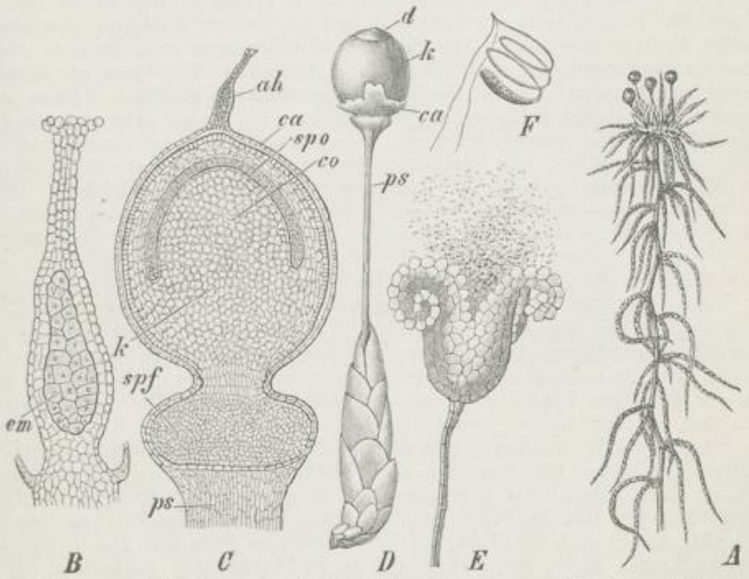


Fig. 325. Sphagnum fimbriatum *A* mit vier reifen Sporogonen. Nat. Gr. — Sphagnum acutifolium. *B* Archegonium mit dem mehrzelligen Embryo des Sporogons *em*. *C* junges Sporogon im Längsschnitt, *ps* Pseudopodium, *ca* Archegoniumwand oder Calyptra, *ah* Archegoniumhals, *spf* Sporogonfuss, *k* Kapsel, *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.)

Am Grunde des Stengels entspringen die mehrzelligen verzweigten farblosen Wurzelhaare oder Rhizoiden (Fig. 327 *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.

Die Sexualorgane sitzen bei den Laubmoosen stets gruppenweise beisammen an der Spitze der Hauptachsen oder am Ende kleiner Seitenzweiglein, 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 Safthaaren 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 Nährstoff- und Wasserspeicher für die sich bildenden Sporen. Elateren werden nie gebildet. Im Einzelnen weist die Gestaltung des Laubmoossporogons 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 (64). Die Sphagnaceen oder Torfmoose enthalten nur eine, allerdings sehr formenreiche Gattung, *Sphagnum*. Die Torfmoose leben an sumpfigen Orten, häufig in Quellen, und bilden grosse 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 und bildet das gipfelständige Köpfchen, ein anderer abwärts und umhüllt den unteren Theil des Stämmchens (Fig. 325 *A*). Diese abwärts wachsenden Zweige sind peitschenförmig gestreckt. Ein Zweig unter dem Gipfel entwickelt sich alljährlich ebenso stark wie der Muttersprossen, der damit eine falsche Gabelung erhält. Indem nun die Stämmchen von unten her allmählich absterben, werden die successive erzeugten Tochtersprosse zu selbstständigen Pflanzen. Einzelne Zweige des Köpfchens fallen durch ihre besondere Gestalt und Färbung auf; sie erzeugen die Geschlechtsorgane. 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 Samenfäden entlassen (Fig. 325 *E*, *F*), die weiblichen Zweige weisen an ihrer Spitze die Archegonien auf. Die Sporogone entwickeln nur einen kurzen Stiel mit angeschwollenem Fuss (*B 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. 326). Eigenartig sind die Vorkeime der Torfmoose gestaltet. Die Sporen keimen zunächst zu kurzen Fäden aus, welche sich zu flächenförmigen Vorkeimen, 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. 326) 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 stielförmigen Verlängerung der Stengelspitze, dem Pseudopodium (*ps*), eingesenkt ist.

3. Ordnung. *Phascaceae.* Die Phascaceen oder schliessfrüchtigen Laubmoose (auch Cleistocarpae genannt) umfassen winzige wenigbeblätterte erdbewohnende Formen, an denen der fädige Vorkeim bis zur Kapselreife erhalten bleibt (Fig. 333). Die mit der Haube bedeckte entständige 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. 326. Andreaea petrophila. *ps* Pseudopodium, *Spf* Sporogonfuss, *k* Kapsel, *c* Calyptra. Vgr. 12.

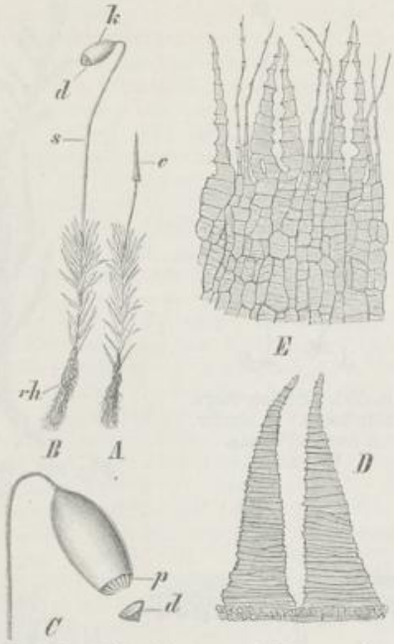


Fig. 327. Mnium hornum. *A* Pflanze mit Sporogon, dessen Kapsel noch von der Calyptra *c* bedeckt ist. *B* mit reifem Sporogon, *s* Seta, *k* Kapsel, *d* Deckel, *rh* Rhizoide. *C* Kapsel aufgesprungen. *p* Peristom. *D* zwei äussere Peristomzähne. *E* inneres Peristom. *A*, *B* nat. Gr. *C* Vergr. 3. *D*, *E* Vergr. 58.

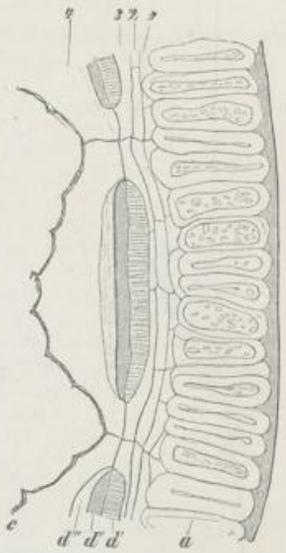


Fig. 328. Mnium hornum. Querschnitt durch den Kapselrand in der Höhe des Ringes. *a* Zellen des Ringes, *1—4* auf einander folgende Zellschichten, *d'* die in der dritten, *d''* die in der vierten Zellschicht entstandene Verdickungsmasse der Zähne. *d'''* vorspringende Querleisten, *c* verschmolzene Wimpern. Vergr. 240.

4. Ordnung. *Bryinae* (65). 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. 327 *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 (Fig. 329 *ap*) und am auffälligsten, als roth oder gelb gefärbter Kragen, bei den nordischen *Splachnum*-Arten entwickelt. Der obere Theil der Kapselwandung ist in Form eines Deckels (Fig. 327 *d*) mit oder ohne schnabelartige Spitze ausgebildet. Unterhalb des Deckelrandes ist eine schmale Zone der Kapsel-

Fig. 329. Polytrichum commune. *rh* Rhizoide, *s* Seta, *c* Calyptra, *ap* Apophyse, *d* Deckel. Nat. Gr.

Fig. 330. Schistostega osmundacea. *A* sterile, *B* fertile Pflanze. Vergr. 5.

Fig. 332. Hypnum purum. Nat. Gr.

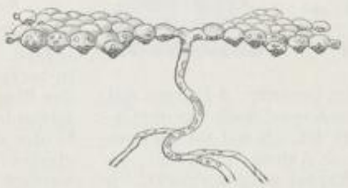


Fig. 331. Protonema von Schistostega osmundacea. Vergr. 90.

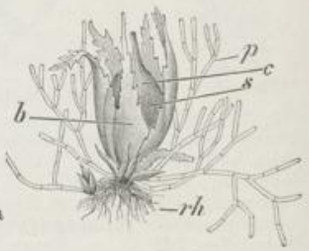


Fig. 333. Ephemerum serratum. *p* Protonema, *b* Laubblatt, *s* Sporogon, *c* Calyptra, *rh* Rhizoide. Vergr. 200. (Nach W. P. Schimper.)

wandungszellen als sogen. Ring differenzirt. Der Ring, dessen Zellen aufquellenden Schleim führen, vermittelt das Absprengen 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 Moosen fehlt.

Bei *Mnium hornum* (Fig. 327 *C p*) ist das Peristom doppelt, das äussere besteht aus 16, am Innenrande der Kapselwandung inserirten, keilförmig zugespitzten und quer-

gestreiften 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 ergiebt 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. 328) 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.

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 betheiligt 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 gehören hierher *Mnium hornum*, *Polytrichum commune* (Fig. 329), *Funaria hygrometrica*. Eine sehr eigenthümliche Ausbildung des Protonema treffen wir bei dem in Erdlöchern oder in Höhlen lebenden Leuchtmoos *Schistostega osmundacea*. Die fertilen Sprosse dieses Mooses sind spiralig beblättert und tragen auf langer Seta eine peristomlose Kapsel, die sterilen Sprosse dagegen sind zweizeilig beblättert (Fig. 330 *A*, *B*). Der Vorkeim allein leuchtet mit smaragdgrünem Licht (S. 189). Seine aus dem Substrat sich erhebenden Fäden verzweigen sich in einer zum einfallenden Licht senkrechten Ebene und bilden so eine kleine dorsiventrale 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. 331).

b) Bei den *Bryinae pleurocarpae* wachsen die Hauptachsen unbegrenzt weiter und die Archegonien bezw. Sporogone stehen auf besonderen, ganz kurzen Seitenzweiglein (Fig. 332). Hierher gehören zahlreiche, meist reich verzweigte, Rasen oder 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 (61, 66).

Die Pteridophyten umfassen die Farne, Wasserfarne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse und stellen die höchstentwickelten Cryptogamen vor. Wie bei den Bryophyten vollzieht sich auch hier der Entwicklungsgang in zwei scharf geschiedenen Generationen. Die erste Generation ist die ge-

schlechtliche, 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.

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 thallösen Lebermoos, d. h. sie besteht aus einem kleinen grünen blattartigen, auf der Unterseite mit Rhizoiden am Boden befestigten Thallus (Fig. 334 *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, Antheridien (Fig. 340) mit zahlreichen cilientragenden, meist schraubig gewundenen Spermatozoiden, welche entweder zahlreiche oder nur zwei Cilien tragen und Archegonien (Fig. 341) mit je einer Eizelle. Die Befruchtung ist wie bei den Moosen nur in Wasser, also bei Benetzung der Prothallien möglich.

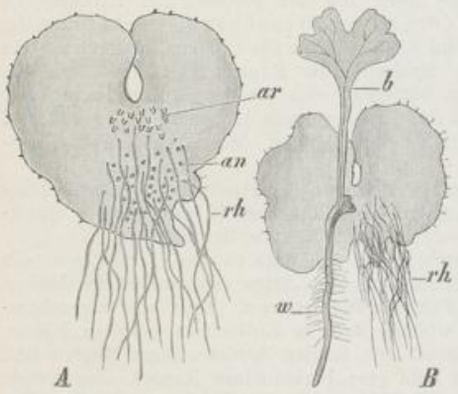


Fig. 334. Aspidium filix mas. *A* Prothallium von der Unterseite mit Archegonien *ar*, Antheridien *an*, Wurzelhaaren *rh*. *B* Prothallium mit jungem, aus einer befruchteten Eizelle entstandenem Farnpflänzchen, *b* erstes Blatt, *w* Wurzel desselben. Vergr. ca. 8.

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 zoidiogama, zwar 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 hochdifferenzirte 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 eigenthümliches Organ, der sogen. Fuss angelegt werden (Fig. 335 *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 wohldifferenzirten Gefässbündeln durchzogen und daher bezeichnet man auch die Pteridophyten als Gefässcryptogamen. Die Gefässbündel der Pteridophyten sind überwiegend nach einem besonderen Typus gebaut (vgl. Fig. 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.

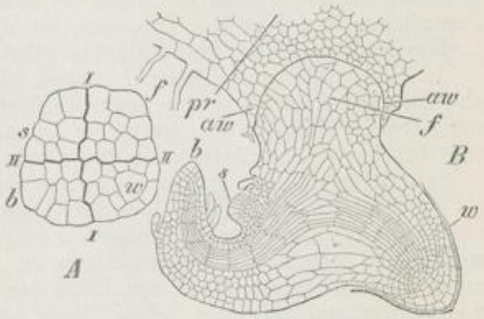


Fig. 335. *A* Pteris serrulata. Aus dem Archegonium befreiter Embryo im Längsschnitt. *I* Basalwand, *II* senkrecht zu dieser stehende Quadrantenwand, *f* Anlage des Fusses, *s* des Stammscheitels, *b* des ersten Blattes, *w* der Wurzel. (Nach KIENITZ-GERLOFF.) *B* Pteris aquilina. Weiterentwickelter Embryo, mit dem Fuss *f* noch im erweiterten Archegoniumbauch, *aw*, steckend, *pr* Prothallium. Vergr. (Nach HOFMEISTER.)

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 bei den Lycopodineen erhalten bleiben, bei Farnen und Schachtelhalmen aber 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 dann nur die äussere Schicht der Wandung erhalten. Die einzelligen Sporen besitzen eine aus mehreren Häuten bestehende Wandung.

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 hervorgehen, und Microsporen, in

Microsporangien erzeugt, aus denen männliche Prothallien hervorgehen. Danach hat man also zwischen gleichsporigen oder homosporen und verschiedensporigen oder heterosporen Gefässcryptogamen zu unterscheiden, ein Unterschied, der aber nicht zur Gesammteintheilung verwerthet 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 von dem Moossporogon 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 Blattachseln am Stengel oder auf dem Blattgrund entspringend. Tapetenzellen bleiben erhalten.
   4. Ordnung. *Lycopodiaceae* Bärlappe. Homospor.
   5. Ordnung. *Selaginellaceae* Selaginellen. Heterospor.
   6. Ordnung. *Isoetaceae* 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(67).

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. 337) 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

Fig. 336. 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. (Nach Wossidlo.) — Officinell.

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 Wurmfarn, *Aspidium filix mas*, dessen Rhizom als wurmtreibendes Mittel officinell ist. Wie Fig. 336 *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 Wachsthum 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 Hirschzunge, *Scolopendrium vulgare*.

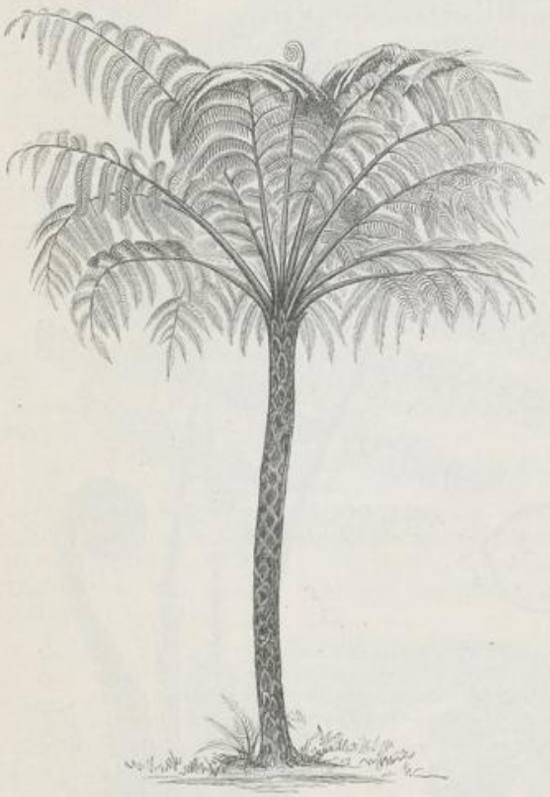


Fig. 337. Alsophila crinita, Baumfarn von Ceylon. Verkl.

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 gefransten, sogen. Spreuschuppen (Paleae) bekleidet, welche zu den Trichomen zu rechnen sind.

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, 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, sogen. Sori, vereinigt, an den Enden oder zwischen den Auszweigungen

der Blattnerven auf der Unterseite. Sie entspringen auf einem hervortretenden Blattgewebepolster, dem Receptaculum (Fig. 336 *5*), und werden bei vielen Arten von einem häutigen Auswuchs der Blattfläche, dem sogen. Schleier, Indusium, vor der Reife bedeckt und geschützt (Fig. 336 *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 (Fig. 338 *A*). Sehr charakteristisch für die Polypodiaceen ist der Ring, Annulus, welcher hier über den Rücken und Scheitel der Sporangienwandung bis zur Mitte der Bauchseite als vortretende Zellenreihe mit stark verdickten Radial- und Innenwänden verläuft.

Beim Austrocknen der Kapselwand werden durch den Cohäsionszug des schwindenden Wassers in den Annuluszellen deren dünne Aussenwände nach innen eingestülpt der Ring also aussen verkürzt und dadurch das Aufreissen der Sporangien in eine Querspalte zwischen den breiten Endzellen des Ringes verursacht. Ist der Cohäsionszug des Wasserrestes schliesslich überwunden, dann erfolgt ein elastisches Zurückschnellen des Ringes, das die Ausstreuung der Sporen befördert. (Vgl. S. 211.)

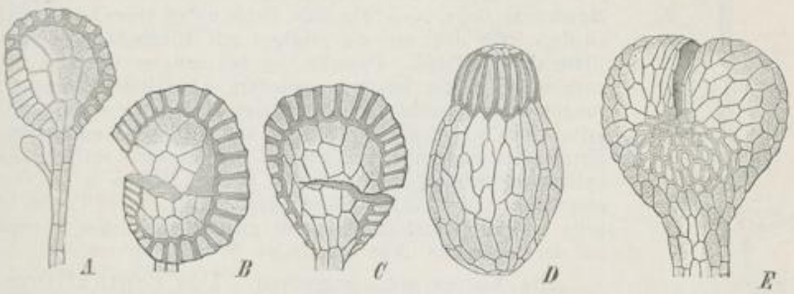


Fig. 338. Sporangien. *A* von Aspidium Filix mas. Am Stiel ein Drüsenhaar. *B* und *C* von Alsophila armata, von zwei entgegengesetzten Seiten gesehen. *D* von Aneimia caudata, *E* von osmunda regalis. *A—D* Vergr. 70, nach der Natur, *E* Vergr. 40 (nach LÜRSSEN.)

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. Bei *Aspidium* dagegen treffen wir zahlreiche rundliche Sori, bedeckt mit einem weisslichen nierenförmigen, dem Receptaculumscheitel eingefügten 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 Blattfiedern in continuirlicher Linie und werden von dem nach unten eingeschlagenen Blattrand bedeckt.

Ausser den Polypodiaceen umfassen die Farne noch andere, vorwiegend tropische Familien, deren Sporangien in der Ringbildung Verschiedenheiten zeigen. So besitzen die *Cyatheaceen* oder Baumfarne Sporangien mit vollständigem, in schiefem Verlauf über den Scheitel ziehenden Ring (Fig. 338 *B C*), ebenso haben die *Hymenophyllaceen*, deren zierliche kleine Formen vielfach als Epiphyten an Baumfarnen angetroffen werden, einen vollständigen schief oder quer über das Sporangium laufenden Ring, die tropischen *Schizaeaceen* dagegen einen geschlossenen scheitelständigen Ring (Fig. 338 *D*), 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. 338 *E*).

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.

Fig. 339. Botrychium Lunaria. 1/2 nat. Gr.

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.

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. 339). 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 unterhalb 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 im oberen Theile 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, herzförmigen, kleinen Thallus von der für *Aspidium* in Fig. 334 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 Laubmooe.

Die Antheridien und Archegonien[68] sind ziemlich übereinstimmend bei allen Farnen gebaut und können daher die Abbildungen von *Polypodium vulgare* Fig. 340 und 341 als Typus gelten. Die Antheridien werden an jungen Prothallien angelegt und sind kugelig vorgewölbte Gebilde, die mitten auf einer Prothalliumzelle (Fig. 340 *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 Sprengung der Deckelzelle. So gelangen die rundlichen Spermatozoidmutterzellen ins

Wasser und entlassen nach einiger Zeit die pfropfzieherartig 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. 340 *D C*, Fig. 97 *B*).

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. 341 *A*, *B*) und schliesst eine centrale langgestreckte Halscanalzelle 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 empfängnissfähige Archegonium und tritt hervor. Eine in das umgebende Wasser diffundirende Substanz (Aepfelsaure Salze)

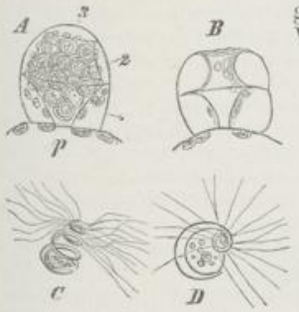


Fig. 340. Polypodium vulgare. *A* reifes, *B* entleertes Antheridium, *p* Prothalliumzelle, *1* und *2* Ringzellen, *3* Deckelzelle. *A* und *B* Vergr. 240. *C* und *D* Spermatozoiden Vergr. 540.

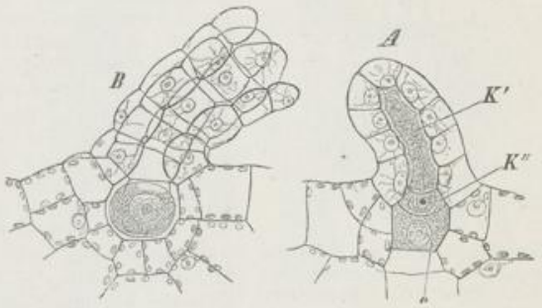


Fig. 341. Polypodium vulgare. *A* unreifes Archegonium, *K'* Halscanalzelle, *K''* Bauchcanalzelle, *o* Ei. *B* reifes geöffnetes Archegonium. Vergr. 240.

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. 335), 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)[69].

Officinell ist unter den Farnkräutern *Aspidium filix mas*, Rhizoma Filicis (Pharm. germ., austr., helv.), ferner das südeuropäische *Adiantum Capillus Veneris*, Frauenhaar, dessen Blätter benutzt werden: Folium Adianti s. Herba Capilli Veneris (Pharm austr., helv.). Auch das nordamerikanische *Adiantum pedatum* liefert Folium Adianti (Pharm. helv.). Die seideähnlichen glänzendbraunen langen Gliederhaare am Grunde der Blattstiele verschiedener Baumfarne, besonders von *Cibotium Barometz* und anderen Arten dieser Gattung in Ostindien und auf den pacifischen Inseln liefern die als Wundwatte benutzten Paleae haemostaticae (Penawar Djambi, Pulu) (Pharm. austr.).

2. Ordnung. *Hydropterides, Wasserfarne.*

Zu den Wasserfarnen 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 Sporocarpien eingeschlossen.

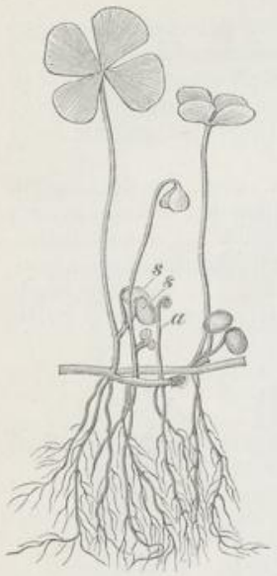


Fig. 342. Marsilia quadrifoliata. *a* junges Blatt, *s* Sporocarpien. Verkleinert. (Nach Bischoff.)

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. 342). 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 Sporocarpien, von denen ein jedes seiner Anlage nach dem assimilirenden 4 fiedrigen sterilen, hier aber ungegliedert bleibenden Blatttheil entspricht. Die Sporangiensori 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.

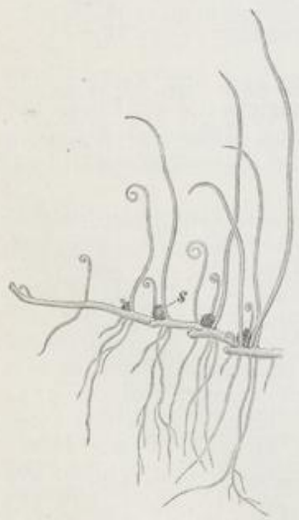


Fig. 343. Pilularia globulifera. *s* Sporocarpien. Verkleinert. (Nach Bischoff.)

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. 343).

Die zweite Familie, *Salviniaceen*, enthält freischwimmende Wasserpflanzen. Die erste Gattung *Salvinia* ist in unserer Flora durch *S. natans* 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 getheilt und übernimmt die Function der fehlenden Wurzeln. An diesen Wasserblättern sitzen am Grunde der basalen Zipfel zu mehreren die kugeligen Sporocarpien (Fig. 344), 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 und assimilirt, der untere ins Wasser taucht und an der Wasseraufnahme sich betheiligt. 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* (70) erläutert werden. Die Sporocarpien enthalten entweder Microsporangien in grösserer Zahl oder Macrosporangien in geringerer Zahl (Fig. 345 *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 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.

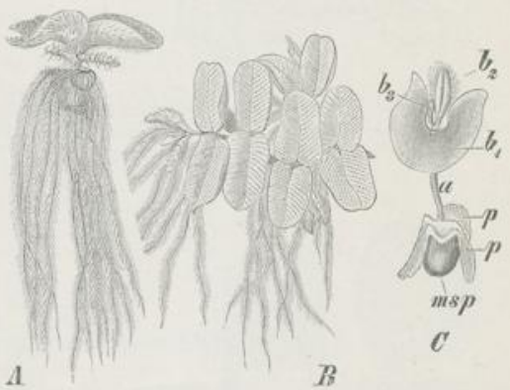


Fig. 344. Salvinia natans. *A* von der Seite. *B* von oben. Verkleinert. (Nach Bischoff.) *C* Keimpflanze, *msp* Macrospore. *p* Prothallium, *a* Stengel, b_1 b_2 b_3 die drei ersten Blätter, b_1 das sogen. Schildchen. Vergr. 15. (Nach Pringsheim.)

Die Microsporangien platzen nicht auf, die Microsporen keimen vielmehr innerhalb derselben und entwickeln nur ein kurzes schlauchförmiges männliches Prothallium, das nach aussen durch die Sporangiumwand hervortritt. Durch auf einander folgende Theilungen werden in diesen die Antheridien erzeugt (Fig. 346). 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 eine einschichtige Wandung (Fig. 345 *D*), enthalten aber nur eine einzige grosse Macrospore, indem nur eine der zahlreich angelegten Sporen auf Kosten der übrigen sich weiter entwickelt. Die Macrospore ist mit grossen eckigen Proteïnkörnern, mit Oeltröpfchen und Stärkekörnern dicht erfüllt; an ihrem Scheitel liegt dichteres Plasma und der Kern. Die Membran der Spore wird von einem derben braunen Exinium bedeckt und dieses ist von einer dicken schaumigen Hülle, dem Perinium, überlagert, welche der Zwischensubstanz 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 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 Sporangienwand 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. 347). Das erste Blatt der Keimpflanze (Fig. 344 *C*) hat schildförmige Gestalt, es schwimmt auf der Oberfläche des Wassers.

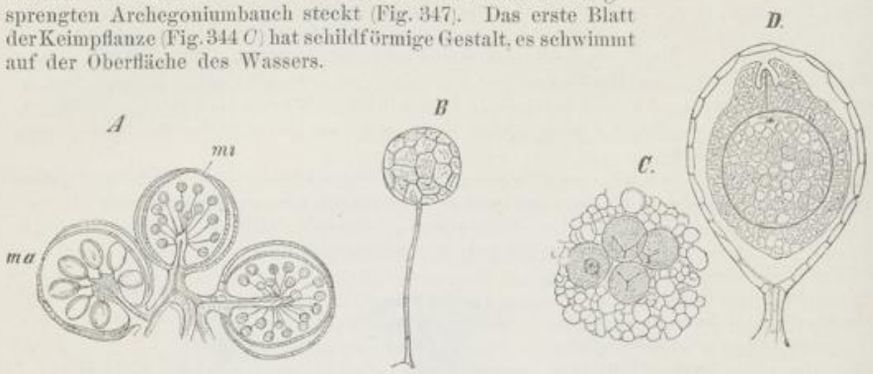


Fig. 345. Salvinia natans. *A*, *ma* Macrosporocarpium, *mi* Microsporocarpium in medianem Längsschnitt. Vergr. 8. *B* ein Microsporangium von aussen gesehen. Vergr. 55. *C* in schaumige Zwischensubstanz eingebettete Microsporen. Vergr. 250. *D* Macrosporangium und Macrospore, in medianem Längsschnitt. Vergr. 55.

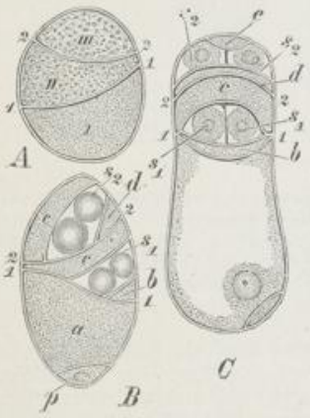


Fig. 346. Salvinia natans. Männliche Prothallien. *A* Theilung der Microsporen in drei Zellen, *I—III*. Vergr. 860. *B* fertiges Prothallium von der Flanke. *C* von der Bauchseite. Vergr. 640. Zelle *I* hat sich in die Prothalliumzellen *a* und *p* getheilt, *p* ist als Rhizoidzelle zu deuten, Zelle *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.)

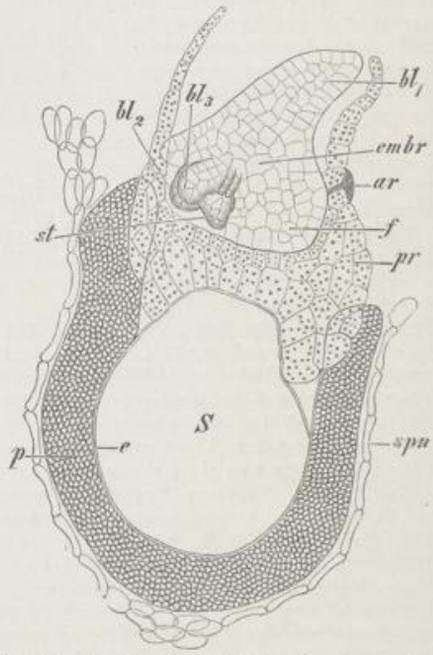


Fig. 347. Salvinia natans. Embryo im Längsschnitt. Prothallium *pr*, *s* Sporenzelle, *e* Exinium, *p* Perinium, *spw* Sporangiumwand, *embr* Embryo, *f* Fuss, bl_1, bl_2, bl_3 die drei ersten Blätter, *st* Stammscheitel. Vergr. 100. (Nach Pringsheim.)

Bei *Azolla* (71) verläuft der Entwicklungsgang in ähnlicher Weise, aber die Sporangien und Sporen zeigen eine Reihe von Besonderheiten. In den Microsporangien werden die 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 Widerhäkchen, sogen. Glochiden, Auswüchsen der Zwischensubstanz, besetzt. Die Sporangiumwand platzt auf und entlässt die Massulae, welche im Wasser zu den Macrosporen gelangen. In den Macrosporangien, welche zu je 1 in jeder Frucht stehen, wächst nur eine Spore weiter, verdrängt alle anderen Sporenzellen, und presst schliesslich auch 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 umgiebt 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 Sporocarpien 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 (72).

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 Ackerschachtelhalm, sowie auch bei anderen Arten werden seitliche kurze Rhizomäste in Form von rundlichen Knollen als Reservestoffbehälter und Ueberwinterungsorgane ausgebildet (Fig. 349 *2 a*). Die oberirdischen Halme bleiben entweder einfach, oder sie verzweigen sich in quirlig gestellte Aeste zweiter, dritter u. s. w. Ordnung. Alle Achsen sind aus gestreckten Internodien zusammengesetzt, innen von einem centralen Luftgang und von peripherischen Luftgängen sowie von einem Kreis von collateralen Gefässbündeln durchzogen (Fig. 348).

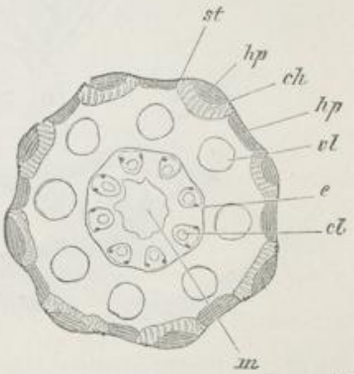


Fig. 348. Equisetum arvense. Querschnitt durch den Stengel. *m* lysigene Markhöhle, *e* Endodermis, *cl* Carinalhöhlen in den bicollateralen Gefässbündeln, *vl* Vallecularhöhlen, *hp* Sklerenchymstränge in den Riefen und Rippen, *ch* chlorophyllführendes Gewebe der primären Rinde, *st* Spaltöffnungsreihen. Vergr. 11.

Eigenartig ist die Beblätterung der Schachtelhalme. An jedem Knoten steht ein Quirl von kleinen zugespitzten, unterwärts in eine manschettenartig 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. Die Seitenzweige werden in den Achseln der Quirlscheidenblätter

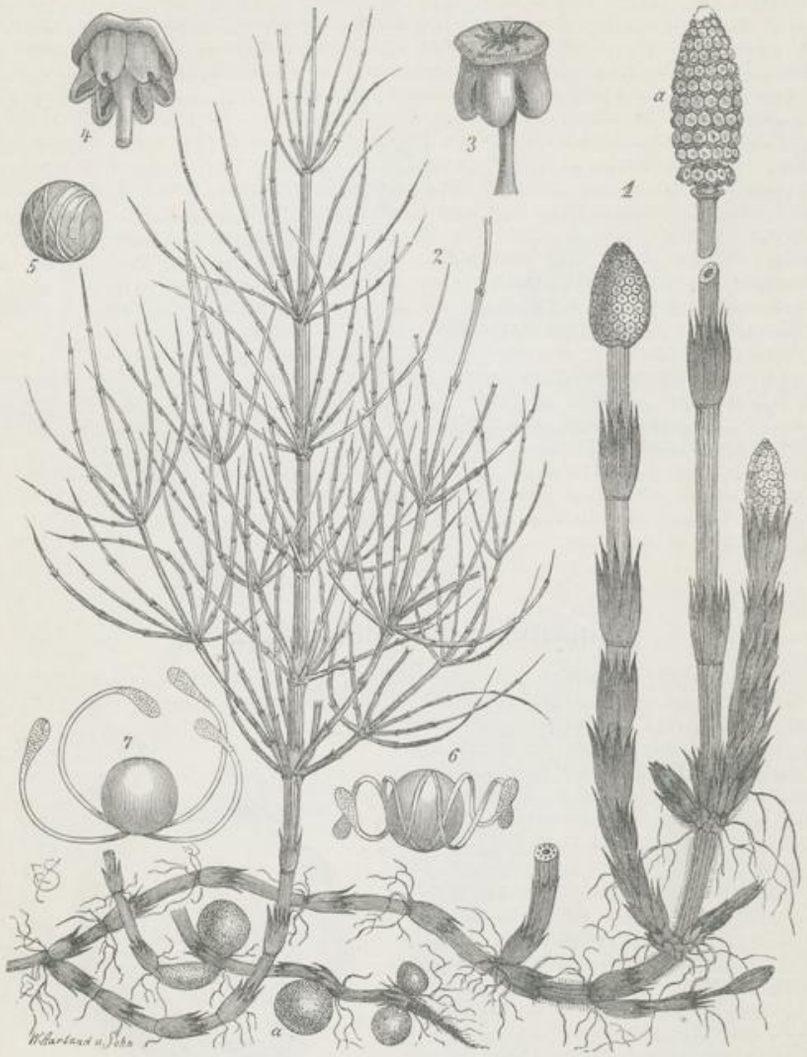


Fig. 349. Equisetum arvense. *1* fertiler Halm mit der Blüthe *a*. *2* unfruchtbarer, vegetativer Halm, *a* Rhizomknollen. *3* Sporophyll mit Sporangien. *4* die Sporangien mit Längsriss aufgesprungen. *5*, *6*, *7* Sporen mit den Spiralbändern des Periniums. (Nach Wossidlo.)

angelegt und brechen, 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.

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. 349 *1 a*), 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. Die Sporophylle selbst haben die Form eines gestielten Schildes, an dessen Unterseite 5—10 sackförmige, mit Längsriss aufspringende Sporangien sitzen (Fig. 349 *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 (Epispor) vorhanden. Dasselbe besteht (Fig. 349 *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.

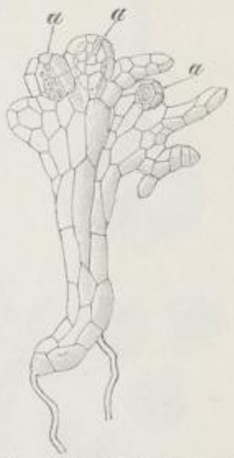


Fig. 350. Equisetum arvense. Männliches Prothallium mit drei Antheridien *a*. Vergr. 200. (Nach Hofmeister.)

Bei gewissen Schachtelhalmarten 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. 349 *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 thallösen Prothallien aus. Die Prothallien sind meist diöcisch. Fig. 350 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 dorsiventrale 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. 123).

Die äusseren Membranen der Stengelepidermis sind bei den Schachtelhalmen mehr oder weniger stark mit Kieselsäure imprägnirt, in besonderem Maasse bei *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 Gesträuch mit ihren bis 2 cm dicken quirlig verzweigten Halmen bis über 12 m Höhe.

Klasse III.

Lycopodinae, Bärlappgewächse.

Zu den Lycopodinae gehören als wichtigste und verbreitetste Gattungen *Lycopodium*, *Selaginella* und *Isoëtes*. 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.

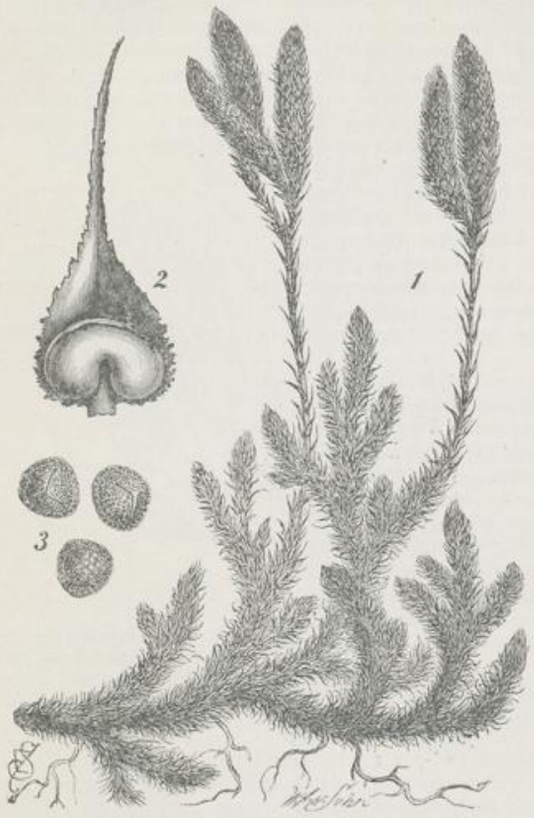


Fig. 351. Lycopodium clavatum. *1* Sporangien tragende Pflanze. *2* schuppenförmiges Sporophyll mit dem Sporangium. *3* Sporen stark vergrössert. (Nach Wossidło.) Officinell.

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 nicht aufgelöst. Ringbildung fehlt. Die Sporangien öffnen sich durch eine über den Scheitel laufende Spalte mit zwei 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* (73).

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 linealpfriemlichen kleinen Blättchen besetzt. Auf der Unterseite der Stengel entspringen dichotom verzweigte Wurzeln (Fig. 351). Die ährenförmigen Blüthen stehen zu zwei oder mehreren

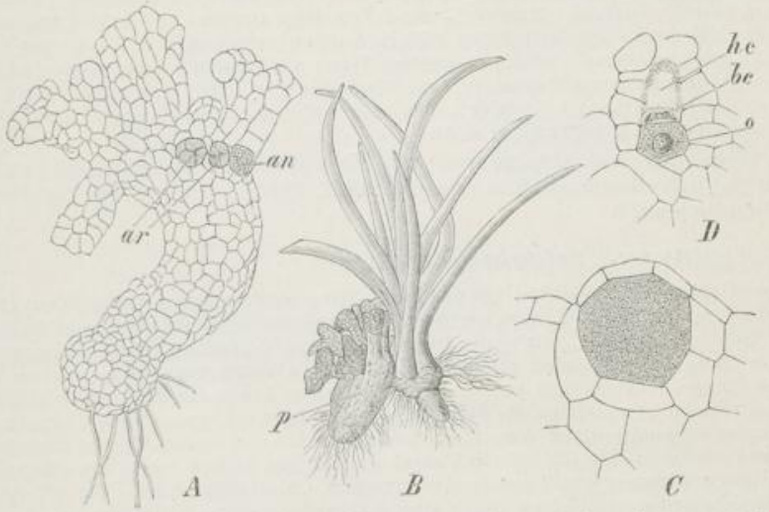


Fig. 352. Lycopodium cernuum. *A* Prothallium mit zwei Archegonien *ar* und einem Antheridium *an*. Vergr. 70. *B* älteres Prothallium *p* mit ansitzender Keimpflanze. Vergr. 15. *C* Schnitt durch ein Antheridium. Vergr. 250. *D* Archegonium, *o* Eizelle, *bc* Bauchcanalzelle, *hc* aufgelöste Halscanalzelle. Vergr. 250. (Nach Treub.)

an den Enden von aufrechten dichotom verzweigten Stengeln 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. 351 *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 Lycopodiumsporen 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 Randpartie 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 letzterer 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. cernuum* (Fig. 352), deren Prothallien kleine im Boden steckende und mit Rhizoiden befestigte chlorophyllarme 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 monöcisch. Die Antheridien (Fig. 352 *C*) sind in das Gewebe etwas eingesenkt und umschliessen zahlreiche Spermatozoidmutterzellen, aus denen die kleinen ovalen, unter ihrer Spitze zwei Cilien tragenden Spermatozoiden frei werden. Die Archegonien (Fig. 352 *D*) sind ähnlich wie bei den Farnen beschaffen, haben aber einen kürzeren Halstheil, dessen oberste Zellen beim Oeffnen zu Grunde gehen. Die Zahl der Halscanalzellen ist bei den einzelnen Arten verschieden (1, 3—5, oder 6—10). Die Embryoentwicklung verläuft in anderer Weise als bei den Farnkräutern und zeigt gewisse Aehnlichkeit mit derjenigen von Selaginella (Fig. 357). 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., helv.). Sie werden als Hexenmehl bezeichnet.

2. Ordnung. Selaginellaceae[74].

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 Lycopodinen, ihr Stengel ist mit kleinen schuppenartigen Blättchen und zwar meist in dorsiventraler Anordnung besetzt, so bei der in den Alpen einheimischen *Selaginella helvetica* (Fig. 353), 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 Blüthen verhalten sich ähnlich wie bei Lycopodium, sind endständig, einfach oder verzweigt, radiär, seltener dorsiventral. Jedes Sporophyll trägt nur ein über der Blattachsel aus dem Stengel entspringendes Sporangium. In derselben Blüthe treten sowohl Macro- als auch Microsporangien auf. In den ersteren (Fig. 354 *A—C*) gehen die angelegten Sporenmutterzellen alle zu Grunde bis auf eine, welche die vier grossen paarweise gekreuzten und die Sporangienwand buckelig vorwölbenden Sporen liefert. Das Aufspringen vollzieht sich auf vorgezeichneten Dehiscenzlinien in zwei auf einem basalen kahnförmigen Theile stehenden, sich zurückkrümmenden Klappen; durch den Druck des sich verengernden Kahntheils und der Klappen werden die Sporen herausgeschleudert. In den flachen Microsporangien sind zahlreiche kleine Sporen vorhanden. Die Oeffnung geschieht hier in ähnlicher Weise, nur ist der kahnförmige Theil viel kürzer, die Klappen reichen fast bis zur Basis.

Die Microsporen beginnen ihre Weiterentwicklung schon innerhalb des Sporangiums. Die Sporenzelle theilt sich zunächst in eine kleine linsenförmige, der Rhizoidzelle von Salvinia (Fig. 346) entsprechende Zelle und in eine grosse Zelle, welche successive in acht sterile Prothallien- oder Wandzellen und zwei oder vier centrale spermatogene Zellen sich weiter theilt (Fig. 355 *A*). Durch weitere Theilung der letzteren Zellen, die ein einziges Antheridium vorstellen, entstehen die sich abrundenden Spermatozoidmutterzellen in grösserer Anzahl (*B—D*). Die Wandzellen lösen alsdann ihre Wände auf und werden zu einer Schleimschicht, in welcher die centrale Masse der Spermatozoidmutter-

zellen eingebettet 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.

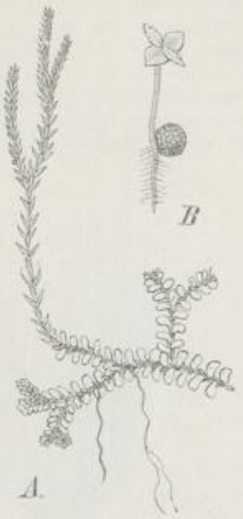


Fig. 353. *A* Selaginella helvetica. Nat. Gr. (Nach der Natur.) *B* S. denticulata, Keimpflänzchen mit der Macrospore. Vergr. (Nach Bischoff.)

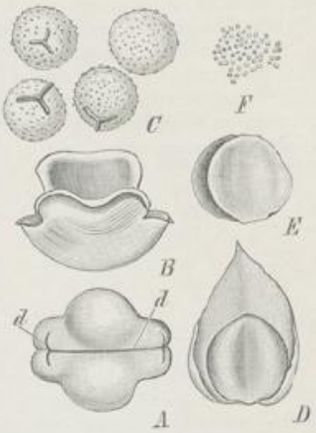


Fig. 354. Selaginella helvetica. *A* Macrosporangien von oben mit Dehiscenzlinie *d*. *B* geöffnet von der Seite, die vier Macrosporen *C* ausgeschleudert. *D* Microsporangien in der Achsel des Schuppenblattes von innen, *E* geöffnet, *F* Microsporen. Vergr. ca. 15.

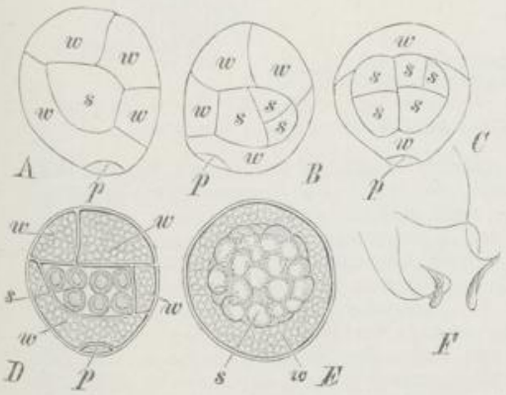


Fig. 355. *A*—*E* Selaginella stolonifera. Vergr. 640. Keimung der Microsporen, successive Stadien, *p* Prothalliumzelle als Rhizoidzelle aufzufassen, *w* Antheridiumwandzellen, *s* spermatogene Zellen. *A*, *B*, *D* von der Seite, *C* vom Rücken. In *E* die Prothalliumzelle nicht sichtbar, die Wandzellen aufgelöst, umgeben die Spermatozoidmutterzellen. *F* Sel. cuspidata, Spermatozoiden. Vergr. 780. (Nach Belajeff.)

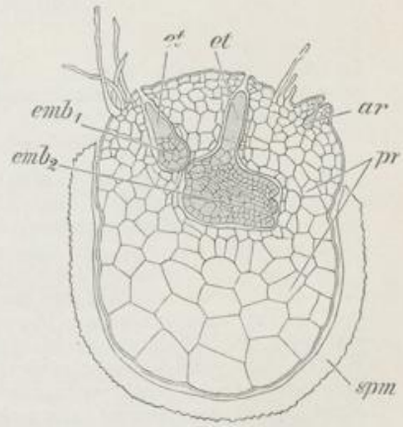


Fig. 356. Selaginella Martensii. Weibliches Prothallium, aus der am Scheitel geöffneten Macrosporenmembran *spm* hervortretend, *ar* unbefruchtet gebliebenes Archegonium, emb_1, emb_2 zwei in das Prothalliumgewebe eingesenkte Embryonen mit den Embryoträgern *et*. Vergr. 124. (Combinirt nach Pfeffer.)

Auch die Macrosporen beginnen, allerdings nicht bei allen Arten, ihre Weiterentwicklung schon, wenn sie noch im Sporangium eingeschlossen liegen. Der Zellkern 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 die weitere Theilung dieser Zellen in kleinzelliges Gewebe. In dem kleinzelligen Gewebe werden am 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.

Die Sporenwand platzt schliesslich am Scheitel auf und das kleinzellige farblose Prothallium tritt etwas hervor und bildet auch einige Rhizoiden. Es erfolgt dann die Befruchtung von ein oder zwei Archegonien und die directe Weiterentwicklung der befruchteten Eizellen zum Embryo (Fig. 356).

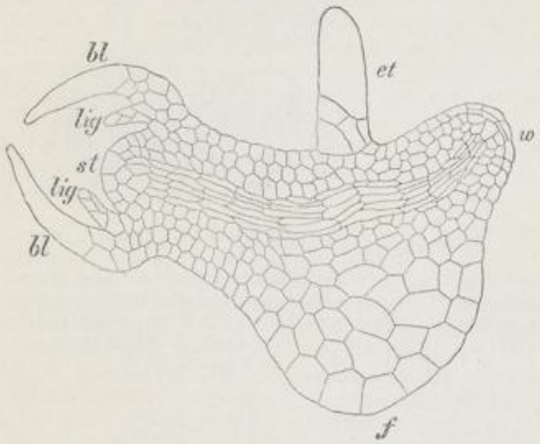


Fig. 357. Selaginella Martensii. Längsschnitt durch einen noch nicht aus der Spore hervorgebrochenen Embryo. *et* Embryoträger, *w* Wurzel, *f* Fuss, *bl* Blätter, *lig* Ligula, *st* Stammscheitel. Vergr. 165. (Nach Pfeffer.)

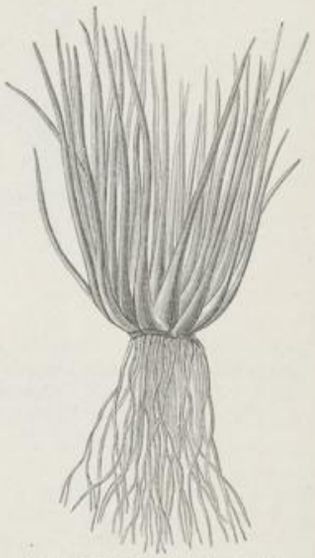


Fig. 358. Isoetes lacustris. $^1/_2$ nat. Gr.

In der Entwicklung des Embryo erinnert Selaginella mit einigen Unterschieden am meisten an Lycopodium. Das Ei theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen und die obere derselben vergrössert sich stark, geht in ihrer unteren Partie noch einige Theilungen ein und wird auch hier zu dem Embryoträger oder Suspensor (Fig. 357 *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 Sprossscheitel 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. 353 *B*).

3. Ordnung. *Isoetaceae* [75].

Hierher gehört nur die isolirt stehende Gattung *Isoetes*, Brachsenkraut, die als selbstständiger Zweig der in frühen Erdperioden viel formenreicheren Klasse anzusehen ist,

übrigens auch einige 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. 358). 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 mit einem Cilienbüschel besetzten Samenfäden entlassen. 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 freie wandständige Tochterkerne 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. Im Bau des Embryos und der Spermatozoiden entfernt sich Isoetes von den übrigen Lycopodineen.

Die fossilen Cryptogamen (76).

Die aus früheren Erdperioden in fossilem Zustand erhaltenen Reste von Cryptogamen geben uns über die phylogenetischen Beziehungen der Klassen der Thallophyten und Bryophyten keinerlei Aufschluss. Verbindende Formen zwischen Algen und Moosen wie auch zwischen Moosen und Pteridophyten sind bis jetzt nicht nachgewiesen worden; dahingegen hat die Phytopaläontologie uns mit interessanten, schon frühzeitig ausgestorbenen Typen der Pteridophyten bekannt gemacht, welche das System der jetzt lebenden Farne, Schachtelhalme und Bärlappe wesentlich ergänzen und zum Theil auch den Uebergang von den Farnen zu den Gymnospermen vermitteln.

Weitaus die meisten ***Thallophyten*** sind in Folge ihrer zarten Structur zu fossiler Erhaltung überhaupt nicht geeignet. Aus dem Mangel von Resten mancher Thallophytenklassen in älteren Schichten ist also der Schluss auf die damalige Nichtexistenz derselben nicht zulässig. Reste von Algen unbestimmbarer Verwandtschaft sind schon im Silur gefunden. Unter den Algenresten lassen sich am sichersten, Dank ihrer guten Erhaltung, die zu den *Siphoneen* gehörigen Kalkalgen bestimmen, von denen man zahlreiche Formen aus dem Tertiär, bis hinab zum Silur, nachgewiesen hat, während die mit Kalk incrustirten *Corallineen*, zu den Rothalgen gehörend, vom obern Jura aufwärts erscheinen. Unter den einzelligen Algen sind die mit verkieselter Membran versehenen *Diatomeen* ebenfalls gut erhalten, vom Jura an aufwärts, besonders in Kreide und Tertiär oft in mächtigen Lagern von Kieselguhr vertreten, und sämmtlich noch jetzt lebenden Gattungen angehörend. Die *Characeen* erscheinen ziemlich häufig vom Tertiär ab, und gehen hinab

in einzelnen Resten bis zum Muschelkalk. Die meisten jetzt lebenden Algensippen sind erst vom Tertiär an sicher nachweisbar.

Bacterien dürften seit den ältesten Zeiten ihre Zersetzungsarbeit an organischen Substanzen verrichtet haben und konnten zum Beispiel in Pflanzenresten aus dem Carbon erkannt werden. Auch die *Hyphomyceten* und wahrscheinlich auch die *Myxomyceten* waren im Carbon schon vertreten; so sind *Ascomyceten* in Blättern und Stämmen in allen Schichten vom Carbon an gefunden. Reste von *Flechten* jetzt noch lebender Gattungen erscheinen im Tertiär.

II. Von ***Bryophyten*** entstammen die meisten der im Allgemeinen sparsam fossil erhaltenen Formen dem Tertiär und zeigen die grösste Aehnlichkeit mit recenten Gattungen. Nur vereinzelte Reste von Leber- und Laubmoosen fanden sich in älteren Schichten, im Jura, in der oberen Trias.

III. Die ***Pteridophyten*** reichen in der Reihe der Formationen bis in das Silur zurück, herrschen im Carbon vor, indem sie die Hauptmasse der Landvegetation der Steinkohlenflora lieferten, und treten dann weiterhin zurück gegenüber den höheren Stufen der Gymnospermen und schliesslich der Angiospermen.

1. Die Klasse der ***Filicinae*** ist in der Ordnung der *Filices*, Farnkräuter, schon vor dem Ende des Silurs und besonders reich im Carbon vertreten. Sie zeigten in den paläozoischen Schichten bereits im Wesentlichen dieselbe Organisation; die meisten der heute lebenden Familien waren vertreten, und einzelne derselben (z. B. die *Marattiaceen*) sogar in grösserem Artenreichthum. Aus den Filicinen, welche gegen die übrigen Klassen scharf abgesetzt sind, dürften durch Vermittlung der allerdings nur in ihren vegetativen Organen bekannten *Cycadofilices*, Farn-ähnlichen Gewächsen mit secundärem Dickenwachsthum der Gefässbündel, die Phanerogamen, zunächst die Cycadaceen hervorgegangen sein, während die übrigen Klassen der Pteridophyten keine Weiterbildung zu höheren Stufen erfuhren.

Die *Wasserfarne* sind mit Sicherheit meist erst im Tertiär nachweisbar, *Salvinia* und *Marsilia* lassen sich aber auch bis in die Kreide zurückverfolgen.

2. Die Klasse der ***Equisetinae***, heute nur noch in der einzigen, bis in die Trias zurückreichende Gattung *Equisetum* vertreten, war im Paläozoicum sehr reich entwickelt in der grossen, besonders im Carbon sehr häufigen Ordnung der *Calamarieen*, habituell den Schachtelhalmen ähnliche, in einzelnen Arten wohl bis 30 m hohe baumartige Gewächse, deren mit Periderm bedeckte, hohle, monopodial quirlig verzweigte Stämme (*Calamites*) secundäres Dickenwachsthum aufwiesen. Ihre Blätter (*Annularia*) standen in abwechselnden Quirlen, waren schmallanzettlich, anfangs zu einer Scheide verbunden, später sich trennend, und in dem ältesten Typus *Archaeocalamites* noch dichotom getheilt. Die Sporangienstände oder Blüthen (*Calamostachys*) hatten theils denselben Bau wie Equisetum, bei den meisten aber complicirteren, indem sie sich aus abwechselnden Quirlen von Schuppenblättern und Sporophyllen zusammensetzten. Interessant ist die Thatsache, dass die Calamarieen, z. Th. wenigstens, heterospor waren.

3. Auch die Klasse der ***Lycopodinae*** war in den paläozoischen Epochen ungemein reich vertreten und zwar in erster Linie in den zwei grossen ausgestorbenen Ordnungen der *Sigillarieen* und der *Lepidodendreen*. Die *Sigillarieen* sind vom Culm ab gefunden, im Carbon am artenreichsten und reichen mit einer Art noch in den Buntsandstein hinein. Es waren stattliche baumartige Gewächse mit mächtigen in die Dicke wachsenden säulenförmigen, meist einfachen oder nur wenig gegabelten Stämmen, oben mit langen pfriemlichen Blättern versehen, am Schafte bedeckt mit den Längszeilen sechseckiger Blattnarben, mit stammbürtigen, langgestielten zapfenförmigen Blüthen, deren Sporangien nur einerlei Sporen enthielten.

Die *Lepidodendreen*, vom Unterdevon bis in das Rothliegende, besonders aber im Carbon verbreitet, waren ebenfalls baumartige Pflanzen, aber mit dichotom verzweigten rhombisch gefelderten, in die Dicke wachsenden Stämmen, an denen oben die meist spiralig angeordneten, schmalen, bis 15 cm langen Blätter auf rhombischen Blattkissen sassen. Die zapfenförmigen Blüthen (*Lepidostrobus*) entsprangen endständig oder am Stamme selbst und enthielten Macro- und Microsporangien, je eins auf jedem Sporophyll.

Schon im Carbon waren aber auch krautige Lycopodiaceen vorhanden, die Vorläufer der heutigen *Lycopodium*-Arten, während *Isoëtes* erst aus der unteren Kreide sicher bekannt wurde.

4. Die kleine Klasse der ***Sphenophyllinae***, welche vom Devon bis Perm vertreten

war, dann aber ausstarb, hat insofern ein besonderes phylogenetisches Interesse, als sie eine vermittelnde Stellung zwischen Lycopodinen und Equisetinen einnimmt und vielleicht den gemeinsamen Ausgangsformen dieser drei Gruppen am meisten sich nähert, besonders in dem ältesten Typus *Cheirostrobus* aus den untersten Carbonschichten, deren Blüthen sehr complicirten Bau besassen und am ehesten an die Calamarienblüthen erinnern, während im anatomischen Verhalten dieser Gattung eine Annäherung an Lepidodendron zu constatiren ist.

Die *Sphenophyllum*-Arten waren langstengelige Pflanzen mit superponirten Quirlen keilförmiger oder gabelig getheilter Blätter, mit ziemlich grossen ährenförmigen endständigen Equisetum-ähnlichen Blüthen, deren Sporophylle zwei oder drei homospore Sporangien trugen. Man hat diese Gewächse als schwimmende Wasserpflanzen betrachtet, indessen weist die Structur des dünnen langen Stengels mit seinem axilen dreistrahligen, secundär verdickten Xylem eher auf kletternde Landpflanzen hin.

Zweite Abtheilung.

Phanerogamen [1, 2].

Obwohl wir, einem alten Brauche folgend, die Phanerogamen als besondere Abtheilung des Pflanzenreiches den Cryptogamen gegenüberstellen, so ist doch die Grenze zwischen diesen beiden Hauptabtheilungen weit weniger scharf als zwischen denjenigen, in welche wir die Cryptogamen eingetheilt haben. Die Phanerogamen schliessen sich in ihren phylogenetisch ältesten Typen den heterosporen Pteridophyten aufs engste an; sie besitzen einen ganz ähnlichen Generationswechsel wie jene und weisen eine wesentliche Uebereinstimmung der vegetativen und reproductiven Glieder auf. Die Unterschiede zeigen sich nicht in den Hauptzügen, sondern in einer Reihe secundärer Merkmale, welche während der phylogenetischen Entwicklung immer grössere Wichtigkeit erlangten und in ihrer Gesammtheit die Phanerogamen als die höchst entwickelten Gewächse charakterisiren.

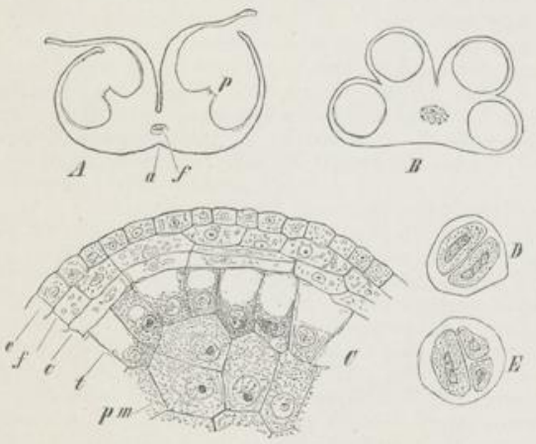


Fig. 359. Hemerocallis fulva. *A* Querschnitt durch eine fast reife Anthere, mit den durch den Schnitt geöffneten Fächern, *p* die Scheidewand zwischen den Fächern, *a* Furche am Connectiv, *f* Gefässbündel. Vergr. 14. *B* Querschnitt durch eine junge Anthere. Vergr. 28. *C* Theil des Querschnittes an einem Fache, *e* Epidermis, *f* die spätere Faserschicht, *c* später verdrängte Wandschicht, *t* die sich später auflösende Tapetenschicht, *pm* Pollenmutterzellen. Vergr. 240. *D* und *E* getheilte Pollenmutterzellen. Vergr. 240.

Dass die Bezeichnungen für die verschiedenen Glieder des Organismus bei den Phanerogamen andere sind, als bei den Pteridophyten, beruht auf einem rein äusserlichen Grunde; sie wurden zu einer Zeit geschaffen, als die Homologien zwischen Farngewächsen und Phanerogamen noch nicht aufgedeckt worden waren. Es blieb W. Hofmeister [3] vorbehalten, in der Mitte des vorigen Jahrhunderts diese Beziehungen aufzuklären. Lediglich weil die Bezeichnungen zu sehr eingebürgert sind, um noch beseitigt werden zu können, nennt man immer noch die männlichen Sporophylle der Phanerogamen Staubblätter oder Staubgefässe (Stamen, Stamina), die Microsporangien Pollensäcke, die Microsporen Blüthenstaub oder Pollenkörner, den Theil des Staubblattes, welcher die Pollensäcke trägt, wenn er besonders differenzirt ist, die Anthere, die weiblichen Sporophylle Fruchtblätter oder Carpelle, die Macrosporangien Samenanlagen (die

oft gebrauchten Bezeichnungen Eichen, Ovula, sind irreführend und durchaus zu verwerfen), die Macrosporen Embryosäcke.

Die Pollenkörner(4) werden, wie die Microsporen der Farngewächse, stets in grosser Anzahl in den Pollensäcken erzeugt und stimmen in ihrer Entwicklung mit den homologen Gebilden der Pteridophyten vollkommen überein. Auch hier wird eine unmittelbar unter der Epidermis befindliche Zellschicht des Sporophylls durch tangentiale 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 (Fig. 359). Letztere bleiben zuweilen zu einer Tetrade verbunden (Fig. 360 *A*); für gewöhnlich jedoch sind sie vollkommen frei und stellen rundliche oder längliche, zunächst einzellige Gebilde dar (Fig. 360 *B*, 361), 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 Pectinverbindungen bestehende

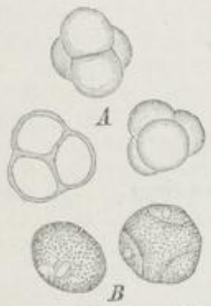


Fig. 360. *A* Pollenkörnertetraden des Heidekrauts Calluna vulgaris). *B* Einfache Pollenkörner der Linde (Tilia). Vergr. 350.

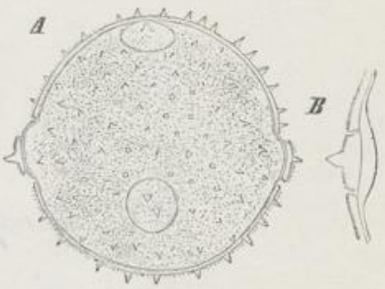


Fig. 361. *A* Cucurbita Pepo. Ganzes Pollenkorn in Flächenansicht und zum Theil auch im optischen Durchschnitt. Vergr. 240. *B* Cucurbita verrucosa. Theil eines Querschnittes durch das Pollenkorn mit einer deckelartig umschriebenen Austrittsstelle. Vergr. 540.

Intine differenzirt ist. Die Oberfläche des Pollenkorns ist häufig mit Stacheln, Warzen oder auch mit zierlichen und regelmässig vertheilten Auswüchsen besetzt. Ausserdem sind bei den höheren Phanerogamen dünnere (Fig. 361 *A*) oder deckelartig ausgebildete (Fig. 361 *B*) Stellen, die sogen. Austrittsstellen, sichtbar, welchen, wie später gezeigt werden soll, eine bestimmte Bedeutung während den die Befruchtung vorbereitenden Vorgängen zukommt.

Die fertige Samenanlage(5) (Fig. 362) stellt ein rundliches oder ellipsoidisches Gebilde dar, welches durch einen Stiel, den Funiculus, mit dem Fruchtblatte verbunden ist. Die Mitte der Samenanlage wird von einem kegelförmigen oder ovalen Gewebekörper, dem Nucellus, gebildet; um diesen herum legen sich eine oder zwei becherartige Hüllen an, die Integumente, die dem Basaltheile 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. 363 *A*). Ist

der Funiculus unterhalb der Samenanlage scharf gekrümmt, so dass letztere rückläufig an demselben festgewachsen erscheint, so heisst sie umgewendet oder anatrop (Fig. 362, 363 *B*). In diesem, dem häufigsten Falle, bildet der Funiculus am äusseren Integument eine Leiste, die sogen. Samennaht oder Raphe. Endlich kann die Samenanlage selbst gekrümmt sein, derart, dass die Micropyle sich neben der Chalaza befindet (Fig. 363 *C*). In diesem nicht gerade häufigen Falle spricht man von einer campylotropen Samenanlage.

Im Nucellus kommt in der Regel nur eine Macrospore, der sogen. Embryosack, zur Ausbildung. Letzterer verbleibt, im Gegensatz zu den Macrosporen der Pteridophyten, zeitlebens von dem Macrosporangium umgeben und mit diesem organisch verbunden. In seltenen Fällen führt der Nucellus mehrere Embryosäcke.

Der Vergleich der Sporengeneration bei den phylogenetisch ältesten Phanerogamen und den Pteridophyten zeigt, dass bei aller Aehnlichkeit doch die ersteren bereits eine höhere Entwicklungsstufe einnehmen, die in gleichem Sinne auch weiterhin aufsteigt.

Fig. 362. Längsschnitt der Samenanlage von Narcissus poëticus. (Nach A. Meyer.)

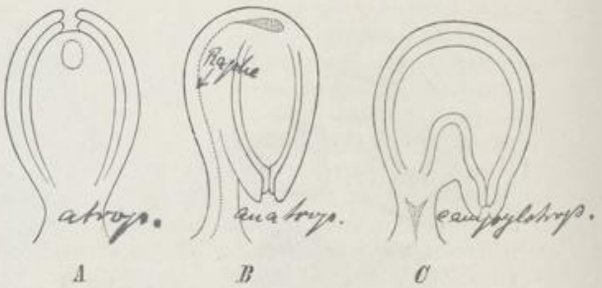


Fig. 363. *A* atrope, *B* anatrope, *C* campylotrope Samenanlage. Schematisch und vergrössert.

Diejenigen Phanerogamen, welche sich den Pteridophyten am nächsten anschliessen, bilden die Unterklasse der Gymnospermen. Sie sind, nach ihren morphologischen Merkmalen, als die phylogenetisch ältesten Phanerogamen zu betrachten. Mit dieser Auffassung steht auch der phylogenetische Befund im Einklang, denn ihre Vertreter zeigen sich bereits in den ältesten pflanzenführenden Gesteinsschichten, im Devon, während die höheren Phanerogamen, die Angiospermen, erst in der Kreide zum Vorschein kommen.

Die devonischen und die allermeisten der viel mannichfacheren carbonischen und permischen Gymnospermen gehören allerdings erloschenen Typen an; doch zeigten sie zu den jetzt lebenden bedeutsame Beziehungen. Die Unterschiede zwischen Pteridophyten und Gymnospermen waren noch weniger ausgeprägt als gegenwärtig. Zahlreiche Formen, von welchen man allerdings leider nur die vegetativen Organe kennt, diese allerdings sehr gut, combiniren in mannichfacher Weise die Eigenthümlichkeiten beider Klassen. Diese Formen werden als Cycadofilices zusammengefasst. Aber auch eine erloschene Gattung aus der Klasse der Gymnospermen, Cordaites, deren Reproductionsorgane bekannt sind, zeigt deutliche Beziehungen zu einfacheren Typen. Die Structurverhältnisse der ersten, nun erloschenen Gymnospermen weisen auf die Filicinen als auf die nächsten Verwandten der Phanerogamen hin.

während die Aehnlichkeiten mit den Lycopodinen auf Analogien beruhen. Bei dem Fehlen der Reproductionsorgane der Cycadofilices wären Vermuthungen über die Verwandtschaften der Gymnospermen mit bestimmten Filicinengruppen, z. B. mit den in der paläozoischen Zeit so reich vertretenen Marattiaceen, mit welchen die Cycadaceen unter den Gymnospermen grosse habituelle Aehnlichkeit zeigen, grundlos.

Der Fortschritt, welcher von dem Filicinentypus allmählich zu den vollkommensten Phanerogamentypen führte, blieb auf die sporentragende Generation beschränkt, welche eine immer reicher werdende äussere und innere Gliederung erhielt; die sexuelle Generation wurde im Gegentheil immer mehr reducirt, derart, dass, während sie bei den Gymnospermen noch auf der gleichen Stufe steht wie etwa bei den Wasserfarnen, die Angiospermen nur noch schwache Spuren derselben erkennen lassen.

Die vollkommenere Organisation des Sprosses der Phanerogamen im Vergleich zu demjenigen der Pteridophyten ist in den reproductiven Theilen meist mehr ausgeprägt, als in den vegetativen. In den letzteren ist sie wesentlich auf die mannichfachere histologische Differenzirung beschränkt geblieben, während die Sporophylle und die ihnen benachbarten Organe, bei den höheren Phanerogamen wenigstens, auch in ihrer äusseren Structur eine ebenso eigenartige wie reiche Gliederung erfahren haben, welche, trotz grösster Mannichfaltigkeit, in jedem Einzelfalle mit der Befruchtung in engstem Zusammenhange steht und als Anpassung an dieselbe aufzufassen ist.

Bau der Blüthe (6). Die Sporophylle der Phanerogamen sind stets zu Blüthen gruppirt; in anderen Worten, ein besonderer Spross oder der Gipfeltheil eines unterwärts vegetativen Sprosses wird zum fertilen Sprosse, indem er nur Sporophylle, oder, bei den höheren Phanerogamen, um dieselben noch eine Blüthenhülle (Perianth) entwickelt. Die Sporophylle sind in der Mehrzahl der Fälle mit beiden Geschlechtern vertreten, derart, dass die Staubblätter die central gelegenen Fruchtblätter umgeben. Ausser solchen zwitterigen Blüthen kommen jedoch auch eingeschlechtige vor, die entweder auf dem gleichen Stocke (einhäusige oder monöcische Blüthen), oder auf getrennten Stöcken auftreten (Zweihäusigkeit, Diöcie). In der Mehrzahl der Fälle sind eingeschlechtige Blüthen den tiefer stehenden Phanerogamen eigenthümlich; so sind sie bei den Gymnospermen allgemein. Wo sie sich auf höheren Stufen des Systems zeigen, sind sie durch Reduction ursprünglich zwitteriger Blüthen entstanden und weisen die Reste der verloren gegangenen Glieder auf.

Des Besitzes an Blüthen wegen werden die Phanerogamen sehr häufig Blüthenpflanzen genannt; diese Bezeichnung ist unzutreffend, denn der Besitz der Blüthe stellt nicht ein durchaus charakteristisches Merkmal der obersten Abtheilung des Pflanzenreiches dar. Die Sporophyllstände der Equisetinen und Lycopodinen sind ächte Blüthen und nehmen als solche eine ganz ähnliche Entwicklungsstufe ein wie die Blüthen der Gymnospermen. Ein Fall, der das erste Auftreten der Blüthe in der Jetztwelt veranschaulicht, ist in der Farngattung Blechnum vertreten. Die Sporophylle der Phanerogamen besitzen in der phylogenetisch älteren, durch die Gymnospermen vertretenen Stufe, und in der später aufgetretenen Reihe der Angiospermen eine sehr ungleiche Ausbildung. Bei den ersteren sind sie den fertilen Blättern gewisser Pteridophyten noch sehr ähnlich, meist schuppenförmig, in dichter Spirale um eine lange und dünne Achse geordnet. Das Perianth fehlt oder ist durch einige Schüppchen angedeutet. Die Zahl und Anordnung der Pollensäcke an den Staubblättern ist nach den Sippen

wechselnd; die Carpelle tragen eine ebenfalls wechselnde Anzahl nackter Samenanlagen, welche völlig frei liegen, indem die Ränder der Carpelle niemals durch Verwachsung ein Gehäuse bilden.

Bei den Angiospermen ist die Blüthenachse beinahe stets kurz und dick, meist knopf- oder schüsselförmig. Die Blüthenblätter sind mit seltenen Ausnahmen wirtelig geordnet. Bei einigen der phylogenetisch anscheinend ältesten Angiospermen fehlt das Perianth oder ist klein und unscheinbar; bei höher entwickelten Typen wird es unvermittelt zu dem grössten und auffallendsten Theile der Blüthe. Ein neuer Factor hat nämlich in die phylogenetische Entwicklung der Blüthe mächtig eingegriffen. Während bei den Gymnospermen und den ersten Angiospermen Wind und Wasser die Uebertragung des Blüthenstaubes auf die Samenanlagen, welche meist nicht ohne Mitwirkung von aussen vor sich gehen kann, vermittelten, übernahmen später die Insecten diese Function, leiteten die bildenden Kräfte der Blüthe in neue Bahnen und riefen eine Fülle wunderbarer Anpassungen hervor. Der endlose Reichthum der Blüthengestalten bei den Angiospermen, die verschiedene Art der Färbung, der Duft, die Nektarabsonderung stellen Anpassungen an die Bestäubung durch Insecten, in einigen aussereuropäischen Gebieten (Tropen, Südafrika etc.) auch an diejenige durch Vögel dar.

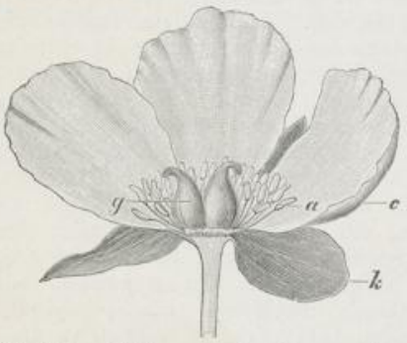


Fig. 364. Blüthe von Paeonia peregrina, Kelch und Krone halbirt. *k* und *c* Perianth, *a* Androeceum, *g* Gynoeceum. Nat. Gr.

Das Perianth (Fig. 364) pflegt, da wo es gross und wohl entwickelt ist, aus zwei Quirlen zu bestehen, einem äusseren, grünen, laubartigen, der als Schutzorgan dient, dem Kelche (calyx), und einem inneren, meist grösseren, zarteren und nicht grün gefärbten, welchem die Function des Anlockens der Bestäuber zukommt, der Krone (corolla). Eine einfache Blüthenhülle oder eine von gleichartigen Blättern gebildete wird Perigon genannt; das Perigon kann kelch- oder kronartig sein.

In zwitterigen und in männlichen Blüthen folgen auf die Quirle der Blüthenhülle, und mit ihnen sowohl als unter sich abwechselnd, die Quirle der Staubblätter, die in ihrer Gesammtheit als das Androeceum zusammengefasst werden, während die Fruchtblätter, welche in zwitterigen Blüthen auf die Staubblätter, in weiblichen direct auf die Blüthenhülle folgen, in ihrer Gesammtheit Gynoeceum heissen.

Bei den Angiospermen sind die Staubblätter fadenförmig und gliedern sich in Filament und Anthere (Fig. 366); ersteres ist seinen Functionen nach nur der Träger der letzteren, welche gewöhnlich aus zwei durch ein Zwischenstück, das Connectiv, getrennten Pollensackpaaren, den Thecae, besteht. Je nachdem die Theca der Bauch- oder der Rückenseite der Anthere aufsitzt wird letztere intrors oder extrors genannt. Jede Theca öffnet sich in der Regel durch einen, beiden Pollensäcken gemeinsamen Längsriss, welcher die Scheidewand zerstört (Fig. 359 *A*); Abweichungen von diesem Verhalten werden im speciellen Theile Berücksichtigung finden. Der Pollen hat in Wind- und Insectenblüthen ungleiche Beschaffenheit; er ist in ersteren trocken, so dass er aus den Antheren schon durch leichte Luftbewegungen als Staubwölkchen herausgeweht wird; seine Körner sind

klein und glatt. Der Pollen der Insecten- und Vogelblüthen ist klebrig; er bleibt an den Antheren und später an den Körpertheilen der Thiere hängen; letzteres wird nicht bloss durch die schliesslich trocknende Oberfläche, sondern, in vielen Fällen, ausserdem durch Stacheln und andere Auswüchse bewirkt (Fig. 365).

Die Staubblätter sind meistens freiblätterig, es kommt jedoch vor, dass sie 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 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 unterscheiden, ob der eine oder der andere Fall vorliegt. Allerdings ist zuweilen die Verzweigung dadurch gekennzeichnet, dass die Antheren je nur eine Theca besitzen und

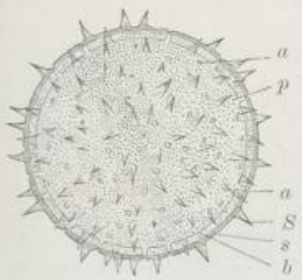


Fig. 365. Pollenkorn von Malva silvestris. *S* Stacheln der Exine, *s* Stäbchenschicht der Exine, *a* Austrittszelle der Pollenschläuche, *p* Stäbchen von oben. (Nach A. Meyer.)

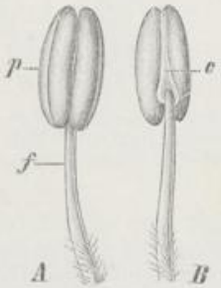


Fig. 366. Staubblätter von Hyoscyamus niger. *A* von vorne, *B* von hinten. *f* das Filament, *c* das Connectiv, *p* die Theca. Vergr.

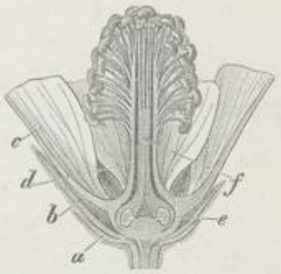


Fig. 367. Althaea officinalis. Längsdurchschnittene Blüthe. *d* das Androeceum. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

dem entsprechend gleichsam halbirt erscheinen. Unzweifelhafte Beispiele von Verzweigung bieten uns u. A. die Blüthen von *Ricinus*, deren Staubblätter baumartig verästelt sind, und diejenigen der *Malvaceen*, wo sie unterwärts verwachsen, oberwärts gespalten sind (Fig. 367).

Das Androeceum entspringt entweder direct von der Blüthenachse oder ist an seiner Basis der Krone angewachsen.

Als Staminodien bezeichnet man sterile Staubblätter, denen entweder gar keine oder nur eine secundäre Function bei den Befruchtungsvorgängen zufällt.

Der Art der Insertion des Androeceum wurde früher eine grosse systematische Bedeutung zugeschrieben. Man unterschied Thalamifloren, Corollifloren und Calycifloren, je nachdem die Staubblätter der Blüthenachse, der Krone oder dem Kelche entspringen. Calycifloren giebt es eigentlich überhaupt nicht, da der vermeintliche Kelch in Wirklichkeit die ausgehöhlte Blüthenachse ist.

Das Gynoeceum der Angiospermen nimmt stets den Gipfel der Blüthenachse ein. Es ist entweder freiblätterig, apocarp (Fig. 368 *A*), oder verwachsenblätterig, 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 gemein-

samen 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.

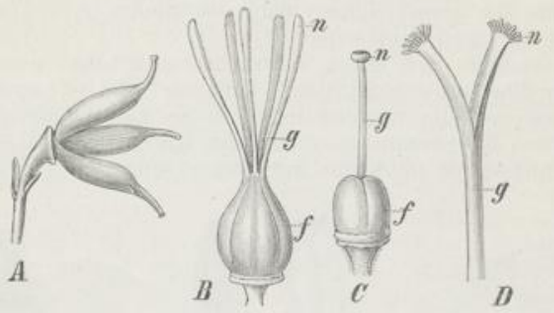


Fig. 368. Verschiedene Formen des Gynoeceum. *A* von Aconitum Napellus. *B* von Linum usitatissimum. *C* von Nicotiana rustica. *D* Griffel und Narbe von Achillea Millefolium. *f* Fruchtknoten, *g* Griffel, *n* Narbe. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Der Fruchtknoten setzt sich nach oben in den halsartigen Griffel oder Stylus fort, dessen Gipfel meist 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. 368 *C*). Die Verwachsung kann aber auf den Basaltheil

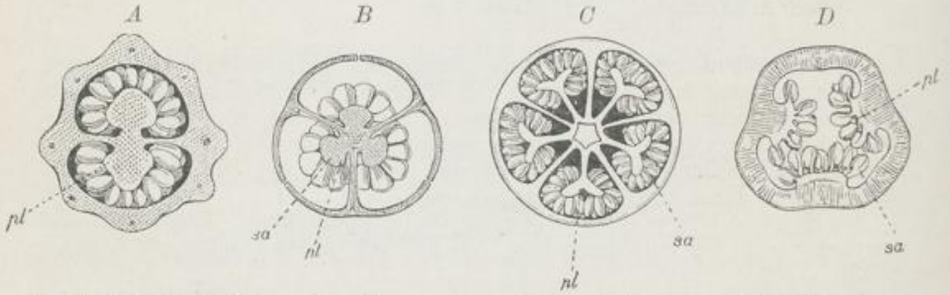


Fig. 369. Querschnitte von Fruchtknoten. *A* Lobelia. *B* Diapensia. *C* Rhododendron. *D* Passiflora, *pl* Placenta, *sa* Samenanlagen. (Nach Le Maout et Decaisne.)

beschränkt sein, derart, dass ein Fruchtknoten ebenso viele getrennte Griffel oder ein Griffel ebenso viele getrennte Narben trägt, als Carpelle unterwärts vereint sind (Fig. 368 *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-

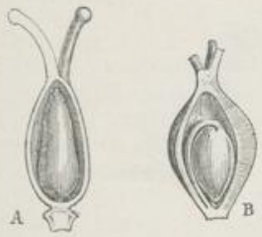


Fig. 370. Fruchtknoten mit aufrechter Samenanlage. *A* von Fagopyrum esculentum (atrop). *B* von Armeria maritima (anatrop). Im Längsschnitte. Vergr. 20. (Nach Duchartre.)

Fig. 371. Fruchtknoten von Foeniculum officinale mit hängender Samenanlage im Längsschnitte. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

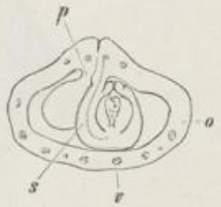


Fig. 372. Delphinium Ajacis. Querschnitt durch den Fruchtknoten mit wagerechten Samenanlagen, *s* Samenanlagen, *p* Placenta, *o* Fruchtknotenwand, *v* Gefässbündel. Vergr. 18.

sprechend im einfächerigen Fruchtknoten parietal (Fig. 369 *D*), im mehrfächerigen centralwinkelständig (Fig. 369 *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 Blüthenachse vor, wie bei der nach dieser Eigenthümlichkeit genannten Ordnung der Centrospermen, den Polygoninen und den Primulinen (Fig. 370). Im letzteren

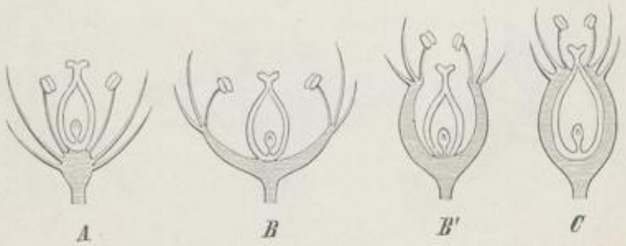


Fig. 373. *A* Hypogyne Blüthe, oberständiger Fruchtknoten; *B*, *B'* Perigyne Blüthe, mittelständiger Fruchtknoten; *C* Epigyne Blüthe, unterständiger Fruchtknoten. Schema.

Falle wird die Anomalie auf Verkümmerung 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. 369 *pl*).

Die Lage der Samenanlagen im Fruchtknoten kann aufrecht (z. B. bei *Fagopyrum* und *Armeria*, Fig. 370), hängend (z. B. Umbelliferen, Fig. 371) oder wagerecht (z. B. *Delphinium*, Fig. 372) sein. Die Raphe ist ventral,

wenn sie der Placenta zugekehrt, dorsal, wenn sie von derselben abgekehrt ist.

Die Blüthenachse (Blüthenboden, Receptaculum, Torus) ist meist dicker als der Blüthenstiel, dessen Gipfel sie einnimmt. Sie erbreitert sich sogar häufig durch intercalares Wachsthum zwischen Androeceum und Gynoeceum zu einem scheiben-, becher- oder krugförmigen Gebilde, dem Receptaculum oder Achsenbecher, welcher die Architektonik der Blüthe

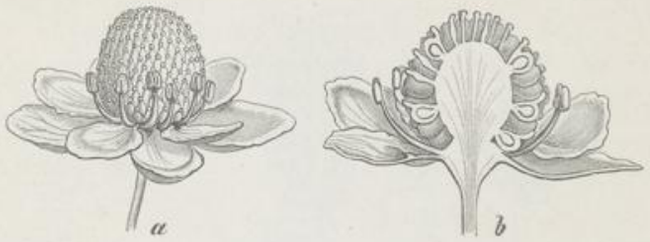


Fig. 374. Hypogyne Blüthe von Ranunculus sceleratus mit zahlreichen oberständigen Fruchtknoten auf kegelförmiger Blüthenachse. Vergr. (Nach Baillon.)

wesentlich beeinflusst. Im einfachsten Falle ist die Blüthenachse von kegelförmiger Gestalt, so dass die Quirle etagenartig über einander stehen. Der Fruchtknoten wird in diesem Falle oberständig, die Blüthe selbst unterständig, hypogyn genannt (Fig. 373*A*, 374). Ist die Achse als concaves Receptaculum ausgebildet, so dass das Gynoeceum auf gleicher Höhe wie das Androeceum oder tiefer inserirt ist, ohne mit der Blüthenachse zu verwachsen, so heisst die Blüthe umständig oder perigyn, der Fruchtknoten mittelständig (Fig. 373*BB'*, 375 *1 2*). Ist der Fruchtknoten mit dem concaven Achsenbecher verwachsen, so bezeichnet man das aus beiden bestehende Gebilde als unterständigen Fruchtknoten, die Blüthe als ober-

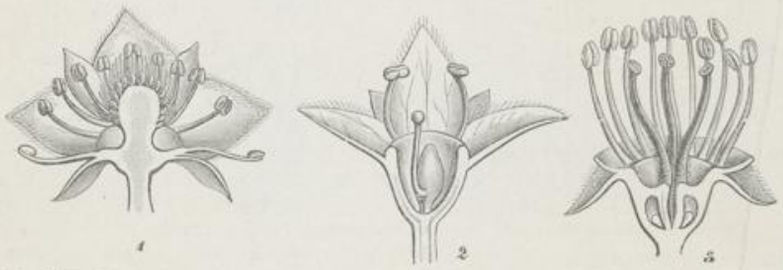


Fig. 375. Längsschnitte durch Rosaceenblüthen. *1* Potentilla palustris, perigyn. *2* Alchemilla alpina, perigyn. *3* Pirus Malus, epigyn. Vergr. (Nach Focke in Natürlichen Pflanzenfamilien.)

ständig oder epigyn (Fig. 373 *C*, 375 *3*). Der unterständige Fruchtknoten ist demnach nur in seinem inneren, von den Carpellen 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 Blüthenachse kann ausserdem noch durch Bildung von Auswüchsen verschiedener Art in den Blüthenbau wesentlich eingreifen. Diese sogen.

Achseneffigurationen 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. 376). Der Discus scheidet in der Regel eine zuckerreiche Flüssigkeit aus und wird dem entsprechend in der Blüthenbiologie als Nectarium bezeichnet. Noch andere Glieder der Blüthe, namentlich die Blumenblätter, können als Nectarien ausgebildet sein (*Aconitum*).

Fig. 376. Blüthe von Vitis vinifera. Discusdrüsen *c* zwischen den Staubfäden *d*. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Anordnung und Zahl der Blüthenglieder(7). Einige Angiospermen-Blüthen zeigen, ähnlich wie die Mehrzahl derjenigen der Gymnospermen, eine spiralige Anordnung der Gesammtheit 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 einer auf das Gynoeceum entfallen. Derartige Blüthen nennt man fünfwirtelig oder pentacyclisch (Fig. 377).

Fig 377. Diagramm einer pentacyclischen Blüthe (Lilium).

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 u. s. w. genannt. Man spricht auch, namentlich bei Verwachsung der Glieder eines Wirtels, von einem di-, trimeren u. s. w. Perianth, Androeceum, Gynoeceum u. s. w.

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, 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 Blüthenbau 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 Blüthen, 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 Blüthen die Staubgefässe nicht selten durch pollenfreie Staminodien ersetzt. Uebrigens ist auch in zwitterigen Blüthen Reduction der Wirtelzahl eine häufige Erscheinung. Der Blüthen mit einfachem Perianth wurde bereits Erwähnung gethan; solche mit einfachem Androeceum sind noch häufiger.

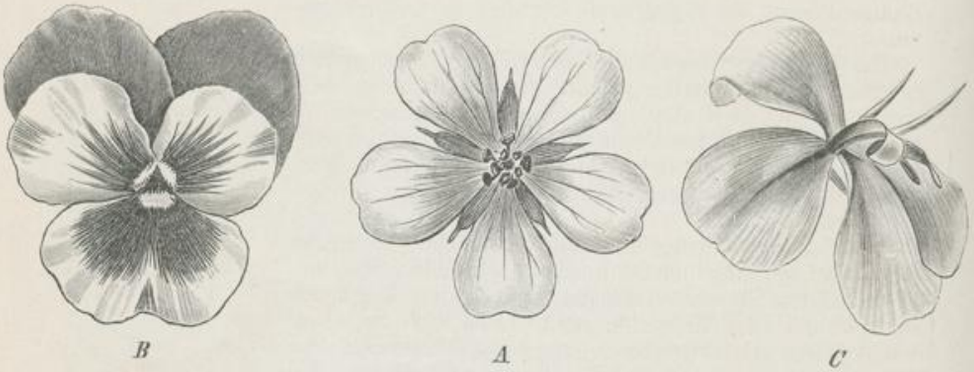


Fig. 378. *A* Radiäre (actinomorphe) Blüthe von Geranium sanguineum. *B* Dorsiventrale (zygomorphe) Blüthe von Viola tricolor. *C* Asymmetrische Blüthe von Canna indica.

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 Blüthen der Brennnesseln und ihrer Verwandten. Auf Abort eines Wirtels wird man nur bei solchen Blüthen 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 Blüthen mit fünfzähligem 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*). Blüthen 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 wenigglieder igen bei *Tilia*, wo die zahlreichen Staubgefässe fünf Büschel bilden, die in ihrer Stellung den fünf einfachen Staubgefässen verwandter Formen entsprechen.

Symmetrie der Blüthe. Die Blüthen der Angiospermen sind theils radiär (actinomorph, strahlig, z. B. Fig. 378 *A*), theils dorsiventral (zygomorph, symmetrisch, monosymmetrisch, Fig. 378 *B*), sehr selten vollkommen asymmetrisch (Fig. 378 *C*).

Der radiäre 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 dorsiventralen Blüthen durch complicirte Structur, Metamorphosen und Reductionen ihren abgeleiteten Ursprung deutlich kundgeben. Die Dorsiventralität ist stets als eine hochgradige Anpassung an Insectenbestäubung aufzufassen.

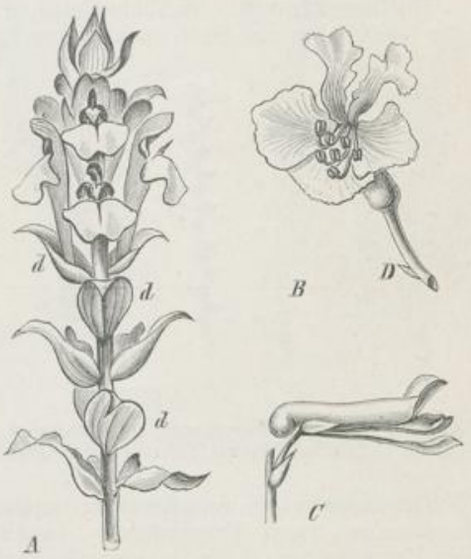


Fig. 379. Blüthen von *A* Scutellaria alpina, median dorsiventral; *B* Aesculus Hippocastanum, schräg dorsiventral; *C* Corydalis lutea, transversal dorsiventral; *d* Deckblätter.

Eine Blüthe ist median dorsiventral, wenn die Symmetrieebene mit der Mediane, d. h. der durch die Blüthenachse und die Tragachse geführten Ebene zusammenfällt (z. B. Orchideen, Labiaten, Fig. 379 *A*), schräg dorsiventral, wenn sie mit der Mediane einen spitzen Winkel bildet (*Aesculus*, Fig. 379 *B*), transversal dorsiventral, wenn sie dieselbe unter rechtem Winkel schneidet (Fumariaceen, Fig. 379 *C*). Der erste Fall ist bei weitem der häufigste. Nicht selten erzeugt eine Pflanze, die sonst nur dorsiventral Blüthen besitzt, ausnahmsweise solche von radiärem Bau. Man bezeichnet derartige anomale Blüthen als Pelorien und betrachtet ihre Bildung als eine Rückschlagserscheinung.

Diagramme und Blüthenformeln (7). Zahl und Anordnung der Blüthenglieder werden durch Diagramme und Blüthenformeln anschaulich gemacht. Wie erstere construirt werden, wurde bereits auf S. 11 erläutert. In der Blüthenformel werden die einzelnen Wirtel durch Buchstaben, die Zahl ihrer Glieder durch die entsprechenden Ziffern, oder, wenn sie gross und unbestimmt ist, durch ∞ bezeichnet. Verwachsung wird durch ( ), ober- oder

unterständige Fruchtknoten durch einen Strich unter- bezw. oberhalb der entsprechenden Zahl, Dorsiventralität durch ↑ angedeutet.

In den angegebenen Formeln bedeutet K = Kelch, C = Krone, P = Perigon, A = Androeceum, G = Gynoeceum.

So ist z. B. die Blüthenformel einer Lilie:

$$P\,3 + 3,\ A\,3 + 3,\ G\,(\underline{3}).$$

Diejenige einer Ranunkel:

$$K\,5,\ C\,5,\ A\,\infty,\ G\,\underline{\infty}.$$

Diejenige einer Apfelblüthe:

$$K\,5,\ C\,5,\ A\,\infty,\ G\,(\overline{5}).$$

Diejenige von Digitalis:

$$\uparrow K\,5,\ C\,(5),\ A\,4,\ G\,(\underline{2}).$$

Blüthenstände (8). Die Blüthen stehen manchmal einzeln, entweder axillär, oder 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. Solche Blüthenstände sind bei den Gymnospermen nur schwach ausgeprägt oder gar nicht vorhanden, während sie bei den Angiospermen oft sehr scharf differenzirt sind und Einheiten höherer Ordnung darstellen.

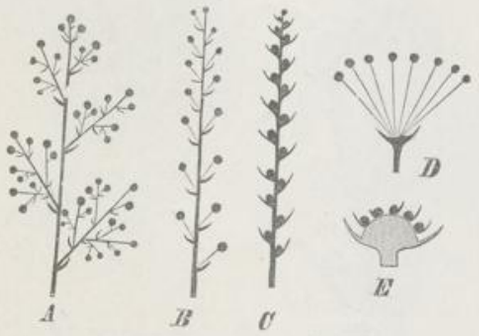


Fig. 380. Schemata botrytischer Blüthenstände. *A* Rispe, *B* Traube, *C* Aehre, *D* Dolde, *E* Köpfchen.

Die Unterschiede zwischen den vegetativen Sprosssystemen und den Inflorescenzen, bezw. 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), und den cymösen (oder sympodialen).

I. Botrytische Blüthenstände. Die Hauptachse verzweigt sich stärker als die Seitenachsen.

α. Seitenachsen unverzweigt.

a) Traube, botrys. Die Hauptachse ist verlängert und trägt gestielte Blüthen (Fig. 380 *B*, 381).

b) Aehre, spica. Die Hauptachse ist verlängert und trägt sitzende Blüthen (Fig. 380 *C*, 382).

Ein Kolben, spadix, ist eine Aehre mit fleischiger Achse. Ein Kätzchen (Fig. 383) eine Aehre, die nach dem Verblühen oder der Fruchtreife als Ganzes abfällt.

Fig. 381. Traube von Linaria striata. Blüthen mit Deckblättern *d*.

Fig. 382. Blüthenähre von Plantago lanceolata. (Nach DUCHARTRE.)

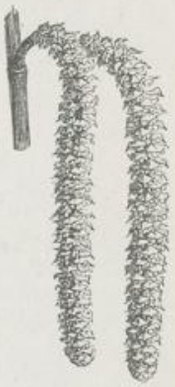


Fig. 383. Blüthenkätzchen von Corylus americana. (Nach DUCHARTRE.)

c) Dolde, umbella. Die Hauptachse ist verkürzt und trägt gestielte Blüthen (Fig. 380 *D*, 384).

d) Köpfchen, capitulum. Die Hauptachse ist verkürzt und trägt sitzende Blüthen (Fig. 380 *E*).

β. Seitenachsen verzweigt.

Rispe, panicula. Bei der Rispe im gewöhnlichen Sinne ist die Hauptachse länger als die Seitenachsen, die Gesammtgestalt dem entsprechend verlängert (Fig. 380 *A*, 385).

Eine Schirmrispe, corymbus, ist eine abgeflachte Rispe, eine Spirre, anthela, eine Rispe, deren Seitenachsen die mittleren überragen.

II. Cymöse Blüthenstände. 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. 386 *C*), Wickel, cicinnus, wenn sie sich von Zweig zu Zweig umkehrt (Fig. 386 *B*, 388).

Fig. 384. Doldiger Blüthenstand der Kirsche. (Nach DUCHARTRE.)

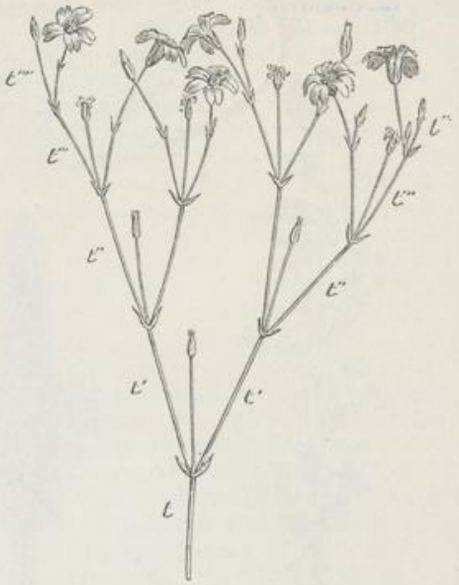


Fig. 387. Cymöser Blüthenstand (Dichasium) von Cerastium collinum. t—t'''' die aufeinander folgenden Achsen. (Nach DUCHARTRE.)

Fig. 385. Blüthenrispe von Yucca filamentosa. Verkl.

Fig. 388. Blüthenwickel von Symphytum asperrimum. (Nach DUCHARTRE.)

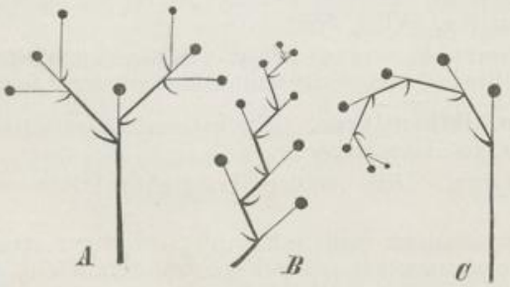


Fig. 386. Schemata cymöser Blüthenstände. *A* Dichasium, *B* Wickel, *C* Schraubel.

b) Dichasium. Jede relative Hauptachse bringt zwei Zweige hervor (Fig. 386 *A*, 387).

c) Pleiochasium. Jede relative Hauptachse erzeugt mehr als zwei Zweige.

Cymöse Blüthenstände können den botrytischen ähnlich aussehen und heissen dann Scheinrispen, Scheinähren, Scheintrauben u. s. w.

Zu den cymösen Blüthenständen gehören auch die Blüthenkuchen, z. B. die Feigen, deren fleischiger Theil einem reich verzweigten aber völlig verwachsenen cymösen System entspricht.

Die Blüthenstände können sich zu Blüthenständen 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*).

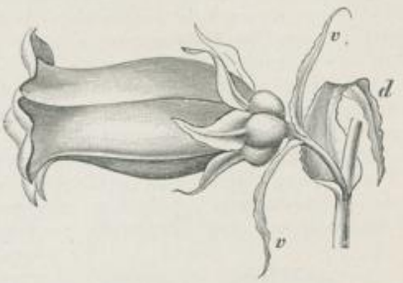


Fig. 389. Blüthe von Campanula medium mit Deckblatt *d* und Vorblättern *v*.

Die Blüthenstände sind meistens mit mehr oder weniger reducirten Hochblättern versehen. Diejenigen, aus deren Achseln Zweige oder Blüthen sich erheben, werden Deckblätter genannt; die Vorblätter entspringen den einzelnen Blüthenstielen (Fig. 389).

Die im Vorigen ganz allgemein dargestellte Phylogenie der Blüthe möge an einigen Beispielen näher erläutert werden, zunächst für die phylogenetisch ältesten der noch lebenden Gymnospermen, nämlich die Cycadaceen. Die Blüthen der habituell an Farnbäume erinnernden Arten der Gattung Cycas sind diöcisch. Der männliche Baum erzeugt in den Achseln seiner grossen gefiederten Blätter eine Mehrzahl männlicher Blüthen, deren jede den Gipfel eines kurzen Seitensprosses einnimmt, dessen Achse unterwärts als nackter Blüthenstiel die Verbindung mit dem Stamm herstellt. Diese männlichen Blüthen besitzen ungefähr die Grösse eines Tannenzapfens; die Staubblätter sind grosse Schuppen, von deren Unterseite die Pollensäcke in beträchtlicher und unbestimmter Anzahl entspringen.

Die weibliche Blüthe von Cycas ist nicht ein Seitenspross; vielmehr wird der Gipfel des Hauptsprosses beim weiblichen Baum periodisch zur Blüthe. Anstatt vegetativer Blätter werden am Vegetationspunkt eine Zeitlang Fruchtblätter erzeugt, welche mit dem sie tragenden Abschnitte des Stammes, den sie in dichten Spiralen bedecken, die weibliche Blüthe darstellen. Die Fruchtblätter sind viel kleiner als die Laubblätter und nicht grün, sondern chlorophyllarm und von dichten braunen Haaren bedeckt. In ihrer Gestalt weichen sie von den Laubblättern weniger ab als die Staubblätter. Sie sind grösser, in ihrem oberen Theil gefiedert, in ihrem unteren seitlich mit den etwa kirschgrossen Samenanlagen besetzt.

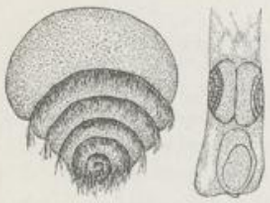
Bei höheren Gymnospermen, nämlich bei den Coniferen, zu welchen unsere Nadelhölzer gehören, sind die männlichen Blüthen nahezu ebenso einfach wie bei den Cycadaceen gebaut. Es haben die Staubblätter stets schuppenförmige Gestalt und die Zahl ihrer Pollensäcke ist in der Regel eine ganz bestimmte. Weniger einfach erscheint der Bau der weiblichen Blüthen und Blüthenstände, so dass deren morphologische Deutung Schwierigkeiten bereitet hat. Doch sind es auch da schuppenförmige Gebilde, welche die Samenanlagen in meist bestimmter Zahl tragen.

Bei denjenigen Gymnospermen, welchen im System die höchste Stelle zugewiesen worden ist, den Gnetaceen, zeigt sich (z. B. bei Ephedra) eine Annäherung an den Blüthenbau der Angiospermen. Die Blüthenachse ist kurz, ein Perianth ist entwickelt, beide Geschlechter sind in der gleichen Blüthe vereinigt.

Welche Angiospermen als die phylogenetisch ältesten anzusehen seien, lässt sich kaum angeben, weil der paläontologische Befund hier weniger klar als bei den Gymno-

spermen vorliegt. Als der ursprünglichste Typus sind unter den Dicotylen vielfach die Polycarpicae, unter den Monocotylen die Liliaceen, angesprochen worden, während man von anderer Seite solchen mit nur einfacher kleiner, kelchartiger Blüthenhülle versehenen, eingeschlechtigen, eine unbestimmte Zahl von Staubblättern und Fruchtblättern in den Blüthen führenden Dicotylen, wie etwa den einfachsten Helobiern und Amentaceen, diese Stelle zuwies.

Besonders grosse Complicationen traten in der phylogenetischen Entwicklung der Angiospermen ein durch Vermehrung und Unterdrückung oder Verwachsung der Glieder in der Blüthe, namentlich aber durch die Dorsiventralität der letzteren, sowie durch die Vereinigung der Einzelblüthen zu Einheiten höherer Ordnung. Die höchste Organisation unter den dorsiventralen Blüthen zeigte sich bei den Orchideen und Zingiberaceen, die im speciellen Theil des Näheren geschildert sind. Hier sei nur auf die relativ einfachen Blüthen der Scrophulariaceen und Labiaten hingewiesen, unter letzteren auf Salvia. Das Perianth zeigt die schärfste Gliederung in Kelch und Krone, beide sind verwachsenblätterig; der einfach gebaute Kelch dient nur zum Schutz der Knospe, die Krone ist durch ungleiche Verwachsung ihrer Theile zweilippig. Von den fünf Staubgefässen, welche den weniger hoch differenzirten Verwandten zukommen und welche jedenfalls auch die Stammform besass, ist das eine unterdrückt, zwei sind als Staminodien, zwei durch starke Entwicklung des Connectivs und Umwandlung einer Theca zu einem sterilen Blättchen, höchst eigenartig ausgebildet. Die beiden Fruchtblätter endlich haben sich durch eine tiefe Einschnürung in vier Kammern getheilt. In welcher wunderbaren Weise dieser Blüthenbau in Zusammenhang mit den Bestäubungsverhältnissen steht, ist auf S. 247 dargestellt.



A *B*

Fig. 390. *A* Spermatozoon von Zamia integrifolia. Vergr. 90. *B* Ende des Pollenschlauchs unmittelbar vor der Befruchtung mit zwei Spermatozoen und der Stielzelle. Vergr. 50. (Nach Webber.)

Die Vereinigung von Einzelblüthen zu einer Einheit höherer Ordnung, die von den Laien ebenso als Blume bezeichnet wird, wie eine einzeln stehende Blüthe, findet ihre höchste Vollendung in der grossen Familie der Compositen, die gewöhnlich an den Gipfel der ganzen phylogenetischen Reihe der Angiospermen oder doch des grösseren ihrer beiden Zweige, welcher die Dicotylen umfasst, gestellt werden. Bei Chrysanthemum Leucanthemum beispielsweise ist das dichte Blüthenköpfchen von einer kelchartigen, von kleinen Hochblättern gebildeten Hülle umgeben, welche von den Laubblättern ganz abweichend sind und wie ein Kelch zum Schutz der Blüthenknospen dienen. Bei anderen Compositen kommen dieser Hülle eine noch mehr abweichende Ausbildung und mannichfache Functionen zu. Die peripherisch gelegenen Blüthen sind dorsiventral, von weisser Farbe und weiblich, die mittleren Blüthen sind radiär, gelb und zwitterig.

Die sexuelle Generation (9). Die sexuelle Generation der Phanerogamen schliesst sich enge an diejenige der heterosporen Pteridophyten an; sie ist ebenfalls, namentlich für das männliche Geschlecht, in Vergleich mit den homosporen Pteridophyten, sehr schwach entwickelt.

Die Pollenmutterzellen werden in Mehrzahl im Pollensack, die Embryosackmutterzellen meist in Einzahl im Nucellus angelegt. Durch Viertheilung der Pollenmutterzelle entstehen die Pollenkörner, so wie auch die Embryosackmutterzellen noch vielfach durch Viertheilung vier Embryosackanlagen erzeugen. Doch kann die Embryosackmutterzelle auch drei, oder zwei Embryosackanlagen erzeugen, oder endlich direct zur Embryosackanlage werden. Auch wo mehrere Embryosackanlagen aus einer Mutterzelle hervorgehen, pflegt nur eine sich zum Embryosack weiter zu entwickeln.

Das **männliche Prothallium** (9) zeigt bei den ***Gymnospermen*** nahe Beziehungen zu demjenigen der heterosporen Pteridophyten dadurch, dass durch eine uhrglasähnliche Wand eine kleine seitliche Zelle von der grossen Pollenzelle abgetrennt wird; letztere ist als vegetative Zelle des Prothalliums

aufzufassen, während die kleine Zelle die Anlage des Antheridium darstellt. Letztere kann sich, beispielsweise bei den Cycadaceen durch eine Wand oder durch zwei Wände, die der zuerst entstandenen parallel sind, weiter theilen. Die Antheridialzelle bezw. die innerste Zelle der 2—3gliederigen Kette zerfällt weiterhin in zwei männliche Befruchtungszellen, welche bei den phylogenetisch ältesten Typen der Gymnospermen (Cycadaceen Fig. 390, Ginkgoaceen) Spermatozoen[10], bei den höheren Gymnospermen aber cilienlose nackte rundliche Zellen darstellen.

Die **männliche sexuelle Generation** zeigt bei den ***Angiospermen***[9] den Gymnospermen gegenüber eine Reduction. Zwar wird hier ebenfalls von der grossen Pollenzelle eine kleine Antheridialzelle abgetrennt (Fig. 391); dieselbe entbehrt aber der bei den Gymnospermen stets vorhandenen Zellhaut und erzeugt niemals eine Zellreihe; sie zerfällt in zwei männliche Sexualzellen; Spermatozoen werden hier nicht gebildet.

Fig. 391. Tradescantia virginica. Pollenkorn die Theilung in eine antheridiale (links) und vegetative (rechts) Zelle zeigend. Vergr. 540.

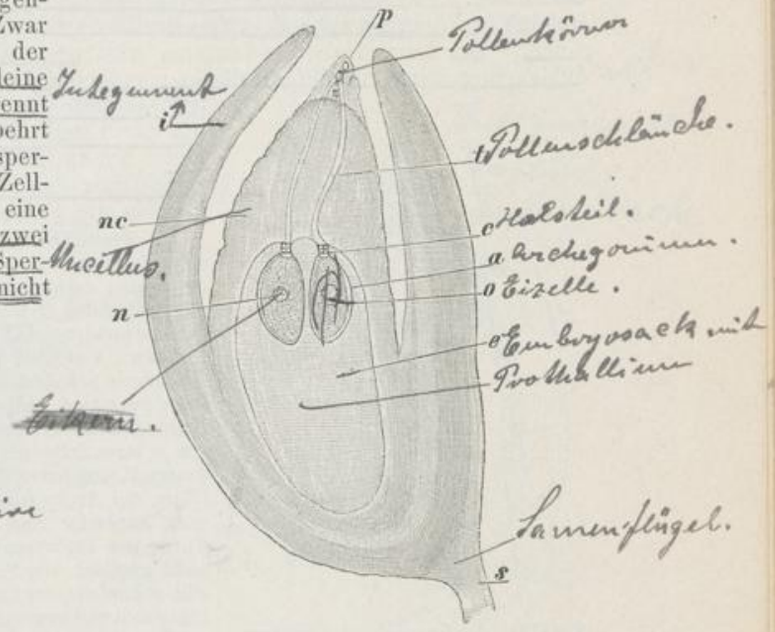


Fig. 392. Medianer Längsschnitt durch die empfängnissreife Samenanlage von Picea vulgaris, *e* Embryosack mit dem Prothallium erfüllt, *a* ein Archegonium und zwar der Bauchtheil, *c* der Halstheil desselben, *o* Eizelle, *n* der Eikern, *nc* der Nucellus, *p* Pollenkörner auf und in der Knospenwarze, *t* Pollenschläuche, *i* Integument, *s* der Samenflügel.

Die **weibliche geschlechtliche Generation**[9] schliesst sich bei den ***Gymnospermen*** ebenfalls derjenigen der heterosporen Pteridophyten, namentlich von Selaginella, nahe an. Wie bei dieser Gattung entstehen zunächst durch freie Zellbildung zahlreiche nackte Zellen, welche sich der Wand des Embryosackes allmählich anlegen und durch das nachträgliche Auftreten von Scheidewänden zu einem parenchymatischen Gewebe werden, welches allmählich den ganzen Embryosack ausfüllt. Aus einigen der obersten Zellen des Prothallium entstehen Archegonien, welche etwas einfacher gebaut sind als bei den Pteridophyten, aber alle wesentlichen Theile behalten haben, nämlich den die Eizelle umschliessenden Bauchtheil, den hier wenigzelligen Hals und die unter letzterem befindliche Bauchcanalzelle; nur die Halscanalzellen fehlen (Fig. 392).

Die **Befruchtung** wird bei den ***Gymnospermen***(9) dadurch eingeleitet, dass die Intine derjenigen Pollenkörner, welche durch Vermittlung des Windes zunächst in die Micropylen, dann meist noch tiefer, in eine verkehrt trichterförmige Vertiefung des Nucellus, die sogen. Pollenkammer gelangt sind, — nach Durchbrechung der Exine lange Schläuche treibt. Der Besitz dieser Schläuche charakterisirt ausnahmslos alle Phanerogamen, welche daher von ENGLER Siphonogamen (Embryophyta Siphonogama) genannt werden.

In den sich bildenden Pollenschlauch wandern die männlichen Sexualzellen ein. Der Pollenschlauch selbst wächst, durch chemotropische Reize geleitet, in dem Gewebe des Nucellus abwärts, bis er ein Archegonium erreicht. Der kurze Hals des letzteren wird perforirt; die Spitze des Pollenschlauches dringt in die Eizelle ein und eine der männlichen Sexualzellen tritt in diese ein, um durch Verschmelzung mit der Eizelle die Befruchtung zu bewirken. Am auffälligsten tritt hierbei die Verschmelzung des Spermakerns mit dem Eikern in die Erscheinung.

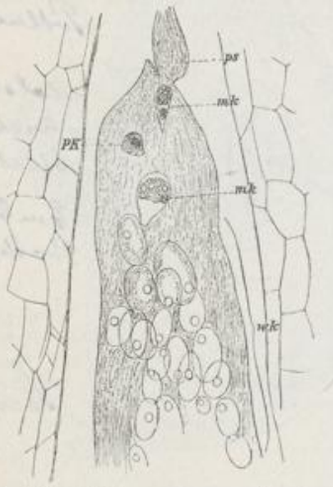


Fig. 393. Embryosack von Gnetum kurz vor der Copulation der Kerne. *ps* Pollenschlauchspitze, *mk* männliche, *wk* weibliche Kerne, *pk* desorganisirter Pollenschlauchkern. Vergr. 325. Nach G. KARSTEN.

Wesentliche und interessante Abweichungen zeigen sich bei den Gnetaceen, die wir bereits als die höchst entwickelten und phylogenetisch jüngsten unter den Gymnospermen kennen lernten, in der Entwicklung und Structur des weiblichen Prothallium. Von den drei die Ordnung bildenden Gattungen schliesst sich Ephedra noch ganz dem Coniferentypus an, bei Welwitschia tritt eine Reduction der Archegonien ein, welche nur noch aus je einer Zelle bestehen, bei Gnetum(11) endlich, dessen Macrosporen in Mehrzahl angelegt werden, fehlen die Archegonien gänzlich, ein Prothallium wird entweder nur im basalen eingeschnürten Theile des Embryosackes (Gn. Gnemon) oder gar nicht gebildet; der Plasmabeleg des letzteren enthält zahlreiche, nackte Eikerne, die 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 reiche Endospermbildung um die wachsenden Zygoten ein. Nur einer der Keime der polyembryonalen Samenanlage gelangt zu weiterer Entwicklung.

Die **weibliche geschlechtliche Generation der *Angiospermen***(9) ist viel reducirter als diejenige der Gymnospermen und weicht von der letzteren bezüglich der Entstehung und des fertigen Zustandes weit mehr ab, als das weibliche Prothallium der Gymnospermen von demjenigen der Selaginellen.

Die Samenanlage enthält in der Regel einen einzigen Embryosack. 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 werden als Gegenfüsslerinnen oder Antipoden bezeichnet.

Die Entstehung des Eiapparates und der Antipoden geht folgendermaassen vor sich: Der Kern der Embryosackanlage 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 die beiden übrig bleibenden sich nach der Mitte des Embryosacks zurückziehen, dort zusammentreffen und zu einem secundären Embryosackkern verschmelzen. Die drei oberen nackten Zellen entwickeln sich zum Eiapparat, die drei unteren zu den Antipoden.

Die Befruchtung der *Angiospermen* (9). Während die Pollenkörner bei den Gymnospermen auf dem Nucellus keimen, findet bei den Angiospermen

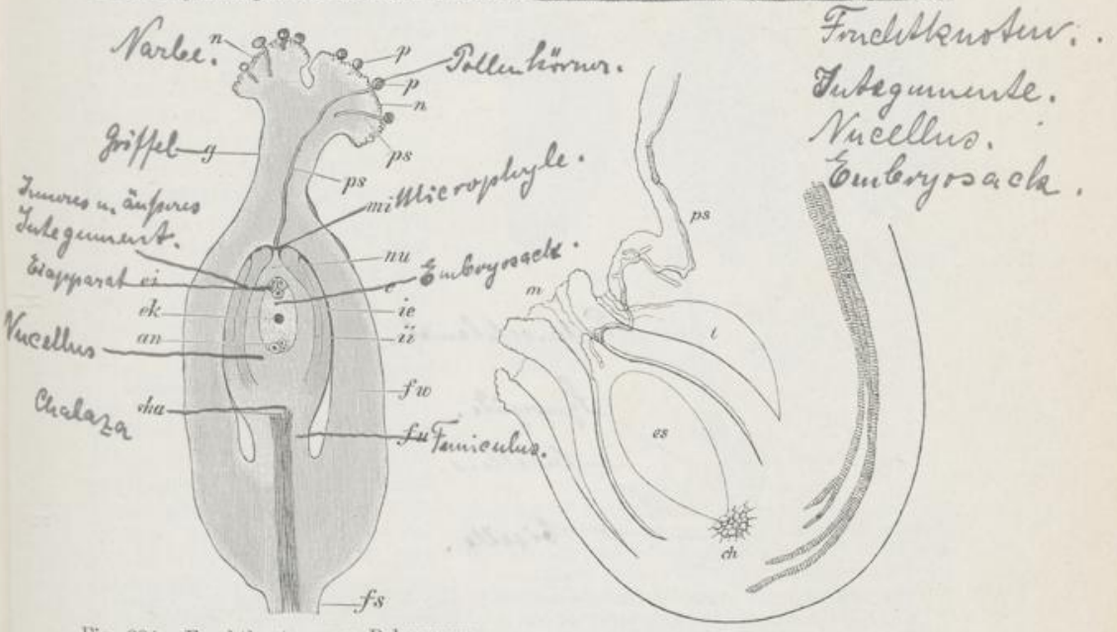


Fig. 394. Fruchtknoten von Polygonum Convolvulus während der Befruchtung. *fs* stielartige Basis desselben, *fu* Funiculus, *cha* Chalaza, *nu* Nucellus, *mi* Micropyle, *ii* inneres, *ie* äusseres Integument, *e* Embryosack, *ek* Kern desselben, *ei* Eiapparat, *an* Antipoden, *g* Griffel, *n* Narbe, *p* Pollenkörner, *ps* Pollenschläuche. Vergr. 48.

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.)

dieser Vorgang auf der Narbe statt und der Pollenschlauch muss, um die Eizelle zu erreichen, einen langen Weg durch Narbe, Griffel und Fruchtknotenraum zurücklegen. Im Allgemeinen dringt der Pollenschlauch durch die Micropyle in das Innere der Samenanlage ein (Fig. 394), doch sind in verschiedenen Sippen der Angiospermen, vornehmlich den Choripetalen, doch selbst auch den Compositen, Fälle bekannt, wo der Pollenschlauch seinen Weg durch den Funiculus oder die Integumente (Fig. 395) nimmt und von der Chalaza aus den Embryosack erreicht (12). Meist sind an der Fruchtknotenwand und am Funiculus besondere Leitbahnen (13) vorhanden, welche die Pollenschlauchspitze in die Nähe der Micropyle bringen, wo die chemotropischen

Reize das Eindringen bedingen. Die Spitze des Pollenschlauchs erreicht hierauf (Fig. 396) die Synergiden. Einer der generativen Kerne dringt in das Ei ein, und die Befruchtung vollzieht sich, wie sonst, mit Verschmelzung der beiden Kerne. Die Synergiden gehen nun zu Grunde, während das befruchtete Ei sich mit einer Membran versieht und sich in der Regel alsbald zu einem Schlauche, dem Vorkeim, verlängert, in welchem eine oder mehrere Quertheilungen auftreten. Die Zelle an der Spitze des Vorkeims liefert den weitaus grössten Theil des Keims.

Nach den Untersuchungen NAWASCHIN's, GUIGNARD's[14] und Anderen verschmilzt bei den Angiospermen einer der beiden wurmförmig gestreckten und gewundenen männlichen Kerne mit dem Eikern, der andere aber mit einem der polaren Embryosackkerne, bezw. dem aus ihrer Copulation resultirenden secundären Embryosackkerne (Fig. 397), von dem die Endospermbildung ausgeht.

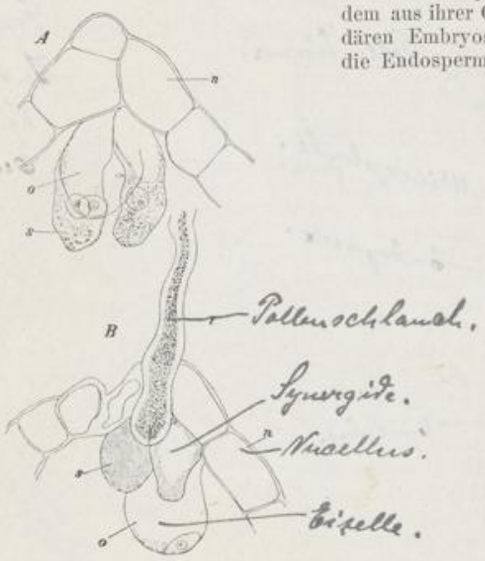


Fig. 396. Funkia ovata. *A* Embryosack- und Nucellusscheitel mit Eiapparat vor der Befruchtung. *o* Eizelle, *s* Synergide. *B* während der Befruchtung mit Pollenschlauch *t*, *n* Nucellus. Vergr. 390.

Fig. 397. Befruchtung von Lilium Martagon. Einer der männlichen Kerne ist neben dem Eikern, der andere neben den Embryosackkernen sichtbar. (Nach GUIGNARD.)

Während der Keim sich zu bilden beginnt, entsteht entweder nach vorangegangener freier Kerntheilung, durch Vielzellbildung oder durch fortgesetzte Zelltheilung ein parenchymatisches Gewebe im Embryosack, 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.

Wesentliche Abweichungen vom gewöhnlichen Schema zeigen sich, nach TREUB[15], bei der einen sehr eigenen 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 Aehnlichkeit mit Canalzellen als mit Synergiden. Antipoden fehlen. Die Endospermbildung

wird bereits vor der Befruchtung durch Bildung freier Zellkerne im wandständigen Plasma eingeleitet.

Weitere Entwicklung des befruchteten Eies. Der Keim (9-16). Das befruchtete Ei erfährt alsbald Theilungen. Es wird zum Keime. Bei den Gymnospermen geht der durch Verschmelzung von Sperma- und Eikern entstandene Keimkern, in dem vom Hals abgekehrten Ende der Eizelle, wiederholte Zweitheilungen ein; es werden dort zunächst vier in einer Ebene liegende Zellen abgegrenzt, die durch Quertheilungen in mehrere vierzellige Etagen zerlegt werden (Fig. 398 *D-F*). Eine der letzteren wird zum Suspensor, indem sie sich zu vier langen Schläuchen streckt, welche die untersten Zellen, aus denen das Pflänzchen sich entwickeln soll, tief in das Prothallium treiben und dadurch die Verwerthung der in demselben befindlichen Nährstoffe ermöglichen (Fig. 398 *G*). Dort entsteht durch weitere Theilungsvorgänge entweder nur ein Keim, oder es bilden sich durch Längsspaltung der Anlage vier Keime aus, von denen jedoch nur einer zu vollkommener Ausbildung gelangt.

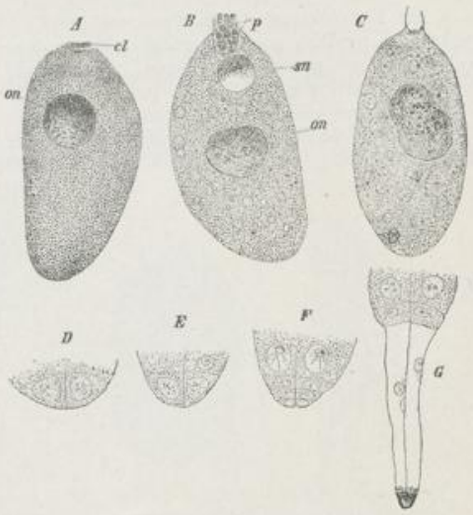


Fig. 398. Picea vulgaris. *A* ein reifes Ei mit Zellkern *on* und Bauchcanalzelle *cl*. *B* ein Ei während der Befruchtung, *sn* der eingedrungene Spermakern, *on* der Eikern, *p* die Pollenschlauchspitze. *C* ein Ei, während der Befruchtung die Copulation von Eikern und Spermakern zeigend. *D* die vier 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.

Der Keim stellt zunächst einen innerlich und äusserlich undifferenzirten Gewebekörper dar. Später zeigt er in Folge ungleichen Wachsthums seiner Theile eine äussere Gliederung, welcher im Innern eine ungleiche Gestaltung der Zellen entspricht. Auf späteren Entwicklungsstadien unterscheidet man am Keime die mit ihrer Spitze nach oben gerichtete, noch ganz unverzweigte Hauptwurzel oder Radicula, die junge Hauptachse oder Hypocotyl und die ersten, von den später auftretenden in ihrer Gestalt abweichenden Blätter, die Cotyledonen. Die Zahl dieser letzteren ist bei den Gymnospermen schwankend; sie beträgt zwei oder mehrere. Eine winzige Gipfelknospe, die weiterhin zwischen den Cotyledonen angelegt wird und von welcher die Fortentwicklung des Sprosses ausgeht, heisst die Plumula. Dieser Keim ist in seiner Gliederung demjenigen von Selaginella sehr ähnlich.

Bei den Angiospermen umhüllt sich das befruchtete Ei sofort mit einer Membran und pflegt sich zu einem Schlauch, dem Vorkeim zu verlängern, in welchem Quertheilungen eintreten. Die Endzelle liefert den grössten Theil des Keimes, die ihr nächste trägt zu dessen Bildung in untergeordneter Weise bei, die übrigen Zellen liefern den Träger, welcher

wie bei den Gymnospermen in die Länge wächst und, durch oft überaus merkwürdige Vorrichtungen, die Ernährung des Keimes vermittelt. Während der Träger meist zu einem Faden wird, stellt der an seinem Ende aufgehängte Keim anfangs eine zunächst wenigzellige, später vielzellige Kugel dar. Später gliedert sich der Keim, ähnlich wie bei den Gymnospermen, in Würzelchen, Hypocotyl, Cotyledonen und Plumula. Die Zahl der Cotyledonen ist bei den Angiospermen constant und liefert das wichtigste, wenn auch nicht das einzige Merkmal ihrer beiden Unterklassen, welche, nach der Einzahl bezw. Zweizahl der Keimblätter, als Monocotylen und Dicotylen bezeichnet werden.

Die Entwicklung des Keims zeigt nicht bloss bei beiden Unterklassen der Angiopesrmen, 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. 399), 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 Zwei-

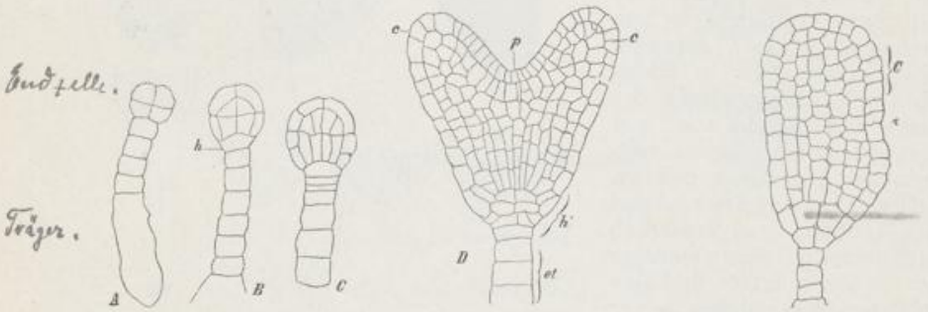


Fig. 399. Entwicklung des Keims von Capsella bursa pastoris. *h'* Hypophyse, *et* Keimträger, *c* Cotyledonen, *p* Plumula. Vergr. (Nach Hanstein.)

Fig. 400. Junger Keim von Alisma Plantago. *c* Cotyledon, *v* Vegetationspunkt. Vergr. (Nach Hanstein.)

theilungen 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. 400), es fehlt jedoch nicht an Fällen (Dioscoreaceen u. a.), wo der Cotyledon, wie bei den Dicotylen, seitlich entsteht.

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 (*Coelebogyne*) in unbefruchteten Samenanlagen gebildet. Da solche Samen im reifen Zustande mehrere der Weiterentwicklung fähige Keime enthalten, wird die Erscheinung als Polyembryonie bezeichnet[17]. Polyembryonie zeigt sich niemals in Samenanlagen mit mehreren Embryosäcken, da nur einer derselben vollkommene Ausbildung erfährt.

Im Gegensatz zu den Gymnospermen ist die Keimbildung nicht das einzige Ergebniss der Befruchtung. Während bei jenen diejenigen männlichen Kerne, welche nicht in die Eizelle gelangen, zu Grunde gehen, verschmilzt bei den Angiospermen, wie NAWASCHIN und GUIGNARD zuerst zeigten, der zweite nicht zur Befruchtung dienende Spermakern des einzelnen Pollenkorns mit dem Embryosackkern. Nach dieser Verschmelzung erfährt der Embryosackkern eine Zweitheilung, auf welche weitere Kerntheilungen folgen. Wiederholte Zelltheilung oder Vielzellbildung folgt auf die Kerntheilung und führt zur Bildung eines parenchymatischen Gewebes, des Endosperms, welches den Embryosack ausfüllt. Es kann diese Endospermanlage als eine Fortsetzung der zuvor unterbrochenen Prothalliumbildung aufgefasst werden, im Gegensatz zu den Gymnospermen, wo die Prothalliumbildung vor der Befruchtung abgeschlossen wird. In beiden Fällen führt sie zur Füllung des Embryosacks mit einem geschlossenen Nährgewebe.

Der Samen (18). Hat der Keim eine bestimmte, oft nach der Art ungleiche Entwicklungsstufe erreicht, so pflegt er sein Wachsthum einzustellen und unter Wasserverlust in einen Zustand latenten Lebens überzugehen, aus welchem er erst nach kürzerer oder längerer Zeit, und nur bei Zufuhr

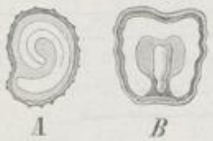


Fig. 401. *A* Same von Hyoscyamus niger. Der dicotyle Keim im Endosperm eingebettet. *B* Same von Elettaria Cardamomum. Innerhalb der dunkelen, von einem dünnen Arillus umhüllten Samenschale liegt zunächst weisses mehliges Perisperm, dann (schraffirt) ein öliges Endosperm und in der Mitte der monocotyle Keim. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

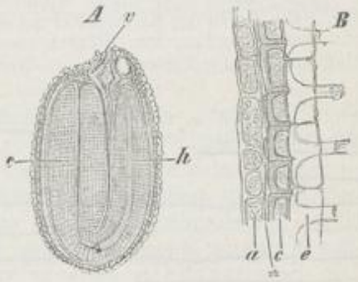


Fig. 402. Capsella bursa pastoris. *A* Längsschnitt durch den reifen Samen, *h* hypocotyles Glied, *c* Cotyledonen, *v* Gefässbündel des Funiculus. Vergr. 26. *B* Partie aus dem Längsschnitt durch die Samenschale nach Einwirkung von Wasser, *e* die gequollene Epidermis, *c* braun gefärbte, stark verdickte Schicht, * zerdrückte Zellschichten, *a* Aleuronkörner. Vergr. 240.

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. 402 *B*) und der Keim. Häufig ist die Samenschale durch nährstoffreiches Parenchym, das Nährgewebe, auch vom fertigen Keime getrennt. Dieses Nährgewebe kann auch aus dem Nucellus hervorgegangen sein und heisst dann

Geht aus dem Embryosacke hervor.

Perisperm (Fig. 401 *B*); meist jedoch besteht es nur aus dem Endosperm (Fig. 401 *A*). Fehlt das Nährgewebe (Fig. 402) um den fertigen Keim, so sind seine Zellen selbst Nährstoffspeicher. Das Nährgewebe oder, bei Fehlen derselben, die Keimblätter, bestehen gewöhnlich aus dünnwandigem Parenchym (Fig. 403), dessen Zellen mit Aleuron, Stärke und Fett, die nach ihrer Umwandlung durch Fermente in wasserlösliche diosmirende Substanzen

Fig. 403. Zellen der Keimblätter der Erbse mit Reservestoffen, *am* Stärkekörner, *al* Aleuronkörner, *p* Protoplasma, *n* Zellkern.

Fig. 404. Endospermzelle von Phytelephas macrocarpa mit Reservecellulose. Vergr. 225.

(Zucker, Amide u. s. w.) zur Ernährung der Keimpflanze dienen werden, vollgepfropft sind. Zuweilen, z. B. im Endosperm von Phytelephas macrocarpa, welches wegen seiner beinharten Beschaffenheit als vegetabilisches Elfenbein technische Verwendung findet, sind die aus nahezu reiner Cellulose bestehenden Zellwände sehr stark verdickt (Fig. 404) und werden bei der Keimung durch Fermente in Zucker umgewandelt.

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

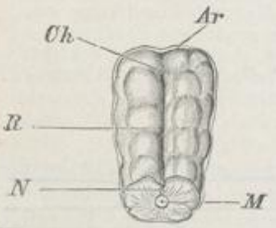


Fig. 405. Same von Elettaria Cardamomum. *M* Samendeckelchen, *N* Nabel, *R* Raphefurche, *Ch* Chalaza, *Ar* Arillus. Vergr. (Nach A. Meyer.)

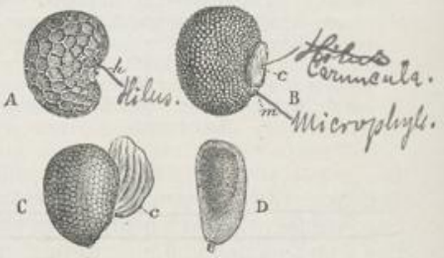


Fig. 406. *A* Same von Papaver Rhoeas, *h* der Hilus. *B* Same von Corydalis ochroleuca, *m* Micropyle, *c* Caruncula. *C* Same von Chelidonium majus. *D* Same von Nymphaea alba mit Samenmantel (Arillus). (Nach Duchartre.)

oder Nabel, häufig erkennbar (Fig. 406 *A h*); auch die Micropyle ist als winzige Vertiefung manchmal noch kenntlich (Fig. 406 *B m*). In gewissen Fällen entsteht aus der Chalaza der befruchteten Samenanlage eine äussere saftige Hülle, der Samenmantel oder Arillus (Fig. 405, 406 *D*), oder ein dem letzteren morphologisch gleichwerthiger kleinerer Auswuchs, die Caruncula (Fig. 406 *B*, *C*).

Nucellus → Perisperm. Embryosack → Endosperm. Chalaza → Arillus. Caruncula.

Die Frucht(18). 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 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 Blüthenachse an der Fruchtbildung Theil, namentlich bei Peri- und Epigynie (z. B. Hagebutte, Apfel). Seltener werden Perianthblätter zu Fruchttheilen 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.

Die Früchte der Gymnospermen sind sehr einfach gebaut. Die Blüthe erfährt beim Uebergang in die Frucht nur wenige Veränderungen, sie wird grösser, die Fruchtblätter werden meist härter, holziger, selten, wie beim Wachholder, saftig.

Weit mannichfaltiger sind die Früchte der Angiospermen beschaffen. Zunächst besitzt bei ihnen die Frucht eine ungleiche Structur, je nachdem sie aus einem apocarpen oder einem syncarpen Gynoeceum hervorgegangen ist. Im ersteren Falle sind auch die reifen Carpelle getrennt und heissen Früchtchen, 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.

Der die Samen umhüllende Theil 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 Differenzirung 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 mehrere Typen und Untertypen eingetheilt, von welchen die folgenden die wichtigeren sind:

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. 407 *B*). In seltenen Fällen werden die Samen durch Löcher entleert (poricide K., z. B. *Antirrhinum*). (Fig. 407 *C*.)

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.

b) Hülse, legumen. Sie besteht aus einem einzigen Carpell, welches bei der Reife längs der Bauchnaht und der Mittellinie des Rückens aufspringt (Erbse, Bohne und viele andere Leguminosen).

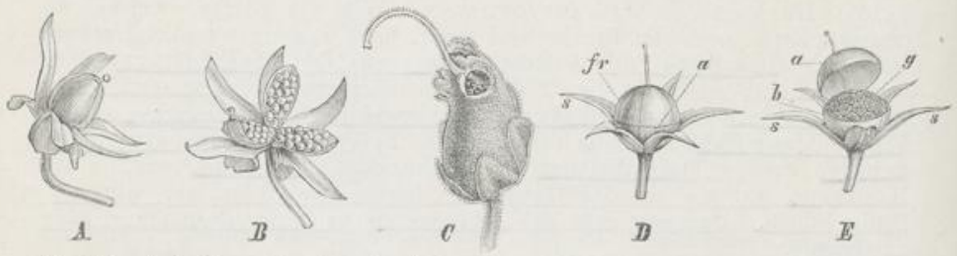


Fig. 407. Aufspringen der Kapsel. *A* Kapsel von Viola tricolor, vor dem Aufspringen. *B* Dieselbe nach dem Aufspringen. *C* Poricide Kapsel von Antirrhinum majus. Vergr. *D* Deckelkapsel von Anagallis arvensis geschlossen. *E* Dasselbe geöffnet.

c) Schote, siliqua. Aus zwei Carpellen bestehend, die sich bei der Reife von einer bleibenden Scheidewand ablösen. (Die Mehrzahl der Cruciferen, z. B. *Capsella bursa pastoris.*)

d) Deckelkapsel, pyxidium. Oeffnet sich bei der Reife durch Abheben eines deckelförmigen Stücks (*Anagallis* Fig. 407 *D*, *E*, *Hyoscyamus* u. s. w).

II. Schliessfrucht. Dieser Typus umfasst trockenschalige, bei der Reife weder aufspringende noch in ihre Carpelle zerfallende Früchte. Hart-

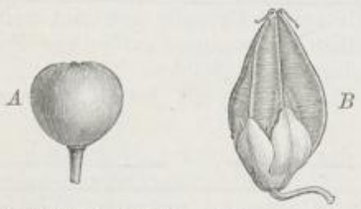


Fig. 408. Schliessfrüchte. *A* Nuss von Fumaria officinalis. Vergr. 6. *B* Achäne von Fagopyrum esculentum. Vergr. 2. (Nach Duchartre.)

Fig. 409. Spaltfrucht von Galium Mollugo. Vergr. 6. (Nach Duchartre.)

schalige Schliessfrüchte werden Nüsse (nux) genannt (Fig. 408 *A*), einsamige Schliessfrüchte mit lederartigem Pericarp, je nachdem letzteres dem Samen angewachsen ist oder nicht, als Caryopsen (caryopsis, z. B. Gräser), Achänen (achaenium, z. B. Compositen, Fagopyrum) (Fig. 408) unterschieden.

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. 409).

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

Fig. 410. Frucht von Physalis Alkekengi. Sie besteht aus dem persistirenden und herangewachsenen Kelch *s* und der aus dem Fruchtknoten hervorgegangenen Beere *fr*. (Nach DUCHARTRE.)

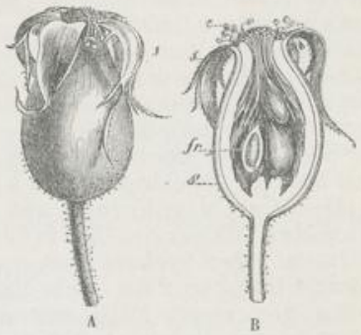


Fig. 411. Frucht von Rosa alba. Sie besteht aus dem fleischigen Achsenbecher *s'*, den bleibenden Kelchblättern *s* und den Carpellen *fr*. Die Staubblätter *e* sind vertrocknet. (Nach DUCHARTRE.)

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. 412 *B*), kann noch zu den Scheinfrüchten gerechnet werden, namentlich im Hinblick auf ihre äussere Aehnlichkeit mit den merocarpischen Früchten der Rubus-Arten (Himbeere Fig. 412 *A* und Brombeere).

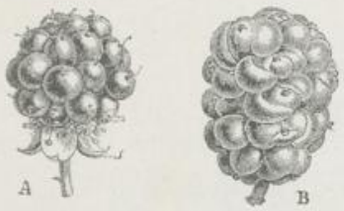


Fig. 412. *A* Merocarpische Steinfrucht von Rubus fruticosus (Brombeere). *B* Aus kleinen Steinfrüchten bestehender Fruchtstand von Morus nigra (Maulbeere). (Nach DUCHARTRE.)

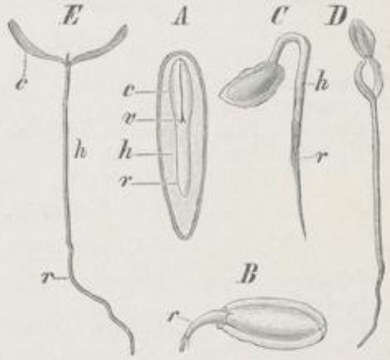


Fig. 413. Thuja occidentalis. Keimung. *A* Same im Längsschnitt. *c* Cotyledonen, *v* Plumula, *h* Hypocotyl, *r* Würzelchen. *B—E* Stufen der Keimung.

Aehnlich wie bei den Blüthen 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.

Die Keimung. Je nach der Beschaffenheit und Structur der Frucht, wird der Same bald nach seiner Reife oder erst später, oder auch gar nicht, aus derselben befreit. Sehr einfach gestaltet sich die Befreiung der Samen z. B. bei den Zapfen der Rothtanne, deren Fruchtschuppen zur Zeit der Samenreife in ihren oberen Theilen aus einander weichen, so dass die nicht mehr befestigten reifen Samen herausfallen, oder bei der Weisstanne, wo die Fruchtschuppen sich von der Achse ablösen und sammt den Samen herunterfallen. Auch aus den Kapseln vieler Angiospermen treten die Samen leicht heraus. Aus den Beeren werden sie durch die fruchtfressenden Thiere oder durch Fäulniss befreit. Die Samen der Schliessfrüchte, der Spaltfrüchte und der Steinfrüchte werden nur langsam durch Verwesen der Schale befreit oder, weit häufiger, durchbrechen die Keimlinge die Fruchtschale bei der Keimung.

Die Keimung beruht auf der Wiederaufnahme der Entwicklung des bisher im Zustande des latenten Lebens befindlichen Keimes. Der trockene Samen nimmt Wasser auf und quillt; die Samenschale wird aber meist nicht dadurch, sondern durch das Wachsthum des Keims gesprengt. Meist tritt das Würzelchen zunächst aus (Fig. 413), dringt in den Boden, befestigt das vorerst noch in der Samenschale verborgene Pflänzchen und versieht es mit Wasser. Nach dem Verbrauch der Nährstoffe hat die Keimpflanze ihre Cotyledonen ausgebreitet; sie ist, falls sie vorher chlorophyllfrei war, ergrünt und der selbstständigen Ernährung fähig. Dieses gilt natürlich nur von den autotrophen Gewächsen. Die Schmarotzer und Humuspflanzen besitzen besondere Vorrichtungen, welche die junge Pflanze ebenfalls in den Stand setzen, alsbald in den Besitz von Nährstoffen von aussen zu gelangen.

Uebersicht der Klassen, wichtigsten Ordnungen und Familien.

Klasse I. Gymnospermae.

1. *Cycadinae.* Fam.: Cycadaceae.
2. *Ginkgoinae.* Fam.: Ginkgoaceae.
3. *Coniferae.* Fam.: Taxaceae. Pinaceae.
4. *Gnetinae.* Fam.: Gnetaceae.

Klasse II. Angiospermae.

Unterklasse A. Monocotylae.

1. *Liliiflorae.* Fam.: Juncaceae. Liliaceae. Amaryllidaceae. Iridaceae. Dioscoreaceae. Bromeliaceae.
2. *Spadiciflorae.* Fam.: Palmae. Araceae. Lemnaceae. Pandanaceae. Sparganiaceae.
3. *Glumiflorae.* Fam.: Cyperaceae. Gramineae.
4. *Helobiae.* Fam.: Hydrocharitaceae. Potamogetonaceae. Najadaceae.
5. *Scitamineae.* Fam.: Musaceae. Zingiberaceae. Cannaceae. Marantaceae.
6. *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. Magnoliaceae. Myristicaceae. Menispermaceae. Berberidaceae. Lauraceae. Nymphaeaceae.
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. *Frangulinae.* 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.

Erste Klasse.

Gymnospermen [19].

Typus: Blüthen eingeschlechtig. Männliche Blüthen mit schuppenartigen, spiralig an einer gestreckten Achse angeordneten Staubblättern, nackt. Zahl der Pollensäcke $1-\infty$, Pollen direct in die Micropyle gelangend. Das im Pollenkorn erzeugte Antheridium 1—3zellig, mit Zellwänden versehen. Fruchtblätter bei Cycas zu einer Blüthe vereint, am Gipfel der weiterhin durchwachsenden Achse daher an dieser periodisch mit Laubblättern abwechselnd. Bei andern Cycadeen als besondere zapfenartige Gebilde ausgestaltet, mit spiraliger Anordnung der Fruchtblätter, auch in dieser Ausbildung stets nackt, die Fruchtblätter nie zu einheitlichen Gehäusen, die als Fruchtknoten bezeichnet werden könnten, zusammenschliessend. Bei den Coniferen die Deckblätter der Fruchtschuppen nach der einen Auffassung

als Fruchtblätter, die Fruchtschuppen als placentäre Auswüchse, und damit die Zapfen als einfache Blüthen gedeutet; nach der andern die Fruchtschuppen für Achselproducte der Deckblätter und zwar entweder für Flachsprosse (Cladodien) oder als verschmolzene von einem Achselspross getragene Fruchtblätter oder als einziges Fruchtblatt an einem solchen Achselspross und damit der Zapfen für einen Blüthenstand erklärt. Auch die Fruchtblätter der Coniferen niemals zu abgeschlossenen Fruchtknoten vereint. Samen-

Fig. 414. Cycas revoluta, weiblich, blühend. Nach einer Photographie.

anlagen an den offenen Fruchtblättern, den Blüthenstaub in den Micropylen auffangend. Ein den Embryosack füllendes Prothallium mit mehreren Archegonien. Befruchtung bei Cycadineen und Ginkgo durch Spermatozoiden, sonst durch glatte Sexualzellen. Cotyledonen 2 oder mehr.

Holzgewächse, meist mit nadelförmigen, seltener mit breiten oder gefiederten Blättern. Nervatur der Blätter meist sehr einfach, zuweilen streifig, sehr selten netzig. Ausnahmen vom Typus namentlich bei den Gnetinen.

1. Ordnung. Cycadinae (20).

Einzige Familie: ***Cycadaceae,*** Blüthen diöcisch, perianthlos, vielblätterig, 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. 414).

Viele Cycadaceen ähneln durch ihren säulenförmigen, unverzweigten Stamm und ihre mächtige, gipfelständige Rosette gefiederter Blätter den Baumfarnen, welchen sie auch in ihren Dimensionen vergleichbar sind (Fig. 414). 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 Blüthenregion 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.

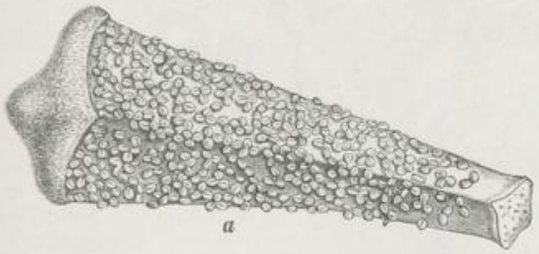


Fig. 415. Staubblatt von Cycas circinalis, von unten. (Nach EICHLER.)

Fig. 416. Fruchtblatt von Cycas revoluta, verkl. (Nach EICHLER.)

Die Blüthen 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 Blüthen sind zapfenartig, mit zahlreichen schuppen- oder schildförmigen Staubblättern (Fig. 415), 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. 416). Bei den übrigen Cycadaceen entspringen dem Stammgipfel mehrere zapfenartige weibliche Blüthen 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 zugewehte Blüthenstaub sich anhäuft und das Werk der Befruchtung beginnt. Die näher untersuchten Cycadaceen besitzen Spermatozoen (siehe S. 370). — Der Same ist einer Steinfrucht ähnlich, indem seine Schale in eine äussere fleischige und eine innere harte Schicht differenzirt ist. Das mehlreiche 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. Ginkgoaceae (21).

Familie ***Ginkgoaceae.*** Weibliche Blüthe mit meist zwei Samenanlagen, langgestielt. Befruchtung durch Spermatozoen. Samenschale aussen fleischig, innen hart. Blätter gestielt, mit ein- oder mehrmals dichotom gespaltener Spreite (Fig. 417).

Fig. 417. 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 Samenanlagen. Männliche Blüthe und *c* in nat. Gr., *d* ein wenig verkleinert, die übrige Figur vergrössert. (Nach Eichler in Natürl. Pflanzenfamilien.)

Die Ginkgoaceen stellen einen sehr alten Zweig der Gymnospermen dar, der in früheren Erdperioden reich entwickelt, gegenwärtig nur noch durch die in China und Japan heimische *Ginkgo biloba* (*Salisburya adiantifolia*), einen laubabwerfenden Baum, vertreten ist. Sie ist als Typus einer besonderen Ordnung, die zu den Cycadaceen manche Beziehungen zeigt, zu betrachten.

3. Ordnung. Coniferae (22).

Blüthen nackt; die männlichen kätzchenähnlich mit schuppenartigen, die Pollensäcke unterseits tragenden Staubblättern, die weiblichen Blüthen und die Früchte von verschiedenem, zum Theil complicirtem Bau. — Diese Gebilde als einzelne weibliche Blüthe oder auch als Blüthenstand gedeutet. — Reichverzweigte Holzgewächse ohne echte Gefässe, meist mit Harzgängen in den sämmtlichen 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 Pinea*), oder sogar scheibenförmig werden, wie bei der brasilianischen Araucaria (*Araucaria brasiliana*). Verhältnissmässig wenige der baumartigen Coniferen 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.

Die männlichen Blüthen stehen entweder einzeln oder sind zu vielen gruppirt; 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 beziehungsweise Blüthenstände und der Früchte, liegen die wichtigsten Merkmale der Familien, in welche die Ordnung eingetheilt wird.

Familie ***Taxaceae.*** Zapfenbildung unvollkommen oder fehlend. Samen mit Arillus.

Taxus baccata, die Eibe (Figur 418—419), 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 schildförmigen, zu einer Kugel vereinigten Staubblättern am Gipfel eines kurzen, unterwärts beschuppten Stiels. Die weibliche Blüthe nimmt ebenfalls den Gipfel eines

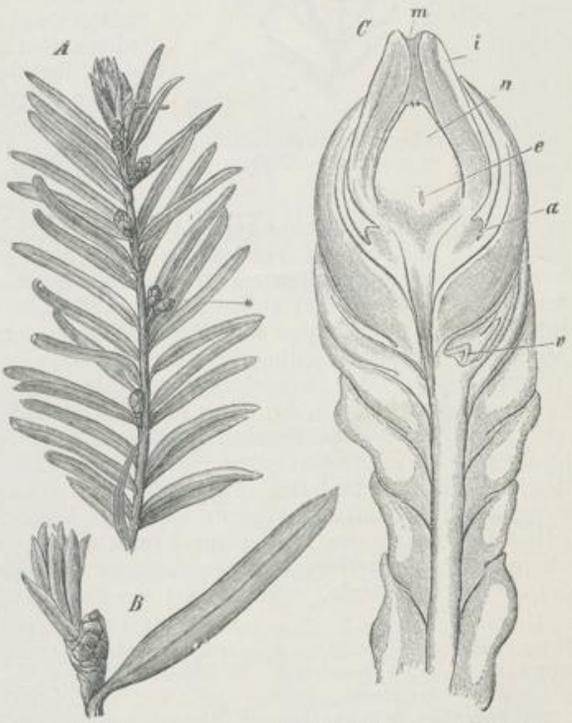


Fig. 418. Taxus baccata. *A* Habitusbild eines Zweiges mit weiblichen Blüthen, bei * zwei Samenanlagen an demselben Primansprösschen. Nat. Gr. *B* ein Blatt mit achselständiger Samenanlage. Vergr. 2. *C* Längsschnitt durch die gemeinsame Mediane des Priman- und Secundansprösschens, *v* Vegetationskegel 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 (Primärsprösschen) und einem oberen seitlichen Secundärsprösschen zusammen, welch letzteres mit einer einzigen aufrechten Samenknospe abgeschlossen ist. Der reife Samen ist von einem rothen, becherartigen Arillus (Fig. 419) umgeben.

Fig. 419. Taxus baccata. Zweig mit reifen Samen. 1/2 nat. Gr. — Giftig.

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 Blüthen, beziehungsweise Blüthenstände zapfenartig, die Samenanlagen an schuppenartigen Fruchtblättern und zwischen diesen eingeschlossen zu Samen reifend; Samenschale trocken, ohne Arillus (Fig. 413, 420—425).

Die Familie der Pinaceae umfasst alle unsere einheimischen Nadelhölzer, mit Ausnahme der zwar häufig cultivirten, aber bei uns selten wild wachsenden Eibe (*Taxus baccata*). Die männlichen Blüthen (Fig. 420, 421) sind kopfig oder cylindrisch, häufig zu vielen vereinigt. Die weiblichen Zapfen 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 Fruchtschuppen vorhanden. Letztere sind in manchen Gattungen einfach (*Juniperus*, *Agathis*); bei anderen (Fig. 422, 423) (Abietoideen) doppelt, wo alsdann die obere Schuppe oder Fruchtschuppe, von denjenigen, welche den Zapfen als einfache Blüthe deuten, für einen placentären Auswuchs der unteren Schuppe oder Deckschuppe, von denjenigen aber, die ihn als einen Blüthenstand auffassten, für einen modificirten Achselspross der Deckschuppe ausgegeben wird. Die Fruchtschuppe trägt die Samenanlagen. Diese entspringen meist in Zwei-, selten in Ein- oder Mehrzahl dem Basaltheile der Oberseite des Fruchtblattes (Fig. 422); bei den Cupressoideae jedoch sind sie achselständig auf einer polsterförmigen Anschwellung (Fig. 420).

Bei Uebergang der Blüthe zur Fruchtbildung werden in der Regel die Schuppen holzig und es kommen dadurch die allbekannten Zapfen unserer Nadelhölzer zu Stande. Seltener ist die Frucht beerenartig.

Unterfamilien: 1) *Cupressoideae*. Blätter gegen- oder quirlständig; Fruchtblätter einfach; Samenanlagen achselständig, aufrecht. *Juniperus*, Wachholder; *Cupressus*, Cypresse; *Thuja*, Lebensbaum; 2) *Taxodioideae*. *Taxodium*; *Sequoia*. 3) *Araucarioideae*. *Araucaria*, *Agathis*. 4) *Abietoideae*. Blätter spiralig; Fruchtschuppen in den Achseln von Deckschuppen; Samenanlagen an der Fruchtschuppe befestigt, umgewendet. *Abies*, Tanne; *Picea*, Fichte; *Larix*, Lärche; *Pinus*, Kiefer.

Wichtigste deutsche Nadelhölzer: *Juniperus communis*, Wachholder (Fig. 420); Strauch mit nadelförmigen, durch Harzkörnchen bläulich bereiften Blättern in dreigliederigen Quirlen; weibliche Blüthe aus drei Schuppen mit je einer achselständigen Samenanlage; Schuppen in der reifen Frucht saftig und zu einer Beere verwachsen. — *Abies alba*, Edeltanne, Weisstanne (Fig. 423), bis 65 m hoher Waldbaum mit im Alter silbergrauer Rinde (daher der Name Weisstanne); Krone pyramidenförmig, aus horizontal

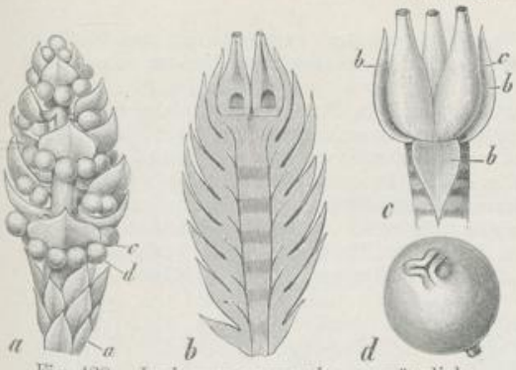


Fig. 420. Juniperus communis. *a* männliche Blüthe. Vergr. *b* fertiler Zweig mit weiblicher Blüthe. Vergr. *c* weibliche Blüthe, die eine Schuppe zurückgebogen. Vergr. *d* Beere. Vergr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

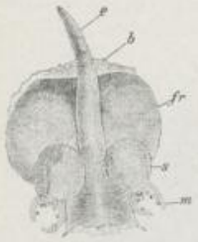


Fig. 422. Pinus silvestris. Fruchtschuppe *fr* mit den beiden Samenknospen *s* und dem Kiel *e*. Dahinter die Deckschuppe *b*. An den Samenknospen der Integumentrand in zwei Fortsätze (*m*) ausgewachsen. Vergr. 4.

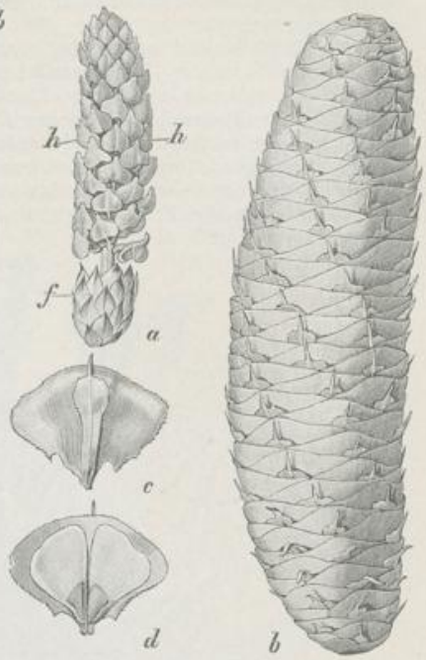


Fig. 423. Abies alba, *a* männliche Blüthe, *b* Zapfen, *c* Deck- und Fruchtschuppe von oben, *d* dieselbe von vorn. *a*, *c*, *d* in nat. Gr., *b* verkl. (Nach BERG und SCHMIDT.)

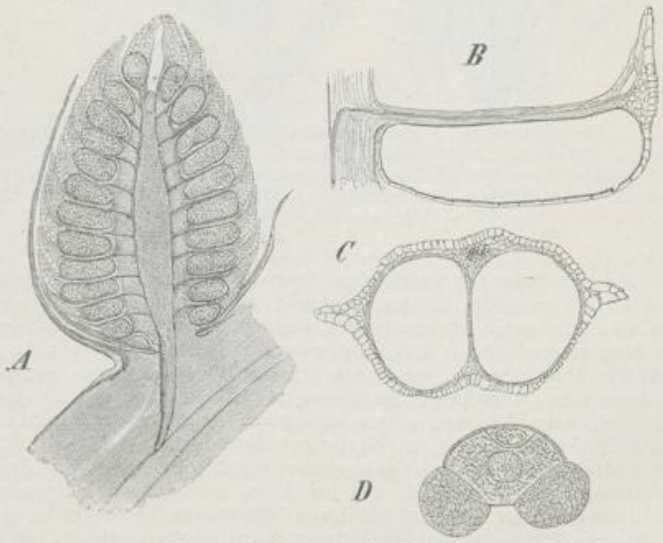


Fig. 421. Pinus Pumilio. *A* Längsschnitt durch eine fast reife männliche Blüthe. Vergr. 10. *B* Längsschnitt durch ein einzelnes Staubblatt. Vergr. 20. *C* Querschnitt durch ein Staubblatt. Vergr. 27. *D* ein reifes Pollenkorn von Pinus silvestris. Verg. 400.

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. 423 *a*). Die weiblichen Zäpfchen sind länglich walzlich, bis 6 cm lang, von dicht gedrängten, spiralig geordneten Deck- und Fruchtschuppen an spindelförmiger Achse gebildet. Die reifen Zapfen (Fig. 423 *b*) stehen aufrecht am Ende der sie tragenden Zweige, ihre spitzen Deckschuppen sind viel schmäler, aber länger als die Fruchtschuppen (*c*, *d*) und daher von aussen sichtbar. Bei der

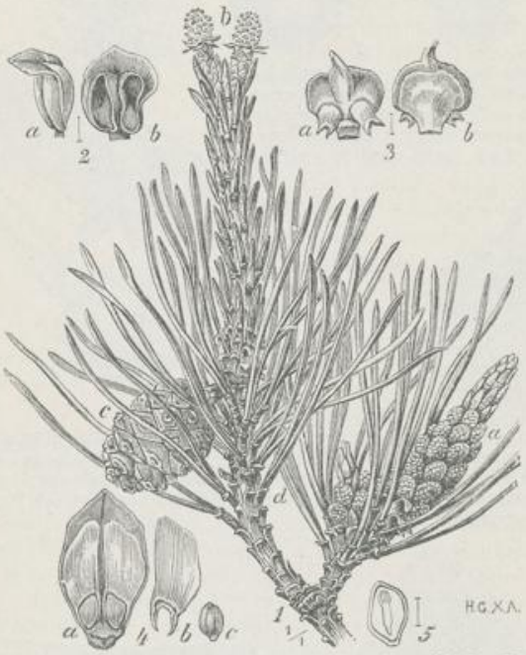


Fig. 424. Pinus silvestris. *1* Zweig, *a* männlicher, *b* weiblicher Blüthenstand. *c* Zapfen, *d* Nadeln. *2* Staubblatt, *a* von der Seite, *b* von aussen. *3* Deck- und Fruchtschuppe, *a* von innen, *b* von aussen. *4*, *a* Fruchtschuppe mit den beiden Samen, von innen, *b* Samenflügel, *c* Samenkörper. *5* Samen im Längsschnitt. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Reife lösen sich die Schuppen sammt dem Samen von der stehen bleibenden Fruchtachse ab. — *Picea excelsa*, die Rothtanne, gleicht in Grösse und Tracht der Weisstanne. Die Nadeln sind vierkantig, gleichmässig gefärbt, allseitswendig, 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 Zäpfchen sind anfangs kugelig, roth gefärbt (Fig. 424 *1b*). Die reifen Zapfen (*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 stehen in dichten Büscheln an den Kurztrieben, einzeln dagegen an den Langtrieben.

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 Japan, in Californien. Letzteres Land ist durch den Besitz des mächtigsten aller Nadelhölzer, des Mammuthbaums, *Sequoia gigantea*, der bis 150 m hoch wird und dessen Stamm 12 m im Durchmesser erreicht, ausgezeichnet; 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, im Schwarzwald, in den Pyrenäen, 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.

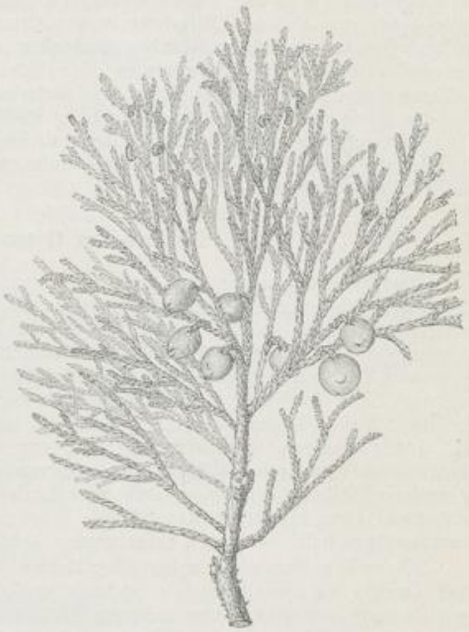


Fig. 425. Zweig von Juniperus Sabina mit Früchten. — Officinell und giftig.

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 Nadelhölzer liefern Bau- und Schreinerholz.

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. 425).

Officinell: *Juniperus communis*: Fructus Juniperi (Ph. germ., austr., helv.), Oleum Juniperi (Ph. germ., austr., helv.) und Lignum Juniperi (Ph. austr., helv.). — *Juniperus oxycedrus*: Oleum cadinum (Ph. austr., helv.). — *Juniperus Sabina*: Herba s. Summitates Sabinae (Ph. austr., germ., helv.). — *Larix europaea*: Terebinthina veneta (Ph. austr., helv.). — *Larix sibirica* (Nordrussland, Sibirien): Pix liquida (Ph. germ.). Verschiedene *Pinus*-Arten, wie *P. silvestris*, *australis*, *Laricio*, *Pinaster*, *Taeda* etc., auch *Abies alba* und *Picea excelsa* liefern Terebinthina, Colophonium, Ol. Terebinthinae, Pix liquida (Ph. germ., austr., helv.); *Pinus Pumilio* liefert Ol. Pini Pumilionis (Ph. austr., helv.). — *Pinus silvestris*: Turio Pini (Ph. helv.).

4. Ordnung. Gnetinae[21].

Einzige Familie: ***Gnetaceae.*** Blüthe mit Perigon. — Harzfreie Holzgewächse mit echten Gefässen (Fig. 393).

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 denjenigen 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 abstirbt. Die Gattung *Gnetum* weist theils Bäume, theils Lianen auf, die habituell dicotylen Holzgewächsen ganz ähnlich aussehen und breite, netzaderige, denjenigen des Lorbeers ähnliche Blätter tragen.

Die fossilen Gymnospermen[21].

Reste von Gymnospermen sind, im Gegensatz zu den Pteridophyten, in silurischen Schichten bisher nicht gefunden worden; sie treten erst im Devon auf, jedoch nur spurenweise und wurden bisher nur in Nordamerika nachgewiesen. Es sind einige Fragmente von Blättern, die auf *Cordaites* zurückgeführt werden, einen auf die paläozoischen Epochen beschränkten höchst eigenartigen Typus, den ältesten der Gymnospermen und überhaupt der Phanerogamen nach den bisherigen Befunden. Dank ihrer vorzüglichen Erhaltung sind die Cordaiten morphologisch ebenso genau bekannt wie die jetzt lebenden Gymnospermen. Es waren hohe Bäume mit bandförmigen oder breiten und gelappten Blättern und mit von den jetzigen Gymnospermen sehr abweichenden Blüthen. Phylogenetisch wichtig ist der Umstand, dass das männliche Prothallium einen mehrzelligen Gewebekörper darstellt. Die Structur der Samenanlage und der Samen zeigt grosse Aehnlichkeit mit den Cycadaceen.

Abgesehen von wenig zahlreichen Resten (*Cycadites*, *Dicranophyllum*), die die einen mit Zweifel zu Cycadinen, die anderen mit grösserer Wahrscheinlichkeit in die Verwandtschaft der Ginkgoinen rechnen, stellt Cordaites im ganzen Carbon den einzigen, aber sehr reich entwickelten Gymnospermentypus dar. Erst im unteren Rothliegenden zeigen sich zweifellose *Cycadaceen*. In höheren Schichten kommt die Gattung *Walchia* zum Vorschein, deren Verwandtschaften zweifelhaft sind; sie erinnern in ihren allein bekannten vegetativen Organen an die niedrigst organisirten der Coniferen, die Araucariaceen. Im oberen Rothliegenden treten unzweifelhafte Ginkgoaceen (*Baiera*) und zu *Walchia* ein neuer erloschener, anscheinend zu den Coniferen gehöriger Typus hinzu (*Ullmannia*).

Mit dem Rothliegenden schwinden die Cordaiten. Die Gymnospermenflora geht durch Cycadinen, Ginkgoinen und Coniferen erloschener Typen (*Voltzia*, angeblich zu den Taxodieen gehörig, im Buntsandstein) durch die Trias hindurch und erreicht im Jura eine mächtige Entwicklung, indem die Ginkgoinen mit zahlreichen Formen und auch die Cycadinen ihren Höhepunkt erreichen. Auch zeigen sich im Jura echte *Araucarien*, welche demnach und auch aus ihrer Organisation zu schliessen, die ältesten Coniferen darstellen.

Im Wealden herrschen unter den Gymnospermen noch die Cycadinen und Ginkgoinen mit einigen Coniferen; mit der eigentlichen Kreide treten die alterthümlichen Typen immer mehr zurück, während die Coniferen immer zahlreicher werden; unter letzteren zeigen sich bereits gegenwärtige Gattungen, wie *Dammara*, *Sequoia*, *Pinus*, *Cedrus*,

Abies, *Callitris* etc. Auch die *Taxaceen* scheinen vertreten zu sein, doch ist die Zugehörigkeit der Reste zweifelhaft.

Die Gymnospermen des Tertiärs gehören durchaus zu noch lebenden Typen, zum grossen Theile zu noch lebenden Arten. Die Coniferen sind vorherrschend, von den *Ginkgoinen* ist nur noch *Ginkgo biloba* vorhanden und zwar auch in Europa, zusammen mit anderen jetzt auf Ostasien oder Nordamerika beschränkten Arten, wie *Cryptomeria japonica*, *Taxodium distichum* und *heterophyllum* (China), *Sequoia gigantea* und *sempervirens*, *Pinus Strobus* etc. Auch eine Cycadee (*Encephalartos*) ist gefunden worden.

Zweite Klasse.

Angiospermen. Hüllsamige Phanerogamen.

Blüthe quirlig gebaut, mit kurzer Achse, meist mit Kelch und Krone, zwitterig oder durch Abort eingeschlechtlig. Staubblätter fädig, aus Filament und Anthere, letztere aus vier Pollensäcken in zwei Thecae. Antheridium einzellig, ohne Zellwand. Fruchtblätter meist zum Fruchtknoten verwachsen, der die Samenanlagen einschliesst, seltener Fruchtblätter frei, durch Verwachsung ihrer Ränder den Fruchtknoten bildend. Spitzen der Fruchtblätter als Griffel frei oder verwachsen, die Narben, d. h. die Empfangsstellen für den Pollen, tragend. Der Embryosack entwickelt vor der Befruchtung durch successive Zweitheilung zwei dreigliederige, die beiden Pole einnehmende Zellgruppen: der Micropyle zugekehrt den Eiapparat, ihr abgekehrt die Antipoden. Im Eiapparat ist eine nackte Eizelle. Befruchtung durch eine der stets nackten männlichen Zellen des Pollenschlauchs. Der andere Spermakern verschmilzt mit dem Embryosackkern, wonach vielfach Bildung eines Endosperms eintritt. Cotyledonen 1 oder 2. — Kräuter und Holzgewächse, sehr verschiedenartig gestaltet. Blattnervatur streifig oder netzadrig.

I. Unterklasse.

Monocotylae (1, 2).

Blüthe meist dreizählig, fünfwirtelig; Same meist mit reichlichem Nährgewebe; Keim mit einem Cotyledon. — Kräuter und Holzgewächse mit geschlossenen Gefässbündeln, die auf dem Stammquerschnitte meist zerstreut angeordnet erscheinen. Wo Cambium vorhanden, ist dieses 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 nach der Keimung 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 häufig unverzweigt und weisen secundäres Dickenwachs-

thum 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. 426) ist S. 95, über ihren Bau S. 89, über das selten eintretende secundäre Dickenwachsthum S. 116 zu vergleichen. Die Blätter sind in der Mehrzahl der Fälle wechselständig, zwei- oder dreizeilig angeordnet und entbehren stets der Nebenblätter. Sie sind gewöhnlich an der Basis scheidig, stiellos, schmal oder elliptisch, streifig geadert (Fig. 427), doch kommen anders gestaltete Blätter nicht gerade selten vor.

Der Blüthenbau der Monocotylen lässt sich beinahe durchweg auf den fünfwirtelig-dreizähligen Typus zurückführen (Fig. 428). Mit anderen Worten, wir dürfen annehmen, dass die Blüthe ihrer Stammform im Perianth und Androeceum je zwei dreizählige, alternirende Wirtel und ein dreizähliges Gynoeceum besass. Dass die Blüthe zunächst wohl radiär war, ist nach dem früher Gesagten selbstverständlich. Der Typus ist bei vielen Monocotylen unverändert erhalten geblieben; bei anderen sind

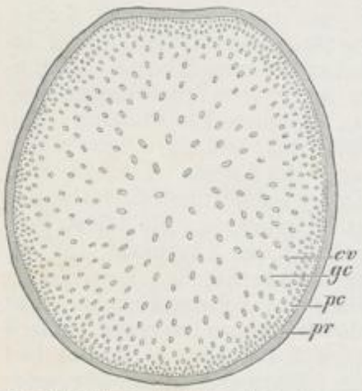


Fig. 426. Querschnitt durch den Stamm von Zea Mays. *cv* Gefässbündel. Vgl. im Uebrigen S. 89 und Fig. 120.

Fig. 427. Blatt mit streifiger Nervatur (Polygonatum multiflorum). Nat. Gr.

Fig. 428. Diagramm einer typischen Monocotylenblüthe.

im Laufe der phylogenetischen Entwicklung Modificationen eingetreten, durch welche theils der Uebergang der radiären in dorsiventrale 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*). Rebellum.

Die Monocotylen werden in folgende Ordnungen eingetheilt: *Liliiflorae*, *Enantioblastae*, *Spadiciflorae*, *Glumiflorae*, *Helobiae*, *Scitamineae*, *Gynandrae*. 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 gras-

ähnliche, 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*, *Gynandrae*), offenbar späteren Ursprungs sind.

1. Ordnung. Liliiflorae.

Typus: Blüthe radiär, selten schwach dorsiventral, stets mit Perianth, aus vollzähligen, vollkommen ausgebildeten Quirlen: P 3 + 3, A 3 + 3 oder A 3, G (3). Fruchtknoten dreifächerig ober- oder unterständig. Samenanlagen anatrop oder campylotrop, selten atrop. Keim vom Endosperm umgeben.

Die Monocotylen-Blüthe zeigt sich bei der Mehrzahl der Liliifloren in typischer Ausbildung (Fig. 428), radiär, mit fünf dreizähligen Quirlen und einander gleichen Gliedern in jedem Quirl; die schwache Dorsiventralität einiger Formen beruht nur auf einseitiger Krümmung der Blüthen- bezw. 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.

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 Blüthen sind nur bei den einfachsten, anscheinend ältesten, grasähnlichen Formen für Windbestäubung angepasst und unscheinbar, sonst meist gross, schön gefärbt, einzeln oder zu lockeren, sehr verschiedenartigen Blüthenständen gruppirt.

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 die Ordnungen der Gynandreen und Scitamineen dürften, indem Metamorphose und Reduction immer weiter gingen, Nachkommen der Liliaceen sein.

Familie ***Juncaceae***. Blüthe zwitterig, mit spelzenartigem Perigon; Pollen in Tetraden; Fruchtknoten drei- oder einfächerig, oberständig; drei lange, papillöse Narben; Endosperm mehlig. — Grasähnliche Gewächse (Fig. 429).

Die Juncaceen stimmen im Bau ihrer Blüthen mit den Liliaceen im Wesentlichen überein. 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 Blüthen unscheinbar, mit trockenem Pollen und grossen papillösen Narben versehen. Die Blüthenstände sind verschiedenartig, vielgliederig. Die Früchte sind Kapseln.

Deutsche Gattungen: *Juncus* (Binse): Blätter cylindrisch, Frucht vielsamig; *Luzula*: Blätter flach, 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.

Liliaceen.

Familie **Liliaceae**. Perigon kronartig; sechs Staubgefässe, oberständiger Fruchtknoten; Same mit öligem oder hornigem Endosperm (Fig. 430—435).

Fig. 429. Juncus lamprocarpus. *a* Theil der Inflorescenz, *b* Blüthe vergrössert, *c* Gynoeceum vergrössert.

Fig. 430. *a—e* 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.

Die meisten Liliaceen sind saftige Kräuter mit perennirenden Zwiebeln oder Rhizomen; die Arten von *Aloë* und *Dracaena* (Fig. 433, 434) 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 ansehnlichen, oft grossen Blüthen stehen entweder einzeln, endständig, wie bei der Tulpe, oder sind traubig gruppirt wie bei der Hyacinthe, selten in reich verzweigten, complicirten Inflorescenzen. Sie sind auf Insectenbestäubung eingerichtet und mit entsprechenden Lockmitteln versehen, wie weisse oder lebhafte Farbe, Wohlgeruch, Nectarien u. s. w. Die Früchte sind Kapseln oder Beeren.

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Melanthoideae*: Drei Griffel; septicide (wandspaltige) Kapsel. *Veratrum* (s. u. giftig); *Colchicum* (id.); *Sabadilla* (s. u. officinell). 2) *Lilioideae*: Ein Griffel; loculicide (fachspaltige) Kapsel. *Tulipa*

Lilium; *Hyacinthus*; *Muscari*; *Ornithogalum*; *Scilla*; *Urginea* (s. u. officinell); *Allium*: Zwiebelpflanzen mit grundständigen Blättern und aus Schraubeln zusammengesetzten Blüthenständen; *Aloë* (s. u. officinell). 3) *Asparagoideae*: Ohne Zwiebeln, Beerenfrucht. *Polygonatum*; *Majanthemum*, Blüthe zweizählig; *Convallaria*, *Paris* (s. u. giftig); *Asparagus*, mit nadelförmigen, blattlosen Zweigen; *Smilax* (s. u. officinell); *Dracaena*, gabelig verzweigte Bäume mit secundärem Dickenwachsthum (s. Fig. 434 und 155).

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. — Viele Liliaceen werden häufig cultivirt, so als Küchenpflanzen:

Fig. 431. Colchicum autumnale. *a* blühende Pflanze mit Knollen (3/4), *b* beblätterter Spross mit Frucht (1/2). — Giftig und officinell.

Fig. 432. Paris quadrifolia. — Giftig. 3/8 nat. Gr.

Fig. 433. Aloë socotrina. *1* ganze Pflanze (verkleinert). *2* Blüthe. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

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), *Aloë*, *Yucca*, *Dracaena* (in Zimmern, Gärten und Gewächshäusern) u. s. w.

Giftig: *Colchicum autumnale* (Fig. 431), die Herbstzeitlose, ist eine unserer häufigsten Giftpflanzen. Sie besitzt einen unterirdischen Knollen, aus welchem im August oder September auf unseren Wiesen die rosenrothen, trichterförmigen Blüthen, im Frühjahr Blätter und Frucht über den Boden sich erheben. Die Frucht ist eine dreifächerige, vielsamige Kapsel. Sämmtliche Theile, namentlich Knollen und Samen, sind reich an dem sehr giftigen Alkaloid Colchicin. — *Veratrum album*, Niesswurz oder Germer, ist ein reich belaubtes hohes Kraut der Gebirgswiesen mit fleischigem, perennirendem Rhizom; die zahlreichen grünlichen, freiblätterigen Blüthen sind an einer endständigen, pyramidalen Rispe gruppirt. Die Giftigkeit der Pflanze beruht auf ihrem Gehalt an Veratroidin und Jervin. — *Paris quadrifolia* (Fig. 432), die Einbeere, ist ein Kraut mit viergliederigem Blattwirtel und einer einzigen, endständigen, meist vierzähligen Blüthe von grünlicher Färbung, aus

Fig. 434. Dracaena draco. Drachenbaum von Laguna, Canarische Inseln. (Aus Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres.)

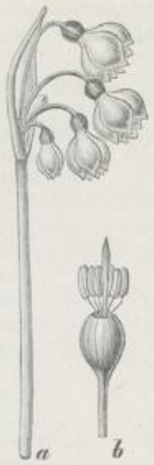


Fig. 436. Leucojum aestivum. *a* Blüthenschaft (verkleinert), *b* Gynoeceum und Androeceum (nat. Gr.).

Fig. 437. Diagramm der Iridaceae (Iris)

Fig. 435. Urginea maritima. Verkl. — Officinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

Fig. 438. Iris florentina. *A* vegetative Theile, verkleinert. *B* Blüthenstand, verkleinert. *C* Narbenast und Staubblatt. *D* Fruchtknoten im Längsschnitt. *E* Derselbe im Querschnitt. — Officinell.

der sich eine schwarze Beere entwickelt. Der giftige Bestandtheil ist das Paridin. Mehr oder weniger giftig sind auch das Maiglöckchen (*Convallaria majalis*) und die Zwiebeln der Tulpen und der Kaiserkrone.

Officinell: *Colchicum autumnale* (s. u. giftig) liefert Semen Colchici (Pharm. germ., austr., helv.). — *Veratrum album* (s. u. giftig): Rhiz. Veratri (Pharm. germ. helv.). — *Sabadilla officinarum* (grasähnliche, kleinblätterige Zwiebelpflanze in Centralamerika und Venezuela): Semen Sabadillae (Ph. austr., helv.) und Veratrinum (Pharm. germ., austr., helv.). — Südafrikanische *Aloë*-Arten (Kräuter, Sträucher oder kleine Bäume mit fleischigen, oft sägeartig gezähnten Blättern; Blüthen in lockeren Trauben an langem blattlosen oder beschuppten Schafte; Perigon röhrig, verwachsen, Fig. 433) liefern in dem eingetrockneten Safte ihrer Blätter: Aloë (Pharm. germ., austr., helv.). — *Urginea maritima* (stattliches Zwiebelgewächs der Mittelmeerländer (Fig. 435), liefert in den zerschnittenen Schuppen ihrer kopfgrossen Zwiebel: Bulbus Scillae (Pharm. germ., austr., helv.). — Centralamerikanische Arten von *Smilax* (mit Ranken kletternde, meist stachelige Sträucher; Blüthen diöcisch, grünlich; Samenanlagen atrop) liefern: Rad. Sarsaparillae (Pharm. germ., austr.). — *Convallaria majalis*: Herba Convallariae (Pharm. helv.).

Fig. 439. Crocus sativus. Griffel mit dreitheiliger Narbe. — Officinell. (Nach Baillon.)

Familie ***Amaryllidaceae.*** Wie die Liliaceae, aber Fruchtknoten unterständig (Fig. 436).

Kräuter, meist mit Zwiebeln, in Tracht und Lebensweise den Liliaceen vollkommen ähnlich.

Wichtigste Gattungen: *Narcissus* mit einer Nebenkrone (Schlundkranz); *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.

3 Staubgefässe.

Familie ***Iridaceae.*** Wie die Amaryllidaceen, aber ohne innern Staubblattkreis (Fig. 437—439).

Die Iridaceen sind Stauden mit Rhizomen, selten Zwiebeln, habituell den beiden letzten Familien ähnlich, aber häufig mit zweiseitigen, schmalen, reitenden Blättern. Die Blüthen sind meist gross und schön gefärbt, die Früchte fachspaltige Kapseln.

Wichtigste Gattungen: *Iris* mit verzweigtem, dickem Rhizom, reitenden, schwertförmigen Blättern, kronblattähnlichen Narben; *Crocus* mit knollenförmigem Rhizom, linealischen, nicht reitenden Blättern; *Gladiolus*, mit dorsiventralen, fast 2lippigen Blüthen.

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.

Officinell: *Iris germanica*, *I. pallida* und *I. florentina* (Fig. 438) in den Mittelmeerländern heimisch, liefern Rhizoma Iridis (Pharm. germ., austr., helv.). — Die Narben von *Crocus sativus* (Fig. 439) (Orient, cultivirt an verschiedenen Orten) liefern den Safran oder Crocus (Pharm. germ., austr., helv.).

Familie ***Dioscoreaceae.*** Mit den Amaryllidaceen verwandte Schlingpflanzen. In Mitteleuropa *Tamus communis*.

Familie ***Bromeliaceae.*** Im tropischen Amerika. Ananas, Fruchtstand von *Ananassa sativa*.

2. Ordnung. Spadiciflorae.

Blüthen meist eingeschlechtlich, radiär, mit oberständigem Fruchtknoten, 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 Blüthenstandes Gemeinsames zeigen. Während bei den Liliifloren die Blüthen einzeln stehen oder zu wenigen locker gruppirt sind, so dass jede voll zur Geltung kommt, sind sie bei den Spadicifloren zu einer Einheit höherer Ordnung, einer dichten, hochorganisirten Inflorescenz zusammengefasst, welche da, wo ihre Scheide blumenblattähnlich ist, sammt dieser meist für eine Einzelblüthe gehalten wird (z. B. bei *Richardia aethiopica*, der sogen. „Calla"). Entsprechend der geringen Rolle der Einzelblüthen kommen in denselben häufig Reductionen vor, namentlich in der Blüthenhülle, deren 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 Blüthenstände, während bei den meisten der auf Insectenbestäubung angewiesenen Arten die Scheidenblätter und nackten Theile der Blüthenstandsachse, nicht dagegen die Blüthen selbst, mit Lockfarbe versehen sind.

Familie ***Palmae***[25]. Blüthen vollzählig, meist eingeschlechtig, oder in der Ausbildung der Fruchtknoten reducirt, in meist reich verzweigten, mit mehreren Scheidenblättern versehenen Inflorescenzen. — Holzpfl. mit einfachem Stamme und fieder- oder fächerartig zertheilten Blättern ig. 440—442).

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, feder- oder fächerartiger Blätter verleiht ihnen ein leicht kenntliches Gepräge (Fig. 442), welches nur bei wenigen anderen Gewächsen (Baumfarnen, Cycadaceen) in ähnlicher Weise noch auftritt; einige Arten sind Lianen (*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 Blüthenstände (Fig. 440) sind in der Regel achselständig und pflegen unterhalb der Blattkrone 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 (Fig. 441). Die Samen sind in Ein- bis Dreizahl vorhanden. Das Endosperm ist, in Folge der starken Verdickung der Zellwände, oft steinhart.

Fig. 440. *a* Blüthenstand von Caryota urens, sehr verkleinert. *b* Cocos nucifera, ein Zweig des Blüthenstandes, unten mit einer weiblichen, oben mit männlichen Blüthen. 1/4 nat. Gr. (Nach Drude in Nat. Pflanzenfamilien.)

Fig. 441. Cocos nucifera. Fruchtstand, rechts Frucht nach Entfernung der faserigen Mittelschicht, *K* geschlossene Keimlöcher der zwei fehlgeschlagenen Fächer, *Kd* Keimdeckel des fertilen Fruchtfaches. 1/8 nat. Gr. (Aus Sadebeck, Kulturgewächse.)

Geographische Verbreitung. Die Palmen sind der grossen Mehrzahl nach Tropenbewohner. Nur wenige Arten gedeihen in den wärmeren Gebieten der temperirten Zonen, wie die Zwergpalme (*Chamaerops humilis*) Südeuropas und die Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*, Fig. 442), die, als Culturpflanze, den wesentlichsten Bestandtheil der Vegetation in den Oasen der Sahara bildet. Dagegen gehören Palmen, im wilden oder cultivirten Zustande und in verwirrender 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. 441) ist eine Steinfrucht mit aussen glattem, innen schwammig-faserigem Exocarp und hartem Endocarp; ihr einziger Same besteht aus einem von dünner Schale umgebenen, mächtigen, in der Mitte hohlen, das Cocosfett liefernden Endospermkörper, in welchem der winzige Keim eingebettet liegt. Stücke des Endosperms kommen als Copra in den Handel. Die Fasern des Exocarps finden als Cocosfasern technische Verwendung. Andere Palmen werden zur Zucker- oder Weingewinnung oder als Alleebäume 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 Welthandel Bedeutung. Ausser der Cocos- und der Dattelpalme seien noch erwähnt *Elaeis guineensis*, die afrikanische Oelpalme, aus deren Fruchtfleisch und Samen das Palmöl gewonnen wird; *Phytelephas macrocarpa*, deren hartes Endosperm das vegetabilische Elfenbein liefert (Fig. 404), und *Calamus*, spanisches Rohr, für Stuhlgeflechte.

Officinell: *Areca Catechu* in Ostindien, mit schwanken Stämmen, smaragdgrünen Fiederblättern, liefert Semen Arecae (Pharm. germ., helv.).

Fig. 442. Phoenix dactylifera (Dattelpalme). Gruppe in einer Oase der algierischen Sahara. (Nach eine Photographie.)

Familie ***Araceae***[26]. Blüthen gewöhnlich stark reducirt, in einfacher, kolbenartiger Inflorescenz, mit einer meist dütenförmigen, kronen-

artigen Scheide. — Kräuter, selten Holzgewächse, mit einfachen oder fiedertheiligen Blättern (Fig. 443—445).

Die Blätter der Araceen sind meist in Stiel und Spreite gegliedert, letztere häufig spiessförmig und netzaderig. Der charakteristische merkwürdige Blüthenstand ist ein fleischiger, kleinblüthiger Kolben, dessen Achse häufig in einem nackten, auffallend gestalteten und gefärbten, oft keulenartigen Gebilde gipfelt (Fig. 444). Die dütenförmige Scheide ist ebenfalls häufig mit Lockfarbe versehen, schneeweiss z. B. bei *Richardia aethiopica*, häufiger purpurn oder braun. Aus solch missfarbigen Düten dünstet oft ein aasartiger Geruch hervor, welcher die als Bestäuber dienenden Aasfliegen anlockt. Früchte meist Beeren.

Fig. 443. Kolben von Arum maculatum. (Nach Wossidlo.)

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 $1^1/_2$ m hohem purpurnen Kolben. Die deutsche Flora besitzt nur drei unscheinbare Arten, *Arum maculatum*, *Acorus Calamus* und *Calla palustris* (s. u.). Mehrere Araceen werden als Zierpflanzen cultivirt, so *Richardia aethiopica* (die sogenannte Calla) und die wurzelkletternde *Monstera deliciosa*.


Fig. 444. Arum maculatum. — Giftig. 1/3 nat. Gr.

Fig. 445. Acorus Calamus. *1* Rhizom und Blattbasen. *2* Blüthenschaft. *3* Blüthe. Fruchtknoten im Querschnitt. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Giftig: Die meisten Araceen sind giftig. *Arum maculatum* (Fig. 444), ein in Wäldern häufiges Kraut mit knolligem Rhizom, 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 zwitterigen Blüthen besetzten Kolben.

Officinell: *Acorus Calamus* (Fig. 445), der Kalmus, eine schilfartige Sumpfpflanze mit kriechendem Rhizom, schmalen Blättern und grünlicher Inflorescenz zwitteriger Blüthen, liefert das auch als Gewürz gebräuchliche Rhizoma Calami (Pharm. austr., germ., helv.) und Oleum Calami (Ph. germ.).

Familie ***Lemnaceae*** [27], Wasserlinsen. Schwimmende Pflänzchen der stillen Gewässer, mit scheibenförmigem Vegetationskörper, zum Theil wurzellos. Monöcische nackte Blüthen mit Spatha. *Lemna*, *Wolffia*.

3. Ordnung. Glumiflorae.

Blüthen zwitterig oder eingeschlechtig, nackt oder mit reducirtem Perigon, mit einfächerigem, oberständigem, eine Samenanlage enthaltendem Fruchtknoten; Inflorescenz viel- und kleinblüthig, spelzenreich. Schliessfrucht. — Meist Kräuter mit linealischen, parallelnervigen Blättern.

Fast sämmtlichen Glumifloren kommt die Tracht zu, welche als grasartig bezeichnet wird. Es sind krautige, selten holzige Gewächse mit dünnen, schmalen, spitzen Blättern und unscheinbaren, kleinblüthigen, von Spelzen dicht besetzten Inflorescenzen. Die Spelzen sind saftarme, grüne oder bräunliche, theils sterile, theils den Zweigen und Blüthen als Deckblätter dienende Hochblätter, die den am meisten in die Augen fallenden Bestandtheil des Blüthenstandes zu bilden pflegen, namentlich da, wo sie, wie bei vielen echten Gräsern, lange Fortsätze oder Grannen tragen. Die unscheinbaren Farben der Blüthenstände hängen mit der allen Glumifloren gemeinsamen Windbestäubung zusammen, ebenso wie die leichte, schaukelnde Beweglichkeit der an langen Fäden befestigten Antheren, der reichliche, trockene Blüthenstaub und die stark entwickelten Papillen an den grossen Narben (Fig. 450).

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 vollzählig vertreten; überall ist wenigstens der eine oder der andere Wirtel ganz ausgefallen. Das Perianth, dessen Rolle als Schutzorgan von den Spelzen übernommen ist, besteht nur aus haarähnlichen Borsten oder kleinen Schüppchen oder fehlt gänzlich; das Androeceum ist nur selten vollzählig, gewöhnlich aber, durch Abort des inneren Kreises, dreigliederig; 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.

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.

Familie *Cyperaceae*. Blüthen meist eingeschlechtig, nackt oder mit reducirter Hülle; Fruchtknoten zwei- oder dreicarpellig, mit anatroper Samenanlage. Fruchtschale dem Samen nicht angewachsen; Keim ohne Schildchen, ganz vom Nährgewebe umgeben. — Kräuter mit dreikantigen, selten knotig gegliederten, nicht hohlen Achsen; Blätter oft dreizeilig, mit geschlossener Scheide und keiner oder reducirter Ligula; Blüthenstand verschieden, meist ohne Vorspelzen (Fig. 446, 447).

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

Fig. 446. 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.)

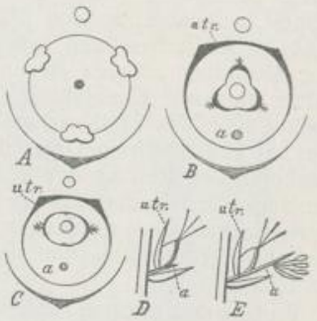


Fig. 447. *A* Diagramm einer ♂ Carex-Blüthe, *B* einer dreinarbigen ♀ Carex-Blüthe, *C* einer zweinarbigen, *D* Schema einer ♀ Carex-Blüthe, *E* Schema des zwitterigen Aehrchens von Elyna. *a* Secundanspross, *utr* Utriculus oder Vorblatt des Secundansprosses. (Nach Eichler.)

knotig gegliedert; das oberste Internodium ist stark verlängert und trägt den Blüthenstand. Letzterer ist mannichfach ausgebildet, bald eine einfache Aehre, bald ährig-, kopfig- oder rispig- aus Aehrchen oder Scheinährchen zusammengesetzt. Deckspelzen kommen überall vor, dagegen fehlen sterile Vorspelzen den meisten Gattungen. Die Blüthen sind meist monöcisch, die beiden Geschlechter entweder in demselben Aehrchen vereinigt, oder auf verschiedene Aehrchen vertheilt.

Wichtigste deutsche Gattungen: 1) *Scirpus*, Simse (Binsengras); *Cyperus*, Cypergras; *Eriophorum*, Wollgras, mit nach der Blüthezeit zu langen Haaren wachsenden Perigonborsten. 2) *Carex*, Riedgras, Segge. Blüthen nackt, eingeschlechtig.

Geographische Verbreitung. Die Cyperaceen oder Riedgräser (Sauergräser) 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 wichtigen Nutzpflanzen. Die alten Aegypter benutzten dünne Streifen des festen Marks von *Cyperus Papyrus* als Papier.

Familie ***Gramineae***[28]. Blüthen meist zwitterig, mit reducirter Hülle; Fruchtknoten einearpellig, mit einer schwach campylotropen Samenanlage; Fruchtschale dem Samen angewachsen; Keim mit schildförmigem Cotyledon, dem Nährgewebe seitlich aufliegend. — Kräuter, selten baumhohe Sträucher, mit in den Internodien meist hohlen Achsen. Blätter zweizeilig, mit meist offener an der Basis knotig verdickter Scheide und Ligula. Inflorescenzen aus Aehrchen zusammengesetzt, mit Vorspelzen (Fig. 448—455).

Die Gramineen oder echten Gräser sind meist perennirende Kräuter mit viel verästeltem, 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.

Die Gesammtblüthenstände der Gramineen sind ähren-, trauben- oder rispenartig und stets von ährenartigen Theilinflorescenzen, den sogen. Aehrchen (Fig. 449), gebildet. Das Aehrchen ist meist mehrblüthig, 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 eine Granne tragen. Der kaum erkennbare Blüthenstiel trägt dicht unterhalb der Blüthe eine stets grannenlose Vorspelze (palea superior, Fig. 450 *B*) und das auf meist zwei Schüppchen, die Lodiculae (Fig. 450 *C*), reducirte Perianth. Zur Blüthezeit schwellen die Lodiculae auf und bedingen dadurch das Auseinanderspringen der Spelzen, das Oeffnen der Blüthen. Die Achsentheile des Aehrchens sind sämmtlich sehr kurz, so dass die in einander geschachtelten Spelzen äusserlich nur theilweise sichtbar sind.

Das Androeceum besteht meist aus drei Staubblättern mit dünnen Fäden 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, federartig verzweigte papillöse Narben (Fig. 450 *B*). — Das lederartige 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; das über die Deckspelze fallende Perigonblatt ist allerdings nur auf frühen Stadien als Rudiment sichtbar. Ein dem inneren Kreis entsprechendes drei-

zähliges Perigon kommt mehreren Grasgattungen zu. Möglicherweise ist also die sogen. Vorspelze aus der Verwachsung zweier äusserer Perigonblätter hervorgegangen.

Wichtigste deutsche Gattungen: *Phleum* und *Alopecurus*, mit ährenähnlichem Gesammtblüthenstand. *Agrostis; Calamagrostis; Avena; Aira; Melica; Poa; Festuca; Bromus; Triticum.*

Geographische Verbreitung. Die Gramineen sind, wie die Cyperaceen, auf

Fig. 448. Gramineae. Diagramm (Avena). Die fehlenden Glieder sind durch × dargestellt.

Fig. 449. Schema des Grasährchens. *g* die Hüllspelzen, p_1 und p_2 palaea inferior und superior, *e* die Lodiculae, *B* die Blüthe. Sämmtliche Achsentheile verlängert.

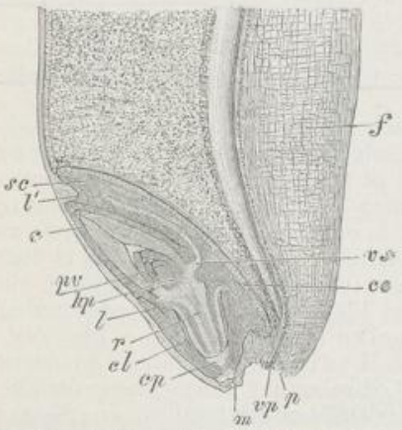


Fig. 451. Medianer Längsschnitt durch den Basaltheil eines Weizenkorns. Links unten der Keim mit dem Scutellum *sc*, *l* Ligula, *vs* Gefässbündel des Scutellums, *ce* sein Cylinderepithel, *e* Scheidentheil des Cotyledon, *pv* Stammvegetationskegel, *hp* Hypocotyl, *l* Ligula an demselben, *r* Radicula, *cl* Wurzelscheide, *m* Austrittsstelle der Radicula, *p* Fruchtstiel, *vp* Gefässbündel desselben, *p* Seitenwandung der Furche. Vergr. 14.

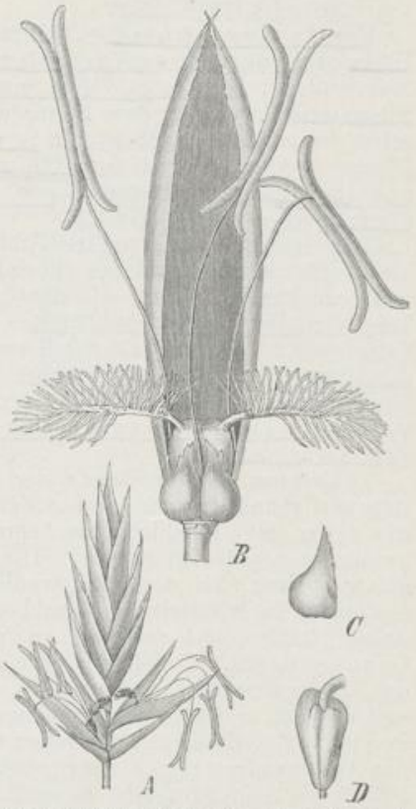


Fig. 450. Festuca pratensis. *A* Aehrchen (vgl. Fig. 449) mit zwei offenen Blüthen, unten die beiden sterilen Hüllspelzen. Vergr. 3. *B* Blüthe; vorn die beiden Lodiculae, hinten die Vorspelze (palea superior), Fruchtknoten mit federartigen Narben. Vergr. 12. *C* eine Lodicula. Vergr. 12. *D* Fruchtknoten, von der Seite, mit dem Stiel einer abgeschnittenen Narbe. Vergr. 12.

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 (Fig. 452) 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 Ein-

Fig. 452. Getreidearten. *A* Roggen, Secale cereale. *B* Spelt, Triticum Spelta. *C* zweizeilige Gerste, Hordeum vulgare, distichum. *D* Weizen, Triticum vulgare.

korn, *Tr. monococcum;* der Roggen, *Secale cereale;* die Gerste, *Hordeum vulgare*, 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 in ihrer jetzigen Form 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

Fig. 453. Oryza sativa (der Reis). *1* Blüthenrispe. *2* Aehrchen. (Nach Wossidlo.)

Fig. 454. Saccharum officinarum (Zuckerrohr). Sehr verkleinert. *2* Blüthe mit abgeschnittenen Spelzen. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

amerikanischen Ursprungs ist. — In den tropischen und subtropischen Zonen cultivirt man den Reis, *Oryza sativa* (Fig. 453), ein ursprünglich in Ostindien heimisches Sumpfgras; das Zuckerrohr, *Saccharum officinarum* (Fig. 454), 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). 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 Taumelloch (Fig. 455), ist ein einjähriger Lolch, dessen Hüllspelzen länger als die Aehrchen sind. Die Früchte sind giftig. Letzteres gilt auch von dem ganz ähnlichen, nur auf Leinfeldern als Unkraut wachsenden *L. linicola*. Beide Arten unterscheiden sich von den anderen unschädlichen *Lolium*-Arten, z. B. *Lolium perenne*, dem Raygras, durch das Fehlen steriler Blattbüschel.

Officinell: *Saccharum officinarum* (Fig. 454) liefert Saccharum (Pharm. austr., germ., helv.). — Die keimenden Körner von *Hordeum vulgare* liefern Malz, Maltum (Pharm. austr.). *Agropyrum repens:* Rhizoma s. Rad. graminis (Pharm. austr., helv.). — *Triticum vulgare*, in der Stärke seiner Körner: Amylum Tritici (Pharm. germ., austr., helv.). — *Oryza sativa:* Amylum Oryzae (Pharm. helv.).

Fig. 455. Lolium temulentum. — Giftig.

4. Ordnung. Helobiae.

Blüthen radiär, mit Perianth; Staubblätter meist mehr als sechs; Carpelle meist mehr als drei unter- oder oberständig, in letzterem Falle meist frei; Same ohne Endosperm; Keim mit grossem Hypocotyl.

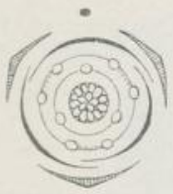


Fig. 456. Blüthendiagramm von Echinodorus parvulus, einer Alismacee. (Nach EICHLER.)

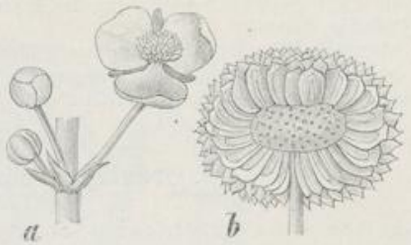


Fig. 457. Sagittaria sagittaefolia. *a* Blüthen, *b* Frucht, nach Entfernung eines Theils der Carpelle. Vergrössert.

Die Helobier sind Sumpf- und Wasserkräuter, theils von grasähnlicher Tracht, theils breitblätterig. Die Blüthen haben, je nachdem die Bestäubung durch Vermittelung des Windes bezw. des Wassers, oder der Insecten stattfindet, ein kleines, grünliches, oder ein grosses, in Kelch und Krone gegliedertes Perianth. Der Blüthenbau ist durch Spaltungen innerhalb des Androeceum und Gynoeceum aus dem Monocotylentypus hervorgegangen. Andererseits kommen auch reducirte Blüthen vor.

Familie ***Alismaceae.*** Blüthen zwitterig, mit Kelch und Krone; Staubblätter 9 (6 + 3) oder mehr; Carpelle oberständig, frei, zahlreich, zuweilen spiralig angeordnet. Schliessfrucht, selten Kapsel (Fig. 456, 457).

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*.

Familie ***Juncaginaceae.*** Grasähnlich. Perianth kelchartig. *Triglochin.*

Familie ***Hydrocharitaceae.*** Blüthen meist eingeschlechtig; Perianth in Kelch und Krone differenzirt oder letztere unterdrückt; Staubgefässe drei bis viele; Fruchtknoten unterständig mit drei oder mehr Carpellen. Frucht unregelmässig aufspringend, meist vielsamig.

Fig. 458. Potamogeton natans. *1* blühende Sprossspitze. *2* Blüthe. *3* dieselbe von der Seite. *4* Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

Wasserpflanzen. In Deutschland: *Hydrocharis morsus ranae*, *Stratiotes aloides*. Aus Amerika stammt *Elodea canadensis*, die Wasserpest.

Familie ***Potamogetonaceae.*** Blüthen eingeschlechtig oder zwitterig, meist nackt oder mit reducirtem kelchartigem Perigon; Androe-

ceum und oberständiges Gynoeceum ein- bis viergliederig, letzteres apocarp. Reife Carpelle steinfruchtartig, einsamig (Fig. 458).

Potamogetonaceen bilden als submerse Kräuter einen wesentlichen Bestandtheil der Süsswasserflora aller Zonen (in Deutschland *Potamogeton*, *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 Seegras (*Zostera marina*), welches als Polstermaterial Verwendung findet und dadurch die einzige Nutzpflanze der ganzen Ordnung darstellt.

Die kleine Familie der ***Najadaceae*** (Blüthen diklin, ein Staubblatt, ein Fruchtknoten) ist mit der vorigen, deren Lebensweise und Tracht sie theilt, nahe verwandt. *Najas major* ist in Gewässern nicht selten.

5. Ordnung. Scitamineae.

Blüthe stark dorsiventral oder asymmetrisch; Androeceum reducirt, meist theilweise blumenkronartig; unterständiger Fruchtknoten meist dreifächerig; Samen mit Perisperm.

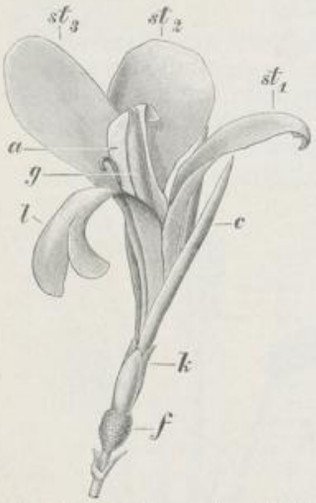


Fig. 459. Blüthe von Canna iridiflora. *f* Fruchtknoten, *k* Kelch, *c* Krone, *l* Labellum, *st 1—3* die übrigen Staminodien, *a* fertiles Staubblatt, *g* Griffel. 1/2 nat. Gr.

Die meisten Scitamineen sind durch Rhizome perennirende Kräuter mit fiedernervigen Blättern und ansehnlichen, an Insectenbestäubung angepassten Blüthen. Das Perianth ist bald in Kelch und Krone differenzirt, bald nur als kronartiges 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 Staubblattes 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. 459, 461 *C*); bei den Cannaceen und Marantaceen ist auch das fertile Staubblatt blumenblattartig und nur mit einer einfächerigen (halben) Anthere besetzt. Die Früchte sind verschiedenartig.

Fig. 460. Zingiberaceae. Diagramm (Zingiber).

Familie ***Musaceae.*** Meist baumähnliche, sehr grossblätterige Kräuter mit aus Blattscheiden gebildetem scheinbarem Stamm. Bananen. Früchte von *Musa sapientum* und *M. paradisiaca*. — Familie ***Cannaceae.*** Grossblätterige Kräuter mit asymmetrischen Blüthen, häufig als Zierpflanzen gezogen (Fig. 459). — Familie ***Marantaceae.*** Blätter mit eigenartigen Gelenkpolstern, oft verschiedenfarbig gestreift. Amylum Marantae (Pharm. austr.). Westindisches Arrowroot, von *Maranta arundinacea* (West-Indien).

Familie ***Zingiberaceae.*** Blüthe dorsiventral; das hintere innere Staubblatt allein fertil, die beiden seitlichen inneren Staubblätter zu einem zungenförmigen Blatt (labellum) ver-

wachsen; die äusseren Staubblätter staminodial oder fehlend (Fig. 460 u. 461).

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

Fig. 461. Zingiber officinale. *A* Ganze Pflanze (1/2 nat. Gr.). *B* Einzelblüthe. *C* Labellum. *D* Fruchtknoten im Querschnitt. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

herabhängenden staminodialen Labellum (Fig. 461 *B*, *C*). Die Frucht ist eine dreiklappig aufspringende Kapsel, seltener eine Beere. Die Samen sind mit Arillus versehen (Fig. 405).

Geographische Verbreitung. Die Zingiberaceen sind sämmtlich 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, Fig. 461), liefert Rhizoma

Zingiberis (Pharm. germ., austr., helv.). — *Curcuma Zedoaria*, Zittwer (Ostindien): Rhiz. Zedoariae (id.). — *Alpinia officinarum*, Galgant (Insel Hainan in China): Rhiz. Galangae (Pharm. germ., helv.). — *Elettaria Cardamomum*, Cardamome (Ostindien): Fructus Cardamomi (Pharm. germ., austr., helv.).

6. Ordnung. Gynandrae.

Blüthe zwitterig, dorsiventral; kronartiges Perigon; Androeceum auf die drei vorderen Glieder reducirt, meist aus einem fertilen Staubgefäss und zwei Staminodien bestehend, mit dem Griffel zu einer Säule verwachsen; der unterständige Fruchtknoten meist einfächerig mit parietaler Placenta; Kapselfrucht; Samen äusserst zahlreich und klein, ohne Nährgewebe, mit ungegliedertem Keim.

Familie ***Orchidaceae***[29]. Die gleichen Merkmale wie die der Ordnung (Fig. 462—467).

Die Orchideen sind Kräuter von äusserst verschiedenartiger Tracht, mit traubigen, meist ährenartigen Blüthenständen. Ihre Blüthen werden beinahe durchweg von Insecten bestäubt und haben oft mannichfache Anpassungen an letztere entwickelt (Fig. 463). Das kronartige 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. 463 *af*). Der Anlage nach ist das Labellum nach oben gerichtet; es kommt aber in der Regel, in Folge einer Drehung des unterständigen Fruchtknotens um 180°, 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 (*Cypripedilum*), noch seltener sind alle fertil. Das durch Verwachsung der Staubblätter mit der Carpellspitze gebildete sogen. Gynostemium (*b*) ist bald als Säule entwickelt, bald, wie bei *Orchis*, kaum über den Blüthenboden erhaben; es trägt an seinem Gipfel die Anthere bezw. das Antherenpaar und die Narbe. — Der Pollen ist nur selten staubig (z. B. *Cypripedilum*); 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 Beutelchen, Rostellum (*bl*), darstellt, in welchem ein oder zwei durch Desorganisation des Gewebes entstandene 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 darauf eine andere Blüthe der gleichen Art. 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.

Fig. 462. Orchidaceae-Diagramm (Orchis).

Labellum.

Gynostemium.

Pollinarium.
Caudicula.

Rostellum.

Die meisten unserer einheimischen Orchideen, z. B. *Orchis*, sind Knollengewächse. 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. 465) oder gelappte Gestalt besitzen (Fig. 464). 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.

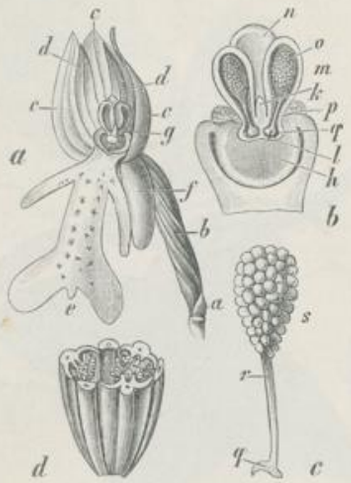


Fig. 463. Orchis militaris. ***a*** eine von der kleinen Bractee (*a*) gestützte Blüthe, *b* Fruchtknoten, *c* die äusseren, *d* die beiden oberen inneren Perigonblätter, *e* Labellum mit dem Sporne, *f*, *g* Gynostemium. — ***b*** dieselbe nach Entfernung des Perigons mit Ausnahme des oberen Theils 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 vergrössert. — ***d*** Frucht im Querschnitt, schwach vergrössert. (Nach Berg und Schmidt.)

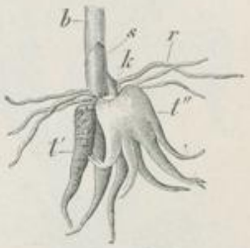


Fig. 464. Wurzelsystem von Orchis latifolia. *b* Basis des Stengels, *s* Niederblatt, *t'* alter, *t''* junger Knollen, *k* Knospe, *r* Wurzeln.

Fig. 465. Wurzelsystem von Orchis morio. Nat. Gr. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Diandrae*. Zwei (selten drei) fertile Staubgefässe. Alle drei Narbenlappen empfängnissfähig. *Cypripedilum*. 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 Regenwälder, wo Tausende ihrer Arten als Scheinparasiten oder Epiphyten die Baumäste überwuchern. Solche Epiphyten (Fig. 466) haben auf der Rinde kriechende, von einem Velamen 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 sämmtlich Erdbewohner und gehören vornehmlich der Gattung Orchis und ihren nächsten Verwandten an. — Viele tropische Arten werden als Zierpflanzen in Gewächshäusern gezogen.

Fig. 466. Gongora galeata eine epiphytische Orchidee. 1/5 nat. Gr. (Nach Pfitzer in Natürl. Pflanzenfamilien.)

Fig. 467. Vanilla planifolia. Blühender Zweig. 1/3 nat. Gr. (Verkleinerung eines Bildes von Berg und Schmidt.) Officinell.

Officinell: *Vanilla planifolia* (Fig. 467), ein stattliches, durch Luftwurzeln epheuartig kletterndes Kraut, liefert in ihren unreifen Früchten die Vanille: Fructus Vanillae (Pharm. germ., austr., helv.). 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 Salep, Tubera Salep (Pharm. germ., austr., helv.), gebräuchlich.

II. Unterklasse.

Dicotylae [1, 2].

Blüthe meist nach dem fünfzähligen Typus mit 5 Wirteln. 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 (Fig. 468, 469).

Der Bau 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, hypocotyles Stämmchen und zwei Cotyledonen differenzirt. Letztere zeigen bei der Keimung verschiedenes Verhalten; entweder sie bleiben im Samen eingeschlossen, oder sie breiten sich oberhalb des Bodens unter Ergrünung aus.

Die Hauptwurzel bleibt in der Regel erhalten und zeichnet sich vor den Nebenwurzeln durch stärkere Dimensionen und senkrechtes Wachsthum aus.

Der Stamm ist bei den meisten Dicotylen mehr oder weniger reich verzweigt. Ueber die Anordnung der Stammgefässbündel (Fig. 468) ist S. 95, über ihren Bau S. 89, über das secundäre Dickenwachsthum S. 103 zu vergleichen.

Die Blätter sind wechsel- oder quirlständig, häufig mit Nebenblättern versehen. Scheiden sind relativ selten. Die Spreite ist einfach oder zusammengesetzt, ganzrandig oder häufiger mehr oder weniger tief eingeschnitten.

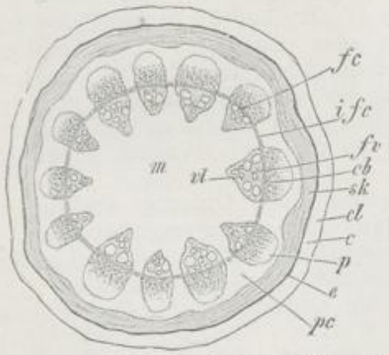


Fig. 468. Querschnitt durch einen jungen Stammtheil von Aristolochia Sipho (vgl. S. 95).

Fig. 469. Blatt mit netziger Nervatur. 3/4 nat. Grösse.

Der Blüthenbau lässt sich in der Mehrzahl der Fälle auf den fünfwirteligfünfzähligen Typus zurückführen; doch kommen auch andere Zahlen im Wirtel vor, zwei, drei, vier, auch sechs oder mehr. Höhere Zahlen als fünf lassen sich in der Regel auf Spaltung, niedere manchmal auf Abort zurückführen; auch kommen Blüthen mit typisch geringeren Zahlen als fünf vor. Bei den einfachst gebauten Dicotylenblüthen (Amentaceen) sind schwankende Zahlen vorhanden.

Das Perianth ist bei den ältesten Formen typisch kronenlos, bei den höher entwickelten meist in Kelch und Krone gegliedert, selten als doppeltes (kelchartiges oder kronenartiges) Perigon ausgebildet, oder einfach. Das mediane Kelchblatt steht mit wenigen Ausnahmen (Papilionaceen, Lobeliaceen) nach hinten.

Die Dicotylen werden in zwei Gruppen, *Choripetalae*, mit getrennten Kronblättern, und *Sympetalae*, mit verwachsenen Kronblättern, eingetheilt.

1. Gruppe. Choripetalae.

Perianth einfach, oder doppelt und dann meist freiblätterig.

1. Ordnung. Amentaceae.

Blüthen eingeschlechtig, klein, nackt oder mit kelchartigem Perigon, die männlichen in Kätzchen, die weiblichen in verschiedenartigen Inflorescenzen. Zahl der Staubblätter schwankend, selten derjenigen des Perigons gleich. Fruchtknoten ober- oder unterständig zwei- bis sechscarpellig. Der Pollenschlauch tritt meist nicht durch die Micropyle, sondern durch die Chalaza in die Samenanlage ein. Samen ohne Endosperm.

Die Amentaceen sind sämmtlich Holzgewächse mit wechselständigen Blättern. Charakteristisch für ihren Habitus sind die kätzchenartigen männlichen Blüthenstände, 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 Perigons, 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.

Die wesentlichen Unterschiede innerhalb der Ordnung sind auf die weiblichen Blüthen beschränkt, die einen ober- oder unterständigen, gefächerten oder ungefächerten Fruchtknoten, eine einzige 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.*** Bl. diöcisch; Perianth fehlend; becherförmiger oder aus Schuppen bestehender Discus; Fruchtknoten aus 2 Carpellen, aber einfächerig, mit zahlreichen wandständigen Samenanlagen; Frucht kapselartig mit vielen behaarten Samen. — Bäume und Sträucher mit einfachen Blättern mit Nebenblättern und kätzchenartigen Blüthenständen (Fig. 470, 471).

Die Familie enthält nur zwei Gattungen, *Salix*, Weide und *Populus*, Pappel.

Die Blüthen der Weiden (Fig. 470) 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, wie Nectarien (die Discusschuppen), Wohlgeruch der männlichen Kätzchen, lebhafte Färbung der Staubbeutel, klebriger Blüthenstaub. Männliche und weibliche Kätzchen besitzen im Wesentlichen gleichen Bau; sie sind mit ungetheilten Schuppen besetzt, in deren Achseln die Blüthen 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 behaarten Samen bleiben lange in der Luft schwebend.

Die Pappeln (Fig. 471) sind Windblüthler und entbehren dem entsprechend der Honigdrüsen. 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 Gesammtgebilde der Vegetation spielen. Charakteristisch sind sie namentlich für die Uferlandschaften, wo strauchige Weiden (*Sal. purpurea, triandra, viminalis* u. s. w.) dichte Gebüsche bilden, die oft durch baumartige Formen (*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. 471) in Wäldern. Die Pyramidenpappel (*P. pyramidalis*) stammt aus dem Orient.

Officinell: *Salix alba, fragilis* u. a. A. liefern Cortex Salicis (Pharm. austr., helv.).

Fig. 470. Salix viminalis. *A* blühender, 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. 471. 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.]

Familie ***Cupuliferae.*** Blüthen monöcisch, ohne oder mit Perigon; kein Discus; 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. 472—478).

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 Blüthen sind

auf Windbestäubung eingerichtet und entbehren daher aller Lockmittel. Die männlichen sind entweder nackt oder mit einem vier- bis sechsblätterigen Perigon versehen; die weiblichen sind sehr verschiedenartig. Eine Eigenthümlichkeit vieler Cupuliferen ist die Cupula oder der Fruchtbecher, eine verwachsenblätterige und verholzte Hochblatthülle, welche 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.

Fig. 472. Fagus silvatica. *1* Blüthenzweig. *2* männliche Blüthe. *3* weibliche Blüthe, längsgeschnitten. *4* Fruchtknoten im Querschnitt. *5* Fruchtbecher und Früchte. *6* Frucht. (Nach Wossidlo.)

Bei der Buche (Fig. 472) sind die männlichen Kätzchen knäuelartig; ihre Blüthen haben ein glockenförmiges, zerschlitztes Perigon und zahlreiche Staubgefässe. Der weibliche Blüthenstand besteht aus zwei Blüthen mit sechsblätterigem Perigon und dreicarpelligem Fruchtknoten. 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. 473, 474) besitzt lange, dünne, lockere männliche Kätzchen und kopfige oder ährige weibliche Blüthenstände. Jede weibliche Blüthe ist mit einer schuppigen Cupula versehen, welche die Eichel mehr oder weniger umhüllt. — Die Gattung ist in Deutschland durch zwei Arten vertreten, *Q. pedunculata*, die Stieleiche, und *Q. sessiliflora*, die Traubeneiche, die vielfach als Formen einer Art, *Q. robur*, betrachtet werden. Bei der Traubeneiche sind die Blätter länger gestielt, die weiblichen Blüthenstände kopfartig; bei der Stieleiche sind die Blätter sehr kurz gestielt, die weiblichen Blüthenstände ährenartig.

Bei der Hasel (Fig. 475) werden die Blüthenstände 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 reichlich trockenen Blüthenstaub, 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. 476), erscheinen die cylindrischen, lockeren

Blüthenstände erst im Frühjahr. Die Nüsschen sind mit grossen, dreilappigen, krautigen Hüllen versehen.

Bei der Erle (Fig. 477) erscheinen die Blüthenstände, 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 unähnliche Fruchtstand trägt seine Nüsschen paarweise an der Basis jeder Schuppe. Wichtigste deutsche Arten: *Alnus glutinosa*, *A. incana*.

Bei der Birke (Fig. 478) werden die männlichen Blüthenstände bereits im Herbste ausgebildet, während die weiblichen erst im Frühjahr zum Vorschein kommen. Beiderlei Blüthenstände 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 auftreten.

Fig. 473. Quercus pedunculata. *A* blühender Zweig. *B* männliche Blüthe, vergrössert. *C* Staubblätter, vergrössert. *D* weibliche Blüthe, vergrössert. *E* Fruchtstand. *F—H* Samen. — Officinell.

Die Familie enthält mehrere wichtige Nutzgewächse. Von unseren Eichen ist das Holz zu vielen technischen Zwecken, die Rinde als Gerbmaterial, der Same als Kaffeesurrogat gebräuchlich. Die Korkeiche (*Quercus Suber* und *Q. occidentalis*) in Südeuropa und Nordafrika liefert den Flaschen-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., helv.) und Semen Quercus (Pharm. austr.). Die im Orient heimische *Q. infectoria* erzeugt an jungen Zweigen, wenn von der Gallwespe Cynips gallae tinctoriae gestochen, die officinellen Galläpfel, Gallae (Pharm. germ., austr., helv.). *Fagus silvatica* liefert Pix liquida (Pharm. austr.). — *Betula alba*: Oleum Rusci s. betulinum, Birkentheer (Ph. helv.).

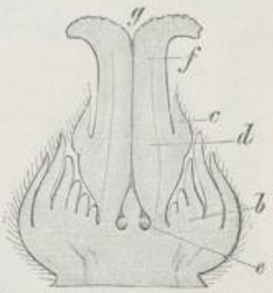


Fig. 474. Quercus pedunculata. Längsschnitt durch den Fruchtknoten. *b* der junge Becher, *c* die Samenanlagen, *d* der Fruchtknoten, *e* das Perigon, *f* der Griffel, *g* die Narbe. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Familie ***Juglandaceae.*** Blüthen monöcisch, nackt oder mit viergliederigem Perigon;

Fig. 475. Corylus Avellana. *1* Blüthenzweig. *2* männliche Blüthe. *3* Staubblatt. *4* weibliche Blüthe, längsdurchschnitten. *5* Frucht mit Becher. *6* Frucht ohne Becher. *7* Blatt. (Nach Wossidlo.)

Fig. 476. Carpinus Betulus. *1* Blüthenzweig. *2* männliche Blühte. *3* Staubblätter. *4* weibliche Blüthen. *5* einzelne weibliche Blüthe. (Nach Wossidlo.)

Fig. 477. Alnus glutinosa. *1* blühender Zweig. *a* männliche, *b* weibliche Kätzchen. *2* männliche Blüthen. *3* weibliche Kätzchen. *4* zwei weibliche Blüthen. *5* Fruchtstand. *6* Frucht. (Nach Wossidlo.)

Fig. 478. Betula alba. *1* blühender Zweig. *a* die weiblichen, *b* die männlichen Kätzchen. *2* Deckschuppe mit drei männlichen Blüthen. *3* Deckschuppe mit drei weiblichen Blüthen. *4* Fruchtstand. *5* Frucht. (Nach Wossidlo.)

Staubblätter in unbestimmter Zahl; Fruchtknoten unterständig, unvollständig zweifächerig, mit einer aufrechten Samenanlage. — Aromatische Bäume mit meist unpaarig gefiederten Blättern ohne Nebenblätter.

Bei *Juglans regia*, der Wallnuss (Fig. 479), stehen die dicken cylindrischen männlichen Kätzchen in den Achseln abgefallener Blätter vorjähriger Zweige. In der Einzelblüthe sind die beiden Vorblätter und das viergliederige Perigon mit einander verwachsen und umhüllen eine wechselnde Anzahl von Staubblättern. Die weiblichen Blüthen bilden wenigblüthige Aehrchen 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 grünem, 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.

Fig. 479. Juglans regia. *1* Blüthenzweig. *a* männlicher, *b* weiblicher Blüthenstand. *2* männliche Blüthe. *a* Staubblatt von innen, *b* von der Seite. *3* weibliche Blüthe. *4* dieselbe im Längsschnitt. *5* Frucht, geöffnet. *6* Längsschnitt durch dieselbe. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Geographische Verbreitung. Der Wallnuss-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 Wallnuss, ist in der Möbelschreinerei hoch geschätzt.

Officinell: *Juglans regia* liefert Folia Juglandis (Pharm. germ., helv.).

Fam. ***Myricaceae.*** *Myrica Gale*, Strauch auf Torfmooren. — Fam. ***Casuarinaceae.*** Schachtelhalmähnliche Bäume Ostindiens und Australiens.

2. Ordnung. Urticinae.

Blüthen meist eingeschlechtig, klein, mit einfachem, kelchartigem Perigon; Staubblätter den Perigonblättern gleichzählig und ihnen gegenüberstehend; Fruchtknoten oberständig ein- oder zweicarpellig, aber einfächerig, das eine der Carpelle meist verkümmert; mit einer Samenanlage. Eindringen der Pollenschlauchspitze durch die Integumente. Samen meist endospermhaltig. — Kräuter und Holzgewächse mit dichten Blüthenständen.

Ganz durchgreifende Unterschiede zwischen Amentaceen und Urticinen sind nicht

vorhanden. Die kätzchenartigen Blüthenstände der ersteren treten bei den letzteren noch hin und wieder auf; die Reduction des Fruchtknotens auf ein fertiles Carpell ist bei den Urticinen nicht ausnahmslos; ebenso wenig ist es die Anwesenheit des Endosperms. In solchen Fällen lassen jedoch die Gesammtheit 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 Blüthen sind in der Regel auf Windbestäubung angewiesen und dementsprechend unscheinbar, aber zu reichen und dichten Inflorescenzen, mit reichlichem trockenen Pollen und grossen, bürstenartigen Narben vereinigt. Bei den Moraceen kommen insectenblüthige Formen vor, z. B. bei den Feigen. — Während bei den Amentaceen der Blüthenbau sehr schwankend ist, zeigt er bei den Urticinen bereits grössere Gleichartigkeit und Constanz. Das beinahe stets vorhandene Perigon, der nur eine Staubblattkreis 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.

Fig. 480. Ulmus campestris. *1* Blüthenzweig. *2* beblätterter Zweig. *3* Blüthe. *4* desgleichen, längsgeschnitten. *5* Frucht. (Nach Wossidlo.)

Familie ***Ulmaceae.*** Blüthen zwitterig 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 hinfälligen Nebenblättern (Fig. 480).

Die Ulmaceen sind stattliche Bäume, mit zweizeiligen, unsymmetrischen, rauh behaarten Blättern. Die Blüthen sind zwitterig, knäuelartig in vorjährigen Laubblattachseln 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. *Celtis australis* aus Südeuropa und *C. occidentalis* aus Nordamerika, beide mit Steinfrüchten, werden in Anlagen cultivirt.

Familie ***Moraceae.*** Blüthen eingeschlechtig, gewöhnlich mit vier Perigonblättern und in den Knospen geraden oder gekrümmten Staubblättern; Fruchtknoten zweicarpellig, einfächerig, mit einer hängenden, anatropen Samenanlage. Milchsafthaltige, gewöhnlich holzige Gewächse mit hinfälligen Nebenblättern (Fig. 481).

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 Blüthenstände auszeichnen. Besonders merkwürdig sind in dieser Hinsicht die Feigen, die Blüthen- und Fruchtstände der Gattung *Ficus* (Fig. 481). Die Feige des Handels (*F. carica*) ist ein aus den völlig verwachsenen Zweigen eines cymösen Systems bestehender urnenartiger Fruchtstand, dessen saftige, zuckerreiche Gewebe im äusseren Theile von den Achsen, im inneren von den Perigonen gebildet werden. Ein jedes der letzteren umgiebt 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 die aus Asien stammenden, u. a. zur Seidenraupenzucht angepflanzten Maulbeerbäume, *Morus nigra* und *alba*, 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 merkwürdigste ihrer Arten ist der Banyan Ostindiens (*F. bengalensis*), dessen von Vögeln verbreitete Samen auf Baumästen 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.

Fig. 481. Ficus carica. *1* Blüthenzweig. *2* weibliche Blüthe, längsgeschnitten. *3* männliche Blüthe. *4* Feige, längsdurchschnitten. (Nach Wossidlo.)

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 Fruchtstände, wie die gemeine Feige und der Brodbaum (*Artocarpus incisa*).

Officinell: *Morus nigra* liefert Sirupus mororum (Pharm. austr., helv.); *Ficus elastica* (Ostindien), *Castilloa elastica* (Mexiko) und andere tropische Moraceen liefern in ihrem Milchsafte Kautschuk (Pharm. germ.).

Familie ***Cannabinaceae.*** Blüthen diöcisch, die männlichen mit fünf Perigonblättern und in der Knospe geraden Staubgefässen, die weiblichen mit kurzem, ungetheiltem Perigon. Fruchtknoten zweicarpellig, mit einer hängenden, anatropen Samenanlage. — Milchsaftlose Kräuter mit handnervigen Blättern und bleibenden Nebenblättern (Fig. 482, 483).

Gattungen: *Cannabis*, Hanf; *Humulus*, Hopfen. Der Hanf, *Cannabis sativa* (Fig. 482), 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 (Haschisch). Die Früchte sind Nüsschen mit ölreichem Samen.

Fig. 482. Cannabis sativa. *1* Sprossstück der männlichen Pflanze. *2* desgleichen der weiblichen Pflanze. *3* männliche Blüthe. *4* weibliche Blüthe. *5* Frucht. (Nach Wossidlo.)

Der Hopfen, *Humulus Lupulus* (Fig. 483), ist ein in Deutschland wild wachsendes und viel cultivirtes perennirendes, windendes Kraut mit rauhbehaarten, handlappigen Blättern. Die männlichen Blüthen 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 Blüthen 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* liefert Fructus Cannabis (Pharm. helv.); *Cannabis sativa* var. *indica* liefert Herba Cannabis indicae (Pharm. austr., helv.). — Die Drüsen der Zapfenschuppen von *Humulus Lupulus* sind als Lupulinum, s. Glandulae Lupuli (Pharm. austr., helv.), gebräuchlich, die ganzen Zapfen als Strobilus Lupuli (Ph. helv.).

Fig. 483. Humulus Lupulus. *1* Zweig des männlichen Blüthenstands. *2* weiblicher Blüthenstand. *3* weiblicher Blüthenzapfen. *4* zwei weibliche Blüthen mit Deckblatt. *5* reifer Fruchtzapfen. *6* Frucht. (Nach Wossidlo.)

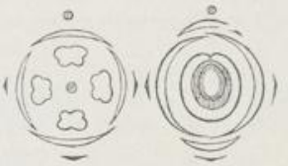


Fig. 484. Blüthendiagramm von Urtica dioica. *A* die männliche, *B* die weibliche Blüthe. (Nach Eichler.)

Familie ***Urticaceae.*** Blüthen 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 (Fig. 484).

Die meisten Urticaceen sind unscheinbare, einfachblätterige, häufig mit Brennhaaren (Fig. 115) versehene Kräuter und Sträucher, deren auf Windbestäubung angewiesene Blüthen 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 strauchigen Urwaldvegetation zu bilden pflegen.

3. Ordnung. Polygoninae.

Blüthen zwitterig, seltener durch Abort eingeschlechtig, gewöhnlich nach der Dreizahl gebaut; Perianth fehlend oder perigonartig; Fruchtknoten oberständig, einfächerig, mit gerader, grundständiger Samenanlage.

Die Ordnung nimmt eine Mittelstellung zwischen den Urticinen und der folgenden Ordnung der Centrospermen ein. Von letzteren unterscheiden sich die Polygoninen durch die gerade Samenanlage und die dreizähligen Blüthenquirle.

Die Polygoninen sind meist Kräuter, seltener kleine Holzgewächse mit gewöhnlich an den Knoten verdickten Achsen, einfachen, meist ganzrandigen Blättern und dichten, kleinblüthigen, meist ährenähnlichen Blüthen-

Fig. 485. Piper nigrum (der schwarze Pfeffer). *1* Stück des Stengels mit jungen Fruchtständen. *2* Spitze der Fruchtähre. (Nach Wossidlo.)

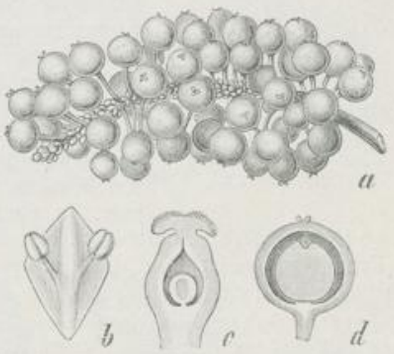


Fig. 486. Piper Cubeba. *a* Fruchtstand, nat. Gr., *b* männliche Blüthe, vergrössert, *c* weibliche Blüthe, längsgeschnitten, vergrössert, *d* Frucht, längsgeschnitten, vergrössert. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

ständen. Im Blüthenbau kommen alle Stufen vor, von nackten, sehr einfachen Blüthen bis zu solchen, die durch ungleiche Ausbildung der äusseren und inneren Perigonblätter sowie den Besitz von zwei Staubblattkreisen

einer höheren Entwicklungsstufe angehören, als sie bei den Urticinen 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.*** Blüthen nackt, typisch dreizählig, aber meist reducirt. Steinfrucht. Same mit Perisperm. — Kräuter und Sträucher mit oder ohne Stipularbildungen (Fig. 485, 486).

Die Piperaceen sind ausschliesslich Bewohner der Tropenländer, wo sie als unscheinbare Kräuter und Sträucher, manchmal als epheuartige Wurzelkletterer oder als Epiphyten mit dichten grünlichen Blüthenähren, 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: Cubebae, die Früchte von *Piper Cubeba*, einem kletternden Strauch der Sundainseln (Pharm. germ., austr., helv.), von Pfefferkörnern u. a. durch ihren stielartigen Fortsatz unterschieden (Fig. 486).

Fig. 487. Blatt von Polygonum lapathifolium mit der Ochrea *st*. Verkl. (Nach DUCHARTRE.)

Familie ***Polygonaceae*** (30). Blüthen 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 (Ochrea, Fig. 487—489).

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. Die kleinen Blüthen sind zu vielgliederigen Aehren, Trauben oder Rispen vereinigt; sie haben ein grünes kelchartiges oder ein kronenartiges röthliches Perigon, je nachdem sie wind- oder insectenblüthig sind. Der innere Staubblattkreis ist manchmal unterdrückt (*Rumex*). Die Frucht ist meist eine dreikantige, dünnschalige Nuss. Das reichliche Endosperm ist mehlig.

Deutsche Gattungen: *Polygonum*, Knöterich, mit kronenartigem fünfblätterigem Perigon und fünf bis acht Staubblättern. *Rumex*, Ampfer, mit sechs- (3 + 3) blätterigem kelchartigem Perigon und sechs (6 + 0) Staubblättern. — Viel cultivirt: *Rheum*, Rhabarber, mit kelchartigem Perigon und neun (6 + 3) Staubgefässen.

Geographische Verbreitung. Die Polygonaceen sind hauptsächlich Bewohner 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.

Officinell: Rhadix Rhei (Pharm. germ., austr., helv.) ist das Rhizom von *Rheum*-Arten, wohl zum Theil von *Rh. palmatum*.

Fig. 488. Rheum officinale. Stark verkleinert. (Nach BAILLON.)

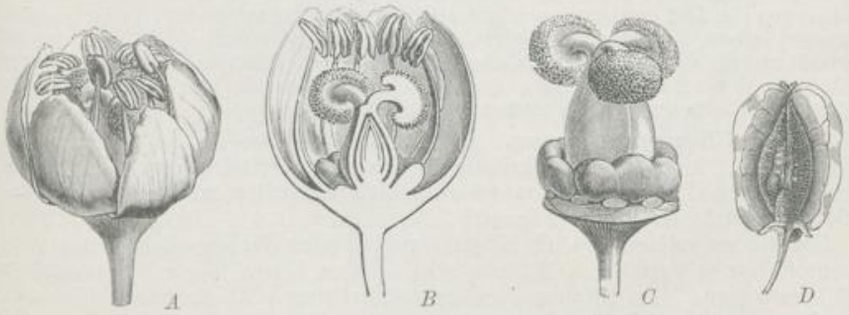


Fig. 489. Rheum officinale. *A* Blüthe. *B* dieselbe im Durchschnitt. *C* Gynoeceum mit Discus. *D* Rheum compactum, Frucht. Vergr. (Nach LÜRSSEN.)

4. Ordnung. Centrospermae.

Blüthen zwitterig, fünfzählig, meist mit kelchartigem Perigon oder mit Kelch und Krone, selten nackt; Androeceum in einem oder zwei Kreisen; Fruchtknoten meist oberständig und 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 Blüthenbau stellt die Ordnung eine aufsteigende Reihe dar, die mit einfachen, an die Urticaceen 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 Kreisen bestehende Blüthe mit in

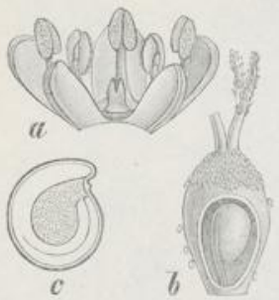


Fig. 490. *a* Blüthe von Beta vulgaris, *b* Gynoeceum von Chenopodium multifidum, angeschnitten, *c* Same von Beta vulgaris. Alle Bilder vergrössert. (Nach VOLCKENS in Natürl. Pflanzenfamilien.)

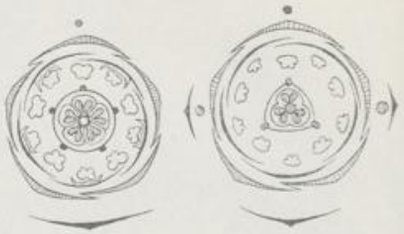


Fig. 491. Diagramme von Caryophyllaceen. *A* Viscaria, Scheidewände im unteren Theile des Fruchtknotens vorhanden. *B* Silene, Scheidewände fehlend. (Nach EICHLER.)

Kelch und Krone 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. 491).

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.*** Blüthe meist ohne Vorblätter, mit einfachem, kelchartigem, krautigem Perigon; Androeceum in einem Kreis epitepal; Fruchtknoten zwei- bis fünfcarpellig mit einer Samenanlage. Frucht nussartig (Fig. 490).

Die Chenopodiaceen sind Kräuter und kleine Holzgewächse mit zerstreuten, häufig fleischigen Blättern und dichten, kleinblüthigen, grünlichen Blüthenständen. Die Blüthen sind manchmal durch Abort eingeschlechtig. Die Nüsschen sind vom mehligen Samen ausgefüllt.

Wild wachsende und cultivirte deutsche Gattungen: *Chenopodium*, zwitterig, mit grünlichem nach dem Verblühen trocknendem Perianth; *Blitum* mit bei der Fruchtreife fleischig werdendem Perianth; *Atriplex*, monöcisch mit nackter weiblicher Blüthe; *Beta*, mit unterständigem Fruchtknoten; *Spinacia*, diöcisch, die erhärtende Blüthenhülle 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 Unkräuter in der Nähe der Häuser. — Wichtige Culturpflanzen sind *Spinacia oleracea*, der Spinat und *Beta vulgaris*, die Runkelrübe, letztere in mehreren Culturrassen, 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* var. *Rapa* liefert Rohrzucker, Saccharum (Pharm. germ., austr., helv.). *Chenopodium ambrosioides* (einjähriges Kraut aus dem tropischen Amerika, bei uns cultivirt) liefert Herba Chenopodii (Ph. austr.).

Die ***Amarantaceae*** unterscheiden sich von den Chenopodiaceen durch zwei Vorblätter unter den Blüthen und das trockenhäutige oft lebhaft gefärbte Perigon der letzteren. *Amarantus*.

Familie ***Caryophyllaceae.*** Blüthen mit Kelch und Krone oder letztere abortirt; zwei oder durch Reduction ein Staubblattkreis. Fruchtknoten selten mit einer einzigen, meist mit vielen Samenanlagen. Frucht meist eine Kapsel (Fig. 491—493).

Die Caryophyllaceen sind Kräu-

Fig. 492. Melandryum album. *1* Blüthenzweig. *2* männliche Blüthe. *3* weibliche Blüthe. *4* Frucht. *5* Samen. (Nach Wossidlo.)

Fig. 493. Agrostemma Githago. 2/3 nat. Gr. — Giftig.

ter, sehr selten Sträucher von verschiedenartiger Tracht mit gegenständigen, ganzrandigen, häufig schmalen Blättern und scheingabeligen Blüthenständen. Die Blüthen sind bei einigen Gattungen klein und grünlich, meist aber mit weisser oder lebhaft gefärbter Krone versehen und vielfach sehr ansehnlich. Bei manchen sind alle Blüthenquirle fünfgliederig, die meisten jedoch haben ein zwei- bis dreigliederiges 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 freiblätterig; Kronblätter kurz genagelt; Kapselfrucht. *Cerastium*, Blüthen durchweg fünfzählig. *Spergula*, *Stellaria* mit dreicarpelligem Fruchtknoten und gespaltenen Kronblättern. *Arenaria*, von *Stellaria* durch ganze Kronblätter unterschieden. — 2) *Paronychioideae:* Kelch freiblätterig; Krone fehlend oder reducirt; Fruchtknoten mit einer Samenanlage; Frucht nussartig. *Scleranthus; Herniaria.* — 3) *Silenoideae:* Kelch verwachsenblätterig; Kronblätter lang genagelt; Kapselfrucht. *Lychnis* mit fünfzähligem Fruchtknoten; *Silene* mit dreizähligem Fruchtknoten und sechszähniger Kapsel. *Dianthus*, Nelke, mit dreizähligem Fruchtknoten und vierzähniger 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. 493), ein bis 80 cm hohes rauh behaartes Getreideunkraut mit schmalen Blättern, violetter, trichterförmiger Blüthe und vielsamigen Kapselfrüchten. Die Samen sind fast stets den Getreidekörnern beigemengt und verleihen dem Mehle, wenn reichlich vorhanden, giftige Eigenschaften. — *Saponaria officinalis*, das Seifenkraut, eine kahle, breitblätterige Silenee mit straussigen Blüthenständen rosenrother Blüthen, ist wegen ihres Gehaltes an Saponin in allen ihren Theilen etwas giftig.

Officinell: *Herniaria glabra* und *hirsuta:* Herba Herniariae (Ph. austr.).

5. Ordnung. Polycarpicae.

Blüthe zwitterig, meist theilweise oder ganz spiralig mit meist zahlreichen Staubblättern und freien oberständigen, seltener mittelständigen Carpellen. Samen mit Endosperm.

Die Polycarpier sind Kräuter und Holzgewächse von sehr verschiedener Tracht, die nur im Blüthenbau ihre Zusammengehörigkeit kundgeben. Am reinsten zeigt sich der Typus bei den wenigstens im Androeceum und Gynoeceum spiralig gebauten Formen mit zahlreichen Staubblättern und Carpellen an convexer Achse (Fig. 494), 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 gruppiren. Das am meisten durchgreifende Merkmal sind die frei in sich geschlossenen Fruchtblätter; jedoch sind letztere bei den Nymphaeaceen, einzelnen Ranunculaceen und den in ihrer systematischen Stellung zweifelhaften Lauraceen mehr oder weniger verwachsen. Die convexe Blüthenachse, die spiralige Anordnung, die zahlreichen Staubblätter 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 Nymphaceen 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.

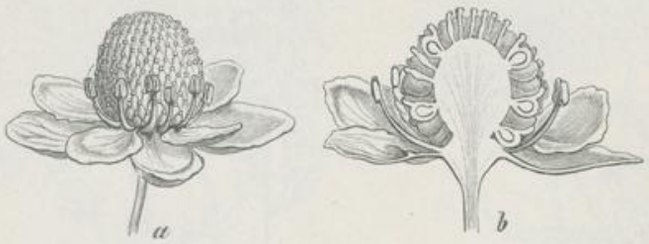


Fig. 494. *a* Blüthe von Ranunculus sceleratus. *b* im Längsschnitt, vergrössert. (Nach BAILLON.)

Familie ***Ranunculaceae.*** Blüthen meist radiär, durchgehends oder im Androeceum und Gynoeceum spiralig, sehr selten wirtelig; Perianth einfach oder doppelt, in letzterem Falle häufig mit kronartigem Kelche und abnormen, meist als Nectarien ausgebildeten Blumenblättern; Staubfäden in unbestimmter, meist grosser Zahl; Pollenkörner mit zwei bis drei Austrittsstellen; Carpelle in unbestimmter, oft grosser Zahl, meist frei, oberständig; Samen mit Nährgewebe. — Kräuter, selten Holzpflanzen, ohne Oeldrüsen, mit wechselständigen Blättern (Fig. 494—505).

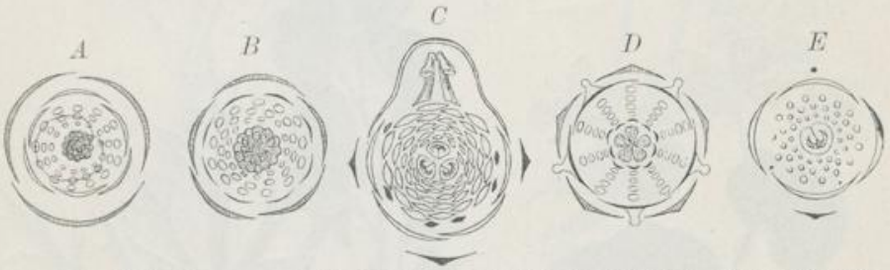


Fig. 495. Blüthendiagramme von Ranunculaceen. *A* Anemone nemorosa. *B* Adonis autumnalis. *C* Aconitum Napellus. *D* Aquilegia vulgaris. *E* Cimicifuga racemosa. (Nach EICHLER.)

Die meisten Ranunculaceen sind mittelhohe Kräuter, vielfach mit einer Rosette tiefgelappter Bodenblätter und schwach belaubten fertilen Sprossen. Die Blüthen sind meist ansehnlich, oft einzeln endständig oder achselständig, oder auch in lockeren wenigblüthigen, seltener in dichten, traubigen oder scheindoldigen Blüthenständen. Bestäubung durch Insecten ist allgemein und hat entsprechende Anpassungen hervorgerufen, wie lebhafte Farbe des Perianths oder, wenn dieses reducirt ist, wie bei *Thalictrum*-Arten, eine solche der Staubblätter und Ausbildung von Nectarien (Fig. 503 *2*). Letztere sind entweder an der Basis der Blumenblätter als kleine Grübchen ent-

Fig. 496. Helleborus foetidus. 1/8 nat. Gr. — Giftig.

Fig. 497. Aconitum Lycoctonum. 1/2 nat. Gr. — Giftig.

Fig. 498. Caltha palustris. — Giftig.

Fig. 499. Aconitum Napellus. 1/2 nat. Gr. — Giftig und officineil.

wickelt (*Ranunculus*), oder das ganze Blumenblatt ist in ein becherartiges Nectarium umgewandelt (z. B. *Helleborus*, *Aconitum*).

Die Carpelle der Ranunculaceen werden bei der Reife kapselartig (z. B. bei *Helleborus* und *Aconitum*, Fig. 504) oder nüsschenartig (z. B. bei *Ranunculus*, Fig. 505, und *Anemone*), in letzterem Falle manchmal mit langen, federartigen Anhängseln (*Clematis*, *Pulsatilla*, Fig. 501), selten beerenartig (*Actaea*, *Hydrastis*).

Fig. 500. Ranunculus sceleratus. 1/2 nat. Gr. — Giftig.

Fig. 501. Anemone Pulsatilla. 1/2 nat. Gr. — Giftig.

Wichtigste deutsche und cultivirte Gattungen: Mit Kapseln: *Nigella*, Carpelle verwachsen; *Paeonia*, *Caltha*, mit kronähnlichem Kelch, ohne Krone (s. u. Giftig); *Aquilegia*, Blüthe cyclisch, mit gespornten Kronblättern; *Aconitum* (s. u. Giftig); *Delphinium*, Blüthe dorsiventral mit einem langgespornten Kelchblatte. — Mit Nüsschen: *Ranunculus*, mit grünem Kelch und meist gelber Krone, letztere mit Honiggrübchen; *Adonis*; *Anemone*, mit einfachem, kronartigem Perigon; *Thalictrum*, mit kleiner, einfacher, grünlicher Blüthenhülle und langen Staubfäden; *Clematis*, Kletterpflanze mit gegenständigen Blättern. Blüthe mit einfachem kronartigem Perigon.

Geographische Verbreitung. Die Ranunculaceen bewohnen hauptsächlich die nördliche temperirte Zone. Viele ihrer Arten zählen zu den häufigsten und auffallendsten

Bestandtheilen der deutschen Flora. — Manche Ranunculaceen sind beliebte Zierpflanzen, namentlich Arten von *Paeonia*, *Clematis*, *Aquilegia*, *Nigella*, *Adonis* und der während des Winters blühende *Helleborus niger*.

Giftig: Die Familie ist ausserordentlich reich an giftigen 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. 499), 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

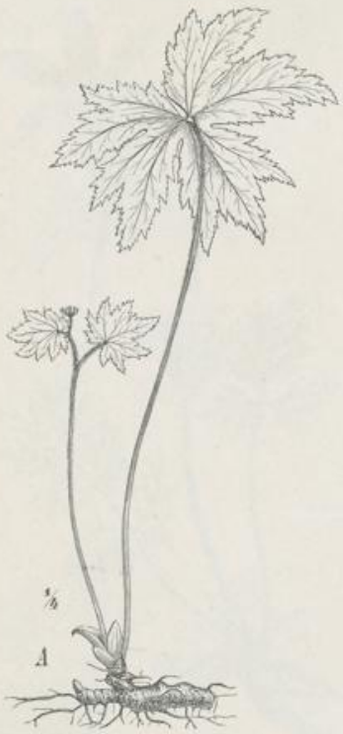


Fig. 502. Hydrastis canadensis. 1/4 nat. Gr. — Officinell. Aus Nat. Pflanzenfamilien III2.

Fig. 503. *1* Blüthe von Aconitum Napellus. *2* Nectarien. Androceeum und Gynoeceum. (Nach Wossidlo.)

Fig. 504. Aconitum Napellus. *a* Frucht. Nat. Grösse. *b* Same. Vergr. 2.

Fig. 505. *a* aus Nüsschen bestehende apocarpe Frucht von Ranunculus acris. Vergr. 2½. *b* ein Carpell, *c* desgleichen, längsgeschnitten. *b* und *c* Vergr. 4.

bei den Orchideen. Die Blüthen sind ausgesprochen dorsiventral (Fig. 503). Von den fünf dunkelvioletten Kelchblättern ist das eine helmförmig, zwei der Kronenblätter stehen als sackförmige, langgestielte Nectarien ausgebildet im Helm, während die anderen auf Fäden reducirt sind; die zahlreichen Staubblätter umgeben drei freie Carpelle, die bei der Reife zu Balgfrüchtchen werden. — *Aconitum Lycoctonum* (Fig. 497) hat kleinere gelbe Blüthen und anstatt der Knollen ein dünnes Rhizom. — Weniger häufig sind die dem *A. Napellus* nahe stehenden *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. 500) zu betrachten: Ein kahles Kraut mit dreitheiligen, etwas fleischigen Blättern und kleinen blassgelben Blüthen. Häufige Vergiftungen beim Vieh werden durch *R. acris* bedingt; derselbe hat einen behaarten Stengel, handförmig gelappte Blätter und sattgelbe Blüthen. — Etwas weniger giftig,

aber wegen ihrer Ansehnlichkeit und Häufigkeit für Kinder gefährlich ist die Butterblume, *Caltha palustris* (Fig. 498). *Helleborus foetidus* (Fig. 496), die stinkende Niesswurz, ist ein stattliches kahles perennirendes Kraut von narkotischem Geruch, mit handförmig getheilten Blättern und grossen, zu mehreren gruppirten, gelblich-grünen, glockigen Blüthen. Das Perianth besteht aus einem grossblätterigen Kelche und dütenförmigen

Fig. 506. Myristica fragrans. Blühendes Zweigstück. Reife Frucht (aufgesprungen) und dieselbe nach Entfernung der einen Schalenhälfte. — Officinell. (Theil einer Abbildung von Berg und Schmidt.)

Honigblättern; Staubblätter zahlreich, Gynoeceum von wenigen bei der Reife zu Balgfrüchtchen werdenden Carpellen gebildet. Auch die seltene grüne N., *H. viridis*, und die bei uns nur cultivirt vorkommende schwarze N., *H. niger*, mit röthlich weissen Blüthen sind giftig. Alle diese Arten geben durch Missbrauch in der Volksmedicin Anlass zu Vergiftungen. Als ebenfalls 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. 501), *Clematis* und *Delphinium* (namentlich das in Gärten cultivirte *D. Staphysagria*).

Officinell: *Aconitum Napellus* (Fig. 499) (vgl. u. Giftig), liefert Tubera v. Rad. Aconiti (Pharm. germ., austr., helv.) und Folium Aconiti (Pharm. helv.); *Hydrastis canadensis* (Fig. 502) (Nordamerika) Rhiz. s. Rad. Hydrastis (Pharm. germ., austr., helv.) und Hydrastinum (Pharm. germ.).

Fig. 507. Myristica moschata. Same, der Länge nach durchschnitten. *g* Samenmantel, *h* äusseres Integument, oben bei *r* durch die Raphe durchbrochen, *m* Nährgewebe, *n* Keim. Nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Familie ***Magnoliaceae.*** Holzgewächse mit Oelzellen. Pollenkörner mit einer Austrittstelle, sonst wie vorige. Tropisches und temperirtes Asien und Nordamerika. *Magnolia; Liriodendron*, Tulpenbaum. — Officinell: Fructus Anisi stellati, Sternanis (Ph. austr., helv.) von *Ilicium anisatum* (China). Giftig: unächter Sternanis von

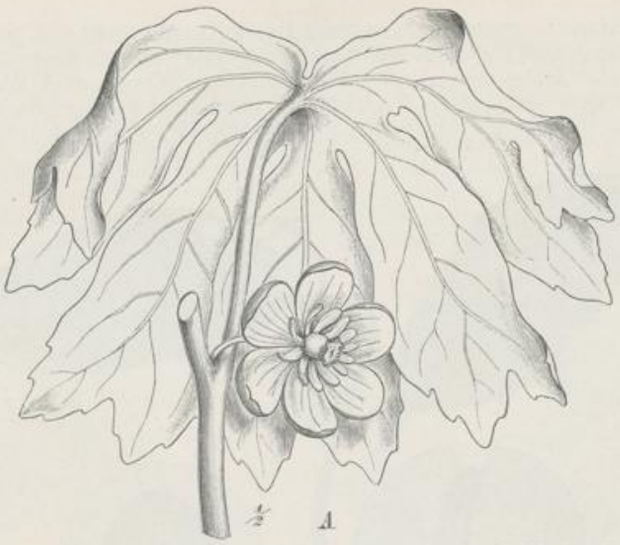


Fig. 508. Podophyllum peltatum. ½ nat Gr. — Officinell.
Aus Nat. Pflanzenfamilien III 2.

Fig. 509. Jatrorrhiza palmata. ½ nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

I. religiosum (Japan). — Familie ***Myristicaceae*** [31]. Tropische Waldbäume. Samen mit Arillus (Fig. 506, 507). Officinell: *Myristica fragrans* (Molukken), Samenkerne als Semen Myristicae, Muskatnuss (Ph. germ., austr., helv.); aus den Samen gepresstes Fett- und Oelgemenge als Oleum Nucistae (ibid.), der rothe getrocknete Arillus als Macis (Ph. austr.), das ätherische Oel aus Macis als Oleum Macidis (Ph. germ., austr., helv.). — Familie ***Berberidaceae.*** Blüthen aus dreigliederigen Wirteln gebildet. Perianth mehrwirtelig. *Berberis vulgaris.* Officinell: Podophyllinum (Pharm. germ., helv.), aus dem Rhizom von *Podophyllum peltatum* (Fig. 508), Nordamerika. — Familie ***Menispermacéae.*** Tropische Schlingpflanzen, verwandt mit vorigen. Officinell: Radix Colombo (Pharm. germ., austr., helv.) von *Jatrorrhiza palmata* (Ostafrika) (Fig. 509).

Fig. 510. Blüthendiagramm von Persea. (Nach Eichler.)

Fig. 511. Cinnamomum zeylanicum. Längsgeschnittene Blüthe. *a* Receptaculum, *b* äusseres, *c* inneres Perigonblatt, *d–f* Staubblätter der ersten bis vierten Reihe, *i* Stempel, *k* Samenanlage. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 512. Cinnamomum zeylanicum. *A* Habitusbild, *B* vegetative Knospe. — Officinell. (Nach Pax in nat. Pflanzenfam.)

Familie ***Lauraceae.*** Blüthen wirtelig, durchgehends dreizählig; Perianth kelchartig, klein; Staubfäden meist in vier Wirteln; Antheren mit Klappen; Fruchtblätter zu einfächerigem Fruchtknoten verwachsen mittelständig in vertiefter Achse mit einer hängenden Samenanlage. Samen ohne Nährgewebe. — Aromatische Holzgewächse (Fig. 510—514).

Die meisten Lauraceen sind Bäume mit elliptischen, ganzrandigen Blättern und kleinen, unscheinbaren, zu Köpfchen oder Rispen vereinigten

Blüthen. Die nicht selten an ihrer Basis von dem bleibenden Achsenbecher 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*, den Lorbeerbaum am Mittelmeer. Die einzige nichtholzige Gattung ist *Cassytha*, deren Arten in den Tropen weit verbreitete, in Tracht und Lebensweise den *Cuscuta*-Arten ähnliche Parasiten sind.

Fig. 513. Cinnamomum Camphora. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.) Verkleinert.

Officinell: *Laurus nobilis* (Fig. 514) (immergrünes aromatisches Bäumchen, mit blattachselständigen weissen Blüthenköpfchen. Blüthe zweizählig; Anthere zweifächerig; Steinfrucht) liefert Fructus Lauri (Pharm. germ., austr.) und Oleum Lauri (Pharm. germ., austr., helv.). — *Sassafras officinale* (sommergrüner diöcischer Baum Nordamerikas): Lignum s. Rad. Sassafras (Pharm. germ., austr.), Cortex Sassafras (Pharm. helv.). — *Cinnamomum Camphora* (immergrüner Baum Chinas und Japans) (Fig. 513) liefert einen in Rissen und Spalten des Baumes sich ansammelnden Kampher: Camphora (Pharm. germ., austr., helv.). — *Cinnamomum Cassia* (Strauch des südlichen China): Cortex Cinnamomi (Pharm. germ., austr., helv.) Zimmtkassie und Oleum Cinnamomi s. Cassiae (ibid.). — Die als feines Gewürz geschätzte Rinde von *Cinnamomum zeylanicum* (Ceylon) (Fig. 511, 512), Ceylonzimmt: Cortex Cinnamomi zeylanicus (Pharm. helv.).

Fig. 514. Laurus nobilis. Verkl. — Officinell.
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 515. Nymphaea alba. *1* Blüthe. *2* Knospe, längsdurchschnitten. *3* Uebergangsstufen zwischen Kron- und Staubblättern. *4* Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

Familie ***Nymphaeaceae.*** Blüthe zwitterig, mit Kelch und Krone, wirtelig, oder wie meist, wenigstens von der Krone ab, spiralig; Androeceum und ober- oder unterständiges Gynoeceum meist vielgliederig; schwammige Beere. — Wasserpflanzen mit grossen, meist schwimmenden Blättern (Fig. 515, 516). — In Mitteleuropa: *Nymphaea*, mit unterständigem, *Nuphar*, mit oberständigem Fruchtknoten. — Cult. *Victoria regia* (Aequatoriales Südamerika); *Nelumbium speciosum*, „Lotosblume" der Indier, *Nymphaea coerulea*, solche der alten Aegypter.

Fig. 516. Nymphaea. Diagramm.

Familie ***Ceratophyllaceae.*** Nur eine Gattung, *Ceratophyllum* mit 3 Arten. Untergetauchte Wasserpflanzen mit gabeltheiligen Blättern in Quirlen. Blüthen klein, grünlich, monöcisch; Perianth mehrblätterig; zahlreiche Staubblätter; Ein Carpell; Nussfrucht.

6. Ordnung. Rhoeadinae.

Blüthe zwitterig, vorwiegend zweizählig; Perianth aus drei zwei- oder viergliederigen, Androeceum aus zwei zweigliederigen Quirlen; Fruchtknoten oberständig, aus zwei mit den Rändern verwachsenen Carpellen bestehend, einfächerig, mit parietalen Placenten. Kräuter mit wechselständigen einfachen Blättern ohne Nebenblätter.

Die Rhoeadinen bilden eine sehr natürliche und scharf begrenzte Ordnung ohne sichere Beziehungen zu anderen Gruppen. Ihr Typus zeigt sich am reinsten bei der Gattung *Hypecoum*, deren Blüthe sich durchweg aus zweigliederigen Wirteln aufbaut. Bei den grössten Familien der Ordnung, den Cruciferen und Capparidaceen, ist die Corolle vierblätterig und alternirt mit den beiden decussirten zweiblätterigen Kelchquirlen; es wird manchmal angenommen, aber ohne dass Thatsachen dafür sprächen, dass eine solche vierblätterige Corolle durch Spaltung aus einer zweiblätterigen 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) Staubblättern besteht; der Grundtypus lässt sich jedoch in der Regel noch nachweisen. Für das Verständniss des Rhoeadinen-Androeceum sind die Capparidaceen sehr instructiv, indem in dieser Familie alle Uebergänge zwischen dem 2 + 2gliederigen 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.*** Blüthe bisymmetrisch; Kelchblätter vier, aus zwei zweiblätterigen Quirlen; Krone vierblätterig; zwei äussere kurze und vier innere, paarweise genäherte lange Staubblätter; Gynoeceum stets zweicarpellig, durch falsche Scheidewand zweikammerig; Frucht meist eine Schote, seltener eine Schliessfrucht; Samen ohne Endosperm, mit gekrümmtem Keime (Fig. 517—522).

Die Cruciferen sind kahle oder borstig behaarte Kräuter, selten Halbsträucher, mit ganzrandigen, gezähnten oder gelappten Blättern. Ihre meist kleinen Blüthen sind zu endständigen, meist der Vor- und Deckblätter entbehrenden Trauben gruppirt, 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 Staubblätter befindlichen Honigdrüsen stellen unzweifelhafte Lockmittel für Insecten dar; indessen findet sehr häufig Selbstbestäubung statt. — Die Früchte

(Fig. 519) sind entweder viel länger als breit und werden dann als echte Schoten, siliquae, von den kurzen und breiten Schötchen, siliculae, unterschieden. Die seltener vorkommenden Schliessfrüchte 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 Structur nicht wesentlich von einander ab und kommen zuweilen auf

Fig. 517. Cruciferae. Diagramm (Brassica).

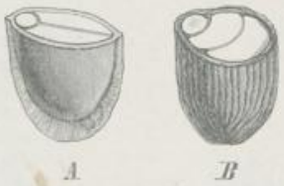


Fig. 520. Cruciferensamen, quer durchschnitten, das Würzelchen und die Keimblätter sichtbar. *A* Cheiranthus Cheiri. Vergr. 8. *B* Sisymbrium Alliaria. Vergr. 7. (Nach BAILLON.)

Fig. 518. Cardamine pratensis. Blüthe ohne Perianth. Vergr. 4. (Nach BAILLON.)

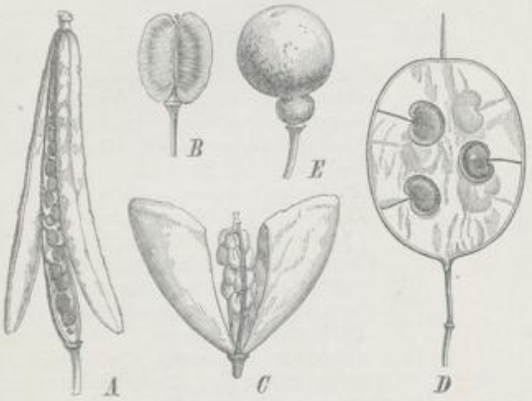


Fig. 519. Cruciferenfrüchte. *A* Cheiranthus Cheiri. *B* Lepidium sativum, *C* Capsella Bursa pastoris, *D* Lunaria biennis, falsche Scheidewand nach Abfall der Klappen, *E* Crambe maritima. (Nach BAILLON.)

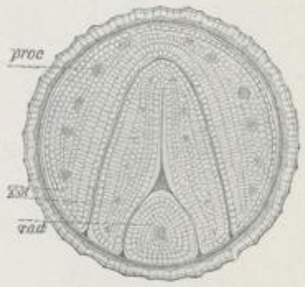


Fig. 521. Querschnitt durch den Samen des schwarzen Senfs, Brassica nigra. *rad* Radicula. *cot* Cotyledonen. *proc* Gefässbündelanlagen. (Nach MÖLLER.)

derselben Pflanze vor. Viele Cruciferen enthalten scharf schmeckende, stickstoff- oder schwefelhaltige ätherische Oele, die in den vegetativen Organen (z. B. Meerrettig) frei vorliegen, im Samen aber in Glukosiden gebunden sind, von welchen sie erst bei Anwesenheit von Wasser bezw. von Enzymen abgespalten werden (z. B. im Senf-Samen; vgl. unter Officinell).

Die Eintheilung der Cruciferen in Unterfamilien stösst, wegen der Einförmigkeit der Familie, auf grosse Schwierigkeiten. Die älteste von LINNÉ aufgestellte, lange allgemein angenommene Gruppirung 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: ○ ‖ (Fig 520 *B*). 2) *Orthoploceae*: Keimblätter gekrümmt; das Würzelchen in der Rinne des einen; Schema: ○ ⟫ (Fig. 521). 3) *Pleurorrhizeae*: Würzelchen seitlich an beiden Keimblättern: ○ = (Fig. 520 *A*). 4) *Spirolobeae*: Keimblätter spiralig gerollt: ○ |||. 5) *Diplecolobeae*: 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.

Fig. 522. Cochlearia officinalis. — Officinell. (Nach BAILLON.)

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, 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 am Rande schwach dorsiventralen Blüthen; *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 an 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*, Rübsen;

Br. nigra (s. unter Officinell); *Sinapis alba*, weisser Senf; *Lepidium sativum*, Gartenkresse; *Nasturtium officinale*, Brunnenkresse; *Cochlearia Armoracia*, Meerrettig; *Raphanus sativus*, Rettig; *Camelina sativa*, Leindotter.

Fig. 523. Capparis spinosa. *1* blühender Zweig. *2* Frucht. *3* Durchschnitt durch dieselbe. (Nach Wossidlo.)

Fig. 525. Blüthendiagramm von Glaucium. (Nach Eichler.)

Fig. 524. Corydalis aurea. Vergr. 2. *a* Stück der Traubenachse mit Blüthe, *b* Griffel und Staubblätter.

Fig. 526. Papaver somniferum. 3/8 nat. Gr. — Giftig und officinell.

Officinell: *Brassica nigra*, der schwarze Senf, liefert Semen Sinapis (Pharm. austr., germ., helv.) und Oleum Sinapis, Senföl (ibid.). *Sinapis alba*, der weisse Senf, Semen Erucae (Pharm. germ., helv.). *Cochlearia officinalis* (Fig. 522), ein am Meeresstrand wildwachsendes kahles Kraut, mit weissen Blüthen und kugeligen Schötchen, liefert Herba Cochleariae (Pharm. germ.).

Familie ***Capparidaceae.*** Blüthen meist dorsiventral; Fruchtknoten auf einem stielartigen Fortsatz. — Kräuter und Sträucher der warmen Zonen (Fig. 523).

Die Kappern sind die Blüthenknospen eines am Mittelmeer heimischen Strauches, *Capparis spinosa* (Fig. 523).

Familie ***Fumariaceae.*** Blüthen transversal dorsiventral; Kelch zweiblätterig; Krone aus zwei zweiblätterigen Quirlen; meist zwei dreitheilige Staubblätter; Fruchtknoten zweicarpellig. Same mit Endosperm (Fig. 524).

Die Fumariaceen sind kahle, oft blau bereifte Kräuter mit zerschlitzten Blättern und traubigen, mit Deck- und Vorblättern, oder nur mit ersteren versehenen Blüthenständen. Eines der beiden äusseren Kronenblätter, 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 normal vierfächerige Anthere, die beiden seitlichen aber zweifächerige (halbe) Antheren tragen (Fig. 524*b*). Die Erscheinung ist durch Spaltung und Verschiebung im Androeceum bedingt. Die beiden seitlichen nur zweifächerigen Glieder einer jeden Gruppe sind die von einander getrennten und den äusseren Staubgefässen angewachsenen Hälften der inneren Staubblätter.

Deutsche Gattungen: *Corydalis*, mit Kapselfrucht. *Fumaria*, mit Nuss.

Die meisten Vertreter der kleinen Familie bewohnen die nördliche temperirte Zone. *Dicentra spectabilis*, mit zweisporniger Krone, wird als Zierpflanze cultivirt.

Familie ***Papaveraceae.*** Blüthe radiär; Kelch zweiblätterig; Krone aus zwei zweiblätterigen Quirlen; Staubblätter zahlreich; Fruchtknoten zwei- oder mehrcarpellig (bis 16gliederig). Samen mit Endosperm. Kräuter mit Milchsaft (Fig. 525, 526).

Die meisten Papaveraceen sind steifhaarige Kräuter, deren in gegliederten Milchgefässen enthaltener Milchsaft weiss, selten gelb, orange oder roth ist. Die Blüthen sind einzeln oder zu Blüthenständen 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 zweiblätterigen Kelch, vier 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. 526). Unsere einheimischen Papaveraceen sind ebenfalls, jedoch in geringerem Grade, giftig.

Officinell: *Papaver somniferum* liefert Fructus Papav. immaturi (Pharm. germ., austr., helv.), Semen Papaveris (Pharm. germ., helv.), Oleum Papaveris (Ph. germ.) und, im eingetrockneten Milchsaft der unreifen Kapseln im Orient cultivirter Pflanzen: Opium (Pharm. germ., austr., helv.), Morphinum (ibid.). — *Papaver Rhoeas*: Flos Rhoeados (Pharm. austr., helv.).

Als eigenartige, in ihrer systematischen Stellung zweifelhafte Familie werden den Rhoeadinen, speciell den Capparidaceen, angehängt die

Resedaceae. Blüthe dorsiventral. Perianth aus zwei- bis achtgliederigen Wirteln; Blumenblätter zerschlitzt; Sexualorgane gewöhnlich auf einem Gynophor; Staub-

blätter drei bis vierzig; Carpelle zwei bis sechs, frei, oder zu einem oberwärts offenen, einfächerigen Fruchtknoten verwachsen. *Reseda* lutea und *R.* luteola wild, *R.* odorata cultivirt.

7. Ordnung. Cistiflorae.

Blüthe meist radiär und zwitterig. Kelch in der Knospe dachig; Perianth und Androeceum nach der Fünfzahl, letzteres aber meist durch Spaltung vielgliederig; Fruchtknoten oberständig, meist aus drei bis fünf Carpellen gebildet, meist einfächerig mit parietalen Placenten, seltener mehrfächerig; Samenanlagen meist anatrop: Keim meist gerade. Blätter einfach, meist wechselständig.

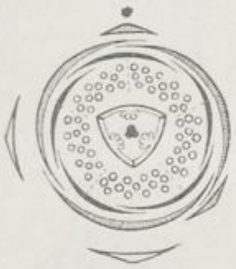


Fig. 527. Blüthendiagramm von Helianthemum vulgare (Cistaceae). (Nach EICHLER.)

Fig. 529. Diagramm von Viola.

Fig. 528. Helianthemum vulgare. Nat. Gr. (Nach WOSSIDLO.)

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 gruppiren lassen würden. — Verwandtschaftliche Beziehungen zeigen manche Cistifloren zu den Resedaceen und hiermit zu den Rhoeadinen, andere, namentlich die Ternstroemiaceen, zu den Columniferen, andere noch zu den Passiflorinen.

Familie ***Cistaceae.*** Blüthen radiär, mit zahlreichen Staubblättern; Fruchtknoten drei- bis fünfcarpellig, meist einfächerig, mit parietalen Placenten; Griffel einfach; Samenanlage atrop; Kapselfrucht; Samen endospermhaltig, mit gekrümmtem Keime. — Kleine Holzgewächse, seltener Kräuter, mit einfachen Blättern (Fig. 527, 528). *Helianthemum.*

Familie ***Violaceae***[32]. Blüthen dorsiventral, seltener radiär; fünf

Staubblätter; Fruchtknoten einfächerig mit wandständigen Placenten; Griffel einfach; Same endospermhaltig, mit geradem Keim (Fig. 529, 530).

Die Violaceen sind Kräuter, Sträucher und Bäume, häufig mit grossen Nebenblättern. Sie bewohnen, in geringer Anzahl, sämmtliche Zonen. — Einheimisch ist nur *Viola*: Dorsiventrale stets seitliche Blüthen mit spornförmiger Aussackung des unteren Blumenblatts, in welcher je ein spornförmiger, nektarabsondernder Auswuchs der beiden vorderen Staubblätter eingeschlossen ist (Fig. 530 *B*, *nt*). Viele Viola-Arten besitzen gleich-

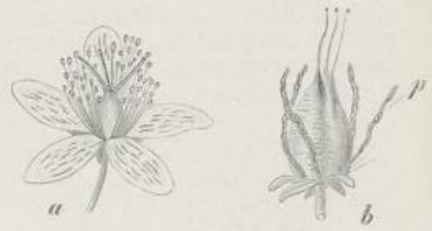


Fig. 531. Hypericum tetrapterum. *a* Blüthe, etwas vergrössert, *b* Frucht. Vergr. 2. *p* die vertrockneten Petala.

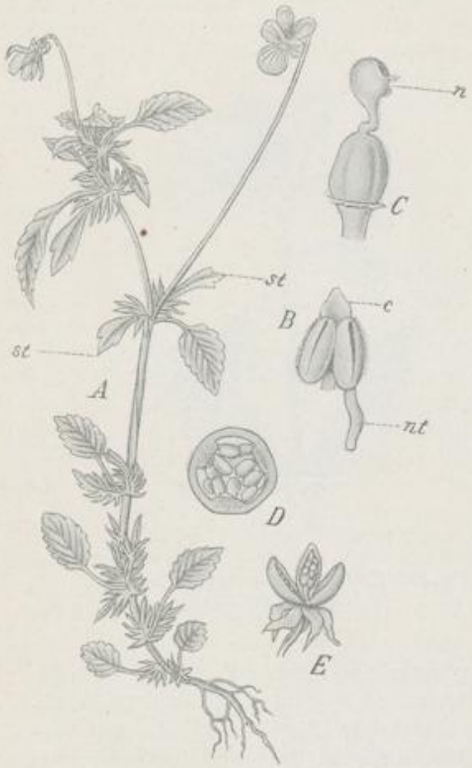


Fig. 530. Viola tricolor. *A* Ganze Pflanze, verkl. *B* Staubblatt, vergr. *C* Gynoeceum, vergr. *D* Fruchtknoten im Querschnitt. *E* Frucht, nat. Gr. — Officinell.

Fig. 532. Thea chinensis. *1* Blüthenzweig. *2* Blüthe, längsgeschnitten. *3* Frucht. *4* Same. (Nach Wossidlo.)

zeitig ansehnliche, honighaltige Blüthen, die auf Insectenbestäubung eingerichtet sind, und kleine, unscheinbare, honigfreie, sogen. kleistogame Blüthen, in welchen Selbstbestäubung stattfindet (vgl. S. 245). Die Insectenblüthen sind auffälliger Weise meist unfruchtbar. Mehrere Arten, namentlich *Viola altaica*, werden als Zierpflanzen cultivirt. Die Gartenstiefmütterchen sind durch Kreuzung aus mehreren Arten, *V. altaica*, *tricolor*, *lutea* u. a. gezüchtet.

Officinell: Herbae Violae tricoloris von *Viola tricolor* (Pharm. germ., austr., helv.).

Familie ***Hypericaceae.*** Blüthen radiär, drei oder fünf durch Spaltung entstandene Staubblattbündel; Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig; mit wandständigen Placenten; Griffel gesondert; Same endospermfrei. Blätter gegenständig, mit Oeldrüsen (Fig. 531).

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 ***Droseraceae.*** Thierfangende und -verdauende Kräuter (vgl. S. 181 und Fig. 189). *Drosera*-Arten auf Torfmooren. — Familie ***Clusiaceae.*** Tropische Holzgewächse mit Gummiharzgängen. Officinell: *Garcinia Hanburyi* (Ostindien) liefert im eingetrockneten Gummiharz das Gummigutt (Pharm. germ., helv.). — Familie ***Ternstroemiaceae.*** Immergrüne Holzgewächse. *Camellia japonica*, Zierstrauch. Officinell: *Thea chinensis* (Fig. 532), nur in China und Ostindien cultivirter Strauch, liefert den chinesischen Thée, Folia Theae (Pharm. austr.). — Familie ***Tamaricaceae.*** *Myricaria*, *Tamarix*. — Familie ***Dipterocarpaceae.*** Officinell: *Shorea Wiesneri*, ein ostindischer Baum, liefert Dammarharz, Dammar (Pharm. germ., austr.).

8. Ordnung. Passiflorinae.

Blüthen radiär, Fruchtknoten meist mittel- oder unterständig, dreicarpellig, einfächerig mit parietalen Placenten, meist mit dreigespaltenen Griffeln.

Familie ***Passifloraceae.*** Rankende Pflanzen mit grossen, durch Auswüchse der Blüthenachse (Nebenkrone und Discusbildungen) reich gegliederten Blüthen (Fig. 533). *Passiflora*-Arten, Passionsblumen, Zierpflanzen aus Süd-Amerika. — Familie ***Caricaceae.*** *Carica Papaya*, Melonenbaum, enthält in seinem Milchsaft ein pepsinartiges Ferment: Papayotin. (Tropen.) — Familie ***Begoniaceae.*** Kräuter mit schief-herzförmigen Blättern. Blüthen eingeschlechtig. Fruchtknoten unterständig. Tropen. Viele *Begonia*-Arten bei uns als Zierpflanzen.

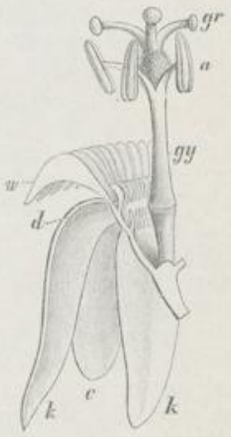


Fig. 533. Passiflora Engleriana. Fragment der Blüthe. *k* Kelch, *c* Kronenblatt, *w* Nebenkrone, *d* Discus, *gy* Gynophor, *a* Anthere, *gr* Griffel. Nat. Gr. (Nach Harms in Natürl. Pflanzenfamilien.)

9. Ordnung. Opuntinae.

Einzige Familie: ***Cactaceae*** [33]. Blüthen radiär, zwitterig, im Perianth und Androeceum spiralig; beide und das Gynoeceum aus einer grossen, unbestimmten Zahl von Gliedern; Fruchtknoten unterständig, einfächerig mit zahlreichen parietalen Placenten. Samenanlagen an langen Nabelsträngen. Beerenfrüchte, Kräuter und Holzgewächse mit fleischigen Achsen und meist reducirten, dornartig ausgebildeten Blättern (Fig. 28, 534).

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. 534) 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 steinigen 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. 534. Epiphyllum truncatum. 2 längsgeschnittene Blüthe. Nat. Gr. (Nach Wossidlo.)

10. Ordnung. Columniferae.

Blüthe radiär, zwitterig; Kelch und Krone fünfblätterig; Androeceum in der Anlage fünfgliederig, aber durch Spaltung vielgliederig werdend und meist zu einem Bündel oder einer Röhre verwachsen; Fruchtknoten oberständig, 2—∞ 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 fünfgliederigen Kreisen gebildet; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle hingegen ist einer der Wirtel, am häufigsten der äussere, 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 Vergleichs verwandter Formen noch nachweisbar ist. Aehnliche Spaltungen, wie im Androeceum, treten vielfach auch im Gynoeceum auf.

Familie ***Tiliaceae.*** Kelch freiblätterig. Krone in der Knospe klappig; Staubblätter meist zahlreich, frei; Antheren einwärts aufspringend vierfächerig; Pollen nicht stachelig (Fig. 535, 536).

Die meisten Tiliaceen sind Holzgewächse mit gezähnten oder gelappten Blättern, kleinen Nebenblättern, verschieden grossen, an Insectenbestäubung angepassten Blüthen in vielgliederigen Blüthenständen, und trockenen Kapsel- oder Schliessfrüchten.

Das Androeceum der Tiliaceen-Blüthe besteht zuweilen aus zwei fünfgliederigen Wirteln und stellt hiermit den ursprünglichen Zustand dar, aus welchem sich die complicirter gebauten Androeceen der anderen Formen entwickelt haben. Durch Unter-

drückung eines Wirtels (bald des inneren, bald des äusseren) 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 gruppirt. 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 vierfächerigen, einwärts sich öffnenden 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 Strassen u. dergl. cultivirt vorkommen. Die Linden haben zweizeilig geordnete Blätter, mit kleinen, hinfälligen Nebenblättern. Die Blüthen sind zu einer Scheindolde vereinigt, deren dünner Stiel einem durch längliche Gestalt und gelbliche Färbung von einem Laubblatte abweichenden Hochblatte angewachsen ist. Die zahlreichen Staubblätter entstehen aus fünf Anlagen des äusseren Kreises und

Fig. 535. Tiliaceae, Diagramm (Tilia). (Nach EICHLER.)

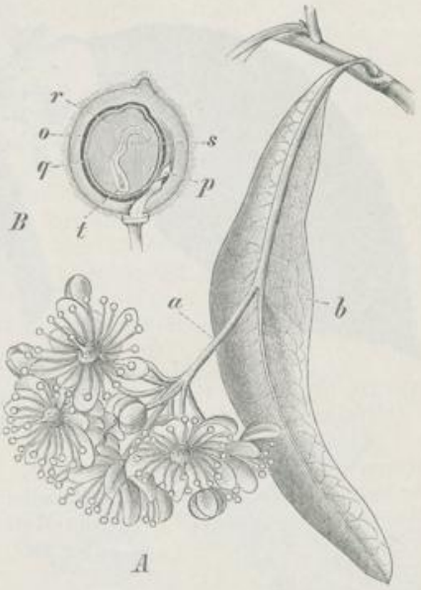


Fig. 536. Tilia ulmifolia. *A* Blüthenstand, nat. Gr., *b* das Hochblatt. *B* Frucht, längsgeschnitten und vergrössert, *o* Pericarp, *p* verkümmerte Scheidewände und Samenanlagen, *q* Same, *r* Endosperm, *s* Keim, *t* Würzelchen des letzteren. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

sind in alternden Blüthen deutlich in fünf Bündel gruppirt. Der Fruchtknoten ist behaart, fünffächerig, mit zwei Samenanlagen in jedem Fache und reift zu einer einsamigen Schliessfrucht mit endospermreichem Samen. — *Tilia ulmifolia* (= *parvifolia*), die Winterlinde, hat herzförmige, unterseits in den Blattnervenwinkeln mit braunen Haarbüscheln versehene, sonst kahle Blätter und fünf- bis neunblüthige Trugdolden; *T. platyphyllus* (= *grandifolia*), die Sommerlinde, hat unterseits gleichmässig behaarte Blätter und drei- bis fünfblüthige Trugdolden. Bei der osteuropäischen, in Anlagen häufig cultivirten *Tilia tomentosa* sind fünf weisse, den Blumenblättern ähnliche Staminodien vorhanden.

Officinell: Flores Tiliae (Pharm. germ., austr., helv.) von *Tilia ulmifolia* und *T. platyphyllus*.

Familie ***Sterculiaceae.*** Blüthen manchmal apetal; Kelch verwachsenblätterig; Krone gedreht; Staubblätter meist wenig zahlreich, vereinigt zu einem Gebilde, auswärts aufspringend, vierfächerig; Pollen meist nicht stachelig (Fig. 537—540).

Das Androeceum ist bei den Sterculiaceen im Gegensatz zu den Tiliaceen stets verwachsen und gleicht demjenigen der Malvaceen, von welchem es sich oft nur durch vierfächerige Antheren, in der Regel aber durch geringere Zahl seiner Glieder unter-

scheidet. Die Staubblätter des äusseren Kreises sind nie fertil, sondern staminodial oder unterdrückt.

Die Sterculiaceen sind sämmtlich Bewohner der Tropengebiete, wo sie als Kräuter, Sträucher, Lianen und Bäume überall auftreten und manchmal durch sonderbare Blüthenformen auffallen. Für den Menschen wichtig ist nur der Cacaobaum, *Theobroma Cacao*, ein ursprünglich in Mexiko heimisches, jetzt in allen Tropenländern cultivirtes grossblätteriges Bäumchen, dessen kleine rothe Blüthen büschelig aus der Rinde des Stammes und alter Aeste entspringen (Cauliflorie). Die Frucht ist gurkengross, 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.

Fig. 538. Theobroma Cacao. Zweigstück mit Blüthe. — Officinell. $^2/_3$ nat. Gr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Officinell: Die Samen von *Theobroma Cacao* (s. o.) liefern die Cacaobutter, Oleum Cacao (Pharm. germ., austr., helv.) und Theobrominum (Ph. germ., helv.). — Die in neuerer Zeit als Arzneimittel empfohlene Kolanuss, Semen Colae (Ph. helv.), stammt von *Kola vera* und *acuminata* (Westafrika).

Fig. 537. Sterculiaceae. Diagramm (Theobroma). (Nach EICHLER.)

Fig. 539. Theobroma Cacao. Blüthe, längsgeschnitten. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

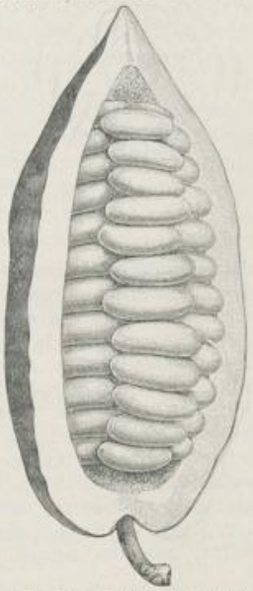


Fig. 540. Frucht von Theobroma Cacao. Die Fruchtschale ist theilweise entfernt. $^1/_2$ nat. Gr. — Officinell. (Nach BERG u. SCHMIDT.)

Familie ***Malvaceae***. Kelch verwachsenblätterig; Krone in der Knospe gedreht; Staubgefässe zahlreich, verwachsen; Antheren auswärts aufspringend, nur zweifächerig; Pollen stachelig (Fig. 541—544).

Fig. 541. Malvaceae. Diagramm (Malva).

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, trichter- oder glockenförmigen Blüthen stehen einzeln achselständig oder sind zu endständigen Blüthenständen gruppirt und häufig mit einem von drei oder mehr Vorblättern gebildeten Aussenkelch versehen. Die Krone ist an der Basis schwach verwachsenblätterig. Die zahlreichen Staubblätter entstehen durch eine hier auch die Antheren treffende Spaltung des inneren Kreises, während der äussere entweder unterdrückt ist oder in Form zahnartiger Staminodien den oberen Rand der Staminalröhre krönt. Das Gynoeceum ist oft vielblätterig. Die Frucht ist eine Kapsel- oder Spaltfrucht.

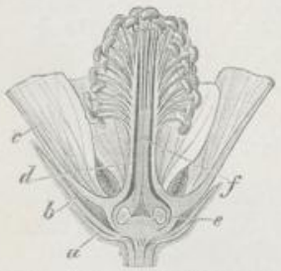


Fig. 542. Althaea officinalis. Längsdurchschnittene Blüthe mit theilweise abgeschnittenen Blumenblättern, *a* der Aussenkelch, *b* der Innenkelch, *c* die Blumenblätter, *d* das Androeceum, *f* der Stempel, *e* die Samenanlagen. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 543. Malva silvestris. *a* Blüthe, *b* Blüthenknospe, *c* Frucht. Nat. Gr. — Officinell.

Fig. 544. *1* Gossypium herbaceum. *2* Frucht. *3* Same. Natürl. Gr. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Wichtigere Unterfamilien und deutsche Gattungen: 1) *Maleeae*, 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 *Hibicus*-Arten sind viel verbreitete Zierpflanzen. — Die für den Menschen wichtigsten Vertreter der Familie sind die Baumwolle liefernden Arten der Gattung *Gossypium*, meist Sträucher mit gelappten Blättern und glockenförmigen, gelben oder rothen Blüthen, die in den Tropenländern noch wild vorkommen und in allen wärmeren Gebieten Asiens und Amerikas den Gegenstand ausgedehnter Cultur bilden. Die Kapselfrüchte (Fig. 544) der *Gossypium*-Arten sind von weissen, gelben oder bräunlichen Wollhaaren vollgestopft, die von den Samen entspringen und für diese, wie in anderen Fällen, die Bedeutung von Flughaaren besitzen.

Officinell: *Malva neglecta* und *M. silvestris* (Fig. 543) liefern Folia Malvae (Pharm. austr., germ., helv.), letztere ausserdem Flores Malvae (id.). — Von *Althaea officinalis* (auf Salzboden zerstreut wildwachsend, häufiger cultivirt) sind Folia Althaeae (Pharm. germ., austr., helv.) und Radix Althaeae (id.) gebräuchlich. — Desgleichen die Baumwolle (s. o.) als Gossypium (Pharm. germ., helv.).

11. Ordnung. Gruinales.

Blüthe zwitterig, fünfgliederig, radiär mit vollzähligen Kreisen oder dorsiventral und dann oft reducirt, niemals durch Spaltung mehrzählig; Androeceum unterwärts verwachsenblätterig, obdiplostemon; kein Discus; der Fruchtknoten oberständig, gefächert; Micropyle nach oben.

Die Gruinalen unterscheiden sich von den verwandten Columniferen namentlich durch die meist schwächere Verwachsung der Staubblätter und das Fehlen der Spaltungen im Androeceum. Wie bei jenen ist vielfach der eine Staubblattkreis unterdrückt oder durch Staminodien ersetzt. Das Fehlen des Discus und die Lage der Micropyle unterscheiden die Gruinalen von den ebenfalls nahe verwandten Terebinthinen und Aesculinen.

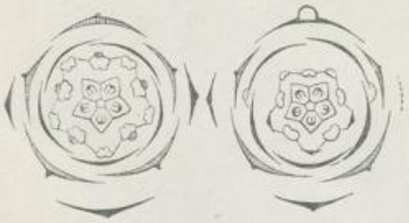


Fig. 545. Blüthendiagramme von Geraniaceen. *A* von Geranium pratense. *B* von Pelargonium zonale. (Nach Eichler.)

Fig. 546. Frucht von Pelargonium inquinans. Vergr. 3. (Nach Baillon.)

Familie ***Geraniaceae.*** Blüthen radiär, selten dorsiventral, fünfzählig; fünf oder zehn Staubblätter; zwei Samenanlagen in jedem Fruchtknotenfache; Carpide nach oben grannenartig verlängert und sich bei der Reife von einer bleibenden Mittelsäule ablösend (Fig. 545, 546).

Die Geraniaceen sind Kräuter oder, in wärmeren Zonen, kleine Sträucher

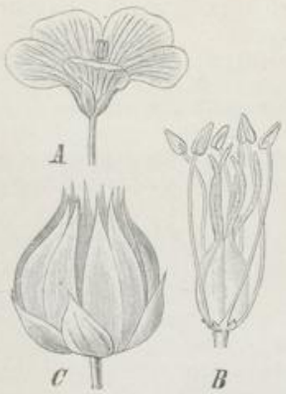


Fig. 547. Linum usitatissimum. *A* Nat. Gr. *B* und *C* Vergr. 3. — Officinell.

mit einfachen Blättern und meist aromatisches Oel secernirenden Drüsenhaaren. Ihre manchmal ansehnlichen Blüthen stehen einzeln achselständig oder sind zu verschiedenartigen Blüthenständen gruppirt; die Krone ist meist carminroth oder hochroth. Die Carpide bleiben bei manchen Arten geschlossen und werden durch schraubenartige Windungen der hygroskopischen Grannen in die Erde hineingebohrt (z. B. *Erodium*). Bei den meisten grossblüthigen *Geranium*-Arten rollen sich bei der Reife die Grannen mit

Fig. 549. Blüthendiagramm von Polygala myrtifolia. (Nach Eichler.)

Fig. 548. Erythroxylum Coca. — Officinell. (Nach Schumann und Arth. Meyer.)

Fig. 550. Polygala Senega. ½ nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

solcher Gewalt zusammen, dass die Samen aus den hier längs der Bauchnaht aufspringenden Carpiden herausgeschleudert werden.

Deutsche Gattungen: *Geranium* mit zehn Staubblättern; *Erodium* mit fünf Staubblättern.

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 dorsiventral) stammen aus dem Capland.

Familie ***Tropaeolaceae.*** *Tropaeolum majus*, Kapuzinerkresse, und andere Arten werden cultivirt.

Familie ***Oxalidaceae.*** Zusammengesetzte Blätter.

Oxalis acetosella, Sauerklee, enthält saures Kaliumoxalat.

Familie ***Linaceae.*** Blüthe radiär, vier- oder fünfzählig, Staubblätter verwachsen, die Kronstaubblätter fehlend oder staminodial; Fruchtknotenfächer durch falsche Scheidewände unvollständig zweikammerig, mit einer Samenanlage in jeder Kammer; Steinfrucht oder Kapsel. — Kräuter und Sträucher mit schmalen ganzrandigen Blättern (Fig. 547).

Nutzpflanze ist der Flachs, *Linum usitatissimum*. Einjähriges Kraut mit Trugdolden blauer Blüthen, dessen Stengelfasern als Gespinnstfaser und dessen Samen zu Oelbereitung ausgedehnte Verwendung finden. Officinell: *Linum usitatissimum* (Fig. 534) liefert Semen Lini (Pharm. germ., austr., helv.) und Oleum Lini, Leinöl (ibid.).

Familie ***Balsaminaceae.*** Blüthe dorsiventral; fünf freie Staubblätter; Kapselfrucht elastisch aufspringend. — Kräuter mit einfachen Blättern.

In Wäldern *Impatiens nolitangere*. *I. Balsamina* ist eine beliebte Zierpflanze.

Familie ***Erythroxylaceae.*** Officinell: Cocaïnum, Alkaloid aus den Blättern von *Erythroxylum Coca* (Fig. 548), einem in Peru und Bolivien wachsenden Strauch (Pharm. germ., austr., helv.); Folia Coca (Pharm. austr., helv.).

Familie ***Polygalaceae.*** Blüthe dorsiventral, unvollzählig; Krone auf drei, Androeceum auf acht zu einer Röhre verwachsene Glieder

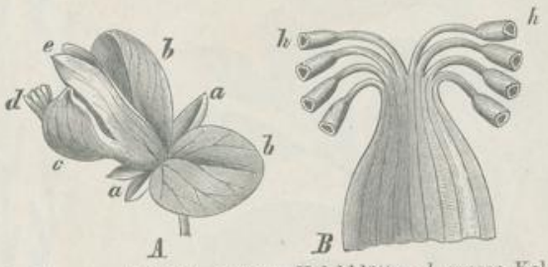


Fig. 551. Polygala Senega. *A* Blüthe, *a* kleine Kelchblätter, *b* grosse Kelchblätter, *c* Kahn, *e* seitliche Kronblätter, *d* Androeceum, vergrössert. *B* Androeceum, *h* Antheren, vergr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

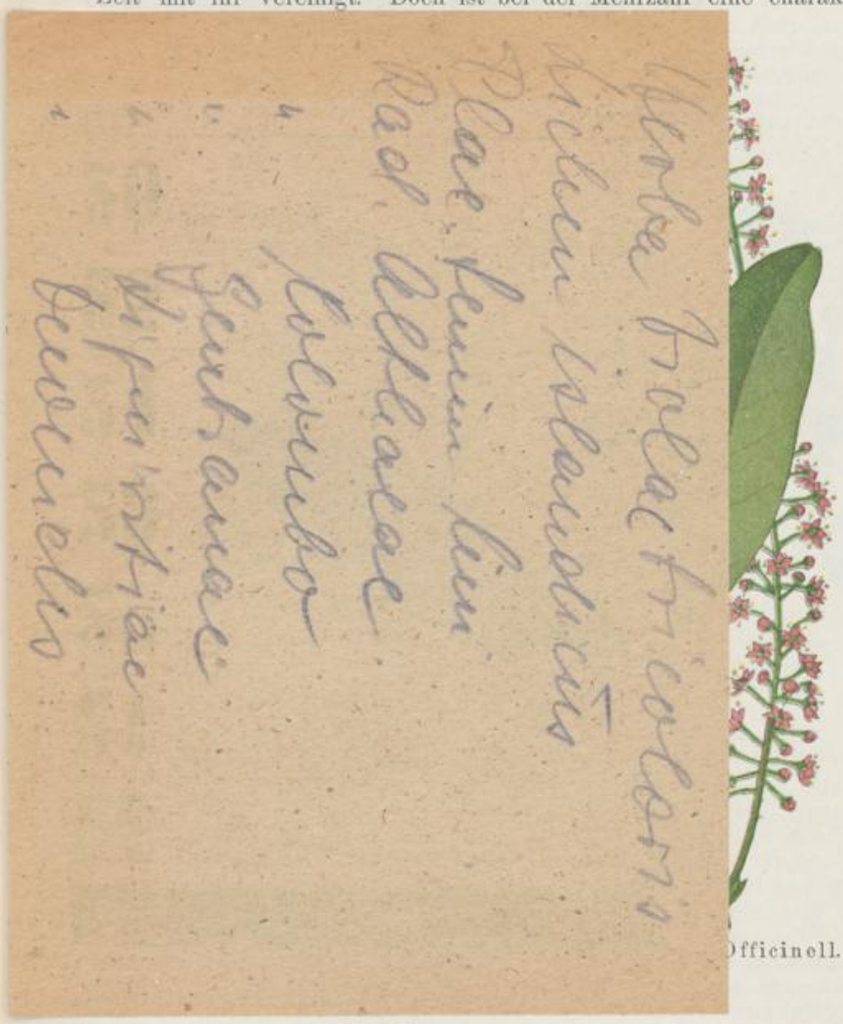
reducirt; Gynoeceum zweicarpellig; Kapsel- oder Steinfrucht (Fig. 549—551). Die Polygalaceen sind Kräuter, Sträucher und Lianen mit einfachen Blättern. Ihre Blüthen haben eine äussere Aehnlichkeit mit denjenigen der Papilionaceen; ihre Flügel sind jedoch hier nicht, wie bei jenen Kronblätter, sondern 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., helv.) von *Polygala Senega* (Nordamerika).

12. Ordnung. Terebinthinae.

Blüthe wie bei voriger Ordnung, aber mit Discus um den Fruchtknoten. — 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 für einen gemeinsamen Ursprung sprechen dürfte. Der Mehrzahl nach sind die Terebinthinen aromatische Holzgewächse, mit gefiederten, mehrjährigen, kahlen Blättern, kleinen oder höchstens mittelgrossen Blüthen und fleischigem Discus um den Fruchtknoten. Sie bewohnen vornehmlich trockene, sonnige Standorte in warmen Gegenden.

Herba violae tricoloris
Lichen islandicus
Plac. semin lini
Rad. Altheae
" Colombo
" Gentianae
" Liquiritiae
" Dulcis

20 SONNTAG

21 MONTAG — Sommersanfang ☉

22 DIENSTAG

23 MITTWOCH

24 DONNERSTAG — Johannis

25 FREITAG

26 SONNABEND

12. Ordnung. Terebinthinae.

Blüthe wie bei voriger Ordnung, aber mit Discus um den Fruchtknoten. — 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,

Fig. 552. Pilocarpus pennatifolius $^1/_2$ nat. Gr. — Officinell.
(Nach Schumann und A. Meyer.)

auch bei den abweichenden Formen noch in einzelnen Zügen erhaltene Tracht vorhanden, die für einen gemeinsamen Ursprung sprechen dürfte. Der Mehrzahl nach sind die Terebinthinen aromatische Holzgewächse, mit gefiederten, mehrjährigen, kahlen Blättern, kleinen oder höchstens mittelgrossen Blüthen und fleischigem Discus um den Fruchtknoten. Sie bewohnen vornehmlich trockene, sonnige Standorte in warmen Gegenden.

Familie ***Rutaceae.*** Blüthe meist strahlig, durchweg vier- bis fünf-, selten mehrzählig; Androeceum aus einem oder zwei Wirteln, zuweilen durch Spaltung mehrzählig. — Holzgewächse, selten Kräuter, vornehmlich der warmen Zonen, meist fiederblätterig, mit ätherischem Oel in rundlichen Intercellularen (Fig. 552—554).

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 Blüthen besitzen einen verwachsenblätterigen 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. 553. *1* Citrus vulgaris var. Aurantium. *2* Blüthe, längsgeschnitten. *3* Frucht, längsgeschnitten. *4* Same. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Fig. 554. Blüthendiagramm von Citrus vulgaris. (Nach Eichler.)

Giftig: *Ruta graveolens*, Raute, cultivirt und verwildert.

Officinell: *Citrus vulgaris* liefert: Cort. fructus Aurantii und Fruct. Aurantii immaturi (Pharm. germ., austr., helv.), Oleum Aurantii florum und Folia Aurantii (Pharm. austr., helv.), Oleum Aurantii corticis (Pharm. austr.). — *Citrus Limonum:* Cort. fructus Citri (Pharm. germ., austr., helv.), Oleum Citri (ibid.). — *Citrus Bergamia:* Oleum Bergamottae (Pharm. austr., helv.). — *Pilocarpus pennatifolius* (Brasilien): Folia Jaborandi (Pharm. germ., austr.), Pilocarpinum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Ruta graveolens:* Herba Rutae (Pharm. helv.).

Familie ***Burseraceae.*** Officinell: Myrrha (Pharm. germ., austr., helv.), Harz von *Commiphora abyssinica* und *C. Schimperi*, ostafrikanischen und arabischen kleinen Bäumen. — Olibanum (Pharm. austr.), Weihrauch, von *Boswellia Carteri* und *B. Bhau-Dajiana* (Arabien, Ost-Afrika). — Elemi (Pharm. austr., helv.) von *Canarium*-Arten der Philippinen. — Familie ***Simarubaceae.*** Officinell: Lignum Quassiae (Pharm. germ., austr., helv.) von *Picrasma* (*Picraena*) *excelsa* (Westindien) und *Quassia amara* (Surinam) (Fig. 555). — Familie ***Anacardiaceae.*** *Rhus*-Arten, meist giftig. Officinell: Mastix (Pharm. austr.) von *Pistacia Lentiscus* (Mittelmeerländer). — Familie ***Zygophyllaceae.*** Officinell: Lignum Guajaci (Pharm. germ., austr., helv.) und Resina Guajaci (Pharm. austr., helv.) von *Guajacum officinale* (Westindien).

Fig. 555. Quassia amara. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

13. Ordnung. Sapindinae.

Vorwiegend tropische Bäume und Lianen mit meist schräg-dorsiventralen Blüthen. Die Mehrzahl bildet die grosse Familie der ***Sapindaceae.*** Officinell: Guarana, Samenmasse von *Paullinia Cupana* (= *sorbilis*), Aequatoriales Brasilien (Pharm. austr., helv.). Hierher wird auch die kleine Gruppe der *Hippocastanaceen* gerechnet mit *Aesculus Hippocastanum*, weisse Rosskastanie, von Nordgriechenland bis Himalaya; *Aesc. Pavia*, rothe Rosskastanie, aus Nord-Amerika, bei uns cultivirt. In Mitteleuropa nur die Familie ***Aceraceae*** mit der Gattung *Acer*, Ahorn. Bäume, Blüthen strahlig, Discus extrastaminal, Spaltfrucht geflügelt. In Mitteleuropa namentlich: *Acer campestre*, Feldahorn (Fig. 556), *A. platanoides*, Spitzahorn, *A. pseudoplatanus*, Bergahorn.

14. Ordnung. Frangulinae.

Blüthe radiär, im Perianth und Androeceum drei- oder vierzählig, Staubblätter in einem Kreise; Discus meist vorhanden; Fruchtknoten ober-

Fig. 556. *1* Acer campestre. *2* Blüthe, längsdurchschnitten. *3* Staubblatt. *4* Frucht. (Nach Wossidlo.)

Fig. 557. Evonymus europaea. *A* blühender Zweig, verkl. *B* Blüthe, vergr. *C*, *D* Frucht, nat. Gr. Giftig.

ständig, seltener mittel- oder unterständig, 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 Hülfe 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 Krone. Der einfache Staubblattkreis ist bald vor der Krone, bald vor dem Kelch eingefügt. Die Frucht ist trocken oder saftig.

Familie ***Celastraceae.*** Staubblätter vor den Kelchgliedern dem Discus eingefügt; Fruchtknoten oberständig, zwei- bis fünffächerig mit zwei Samenanlagen in jedem Fache. Samen mit lebhaft gefärbtem Samenmantel (Arillus).

Sträucher, Bäume, Lianen, vorwiegend der Tropen. In der deutschen Flora ist nur die Gattung *Evonymus* mit drei Arten vertreten. Am häufigsten ist *E. europaea*, das Pfaffenhütchen, mit giftigen Früchten und Samen mit rothem Arillus (Fig. 557, 558).

Familie ***Aquifoliaceae.*** Kein Discus. Fruchtknoten oberständig, zwei- bis fünffächerig mit einer Samenanlage in jedem Fache. Samen ohne Arillus (Fig. 559).

In Deutschland nur *Ilex Aquifolium*, die Stechpalme. — Mehrere *Ilex*-Arten des extratropischen Südamerika liefern den Paraguaythee oder Mate.

Familie ***Vitaceae.*** Staubblätter vor den Kronblättchen, Discus meist aus getrennten Drüsen; Fruchtknoten oberständig, meist zweifächerig;

Frucht beerenartig. — Kletternde Sträucher mit meist gabeligen, den Blättern gegenständigen Ranken (Fig. 560 und 561).

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

Fig. 558. Blüthendiagramm von Evonymus europaea. (Nach EICHLER.)

Fig. 559. Blüthendiagramm von Ilex Aquifolium. (Nach EICHLER.)

Fig. 560. Blüthendiagramm von Ampelopsis hederacea. (Nach EICHLER.)

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, Südeuropa und Nordafrika wild wachsend, gehört zu den ältesten Culturpflanzen. Die Ranken sind, wie aus dem Vorhandensein kleiner Blätter oder von Blüthen hervorgeht, metamorphosirte Sprosse. Der Blüthenstand ist eine reich verzweigte Rispe. Die Blüthen sind fünfzählig; die Krone fehlt der offenen Blüthe, indem ihre an der Spitze zusammenhängenden Blätter sich bei dem Aufblühen

Fig. 561. Vitis vinifera. Blüthe bei der Anthese. *a* Kelch, *b* Krone, *c* Discus, *d* Staubgefässe, *e* Fruchtknoten. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

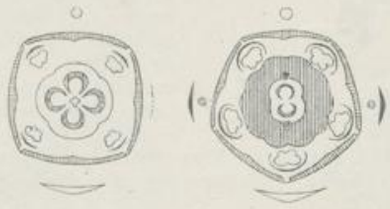


Fig. 562. Blüthendiagramme. *A* von Rhamnus cathartica, *B* von Rh. Frangula. (Nach EICHLER.)

Fig. 563. Rhamnus Frangula. Blüthe längsdurchschnitten. *a* Achsenbecher, *b* Kelch, *c* Kronblatt, *d* Staubblätter, *e* Stempel. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

von der Basis 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., austr., helv.).

Familie ***Rhamnaceae.*** Krone klein, ihre Blätter oft löffelförmig; Staubblätter vor den Kronblättern stehend; Discus zusammenhängend; Fruchtknoten mittel- oder unterständig, meist dreifächerig; Steinfrucht oder Kapsel. — Meist aufrechte, selten kletternde Sträucher (Fig. 562 und 563).

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 zwitterige, zu Büscheln vereinigte Blüthen (Fig. 563), 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 Blüthen und vierfächerigen Steinfrüchten.

Officinell: Fruct. Rhamni catharticae (Pharm. germ.). — Cort. Frangulae (Pharm. germ., austr., helv.). — Cort. Rhamni Purshianae (Pharm. austr., helv.). Cascara sagrada, von *Rh. Purshiana* aus Nordamerika.

Die Familie der ***Buxaceae*** unterscheidet sich von den übrigen Frangulinen namentlich durch die nackten oder mit einfacher Blüthenhülle versehenen Blüthen. *Buxus sempervirens*, der Buchs, giftig. Familie ***Empetraceae.*** *Empetrum nigrum*, in den Alpen, kleiner, haideartiger Strauch.

Fig. 564. Daphne Mezereum. — Giftig. 1/2 nat. Gr.

15. Ordnung. Thymelaeinae.

Blüthe radiär; Perianth und Androeceum vier- bis fünfgliederig; Krone reducirt oder fehlend; ein oder zwei Staubblattkreise; Fruchtknoten mittelständig, eincarpellig mit einer Samenanlage. — Meist Holzpflanzen.

Familie ***Thymelaeaceae.*** Samenanlage hängend. Giftig die *Daphne*-Arten, von welchen nur *D. Mezereum*, Seidelbast (Fig. 564), in Mitteleuropa häufig, kleiner sommergrüner Strauch mit duftenden rosenrothen, vor den lanzettlichen Blättern im ersten Frühjahr erscheinenden trichterförmigen Blüthen und mit rothen Beeren. Officinell: Cortex Mezerei (Pharm. helv.). — Familie ***Elaeagnaceae.*** Samenanlage aufrecht. Holzgewächse mit durch Schildhaare bedingtem Metallglanz. *Hippophaë.*

16. Ordnung. Tricoccae.

Familie ***Euphorbiaceae.*** Blüthe radiär, meist eingeschlechtig; Perianth einfach oder fehlend, selten doppelt; Androeceum 1 — ∞ gliederig; Fruchtknoten oberständig, 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. 565—572).

Fig. 565. Diagramm eines Dichasialzweiges von Euphorbia mit drei Cyathien. (Nach Eichler.)

Der einzig durchgreifende Charakter der Trikokken 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 Blättern

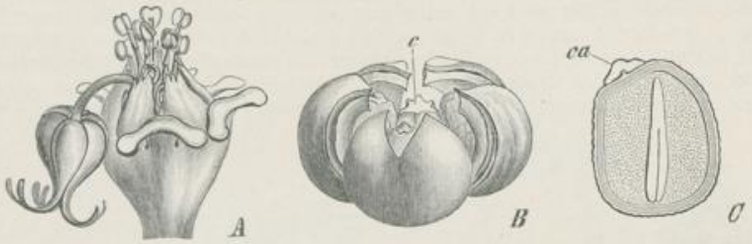


Fig. 566. Euphorbia Lathyris. *A* Cyathium. Vergr. 5. *B* Frucht, aufgesprungen, *c* Mittelsäule. Vergr. 2. *C* Same, längsdurchschnitten, der Keim im (punktirten) Endosperm eingebettet, *ca* Caruncula, stark vergrössert. (Nach BAILLON.)

oder mit Phyllocladien kommen unter ihnen vor. Die stets kleinen und unscheinbaren Blüthen zeigen ebenfalls sehr wechselnde Structur und wechselnde Zahl ihrer Glieder; sie sind manchmal zu blüthenartigen Inflorescenzen mit kronblattähnlichen 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

Fig. 567. Euphorbia cyparissias. $^2/_3$ nat. Grösse. — Giftig.

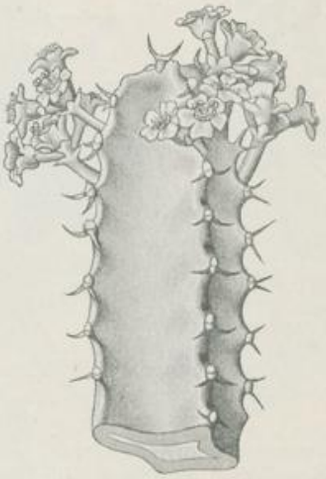


Fig. 568. Euphorbia resinifera. Natürl. Grösse. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

der grossen Mehrzahl der Euphorbiaceen. Jedoch besitzen einige Arten Beeren, Steinfrüchte oder Schliessfrüchte. Trotz dieser grossen Mannich-

faltigkeit sind die Einzelformen derartig durch Uebergänge verknüpft, dass die Familie zu den natürlichsten des Pflanzenreiches gehört.

Wichtigste Gattungen: *Euphorbia* (Fig. 565—568). Mehrere aus je einem nackten Staubblatt bestehende gestielte männliche Blüthen und eine ebenfalls nackte und gestielte weibliche Blüthe sind von einem gemeinsamen, verwachsenblätterigen, glockenförmigen Involucrum umgeben. Ein solches Gebilde wird Cyathium genannt und gleicht beinahe einer zwitterigen Blüthe, namentlich wenn die Hülle kronblattartig ausgebildet ist. Dass das Cyathium nicht eine Einzelblüthe darstellt, geht aus dem Vorhandensein einer Gliederung unterhalb eines jeden Staubgefässes und aus dem Vergleich

Fig. 569. Ricinus communis. Blüthenstand. Unt. männlich, ob. weiblich. 1/2 nat. Gr. (Nach Berg u. Schmidt.)

Fig. 570. Ricinus communis. Stark verkleinert. — Giftig und officinell. (Nach Baillon.)

mit verwandten Gattungen hervor, welche, bei sonst gleicher Structur, ein Perigon an jeder Einzelblüthe aufweisen. Die *Euphorbia*-Arten enthalten sämmtlich Milchsaft in Milchröhren (vgl. unter Giftig). *Mercurialis* (Fig. 571): Blüthen diöcisch mit grünem Perigon und zweizähligem 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, giftige 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. 567, 568) und, in weniger hohem Grade, die Arten von *Mercurialis* (Fig. 571) sind Giftpflanzen. Die Samen von *Ricinus communis* (Fig. 569, 570), jedoch nicht das aus ihnen ausgepresste Oel, enthalten ein tödtliches Gift.

Fig. 571. Mercurialis annua. *1* männl. Blüthenzweig. *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.)

Officinell: Euphorbium (Pharm. germ., austr., helv.) von *Euphorbia resinifera* (cactusähnlicher Strauch Marokkos, Fig. 568). — Cortex Cascarillae (Pharm. germ., austr., helv.) von *Croton Eluteria* (Bahamainseln). Die *Croton*-Arten sind tropische Sträucher mit monöcischen Blüthen. — Oleum Crotonis (Pharm. germ., austr., helv.) von *Croton Tiglium* (Ostindien). — Kamala (Pharm. germ., austr., helv.), die Drüsenhaare der Kapselfrucht von *Mallotus philippinensis*, einem im tropischen Ostasien


Fig. 572. Mallotus philippinensis. Zweig mit Früchten. Etwa ½ nat. Gr. — Officinell. (Aus Sadebeck, Kulturgewächse.)

und Australien verbreiteten Bäumchen (Fig. 572). — Oleum Ricini (Pharm. germ., austr., helv.), Oel aus dem Samen von *Ricinus communis*, dem Wunderbaum (Fig. 569, 570), einer viel cultivirten, bei uns einjährigen, in den Tropen baumartigen Zierpflanze, mit grossen handförmig gelappten Blättern; die Blüthenstände sind unten männlich, oben weiblich. Die Blüthen sind mit einfacher Hülle versehen, die männlichen mit baumartig verzweigten Staubblättern. Die Früchte sind dreisamige, stachelige Kapseln.

Familie ***Callitrichaceae***, kleine Wasserpflanzen mit eingeschlechtlichen, nackten Blüthen; 1 Staubblatt, 1 Fruchtblatt.

17. Ordnung. Umbelliflorae.

Blüthen radiär, selten schwach dorsiventral, im Perianth vier- bis fünfblätterig; Kelch sehr reducirt; ein Staubblattkreis; intrastaminaler Discus; Fruchtknoten unterständig, meist zweicarpellig 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 Blüthenständen.

Fig. 573. Cornus mas. *1* blühender, *3* fruchttragender Zweig. *2* Blüthe im Längsschnitt. (Nach Wossidlo.)

Durch den Bau von Blüthe und Frucht schliessen sich die Umbellifloren einerseits den 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 Blüthenständen und vegetativen Theilen. Die Bezeichnung der ganzen Ordnung bezieht sich auf das Vorherrschen der doldenartigen Verzweigung in der Blüthenregion; die Blüthenstände 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.

Familie ***Cornaceae***. Perianth und Androeceum meist vierzählig; Blumenblätter in der Knospe klappig oder dachig; Gynoeceum meist zweicarpellig mit einfachem Griffel, ein- bis vierfächerig; Steinfrucht oder Beere (Fig. 573).

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 Blüthen sind zu cymösen Trugdolden gruppirt.

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.*** Perianth und Androeceum meist fünfzählig; Blumenblätter in der Knospe klappig; Gynoeceum meist mehr als zweicarpellig, ein- oder mehrfächerig; Griffel meist frei; Steinfrucht oder Beere (Fig. 574).

Die Araliaceen sind kleine Holzgewächse mit hohlem, oder von lockerem Marke ausgefülltem, seltener massiv-holzigem Stamme, wechselständigen, scheidigen, gelappten oder zusammengesetzten Blättern und dolden- oder köpfchenartig gruppirten Blüthen, die häufig zu Gesammtrispen zusammentreten.

Die Araliaceen bewohnen vornehmlich das tropische Asien, wo sie als wenig verzweigte Bäumchen mit grossen, zertheilten Blättern und mächtigen Blüthenständen kleiner, gelblicher Blüthen einen charakteristischen Bestandtheil der Vegetation zu bilden pflegen. Bei uns nur *Hedera Helix*, der Epheu (Fig. 574), ein durch Luftwurzeln kletternder immergrüner Strauch mit ungleich gestalteten Blättern an den sterilen und den fertilen Zweigen. Die Beeren sind giftig.

Fig. 574. Hedera Helix. *1* fertiler Zweig. *2* Blatt eines sterilen Zweiges. *3* Blüthe im Längsschnitt. *4* Diagramm. *5* Frucht. *6* Same. — Giftig. (Nach Wossidlo.)

Familie ***Umbelliferae.*** Perianth und Androeceum meist fünfzählig; Blumenblätter in der Knospe gekrümmt; Gynoeceum zweicarpellig mit freien Griffeln; Spaltfrucht, meist mit Oelgängen. — Blüthen beinahe stets in Doppeldolden (Fig. 575—581).

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 Blüthen, aus welchen bräunliche gerippte, aromatische Spaltfrüchte sich entwickeln.

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. 580, 581). Vorhandensein oder Fehlen der Hüllen oder Hüllchen 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 Gesammtinflorescenzen (*Dorema*), grosse, kronenartige Hüllen (*Astrantia*, *Eryngium*). Als auffallendste Abweichung sei das Vorkommen einiger Umbelliferen mit Einzelblüthen (*Azorella*) in der südlichen temperirten Hemisphäre erwähnt. — Die Blüthen einer Dolde

Fig. 575. Cicuta virosa. 1/2 nat Gr. — Giftig.

sind meist alle radiär und zwitterig, zuweilen jedoch sind die peripherischen dorsiventral, 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 Staubblätter 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. 577) 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 Querschnitte nimmt die Frucht Scheibenform an (*Heracleum*). Seltener sind kugelige (*Coriandrum*) und doppelkugelige Gestalten (*Bifora*). — Nach ihrer Trennung pflegen die beiden Carpelle oder Mericarpien an einem gabeligen, fädigen Gebilde, dem Carpophor, hängen zu bleiben (Fig. 578 *4*), bis sie schliesslich abgestreift werden. Ein solches Carpophor

Fig. 576. Umbelliferae. Diagramm (Siler).

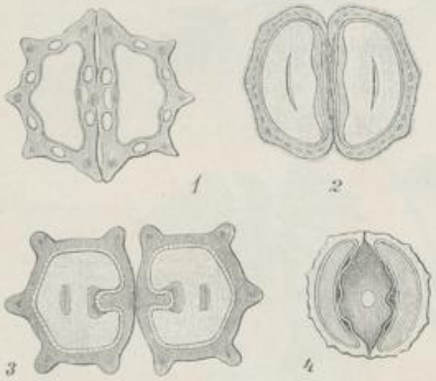


Fig. 577. Umbelliferenfrüchte im Querschnitt. *1* Foeniculum officinale. *2* Pimpinella Anisum. *3* Conium maculatum. *4* Coriandrum sativum. Vgr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 578. Carum Carvi. *1* Zweigstück mit gereiften Früchten. *2* Blüthe. *3* Blüthe im Längsschnitt. *4* Frucht. *5* Frucht im Querschnitt. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

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. 577 *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. 577 *2*), bei anderen in geringerer Anzahl als sonst auftreten (*Coriandrum*, Fig. 577 *4*) oder fehlen (*Conium*, Fig. 577 *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.

Fig. 579. Conium maculatum. 1/2 nat. Gr. — Officinell und giftig. Links: Frucht vergr. *m* Rippen, *k* Thälchen, *c* Trennungslinie, *h* Gynophor, *i* Narbe. (Nach Berg und Schmidt.)

Unterfamilien und wichtigste deutsche Gattungen: 1) *Orthospermeae*. Fugenseite des Endosperms flach oder schwach convex (Fig. 577 *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*; *Pastinaca*; *Heracleum*; *Daucus*. — 2) *Campylospermeae*, Fugenseite des

Endosperms von einer Längsrinne durchzogen (Fig. 577 *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. 577 *4*). *Coriandrum* (s. unter 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 milchsaftartige, 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.).

Fig. 580. Sium latifolium. — Giftig. 1/2 nat. Gr.

Giftig: *Conium maculatum* (Fig. 579), 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 Blüthen. 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. 575), ist ein stattliches, an Teichrändern und Gräben wachsendes Kraut mit rübenähnlichem, inwendig gekammertem, weisslichem 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 be-

Fi. 581. Aethusa Cynapium. — Giftig. 2/3 nat. Gr.

steht aus kleinen, weissen Blüthen, 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 Fruchtträgers leicht kenntlich sind, ferner *Berula angustifolia* und *Sium latifolium* (Fig. 580), welche ähnliche Standorte bewohnen, wie der Wasserschierling, mit einfach gefiederten Blättern, deren lanzettliche Blättchen scharf gesägt sind. — Viele Vergiftungen werden der Verwechslung der Petersilie mit der äusserlich ähnlichen Hundspetersilie, *Aethusa Cynapium* (Fig. 581), zugeschrieben, einem in allen Gärten häufigen Unkraut, welches sich von der Petersilie durch weisse, nicht gelbe Blüthen, durch dreiblätterige, einseitige, nicht sechs- bis achtblätterige Hüllchen und durch knoblauchartigen Geruch unterscheidet.

Officinell: *Archangelica officinalis* liefert Rad. Angelicae (Pharm. germ., austr., helv.). — *Levisticum officinale:* Rad. Levistici (Pharm. germ., helv.). — *Pimpinella magna* und *P. Saxifraga:* Rad. Pimpinellae (id.). — *Imperatoria Ostruthium:* Rhizoma Imperatoriae (Pharm. helv.). — *Pimpinella Anisum:* Fructus Anisi (Pharm. germ., austr., helv.), Oleum Anisi (Anethol) (id.). — *Foeniculum capillaceum:* Fruct. Foeniculi und Oleum Foeniculi (id.). — *Carum Carvi:* Fruct. Carvi und Oleum Carvi (id.). — *Coriandrum sativum:* Fruct. Coriandri (Pharm. austr.). — *Petroselinum sativum:* Fruct. Petroselini (Pharm. helv.). — *Conium maculatum:* Herba Conii (Pharm. germ., austr.), Fructus Conii (Pharm. helv.). — *Dorema Ammoniacum* (Persien): Ammoniacum (Pharm. germ., austr.). — *Ferula galbaniflua* und andere Arten (Persien): Galbanum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Ferula Narthex* (Tibet) und *F. Asa foetida* (Persien): Asa foetida (id.).

18. Ordnung. Saxifraginae.

Blüthe radiär, im Perianth und Androeceum fünfzählig; Androeceum meist obdiplostemon; Carpelle ober-, mittel- oder unterständig, 2—5, frei oder verwachsen; Samen meist mit Nährgewebe.

Fig. 582. Sedum Telephium. Vergr. 4. *a* Blüthe. *b* Blüthe im Längsschnitte.

Die Ordnung der Saxifraginen ist eine überaus vielgestaltige und schwer zu charakterisirende; 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.*** Blüthe zwitterig, mit Kelch und Krone, nach wechselnden Zahlverhältnissen, obdiplostemon oder haplostemon; Carpelle ober- oder mittelständig, frei oder wenig verwachsen, am Grunde mit drüsigen Schüppchen (Discus); Kapsel mit zahlreichen, kleinen, endospermarmen Samen. — Succulente Kräuter und Halbsträucher (Fig. 582).

Die Crassulaceen sind an ihren fleischigen, ungetheilten Blättern, als beinahe einzige Vertreter der Succulenten in der heimischen Flora leicht kenntlich; ihre Blüthen sind zu vielgliederigen cymösen Blüthenständen gruppirt, meist lebhaft gelb oder röthlich gefärbt.

Deutsche Gattungen sind *Sedum* (Blüthe fünfzählig), *Sempervivum* (Blüthe 6- bis ∞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.*** Blüthe zwitterig, mit Kelch und Krone, obdiplostemon oder haplostemon; Carpelle meist zwei, mittel- oder unterständig, ganz oder am Grunde verwachsen, ohne Schüppchen; Kapsel oder Beere mit zahlreichen, kleinen, endospermreichen Samen (Fig. 583).

Die Saxifragaceen sind Kräuter und Holzgewächse von äusserst verschiedenartiger Tracht; die Blüthen sind klein bis höchstens mittelgross, in Inflorescenzen gruppirt.

Deutsche Gattungen: Mit Kapselfrüchten: *Saxifraga* (krautig, mit Perianth und Androeceum, fünfgliederig); *Chrysosplenium* (krautig, kronenlos, viergliederig); *Parnassia* (krautig mit verzweigten Staminodien). Mit Beerenfrüchten: *Ribes*, Sträucher mit traubigen Blüthenständen.

Geographische Verbreitung. Die meisten Arten sind Bewohner der temperirten Zonen, relativ viele auch der kalten. Bei uns ist die Gattung *Saxifraga*, Steinbrech, auf den Geröllen 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.

Fig. 583. Ribes Grossularia. *2* Blüthe, längsdurchschnitten. *3* Frucht, Querschnitt. *4* Samen, Längsschnitt. (Nach Wossidlo.)

Officinell: Syrupus Ribium von *Ribes rubrum* (Pharm. austr.).

Den Saxifragaceen schliessen sich enge an die ***Hamamelidaceae,*** subtropische Holzgewächse mit apetalen Blüthen. — Officinell: *Liquidambar orientalis* (Kleinasien) liefert als Ausfluss der Balsamgänge der Rinde: Styrax liquidus (Pharm. germ., austr., helv.).

Familie ***Platanaceae.*** Blüthen monöcisch, mit rudimentärem Perianth; die männlichen mit reducirtem Androeceum, die weiblichen mit mittelständigen 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 Blüthen, aus welchen sich Nüsschen entwickeln.

19. Ordnung. Rosiflorae.

Einzige Familie: ***Rosaceae.*** Blüthe beinahe stets radiär; Perianth meist fünfzählig; Staubblätter gewöhnlich zahlreicher als die Perianthblätter; Carpelle wenn mittelständig ganz, wenn unterständig oberwärts frei; Same ohne Nährgewebe. Blätter wechselständig mit Nebenblättern (Fig. 584—591).

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. 589), deren Blüthe sich aus fünf fünfzähligen Quirlen aufbaut; charakteristisch ist vielmehr für die grosse Mehrzahl der Arten eine hochgradige, auf Spal-

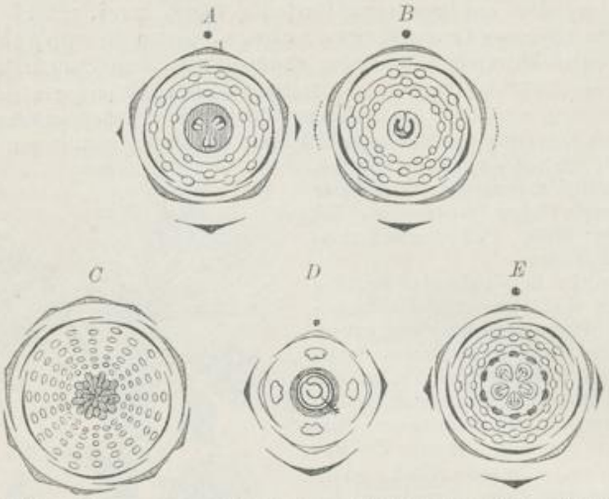


Fig. 584. Blüthendiagramme von Rosaceen. *A* Sorbus domestica. *B* Prunus Padus. *C* Rosa tomentosa. *D* Sanguisorba officinalis. *E* Spiraea hypericifolia. (Nach Eichler.)

tung der Quirle und der Einzelglieder des Androeceum zurückzuführende Vermehrung der Staubblätter. 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 den vielen vollkommen in sich geschlossenen Fruchtknoten (Fig. 584 *C*). Derartige polyandrische und viel-

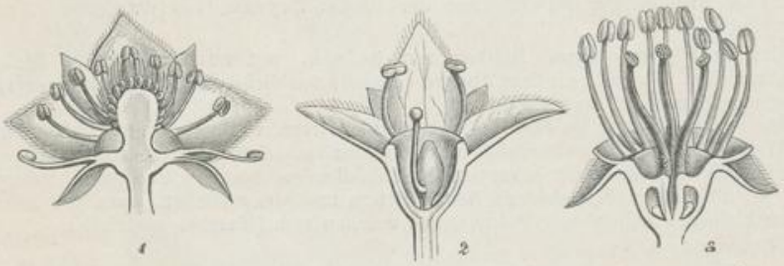


Fig. 585. Ausbildung des Receptaculum bei den Rosaceen. *1* Comarum palustre. *2* Alchemilla alpina. *3* Pirus malus. (Nach Focke, in Natürl. Pflanzenfam.)

gliederig apocarpische Blüthen haben wir bereits bei den Ranunculaceen kennen gelernt, wo sie sich von denjenigen der Rosaceen durch oberständige Fruchtknoten und spiraligen Aufbau unterscheiden. — Andererseits zeigen sich bei den Rosaceen, jedoch weniger häufig, reducirte Blüthenformen. So fehlt bei *Alchemilla* und Verwandten der innere Perianthkreis (Fig. 584 *D*);

das Androeceum ist nicht selten auf einen Wirtel, bei *Alchemilla arvensis* sogar auf ein einziges Staubblatt reducirt, und das Gynoeceum ist bei den Prunoideen von einem einzigen Carpell gebildet. Derartige reducirte Blüthen 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 Blüthenachse grosse Bedeutung (Fig. 585). Im einfachsten Falle ist der Achsenbecher schüsselförmig, wie bei manchen *Potentilla*-Arten, und trägt am Rande die Perianth- und Staubblätter, in der Mitte die Carpide. In anderen Fällen, wie bei der Erdbeere und der Himbeere, erhebt sich die Mitte des Blüthenbodens zu einem die Carpelle tragenden Kegel (*1*). Bei anderen noch ist er stark concav, z. B. becherartig bei *Prunus* und *Alchemilla* (*2*), krugförmig bei *Rosa* (Fig. 411). Die Rosaceen-Blüthen mit unterständigem Fruchtknoten, z. B. diejenigen des Apfels (*3*), unterscheiden sich von denen mit mittelständigem Fruchtknoten nur durch die Verwachsung des Achsenbechers mit den Carpellen.

Die Früchte der Rosaceen sind sehr verschiedenartig, theils

Fig. 586. Pirus communis. *1* blühender Zweig. *2* Blüthe, halbirt. *3* Frucht, halbirt. *4* Diagramm. (Nach Wossidlo.)

Fig. 587. Rubus fruticosus. *1* blühender Zweig. *2* Blüthe im Längsschnitt. *3* Frucht. *4* Diagramm. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

trocken, theils saftig. Bezeichnet man, einer gebräuchlichen 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 als Frucht das bezeichnet, was aus einer Blüthe hervorgeht, kann auch der Achsenbecher, da er 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 Frucht u. s. w. bezeichnen. Andere Rosaceen-Früchte sind kapselartig, wie bei *Spiraea*, nussartig, wie bei *Poterium*.

Fig. 588. Prunus Cerasus. *1* Zweigstück mit Blüthendolde. *2* Blüthe, halbirt. *3* Frucht, halbirt. (Nach Wossidlo.)

Die Rosaceen sind Kräuter oder, häufiger, Holzgewächse mit meist ansehnlichen Blüthen. 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.

Fig. 589. Quillaja Saponaria. — Officinell. (Nach Schumann und Arthur Meyer.)

Deutsche Unterfamilien und wichtigere Gattungen: 1) *Pomoideae* (Fig. 586), Fruchtknoten unterständig, Steinfrucht a) Carpelle in der Frucht pergamentartig: *Pirus* (incl. *Sorbus*) mit je zwei, *Cydonia* mit ∞ Samenanlagen. b) Carpelle in der Frucht steinhart: *Mespilus; Crataegus.* 2) *Rosoideae* (Fig. 584 *C, D*), Fruchtknoten mittelständig; der Achsenbecher umschliesst in der Frucht die Carpelle. a) der Achsenbecher der Frucht hart, Blüthe klein, kronenlos, viergliederig. *Poterium*, Blüthe polygam, in Köpfchen; *Sanguisorba*, ähnlich, aber Blüthe zwitterig; *Alchemilla*, mit Aussenkelch. b) Blütenboden wie a, Blüthe mit Krone, fünfgliederig. *Agrimonia; Hagenia* (s. u. Officinell). c) Achsenbecher fleischig, Blüthe mit Krone. *Rosa.* 3) *Ruboideae* (Fig. 587). Fruchtknoten mittelständig, Achsenbecher flach oder convex, mit zahlreichen, bei der Reife nicht aufspringenden Carpellen. *Potentilla*, mit trockener Frucht; *Fragaria*, mit in der Reife fleischigem Achsenbecher und trockenen Carpellen; *Rubus*, Carpelle steinfruchtartig. 4) *Spiraeoideae* (Fig. 584 *E*), Achsenbecher hohl; wenige Carpelle, mittelständig, in der Reife kapselartig, mehrsamig. *Spiraea; Quillaja* (s. u. Officinell). 5) *Prunoideae* (Fig. 584 *B*, 588). Ein mittel-

ständiges Carpell; Steinfrucht. *Prunus.* 6) *Chrysobalanoideae.* Blüthe häufig dorsiventral.

Geographische Verbreitung. Die Rosaceen sind auf der ganzen Welt verbreitet, jedoch mit Bevorzugung der temperirten Zonen; sie kommen in den Tropen,

Fig. 590. Hagenia abyssinica. *1* Blüthe, *e* Aussenkelch, *f* Kelch, *g* Corolle. Vergr. 4. *2* Frucht mit vergrössertem Aussenkelch. Nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 591. Hagenia abyssinica. Zweigstück mit Blüthenstand. 1/2 nat Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

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.

Giftig: Die Samen vieler Rosaceen sind amygdalinhaltig, jedoch nicht hinreichend, um frisch genossen durch die entstehende Blausäure giftig zu wirken; letzteres ist jedoch bei Pressrückständen, z. B. von bitteren Mandeln, häufig der Fall. Die Blätter des Kirschlorbeers, *Prunus Laurocerasus*, können ebenfalls Vergiftungen hervorrufen.

Officinell: *Cydonia vulgaris* liefert Semen Cydoniae und Mucilago Cydoniae (Pharm. austr., helv.). — *Hagenia abyssinica* (diöcischer Baum Abessiniens, dessen grünliche weibliche Blüthen mit einem Aussenkelch versehen sind, welcher, sammt dem Kelch, nach der Befruchtung rothe Farbe annimmt) liefert Flores Koso (Pharm. germ., austr., helv., Fig. 590, 591). — *Rosa centifolia:* Flores Rosae (Pharm. germ., austr., helv.); dieselbe und andere Arten: Ol. Rosae (ibid.). — *Rubus idaeus:* Syrupus R. idaei (Pharm. austr., helv.). — *Prunus Amygdalus:* Amygdalae dulces u. A. amarae, Oleum Amygdalarum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Pr. domestica:* Pulpa prunorum (Pharm. austr.). — *Pr. Laurocerasus:* Aqua Laurocerasi (Pharm. austr., helv.). — *Pr. Cerasus:* Syrupus Cerasorum. — *Quillaja Saponaria* (immergrüner, diöcischer Baum in Chile und Peru, Fig. 589): Cortex Quillajae (Pharm. germ.). — *Spiraea Ulmaria:* Flos Spiraeae (Pharm. helv.). — *Rubus fruticosus:* Folium Rubi fruticosi (Pharm. helv.). — *Potentilla Tormentilla:* Rhizoma Tormentillae (Pharm. helv.).

20. Ordnung. Leguminosae.

Blüthe radiär oder häufiger dorsiventral; Perianth meist fünfzählig, medianes Kelchblatt nach vorne gewendet; Androeceum zehngliederig, selten ∞gliederig oder reducirt; ein oberständiges oder undeutlich mittelständiges Carpell, mit meist mehreren zweireihig an der Bauchnaht befestigten Samenanlagen; Frucht meist eine Hülse. Nährgewebe spärlich oder fehlend. Blätter meist zusammengesetzt, mit Nebenblättern.

Die Leguminosen mit radiären Blüthen schliessen sich den Rosaceen mit einem Carpell häufig nahe an, unterscheiden sich jedoch stets durch die fehlende oder sehr schwache Erbreiterung des Blüthenbodens und durch die Frucht.

Die Plastik der Blüthe ist bei den Leguminosen ebenso verschiedenartig wie bei den Rosifloren. Die Mimosaceen haben radiäre Blüthen, die Caesalpiniaceen bald nahezu radiäre, bald stärker dorsiventrale, die durch allmähliche Uebergänge zu der hochgradigen Dorsiventralität und Schmetterlingsform der Papilionaceen-Blüthe führen. Diese Unterschiede sind in erster Linie durch die Mannichfaltigkeit in der Ausbildung der Krone, 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 Blüthenachse und Gynoeceum, deren verschiedenartige Ausbildung in so hervorragender Weise die Mannichfaltigkeit der Blüthen in der Nachbarordnung der Rosifloren mit bedingt, bei den Leguminosen sehr gleichmässig ausgebildet, erstere für die Plastik der Blüthen ohne Bedeutung, letzteres mit sehr seltenen Ausnahmen, wo ein aus mehreren freien Carpellen bestehendes Gynoeceum vorliegt, von einem einzigen Fruchtblatte gebildet.

Im Gegensatz zu ihren Blüthen 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 Blüthenstände sind beinahe stets traubig: Trauben, Aehren oder Köpfchen, mit ausschliesslich seitlichen Blüthen. Die Blätter sind zerstreut,

Fig. 592. Acacia Catechu. 1/2 nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

meist zusammengesetzt, einfach oder doppelt gefiedert, mit ganzrandigen oder schwach gezähnten, niemals tiefer gelappten oder zerschlitzten Blättchen. Einfache Blätter sind relativ selten und meist klein.

Wie die Mehrzahl der sehr natürlichen Ordnungen ist auch diejenige der 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.*** Blüthe radiär, bald kronenlos, bald mit in der Knospe klappiger Krone; Androeceum halb-, voll- oder überzählig, meist freiblätterig; Keim gerade (Fig. 592—595).

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 lebhafte, meist gelbe Färbung wesentlich durch die das unscheinbare Perianth weit überragenden Staubblätter bedingt ist. — Die wichtigsten Gattungen sind *Acacia* und *Mimosa*. Sie gehen der europäischen Flora ganz ab, bilden hingegen einen wesentlichen Bestandtheil

Fig. 593. Acacia Senegal. Blühender Zweig. Nat. Gr. — Officinell. (Nach A. MEYER und SCHUMANN.)

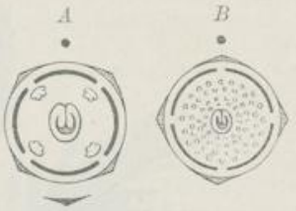


Fig. 594. Blüthendiagramme von Mimosaceen. *A* von Mimosa pudica, *B* von Acacia lophantha. (Nach EICHLER.)

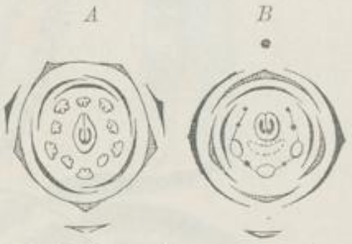


Fig. 595. Blüthendiagramme von Caesalpiniaceen. *A* von Cercis siliquastrum, *B* von Tamarindus indica. (Nach EICHLER.)

tropischer Landschaften, wo die bei uns in Gewächshäusern cultivirte Sinnpflanze, *Mimosa pudica*, als lästiges, werthloses Feldunkraut selten fehlt. Eine noch grössere Rolle spielen die Mimosaceen in Neuholland, wo ihre Phyllodien tragenden Formen nebst Eucalypten die Hauptmasse der Holzvegetation bilden, und, als dornige Holzpflanzen, in den trockenen Gebieten Afrikas. In den Mittelmeerländern werden Acacien als Zierpflanzen viel cultivirt.

Officinell: Durch Desorganisation des Stammparenchyms liefert *Acacia Senegal* (Strauch der Nilländer und Senegal) u. a. Arten: Gummi arabicum (Pharm. germ., austr., helv.), das aus Wunden als dicke Flüssigkeit herausfliesst und erhärtet (Fig. 593). — Catechu (Pharm. germ., austr., helv.) ist ein Decoct aus dem Kernholze von *Acacia Catechu* (Fig. 592) und *Ac. Suma* (ostindische Bäume).

Familie ***Caesalpiniaceae.*** Blüthe mehr oder weniger dorsiventral, bald kronenlos, bald mit in der Knospe dachig aufsteigender, nicht oder unvollkommen schmetterlingsförmiger Krone; Androe-

Fig. 596. Krameria triandra. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 597. Cassia acutifolia. Blatt und Blüthentraube. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 598. Tamarindus indica. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

ceum meist freiblätterig, häufig reducirt. Keim gerade (Fig. 596—600).

Die Caesalpiniaceen sind Sträucher und Bäume, mit im Gegensatz zu den Papilionaceen oft doppeltgefiederten Blättern, und bald kleinen, unscheinbaren, bald ansehnlichen bis prachtvollen Blüthen. Ihre Krone ist überaus mannichfach gestaltet, bald radiär, bald ausgesprochen dorsiventral, aber sehr selten schmetterlingsförmig und derjenigen der Papilionaceen unvollkommen ähnlich, wie bei *Cercis Siliquastrum*. Die Caesalpiniaceen (grösste Gattung *Cassia*) sind beinahe sämmtlich Bewohner der heissen Zone, wo

Fig. 599. Copaifera Langsdorffii. 1/2 nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 600. Tamarindus indica. Frucht im Längsschnitt. *M* das fleischige Mesocarp. — Officinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

sie theils die Wälder, theils lichte Landschaften bewohnen und manchmal durch unvergleichliche Blüthenpracht 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 Blüthen aus der Astrinde entspringen (Cauliflorie), und die unscheinbar blühende dornige *Gleditschia triacanthos* aus Nordamerika.

Officinell: Folia Sennae (Pharm. austr., germ., helv.), Fiederblättchen von *C. angustifolia* (tropisches Ostafrika und Arabien); Pharm. austr. und helv. lassen auch Fol.

S. Alexandrinae von *C. acutifolia* (Fig. 597) zu. Die officinellen *Cassia*-Arten sind Sträucher mit gelben Blüthentrauben (Fig. 597). — *Cassia obovata* (Aegypten): Fructus Sennae (Pharm. helv.). — *Cassia Fistula* (Trop. Amerika): Fructus Cassiae Fistulae (Pharm. austr., helv.) und Pulpa Cassiae fist. (Pharm. austr.). — *Copaifera guyanensis*

Fig. 601. Blüthendiagramme von Papilionaceen. *A* von Vicia Faba. *B* von Cytisus Laburnum. (Nach EICHLER.)

Fig. 603. Toluifera Pereirae. Anomale Papilionaceenblüthe. Ein grosses Blumenblatt (Fahne), die anderen schmal. Staubgefässe nur an der Basis verwachsen. -- Officinell. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 604. Coronilla varia. Nat. Gr. — Giftig.

Fig. 602. 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.)

u. a. A. (Fig. 599) (Bäume im tropischen Amerika) enthalten in Balsamgängen des Holzes: Balsamum Copaïvae (Pharm. germ., austr., helv.). — Rad. Ratanhiae (Pharm. germ., austr., helv.) von *Krameria triandra* (Strauch der Cordilleren, Fig. 596). — Lignum Haematoxyli (Pharm. austr.) Kernholz von *Haematoxylon campechianum* Südamerika). — Pulpa Tamarindorum (Pharm. germ., austr., helv.) aus dem mus-

artigen Mesocarp der Frucht von *Tamarindus indica* in O.-Afrika heimisch, cultivirt in den Tropen, Fig. 598, 600).

Familie ***Papilionaceae.*** Blüthe stark dorsiventral mit schmetterlingsförmiger, in der Knospe dachig absteigender Krone; Androceum stets aus zwei Kreisen, Staubfäden verwachsen oder meist die

Fig. 605. Glycyrrhiza glabra. 1/2 nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

neun vorderen Staubfäden verwachsen, das hinterste frei; Keim gekrümmt (Fig. 601—608).

Die Papilionaceen sind theils Kräuter, theils Holzgewächse; viele klettern als Windepflanzen oder mit Hülfe von Ranken. Die Blätter sind gewöhnlich unpaarig gefiedert, die Blüthen meist traubig, seltener kopfig gruppirt, verschieden gross und dank der Schmetterlingsform der Krone von sehr charakteristischem Aussehen, ausser bei *Toluifera* und einigen anderen Gattungen mit abweichender Kronenform, die den Uebergang zu den Caesalpiniaceen

Fig. 606. Astragalus gummifer ½ nat. Gr. — Officinell. (Nach SCHUMANN und ARTHUR MEYER.)

Fig. 607. Cytisus Laburnum. Blühender Zweig und junge Hülsen. ⅜ nat. Gr. — Giftig.

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. 602). 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

Fig. 608. Myroxylon Pereirae. 1/2 nat. Gr. — Officinell.
(Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

ist meist nach aufwärts gekrümmt. Die Verwachsung der Staubfäden erstreckt sich gewöhnlich nicht auf ihre ganze Länge, vielmehr sind ihre oberen Enden meist frei. Ganz freie Staubfäden besitzen nur einige abweichende Gattungen, wie *Toluifera*. — Die Hülse hat meist eine pergamentartige Schale; Schliessfrüchte sind selten, Saftfrüchte fehlen.

Deutsche Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Genistoideae*. Blätter ganzrandig, einfach oder gefiedert, Staubfäden meist vereint. *Lupinus* und *Cytisus* (s. u. Giftig); *Genista*. 2) *Trifolioideae*. Blätter meist gefiedert mit gezähnten Blättchen; Schliessfrucht. *Trifolium*, mit bleibendem 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 Staubfäden. 3) *Lotoideae. Anthyllis; Lotus.* 4) *Galegoideae.* Blätter unpaarig gefiedert. *Astragalus*, mit durch falsche Scheidewand unvollkommen zweifächeriger Frucht; *Robinia.* 5) *Hedysaroideae. Coronilla.* 6) *Vicioideae.* Blätter paarig gefiedert, oft mit Endranken. *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 sämmtlichen 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 strauchigen Arten von *Astragalus*, die das Traganthgummi liefern (Fig. 606). Dieselben besitzen paarig gefiederte Blätter, die beim Absterben ihre Blättchen abwerfen, während die Mittelrippen als dornartige Gebilde von beträchtlicher Länge am Stamme verbleiben. Das Gummi entsteht durch Desorganisation des Stammparenchyms 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; *Lupinus albus* und *luteus*, Lupine; *Dolichos Soya*, Sojabohne; *Indigofera*-Arten, Indigo (Tropen).

Giftig: Durch hochgradige Giftigkeit ist unter den einheimischen Papilionaceen nur *Cytisus Laburnum* (Fig. 607), der in den Alpen wildwachsende und in allen Gärten cultivirte sogen. Goldregen, ein Bäumchen mit gedreiten Blättern, grossen gelben Blüthen in Trauben und mehrsamigen Hülsen, ausgezeichnet. Auch die übrigen Arten der Gattung, wie *C. alpinus, C. purpureus* (rothblüthig), *C. Weldini, C. biflorus* sind giftig: sie sind indess sowohl im wildwachsenden, als im cultivirten Zustande weit seltener als der Goldregen. — Als giftig gelten auch *Coronilla varia* (Fig. 604), ein wildwachsendes Kraut mit rosenrothen Blüthendolden und die blau blühende Glycine unserer Gärten, *Wistaria sinensis.*

Officinell: *Astragalus*-Arten (s. u. Geographische Verbreitung) liefern Tragacantha (Pharm. germ., helv.). — *Glycyrrhiza glabra* (südeuropäische Staude, Fig. 605) in ihren Wurzeln und Ausläufern: Rad. Liquiritiae (Pharm. germ., austr., helv.). — *Melilotus officinalis:* Herba Meliloti, Steinklee (Pharm. germ., austr.). — *Trigonella Foenum graecum:* Semen Foenugraeci, Bockshornsamen (Pharm. germ., helv.). — *Ononis spinosa:* Rad. Ononidis (Pharm. germ., austr., helv.). — *Spartium scoparium:* Sparteinum (Pharm. helv.). — *Physostigma venenosum* (Westafrika, bohnenähnliche Schlingpflanze), das aus seinen Samen (Semen Calabar) dargestellte Alkaloid: Physostigminum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Andira Araroba*, ein brasilianischer Baum, enthält in seinem Stamme als pulverige Excretmasse: Chrysarobinum s. Araroba (Pharm. germ., austr., helv.). — *Pterocarpus santalinus*, ein ostindischer Baum, liefert in seinem Kernholze Lignum Santali rubrum (Pharm. austr.). — *Pterocarpus marsupium*, ein ostindischer Baum, in seinem eingetrockneten Safte: Kino (Pharm. helv.). — *Myrxoylon Toluifera* (= *Toluifera Balsamum*), ein südamerikanischer Baum, enthält in Balsamgängen der Rinde: Balsamum tolutanum (Pharm. germ., austr., helv.); *M. Pereirae* (= *Toluifera Pereira*) San Salvador, Fig. 608): Balsamum peruvianum (id.).

21. Ordnung. Myrtiflorae.

Blüthen meist radiär; Perianth meist vierzählig; Androeceum verschiedenartig; Fruchtknoten mittel- oder unterständig, aus völlig verwachsenen Carpellen zusammengesetzt, 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 radiäre Blüthen bei mittel- oder unterständigem Fruchtknoten und die Neigung, durch Spaltung die Blüthenglieder zu vermehren; bei beiden findet letztere hauptsächlich im Androeceum statt, welches dadurch bei der Mehrzahl der Myrtifloren, wie bei den meisten Rosifloren, vielgliederig geworden ist. Der wichtigste Unterschied im Blüthenbau 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 abweichenden 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.

Fig. 609. Diagramm von Oenothera (Onagraceae).

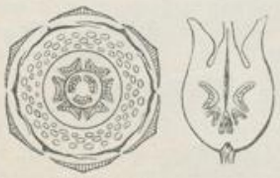


Fig. 611. *A* Blüthendiagramme von Punica granatum, *B* Längsschnitt durch Fruchtknoten und Kelch. (Nach EICHLER.)

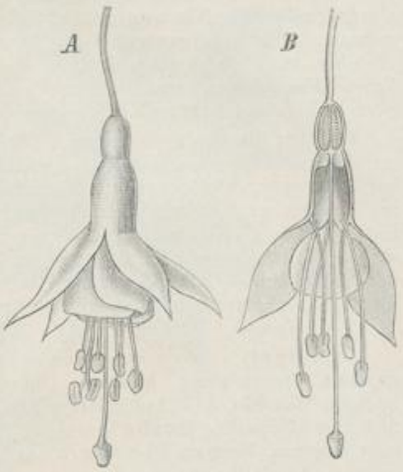


Fig. 610. Fuchsia globosa, Blüthe. Nat. Gr.

Familie ***Onagraceae.*** Blüthen radiär, durchweg vierzählig, Androeceum obdiplostemon, Gynoeceum unterständig (Fig. 609, 610).

Die Onagraceen sind Kräuter und Sträucher, deren meist ansehnliche Blüthen vielfach einen röhrenförmig verlängerten Achsenbecher besitzen. Die Früchte sind trocken oder saftig, vielsamig.

Wichtigste Gattungen: *Epilobium*, hat Kapselfrucht, mit langhaarigen Samen; *Circaea*, mit zweizähligen Blüthen und Nuss; *Trapa*, Wassernuss; *Oenothera*; *Fuchsia*, mit kronähnlichem Kelch und röhrenförmigem Achsenbecher, 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 Blüthen ausgezeichnete Arten von *Oenothera* aus Nordamerika vertreten. — Fuchsien sind beliebte Zierpflanzen.

Familie ***Lythraceae.*** Blüthe sechszählig. Fruchtknoten mittelständig. *Lythrum.* — Familie ***Haloragidaceae.*** Wasserpflanzen mit kleinen einfachen Blüthen. *Myriophyllum*, *Hippuris.*

Familie ***Punicaceae.*** Einzige Gattung *Punica*, mit zwei Arten. *Punica granatum.*

Fig. 612. Punica granatum. 1/2 nat. Gr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 613. Eugenia aromatica. 2/3 nat. Gr. Links: Blüthenknospe im Längsschnitt, vergr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

der Granatbaum (Fig. 611, 612), ist ein im Orient heimisches, in den Mittelmeerländern cultivirtes Bäumchen mit zerstreuten, ganzrandigen Blättern. Die 5—8 Blüthenblätter auf rothem, fleischigem Achsenbecher stehend; ebenso viele derbhäutige Kelchblätter; zahlreiche Staubgefässe; zahlreiche, in zwei Stockwerke geordnete, unterständige, verwachsene Carpelle. Die Frucht ist apfelähnlich, vom Kelche gekrönt und von zahlreichen Samen ausgefüllt, deren saftige Hüllen den geniessbaren Bestandtheil darstellen. — Officinell: *Punica Granatum*, liefert Cort. Granati (Pharm. germ., austr., helv.).

Familie ***Myrtaceae.*** Blüthen radiär, im Perianth vier- oder fünfzählig, mit meist zahlreichen Staubblättern; Fruchtknoten unterständig. Immergrüne Holzgewächse mit ätherischen Oelen (Fig. 613, 614).

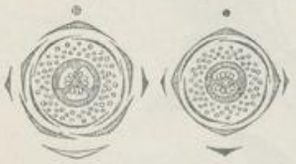


Fig. 614. Blüthendiagramme von Myrtaceen. *A* von Myrtus communis, *B* von Eugenia aromatica. (Nach Eichler.)

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 Krone versehenen Blüthen sind oft sehr ansehnlich, einzeln oder zu mehreren gruppirt. Die Krone ist meist weiss, zuweilen reducirt, in welchem Falle die Staubblätter als Schauapparat wirken und dementsprechend eine lebhafte, meist rothe Färbung haben. Einige Arten besitzen ein haplo- oder obdiplostemones Androeceum und aus einem ebensolchen hat sich, wie Zwischenstufen zeigen, durch Spaltung der Anlagen die Vielzahl der Staubblätter bei den 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 Sequoien noch überragenden — *Eucalyptus*-Bäume aufzuweisen hat. Gegenwärtig werden Eucalypten wegen ihres erstaunlich raschen Wachsthums und ihrer bodentrocknenden und daher luftreinigenden Eigenschaften in allen wärmeren, namentlich ungesunden, sumpfigen Gegenden angepflanzt. — Manche haben wohlschmeckende Früchte, z. B. *Psidium Guava*, das die Guava oder Goyaba liefert. Andere liefern Gewürze, z. B. *Eugenia aromatica*, die Gewürznelken (s. u. Officinell), und *Eugenia Pimenta*, in ihren Früchten den Piment oder Nelkenpfeffer.

Officinell: *Eugenia aromatica* (= *Caryophyllus aromaticus*) (Fig. 613), ein auf den Molukken wildwachsendes, in den meisten Tropenländern cultivirtes Bäumchen, liefert in ihren Blüthenknospen die Gewürznelken: Caryophylli, ferner Oleum Caryophyllorum, Nelkenöl (Pharm. germ., austr., helv.). Der Stiel der Nelke ist der Achsenbecher. *Eucalyptus globulus* (Australien, cult. in Südeuropa): Folium Eucalypti (Pharm. helv.). — *Melaleuca Leucadodendron* (Australien, Trop. Asien): Oleum Cajuputi (Pharm. helv.).

22. Ordnung. Hysterophyta.

Provisorische, hauptsächlich von Schmarotzerpflanzen gebildete Gruppe. Blüthen mit einfachem oder doppeltem Perigon und unterständigem Fruchtknoten.

Familie ***Aristolochiaceae.*** Blüthen radiär oder meist dorsiventral mit einfachem, kronartigem, dreizähligem, verwachsenblätterigem 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. 615).

Vorwiegend tropische Familie. Bei uns nur: *Asarum europaeum* (Fig. 615), mit braunem, radiärem Perigon und freien Staubgefässen, und *Aristolochia Clematitis*, eine stattliche Staude mit gelblichem dorsiventralem Perigon und Gynostemium. — *Aristolochia sipho* wird häufig in Gärten angepflanzt.

Familie ***Rafflesiaceae*** 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 ca. 1 m Durchmesser.

Fig. 615. Asarum europaeum. *1* blühender Spross. *2* Blüthe, längsgeschnitten. *3* Diagramm. (Nach Wossidlo.)

Fig. 616. Viscum album. *1* weiblicher Sprosstheil mit Blüthen und Früchten. *2* Blüthenbüschel. *3* männliche Blüthe. *4* Blüthe, längsdurchschnitten. *5* Frucht, längsdurchschnitten. — Giftig. (Nach Wossidlo.)

Familie ***Santalaceae.*** Belaubte schmarotzende Bodenpflanzen. Vorwiegend tropische Familie. Die deutsche Flora besitzt nur einige *Thesium*-Arten.

Officinell: *Santalum album*, ein ostindischer Baum, liefert: Oleum Santali (Pharm. germ., austr., helv.). Das Oel wird aus dem in der Kunsttischlerei sehr geschätzten Holze (Sandelholz) gewonnen.

Familie ***Loranthaceae***[34]. Auf Baumästen schmarotzende belaubte Sträucher (Fig. 616). Vorwiegend tropisch, sind dieselben, ausser durch den seltenen, auf Eichen schmarotzenden *Loranthus europaeus*, 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 diöcischer Strauch entspringt. Verborgen zwischen Rinde und Holz des Nährastes befindet sich der aus wurzelartigen Strängen bestehende Saugapparat. Die im Frühjahr sich öffnende Blüthe hat ein 4 gliederiges grünliches Perigon, welchem die durch Poren aufspringenden Antheren angewachsen sind. In der weiblichen Blüthe fehlt die Gliederung in Placenta und Samenanlage. Die weisse Beere wird von Vögel verzehrt, welche das klebrige

Endocarp von ihrem Schnabel auf der Rinde auch anderer Bäume abstreifen und auf diese Weise die Pflanze verbreiten.

Giftig: Die Beeren von *Viscum album* haben häufig bei Kindern Vergiftungserscheinungen hervorgerufen.

2. Gruppe. Sympetalae.

Perianth in Kelch und Krone geschieden mit beinahe stets verwachsenblätteriger Krone.

Die Blüthen der Sympetalen sind stets wirtelig, in der Mehrzahl der Fälle nach dem Typus K 5, C(5), A 5, G(2) gebaut oder von demselben abgeleitet. Die Staubblätter sind meist der Krone angewachsen. Die Zweizahl der Carpelle ist auf Reduction von der Fünfzahl aufzufassen und letztere noch zuweilen vorhanden.

1. Ordnung. Ericinae.

Blüthen radiär, nach der Formel K n, C n, A 2n, G(n), wobei n meist = 5; Krone zuweilen freiblätterig; Androeceum obdiplostemon, der Krone nicht angewachsen; Pollen meist in Tetraden; Fruchtknoten meist oberständig, gefächert. — Blätter nadelförmig oder lanzettlich.

Die Ericinen schliessen sich, unter allen Sympetalen, den Choripetalen am nächsten an, namentlich durch die nicht seltene Freiblätterigkeit der Kronenblätter und die Insertion der Staubblätter auf dem Blüthenboden. Sie bilden eine sehr natürliche Gruppe, deren Gleichartigkeit sich nicht bloss im Blüthenbau, sondern auch in den vegetativen Organen kundgiebt. Sie bilden meist niedrige kleine Büsche; die Blätter sind meist klein und ganzrandig, gewöhnlich lederartig und immergrün. Die stets auf Insectenbestäubung eingerichteten Blüthen sind häufig klein, aber dann zu ansehnlichen, meist carminrothen oder weissen Trauben gruppirt. Die Samen sind sehr klein.

Fig. 617. Diagramm von Vaccinium (Ericaceae).

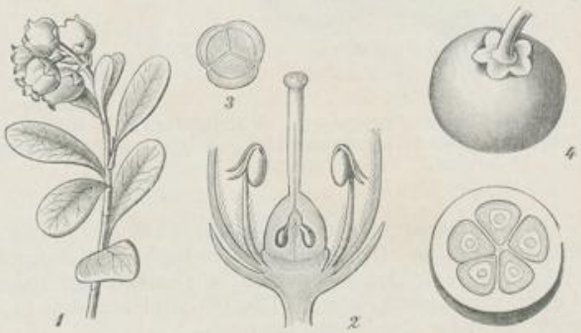


Fig. 618. Arctostaphylos Uva ursi. *1* blühender Zweig. *2* Blüthe im Längsschnitt. *3* Pollenkörner. *4* Frucht, vergr. *5* Frucht, quergeschnitten, vergr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Familie ***Ericaceae.*** Krone meist verwachsenblätterig; Staubfäden frei; Anthere mit Poren oder kurzen Spalten sich öffnend; Fruchtknoten ober- oder unterständig, vollkommen gefächert, mit kaum fleischiger Placenta. Same mit gegliedertem Keime (Fig. 617, 618).

Die Antheren vieler Ericaceen sind mit hornähnlichen Fortsätzen versehen (Fig. 618), woher die ganze Ordnung auch höchst unzweckmässig *Bicornes* genannt wird. Oberwärts sind die Staubbeutel meist frei und divergirend. Die Pollenkörner sind zu Tetraden vereinigt. Die Frucht ist eine Kapsel, Beere oder Steinfrucht, mit sehr kleinen endospermreichen Samen. In ihren vegetativen Theilen stellen die Ericaceen den Typus der Ordnung meist rein dar.

Fig. 619. Palaquium Gutta. 1/2 nat. Gr. — Officinell. (Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

Unterfamilien und wichtige deutsche Gattungen: A. Fruchtknoten oberständig: 1) *Rhododendroideae*. Krone abfallend; Antheren ohne Hörner; wandspaltige Kapsel. *Ledum; Rhododendron; Azalea.* 2) *Arbutoideae*. Krone abfallend; Antheren meist mit Hörnern; fachspaltige Kapsel oder saftige Frucht. *Andromeda; Arctostaphylos.* 3) *Ericoideae*. Krone bleibend; Antheren meist mit Hörnern; Kapsel. *Calluna*, Kelch länger als die Krone; Kapsel wandspaltig. *Erica*, Kelch kürzer als die Krone; Kapsel fachspaltig. B. Fruchtknoten unterständig: 3) *Vaccinioideae*. Beerenfrucht. *Vaccinium.*

Geographische Verbreitung. Die Ericaceen sind auf der ganzen Welt ver-

breitet. Das gewöhnliche Haidekraut (*Calluna vulgaris*) und Arten von *Erica* bedecken in Mittel- und Westeuropa weite trockene Landschaften, die sogen. Haiden.

Die als Topfpflanzen viel cultivirten *Erica*-Arten stammen meist vom Kapland, wo die Gattung in erstaunlichem Formenreichthum einen Hauptbestandtheil der Vegetation bildet.

Giftig: Die Arten von *Rhododendron* und *Azalea* sind in allen ihren Theilen giftig, desgleichen das in der Volksmedicin 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, mit Dolden weisser Blüthen.

Officinell: *Arctostaphylos Uva ursi* (Fig. 618), ein kleiner immergrüner Strauch mit hellrothen glockigen Blüthchen und rothen Steinfrüchten, liefert: Folia Uvae Ursi (Pharm. germ., austr., helv.). *Vaccinium Myrtillus*: Fructus Myrtilli (Pharm. helv.).

Familie ***Pirolaceae.*** Wie vorige, aber Placenta sehr fleischig und Keim nicht gegliedert. Belaubte oder chlorophylllose Humusgewächse.

Die deutsche Waldflora besitzt Arten von *Pirola*, immergrüne Stauden mit weissen Blüthentrauben, und den chlorophyllosen Fichtenspargel, *Monotropa Hypopitys*.

2. Ordnung. Diospyrinae.

Familie ***Sapotaceae.*** Tropische Bäume, *Palaquium*- und *Payena*-Arten, in ihrem eingetrockneten Milchsaft Gutta Percha (Pharm. germ., helv.) liefernd. (Fig. 619.)

Familie ***Styracaceae.*** Die Abstammung des officinellen Benzoë-Harzes (Pharm. germ., austr., helv.) von hinterindischen Styracaceen (*Styrax Benzoin*) wird neuerdings bezweifelt.

3. Ordnung. Primulinae.

Blüthen radiär, K 5, C 5, A 5, G (5); Staubblätter der Krone angewachsen, meist vor den Kronblättern; Fruchtknoten oberständig, 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 gruppirt sind, aber stets leicht an dem meist epipetalen Androeceum und dem einfächerigen Fruchtknoten mit centraler Placenta kenntlich sind. Letztere zeigt sich unter den Sympetalen nur noch bei den Utriculariaceen.

Familie ***Primulaceae.*** Kelch krautig; Griffel einfach; zahlreiche Samenanlagen; Kapselfrucht (Fig. 620—622).

Die Primulaceen sind meist kleine, selten grössere Kräuter, mit bald einzelstehenden, bald zu Inflorescenzen gruppirten, 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 Deckelkapsel.

Geographische Verbreitung. Der Mehrzahl nach bewohnen die Pr. die gemässigten und kalten Zonen der nördlichen Hemisphäre. — Mehrere Pr. werden als Zierpflanzen cultivirt, so *Primula acaulis, auricula, sinensis, obconica* Arten von *Cyclamen* u. s. w.

Giftig: Der Knollen von *Cyclamen europaeum*, Alpenveilchen, wild in Deutschland nur in Baiern, gekocht unschädlich und essbar. *Anagallis arvensis* und *A. coerulea* sind schwach giftig. Die Drüsenhaare der cultivirten *Primula obconica* (und *sinensis*) erzeugen ein giftiges Secret, welches Haut- und Augenentzündungen hervorrufen kann.

Familie ***Plumbaginaceae.*** Kelch meist häutig, trocken; Griffel gespalten; eine Samenanlage; Kapselfrucht; Kräuter (Fig. 623).

Der trockene Kelch ist meist lebhaft gefärbt, die kleinen Blüthen in ansehnlichen Köpfchen und Rispen, daher mehrere Zierpflanzen (*Armeria*, Grasnelke). — Vorwiegend auf Salzboden. In Mitteleuropa: *Statice-*, *Armeria*-Arten.

Fig. 620. Cyclamen europaeum. Verkl. *A* blühende Pflanze. *B* Frucht. — Giftig. (Nach REICHENBACH.)

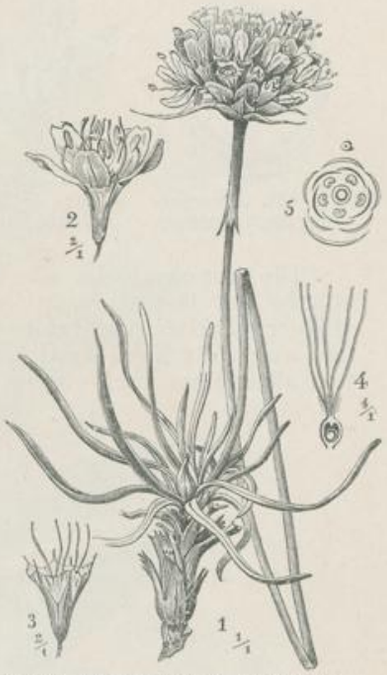


Fig. 623. Armeria vulgaris. *1* blühende Pflanze. *2* Einzelblüthe. *3* Kelch mit den hervorragenden Griffeln. *4* Gynoeceum, angeschnitten, mit der einzigen Samenanlage. *5* Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

Fig. 621. Diagramm der Primulaceen (Primula).

Fig. 622. Anagallis arvensis. *1* blühender Zweig. *2* Blüthe, längsgeschnitten, die centrale Placenta zeigend. *3* Kapsel. *4* Same. — Giftig. (Nach WOSSIDLO.)

4. Ordnung. Contortae.

Blüthen radiär, nach der Formel Kn, Cn, An, G2, wobei n = vier oder fünf sein kann; Krone in der Knospe meist gedreht; Androeceum der Krone angewachsen. Fruchtknoten oberständig. — Blätter gegenständig, ganzrandig.

Fig. 624. Oleaceae. Diagramm (Syringa).

Fig. 625. Fraxinus Ornus. Blüthe. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

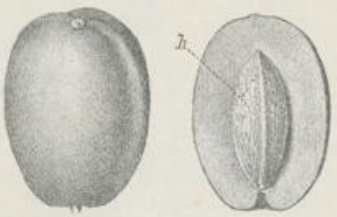


Fig. 626. Olea europaea. Steinfrucht.

Die Contorten bilden eine heterogene, unter den Sympetalen mit radiärer Blüthe am besten durch die beinahe stets gegenständigen ganzrandigen Blätter charakterisirte Ordnung. Die gedrehte Knospenlage der Kronblätter, auf welche der Name der Ordnung sich bezieht, ist ein häufiges, aber weder ein allgemeines, noch ein auf die Contortae beschränktes Merkmal.

Fig. 627. Fraxinus Ornus. 1/2 nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Familie ***Oleaceae.*** Krone in der Knospe dachig oder klappig. Zwei Staubblätter; Fruchtknoten zweifächerig. Carpelle verwachsen. Holzgewächse ohne Nebenblätter und ohne Milchsaft (Fig. 624—628).

Die Oleaceen sind Sträucher oder Bäume mit einfachen, meist ganzrandigen, seltener gelappten oder zusammengesetzten Blättern. Ihre gewöhnlich kleinen, zu rispenartigen Inflorescenzen gruppirten Blüthen besitzen einen kleinen Kelch und eine bald verwachsenbald freiblätterige Krone; einige Arten sind kronblattlos. Die beinahe constante Zweizahl der Staubblätter bildet das bequemste Kennzeichen der Familie. Jedes Frucht-

Fig. 628. Olea europaea. Nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

knotenfach enthält zwei Samenanlagen. Die Frucht ist entweder Kapsel, Schliessfrucht, Beere oder Steinfrucht. Viele Arten sind durch den Besitz von Mannit ausgezeichnet.

Wichtigste Gattungen: *Fraxinus*, Esche, mit gefiederten Blättern; *Ligustrum*; *Olea*, Oelbaum; *Syringa*, Flieder; *Jasminum*.

Geographische Verbreitung. Die Familie ist hauptsächlich in Asien vertreten. Die deutsche Flora besitzt nur zwei wildwachsende Arten, die Esche, *Fraxinus excelsior*, mit kronenlosen, auf Windbestäubung eingerichtete 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. 626 u. 628), der in den Mittelmeerländern allgemein cultivirt wird und der als knorriges, mit immergrünem, 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.

Officinell: Oleum Olivarum (Pharm. germ., austr., helv.), s. oben. — Manna (id.), eingetrockneter Saft der Rinde von *Fraxinus Ornus* (Mittelmeerländer) (Fig. 627).

Familie ***Loganiaceae.*** Giftig: Das südamerikanische Pfeilgift Curare und das Pfeilgift der Malayen werden aus *Strychnos*-Arten gewonnen. Auch Semen Strychni (s. unten) ist giftig (Fig. 629, 630).

Fig. 629. Strychnos nux vomica. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

Officinell: *Strychnos nux vomica*, ein südasiatischer Baum mit apfelsinenähnlichen, aber hartschaligen Früchten, liefert Semen Strychni und Strychninum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Gelsemium nitidum* (Niederes Kraut, S. Vereinigte Staaten): Radix Gelsemii (Pharm. helv.).

Familie ***Gentianaceae.*** Krone in der Knospe gedreht. Gynoeceum vereintblätterig; Fruchtknoten meist einfächerig mit parietaler Placenta. — Milchsaftfreie Kräuter ohne Nebenblätter (Fig. 631, 632).

Die Gentianaceen sind bald kleine, bald grössere, völlig kahle Kräuter, fast stets mit gegenständigen, ganzrandigen Blättern. Die Blüthen sind

einzeln terminal oder häufiger zu scheingabeligen Blüthenständen (Dichasien) gruppirt, oft gross und lebhaft gefärbt. Die Frucht ist eine zweiklappige, vielsamige Kapsel. Viele Arten sind reich an Bitterstoffen.

Fig. 630. Strychnos nux vomica. Frucht durchschnitten.

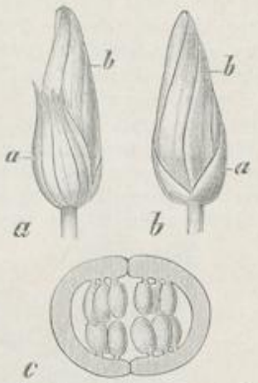


Fig. 631. Gentiana lutea. *a* und *b* Blüthenknospe mit Kelch (*a*) und der gedrehten Krone (*b*). Nat. Gr. *c* Fruchtknoten im Querschnitte. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Wichtigste Gattungen: *Gentiana*, Enzian, mit geraden Antheren; *Erythraea*, Tausendgüldenkraut, mit spiralig gedrehten Antheren; *Chlora*; *Menyanthes*, Bitterklee, mit wechselständigen, gedreiten 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 Blüthen zu den auffallendsten Bestandtheilen der Wiesenflora gehören.

Officinell: *Gentiana lutea, pannonica, punctata, purpurea* (Stauden der Hochgebirgswiesen) liefern Radix Gentianae (Pharm. germ., austr., helv.); *Erythraea Centaurium*: Herba Centaurii (Pharm. germ., austr., helv.); *Menyanthes trifoliata*: Folia Trifolii fibrini s. Menyanthis (id.).

Fig. 632. Erythraea Centaurium. *1* blühende Sprossspitze. *2* Blüthe, längsdurchschnitten. *3* Anthere. *4* Frucht. *5* Querschnitt durch die Frucht. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Familie ***Apocynaceae.*** Krone in der Knospe gedreht; Pollenkörner frei oder in Tetraden; Carpelle meist unterwärts frei; Narbe ringförmig. — Milchsaft führende Gewächse (Fig. 633—635).

Man findet unter den Apocynaceen perennirende Kräuter, Sträucher, Lianen und Bäume, die meisten immergrün, mit gegenständigen, ganzrandigen Blättern. Die oft ansehnlichen, rad- oder trichterförmigen Blüthen 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. 634), vertreten.

Arten von *Vinca* und *Nerium Oleander* sind Zierpflanzen.

Giftig: *Nerium Oleander* (Fig. 633), Oleander, ein immergrüner Strauch der Mittelmeerländer mit lanzettlichen matten Blättern und grossen rosenrothen, selten weissen oder hellgelben wohlriechenden Blüthen in Scheindolden. Häufig in Kübeln gezogen. In allen Theilen sehr giftig.

Officinell: Arten von *Strophanthus*, z. B. *Str. hispidus* (Fig. 635), Lianen des tropischen Westafrika, liefern Semen Strophanthi (Pharm. germ., austr., helv.). Mehrere tropische Apocynaceen (z. B. Arten von *Landolphia* in Afrika, von *Hancornia* in Brasilien, von *Willughbeia* im malayischen Archipel liefern Kautschuk (Pharm. germ.). — Cortex Quebracho (Pharm. austr., helv.) von *Aspidosperma Quebracho*, Argentinien.

Fig. 633. Nerium Oleander. Verkl. — Giftig.

Fig. 634. Vinca minor. *1* blühender Zweig. *2* Blüthenknospe, längsdurchschnitten. *3* Staubblatt. *4* Stempel. (Nach Wossidlo.)

Familie ***Asclepiadaceae.*** Krone in der Knospe gedreht; Pollen eines jeden Antherenfachs zu einem Pollinarium verklebt; Carpelle unterwärts frei; Narbe prismatisch. — Milchsaft führende Gewächse (Fig. 636, 637).

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, vereintblätterig; die Staubblätter tragen gewöhnlich grosse dorsale Anhängsel (Fig. 636 *A*), welche zusammen eine Nebenkrone bilden. Charakteristisch sind namentlich die, denjenigen der Orchideen ähnlichen Pollenmassen oder Pollinien von Keulengestalt, deren Stiele an je einem drüsigen Auswuchse oder Klemmkörper der Narbe (Fig. 636 *C*) befestigt sind. Dieser eigenartige Bau stellt eine Einrichtung für Insectenbestäubung dar.

Fig. 635. Strophanthus hispidus. 1/2 nat. Gr. — Officinell. (Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

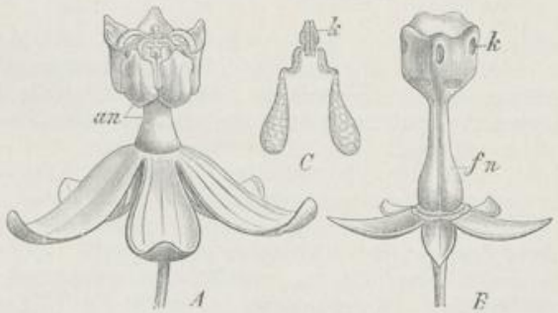


Fig. 636. Asclepias curassavica. *A* Blüthe, *an* Androeceum derselben. Vergr. 4. *B* Kelch und Gynoeceum, *fn* Fruchtknoten, *k* Klemmkörperchen. Vergr. 6. *C* Pollinium. Stark vergrössert. (Nach BAILLON.)

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. unter Giftig).

Giftig: Die meisten Asclepiadaceen besitzen einen giftigen Milchsaft. *Vincetoxicum officinale* (Fig. 637) ist ein unscheinbarer, weiss blühender kleiner Strauch, mit Balgkapseln und langbehaarten Samen. Sämmtliche Theile wirken brechenerregend.

Officinell: Verschiedene Lianen aus der Familie der Asclepiadaceen, z. B. *Gonolobus Condurango* (= Marsdenia Cond.), liefern in Ecuador und Peru: Cortex Condurango (Pharm. germ., austr., helv.). —

Fig. 637. Vincetoxicum officinale. ½ nat. Gr. — Giftig-

Fig. 638. Convolvulus arvensis. *1* Zweigstück mit Blüthe. *2* Blüthe im Längsschnitt. *3* Frucht. *4* Same. *5* Diagramm. (Nach Wossidlo.)

5. Ordnung. Tubiflorae.

Blüthen radiär, selten schwach dorsiventral, meist nach der Formel K5, C5, A5, G(2). Androeceum haplostemon, der Krone angewachsen. Fruchtknoten zweifächerig (selten dreifächerig), häufig durch falsche Scheidewände mehrkammerig, mit zwei Samenanlagen in jedem Fache. — Blätter wechselständig.

Die Tubifloren sind eine vielgestaltige, meist aus Kräutern bestehende Gruppe, deren innerer Zusammenhang aus dem Blüthenbau mit Sicherheit hervorgeht.

Familie ***Convolvulaceae.*** Krone in der Knospe längsfaltig, meist nach rechts gedreht; Fruchtknoten zweifächerig, manchmal vierkammerig mit zwei grundständigen Samenanlagen in jedem Fach; Keim gekrümmt. Meist windende Kräuter und Sträucher, gewöhnlich mit Milchsaft (Fig. 638).

Die meisten Convolvulaceen sind links windende Kräuter mit wechsel-

ständigen, 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. 175 und Fig. 186) fadenförmige, beinahe chlorophyllfreie Schmarotzer, die die verschiedensten Pflanzen umwinden und mittels Haustorien ausnutzen. Die Blüthen von Cuscuta sind klein und knäuelartig gruppirt.

Bei uns wildwachsend: *Convolvulus*, Griffel 2theilig; *Calystegia*, wie vorige, aber zwei grosse Vorblätter; *Cuscuta*. — Zierpflanzen sind *Ipomoea*-Arten, Griffel 4theilig. — Süsskartoffel von *Ipomoea Batatas*. Offic.: Tubera Jalapae und Resina Jalapae von *Ipomoea Purga* (Mexiko) (Pharm. germ., austr., helv.). — Scammonium, Milchsaft aus den Wurzeln von *Convolvulus Scammonia* (Kleinasien) (Pharm. helv.).

Familie ***Polemoniaceae.*** Gynoeceum 3gliederig. Kein Milchsaft. Zierpflanzen: *Polemonium coeruleum* (auch wildwachsend); *Cobaea* (Trop. Amerika); *Phlox* (Amerika).

Fig. 639. Borago officinalis. *a* Blüthe, *b* und *c* Frucht. Nat. Gr.

Fig. 640. Echium vulgare. *1* Blüthenzweig. *2* Blüthe. *3* Frucht. *4* einzelne Klause. *5* Diagramm. (Nach Wossidlo.)

Familie ***Boraginaceae.*** Blüthenkrone in der Knospe dachig; Fruchtknoten zweicarpellig, tief vierkammerig, mit einer hängenden Samenanlage in jeder Kammer. Griffel zwischen den Carpellfächern inserirt. Viertheilige Spaltfrucht. Samen meist ohne Endosperm. — Blüthenstände wickelartig (Fig. 639, 640).

Die B. gehören zu den natürlichsten und am leichtesten zu erkennenden Familien. Ihre Angehörigen sind zum grössten Theile krautig. Die meist saftigen und wie die ganzrandigen Blätter meist rauh behaarten Stengel (daher auch der Name Asperifoliaceen), die stets wickelartigen, vor dem Aufblühen spiralig gerollten Infloreszenzen, die meist blauen Blüthen und die eigenartigen Früchte verleihen ihnen ein höchst charakteristisches Aussehen.

Wichtigste Gattungen: a) Mit Schuppen über der Kronröhre: *Borago*, Boretsch,

mit gehörnten Staubfäden; *Symphytum; Myosotis*, Vergissmeinnicht. b) Ohne Schlundschuppen: *Pulmonaria*, Lungenkraut; *Echium*, Natterkopf, mit dorsiventralen Blüthen; *Lithospermum*, mit kalkreicher Fruchtschale. *Cerinthe* Blätter unbehaart, mit Wachsüberzug. — 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.

6. Ordnung. Personatae.

Blüthen meist dorsiventral, bei Vollzähligkeit K5, C5, A5, G(2), aber im Androeceum meist reducirt; letzteres der Krone angewachsen. Fruchtknoten oberständig 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 Blüthen. Die Krone ist meist zweilippig, das Androeceum meist auf vier, paarweise ungleich lange, seltener auf zwei Glieder reducirt. Die Frucht ist gewöhnlich eine Kapsel.

Die Familie der Solanaceen zeigt durch ihre meist radiären 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 Knospenlage der Krone, gepaarte Blattstellung und Samen wie bei Solanaceen, Klausen-

Fig. 641. Solanaceae. Diagramm (Petunia).

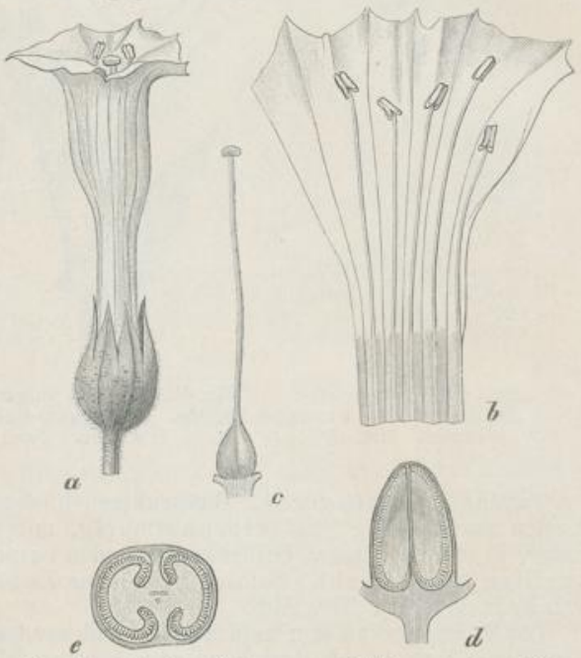


Fig. 642. Nicotiana Tabacum. *a* Blüthe, nat. Gr., *b* Krone aufgeschnitten, nat. Gr., *c* Fruchtknoten, nat. Gr., *d* und *e* junge Frucht. Vergr. 2.

Fig. 643. Solanum Dulcamara. 1/2 nat. Gr. — Officinell u. Giftig. (Nach BERG u. SCHMIDT.)

Fig. 644. Nicotiana Tabacum. 1/2 nat. Gr. — Giftig und Officinell.

Fig. 645. Hyoscyamus niger. 1/2 nat. Gr. Officinell u. Giftig. (Nach BERG u. SCHMIDT.)

Fig. 646. Atropa Belladonna. 1/2 nat. Gr. — Giftig und Officinell.

frucht wie Boraginaceen) verbunden ist. Andererseits sind durchgreifende Unterschiede zwischen Solanaceen und Scrophulariaceen nicht vorhanden. — 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.*** Krone in der Knospe faltig, meist radiär; Androeceum vollzählig; Fruchtblätter meist schräg zur Mediane; Samen mit Endosperm (Fig. 641—647).

Fig. 647. Datura Stramonium. — Giftig und Officinell. 1/2 nat. Gr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 648. Digitalis purpurea. 1/2 nat. Gr. — Giftig und Officinell.

Die meisten Solanaceen sind Kräuter, in den Tropen auch Sträucher und kleine Bäume, mit reicher, oft drüsiger Behaarung, nicht selten mit Stacheln; sie pflegen einen narkotischen Geruch zu besitzen. Die einfachen oder gelappten Blätter zeigen oft in der Blüthenregion die Eigenthümlichkeit, dass sie paarweise neben einander, dabei in ungleicher Grösse, dem Stengel entspringen (gepaarte Blätter) (Fig. 646), eine Erscheinung, die auf Verwachsungen und Verschiebungen von Deck- und Vorblättern zurückgeführt wird. Blüthen sind einzelstehend oder in verschiedener Weise gruppirt. Ihre gewöhnlich fünflappige Krone hat oft eine fahle, violette Färbung. Die schiefe Lage der Fruchtblätter (Fig. 641) 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*, Kapsel mit Deckel. b) Mit Beeren: *Solanum*, Antheren zu einer Röhre zusammentretend, durch Löcher sich öffnend; *Lycopersicum; Capsicum; Atropa; Mandragora; Physalis*, mit bleibendem 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 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. 644) 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.

Giftig: Beinahe alle Solanaceen sind in ihren sämmtlichen oder in einzelnen Theilen giftig, meist in Folge ihres Gehaltes an Alkaloiden. Folgende Arten kommen für Deutschland in Betracht: *Solanum tuberosum.* Sämmtliche Theile enthalten das erst in starken Dosen tödtlich wirkende, beim Kochen der Kartoffel zerstörte Solanin. Gefährlich sind ergrünte Kartoffeln und solche, die im Frühjahr Triebe entwickelt haben. — *Solanum Dulcamara*, das Bittersüss (Fig. 643); sämmtliche Theile solaninhaltig, mit Ausnahme der harmlosen rothen Beeren. — *Solanum nigrum*, häufiges Ackerunkraut mit weissen Blüthen, hat solaninhaltige, schwarze Beeren. — Von der Tomate haben unreife Früchte Vergiftungen hervorgerufen. — *Atropa Belladonna*, Tollkirsche (Fig. 646), ist die gefährlichste unserer Giftpflanzen. Sie wächst in Wäldern als mattbelaubtes Kraut mit fahlen, bräunlichen, glockenförmigen Blüthen und schwarzen, kirschenähnlichen, jedoch mit dem bleibenden Kelch versehenen, höchst giftigen Beeren. — *Datura Stramonium* (Fig. 647), Stechapfel, ein Kraut mit gabeliger Verzweigung, trichterförmigen, weissen Blüthen und stacheliger Kapselfrucht, in der Nähe menschlicher Wohnungen; sehr giftig. — *Hyoscyamus niger* (Fig. 645), Bilsenkraut, ein nur oberwärts verzweigtes, dicht laubiges, drüsig behaartes Kraut mit einseitswendigem Blüthenstand, trichterförmigen, tief fünflappigen, violett geaderten, gelben Blumenkronen und Deckelkapseln. Das Bilsenkraut wächst an ähnlichen Standorten, wie der Stechapfel, und ist ebenfalls sehr giftig. — *Nicotiana Tabacum* (Fig. 644), in allen Theilen giftig. Infuse der Blätter und Herunterschlucken von Kautabak sind gefahrbringend.

Officinell: *Atropa Belladonna* liefert: Folia Belladonnae (Pharm. germ., austr., helv.), Radix Bell. (Pharm. austr., helv.), Atropinum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Datura Stramonium:* Semen Stramonii (Pharm. helv.), Folia Stramonii (Pharm. germ., austr., helv.). — *Hyoscyamus niger:* Herba s. Folia Hyoscyami (ibid.). — *Capsicum annuum:* Fructus Capsici (Pharm. germ., helv.). — *Nicotiana Tabacum:* Folia Nicotianae (ibid.). — *Solanum Dulcamara:* Caules Dulcamarae (Pharm. austr., helv.). — *Scopolia carniolica:* Scopolaminum (Pharm. germ.).

Familie ***Scrophulariaceae.*** Krone beinahe stets dorsiventral, in der Knospe niemals faltig; Androeceum meist auf vier oder zwei Glieder reducirt; Fruchtblätter median; Fruchtknoten zwei- oder einfächerig (Fig. 648 – 652).

Die meisten Scrophulariaceen sind Kräuter mit einfachen, gezähnten, selten gelappten, gegen- oder wechselständigen, niemals gepaarten Blättern; manche sind grün belaubte Wurzelparasiten (s. *Rhinanthoideae*). Ihre einzeln in den Blattachseln stehenden oder zu Trauben gruppirten Blüthen sind stets seitlichen Ursprungs. Einige Gattungen (*Verbascum*) haben nahezu radiäre Blüthen mit vollzähligem Androeceum (Fig. 649 *A*, 651); bei der grossen Mehrzahl der Formen hingegen sind die Blüthen ausgesprochen dorsiventral, mit reducirtem Androeceum. In letzterem pflegt das hintere Staubblatt verkümmert

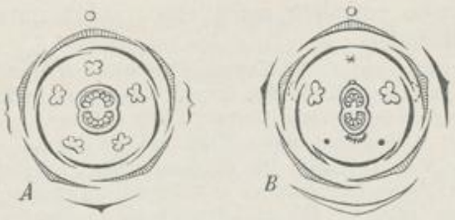


Fig. 649. Scrophulariaceae. Blüthendiagramme. (*A* Verbascum, *B* Gratiola.) (Nach EICHLER.)

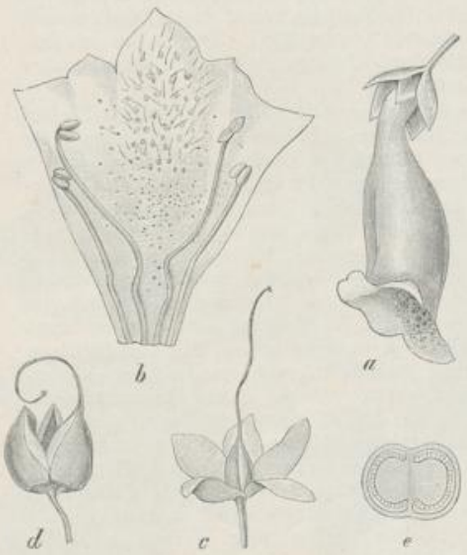


Fig. 650. Digitalis purpurea. *a* Blüthe, *b* Krone, aufgeschnitten, *c* Kelch und Stempel, *d* Frucht, aufgesprungen, *e* Frucht, im Querschnitte. Nat. Gr.

Fig. 654. Plantago major. *1* ganze Pflanze. *2* Blüthe mit Deckblatt. *3* Frucht. *4* Same. *5* Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

Fig. 651. Verbascum thapsiforme. *a* Blüthe, *b* Kelch und Griffel. Nat. Grösse. — Officinell.

Fig. 652. Blüthendiagramm von Gesnera pendulina (Gesneroideae). (Nach EICHLER.)

Fig. 653. Blüthendiagramm von Pinguicula alpina (Utriculariaceae). (Nach EICHLER.)

(*Scrophularia*) oder völlig unterdrückt zu sein; manchmal sind, in Folge noch weiter gehender Unterdrückung, nur zwei Staubblätter vorhanden (z. B. *Gratiola*, Fig. 649 *B*). Die Frucht ist eine Kapsel, selten eine Beere.

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: A. Fruchtknoten zweifächerig. 1) *Antirrhinoideae*. Kronendeckung meist absteigend. *Verbascum*, Wollkraut, mit fünf fertilen Staubblättern; *Scrophularia; Antirrhinum*, Löwenmaul, Krone kurz gespornt, mit zusammenschliessenden Lippen, Kapsel mit Löchern; *Linaria*, Krone wie vorige, aber langgespornt; *Digitalis*, Fingerhut, Krone schiefglockig, Kapsel mit Spalten; *Gratiola* und *Veronica*, Ehrenpreis, zwei Stbb. — 2) *Rhinanthoideae*. Kronendeckung meist aufsteigend; grün belaubte, selten unbelaubte chlorophyllfreie Schmarotzer mit Haustorien an den Wurzeln. *Rhinanthus*, Klappertopf; *Melampyrum; Euphrasia*, Augentrost; *Pedicularis; Lathraea*, Schuppenwurz. — B. Fruchtknoten einfächerig. 3) Gesneroideae (Fig. 652): *Gloxinia*, Zierpflanze aus den Tropen. — *Orobanche*, chlorophyllfreie Schmarotzer, in Mitteleuropa in vielen Arten.

Geographische Verbreitung. Die Scr. 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* aus Japan).

Giftig: *Digitalis purpurea* (Fig. 648), der rothe Fingerhut, zweijähriges, unverzweigtes, dicht belaubtes, behaartes Kraut mit endständigen, einseitswendigen Trauben rother glockiger Blüthen. In sämmtlichen Theilen sehr giftig. — *Gratiola officinalis*, das Gnadenkraut, perennirendes, kahles, bis 30 cm hohes Kraut feuchter Wiesen. Blätter schmal, gezähnt; Blüthe blattachselständig, röhrenförmig weisslich, zwei Staubblätter und zwei Staminodien.

Officinell: *Digitalis purpurea* (Fig. 650), liefert Folia Digitalis (Pharm. germ., austr., helv.). — *Verbascum thapsiforme* (Fig. 651) und *V. phlomoides*: Flores Verbasci (ibid.).

Familie ***Bignoniaceae.*** Holzgewächse, meist Lianen, mit geflügelten Samen in holzigen Kapseln. Meist in den Tropen. Cultivirt: *Catalpa bignonioides* (Baum) und *Tecoma radicans* (Liane), beide aus Nordamerika. — Palisanderholz von *Jacaranda* (Südamerika). — Familie ***Utriculariaceae.*** Placenta central. Fleischfressende Wasser- und Sumpfpflanzen. *Utricularia*, *Pinguicula* (Fig. 653). — Familie ***Plantaginaceae.*** Kleine strahlige Blüthen, durch Unterdrückung (Kelch, Androeceum) und Verwachsung (Krone) scheinbar vierzählig. Meist windblüthig (Ausnahme *Plantago media*). Kräuter. — *Plantago* (Fig. 654).

7. Ordnung. Labiatiflorae.

Blüthe beinahe immer dorsiventral, nach dem Typus K5, C5, A5, G(2), aber im Androeceum meist auf 4 bezw. 2 reducirt; letzteres der Krone angewachsen; Fruchtknoten wie bei den Boraginaceen oberständig, zweifächerig, meist durch falsche Scheidewände vierkammerig, mit vier aufrechten Samenanlagen. Frucht meist eine Spaltfrucht. — Blätter beinahe stets gegenständig.

Fig. 655. Blüthendiagramm von Verbena officinalis. (Nach Eichler.)

Fig. 656. Diagramm von Lamium (Labiatae).

Die Labiatifloren sind Kräuter oder Sträucher, selten Bäume, mit meist reich behaartem, oft aromatischem Laube. Die Blüthen sind seitenständig, meist ausgesprochen dorsiventral, zu Inflorescenzen gruppirt. Die Früchte sind viertheilige Spalt-, seltener ungetheilte Steinfrüchte oder Kapseln.

Familie ***Labiatae.*** Fruchtknoten tief vierlappig mit grundständigem Griffel, zweifächerig, vierkammerig; viertheilige Spaltfrucht. —

Kräuter und kleine Sträucher mit vierkantigem Stengel und gegenständigen Blättern (Fig. 656—659).

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

Fig. 657. Mentha piperita. 1/2 nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 658. Melissa officinalis. Auf die Hälfte verkleinert. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Oberfläche der Sprosse vertheilten Drüsenhaaren abgesondert 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 Gesammtblüthenständen zusammen, wie beim Thymian und der Pfefferminze. — Der Kelch (Fig. 659 *d*, *e*) ist verwachsenblätterig, fünfzähnig. Die Krone ist meist zweilippig, mit zweilappiger Ober- und dreilappiger Unterlippe, sehr verschieden gefärbt, jedoch am häufigsten roth,

blau 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 (falsche Scheidewand) zweikammerig geworden sind. Diese „Klausen" (Fig. 659 *d*, *e*) der Frucht verkümmern zuweilen zum Theil vor der Reife, bei der sie stets hartschalig werden.

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 Staubblättern; *Mentha*, Minze, mit fast radiärer Krone und ungefähr gleich langen Staubblättern; *Thymus*, Thymian; *Origanum*, Dost; *Lavandula*, Lavendel; *Salvia*, Salbei und *Rosmarinus* mit nur zwei Staubblättern, 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*, den Quendel u. s. w. 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, *Satureja hortensis*; Basilicum, *Ocimum Basilicum*; Thymian, *Thymus vulgaris*; Salbei, *Salvia officinalis*.

Fig. 659. Galeopsis ochroleuca. *a* Blüthe, nat. Gr., *b* dieselbe ohne Kelch, nat. Gr., *c* Krone, aufgeschnitten, mit den Staubblättern und dem Griffel. Vgr. 2. *d* Kelch mit dem Gynoeceum. Vgr. 2. *e* Frucht. Vergr. 2. — Officinell.

Officinell: *Lavandula vera* (Mittelmeerländer) liefert: Flores Lavandulae und Oleum Lavandulae (Pharm. germ., austr., helv.). — *Salvia officinalis* (ibid.): Folia Salviae (ibid.). — *Melissa officinalis* (Fig. 658): Folia Melissae (ibid.). — *Thymus Serpyllum*: Herba Serpylli (ibid.). — *Th. vulgaris* (Mittelmeerländer): Herba Thymi und Oleum Thymi (Pharm. germ., helv.), ferner Thymolum (Pharm. germ., austr., helv.). — *Rosmarinus officinalis*: Folia Rosmarini (Pharm. austr., helv.), Oleum Rosmarini (Pharm. germ., austr., helv.). — *Mentha piperita* (Fig. 657): Folia Menthae piperitae, Oleum Menthae piperitae und Mentholum (Pharm. germ., austr., helv.). — *M. crispa* u. a. A.: Folia Menthae crispae (Pharm. austr.). — *Galeopsis ochroleuca*: Herba Galeopsidis (ibid.). — *Origanum vulgare*: Herba Origani (ibid.). — *Origanum Majoranae*: Herba Majoranae (Pharm. helv.).

Familie ***Verbenaceae.*** Fruchtknoten ungelappt, mit gipfelständigem Griffel, ein- bis zweifächerig, meist vierkammerig. Steinfrucht, seltener Kapsel- oder Spaltfrucht (Fig. 655).

Bei uns nur *Verbena officinalis*. — *Tectona grandis*, ein ostindischer Baum, liefert das für den Schiffbau hochgeschätzte Teak-Holz. *Verbena Aubletia*, Zierpflanze.

8. Ordnung. Rubiinae.

Blüthe radiär oder unregelmässig, nach der Formel Kn, Cn, An, G(2—3), wobei n vier oder fünf sein kann. Kelch sehr reducirt; Androeceum der

Krone angewachsen; Fruchtknoten unterständig, zwei- oder dreifächerig. — Blätter gegenständig.

Die Rubiinen sind sehr vielgestaltige, krautige oder strauchige, selten baumartige Gewächse, die ausser den gegenständigen Blättern im vegetativen Aufbau wenig Gemeinsames zeigen. Die meist ziemlich kleinen Blüthen sind gewöhnlich zu reich verzweigten Blüthenständen, die oft doldenähnliche Gestalt annehmen, gruppirt. Die Krone ist gewöhnlich rad- oder trichter-

Fig. 660. Cinchona succirubra. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Schumann und Arth. Meyer.)

förmig, 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.*** Blüthe radiär; Androeceum vollzählig; Fruchtknoten zweifächerig, die beiden Fächer fertil. — Kräuter und Holzgewächse mit einfachen Blättern und Nebenblättern (Fig. 660—664).

Die Rubiaceen bilden eine der grössten und vielgestaltigsten Familien der Pflanzenwelt. Ihr auffallendstes Merkmal sind die beinahe immer ganz-

randigen, gegenständigen Blätter mit ihren stets vorhandenen, bald blatt-, bald schuppenartigen Nebenblättern. Für Blüthen und Früchte gelten die Merkmale der Ordnung (Fig. 660—664).

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Stellatae.* Nebenblätter den Blättern gleich; Fruchtfächer einsamig. *Galium*, Krone radförmig; *Asperula*, Krone trichterförmig; *Sherardia.* 2) *Coffeoideae.* Nebenblätter schuppenförmig; Fruchtfächer einsamig. *Coffea; Cephaëlis.* 3) *Cinchonoideae.* Nebenblätter schuppenförmig, mehrsamige Kapsel. *Cinchona; Uncaria.*

Fig. 661. Cephaëlis Ipecacuanha. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

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 Deutschland, spielen sie nur eine kleine Rolle und sind sämmtlich kleinblüthige Kräuter aus der Unterfamilie der Stellaten. Die bekannteste deutsche Art ist der Waldmeister, *Asperula odorata* (Fig. 662). Die wichtigste Nutzpflanze ist der Kaffee, *Coffea arabica* (Fig. 663), 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 perga-

mentartiger Schale je einen Samen, die sogenannte „Kaffeebohne", enthalten. Die besten Sorten Kaffee stammen aus S.W.-Arabien (Mokka), den Sunda-Inseln (Sumatra, Java, Celebes) und Ceylon; die grösste Masse liefert Brasilien. Einige Rubiaceen, namentlich Arten von *Gardenia*, werden als Zierpflanzen cultivirt.

Officinell: *Cinchona succirubra* (Fig. 660), *C. Ledgeriana* und andere Arten (Fig. 664). 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 Blüthenrispen; die Einzelblüthen sind etwa 1 cm lang; ihre Krone ist trichterförmig, mit fünf dicht gewimperten Saumlappen versehen, gelblich oder carminroth. Bei der Fruchtreife trennen sich beide Carpelle unterwärts, während

Fig. 662. 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. 663. Coffea arabica. *1* blühender Zweig. *2* Frucht. *3* Frucht im Querschnitt. *4* Same. Officinell. — (Nach Wossidlo.)

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., helv.). Sie liefert das Alkaloid Chininum (ibid.). — *Cephaëlis* (= Uragoga) *Ipecacuanha* (Fig. 661), ein kleiner Halbstrauch der Wälder Brasiliens, liefert: Radix Ipecacuanhae (id.). — *Uncaria* (= Ourouparia) *Gambir*, eine mit Haken kletternde Liane Hinterindiens, liefert als Decoct ihrer krautigen Theile: Catechu s. Gambir (id.). — Die Kaffee-Bohne liefert das Alkaloid Coffeïnum (id.).

Familie ***Caprifoliaceae.*** Blüthe radiär oder dorsiventral; Androeceum vollzählig; Gynoeceum meist dreigliederig; Fruchtfächer alle fruchtbar. — Meist Holzgewächse, in der Regel ohne Nebenblätter (Fig. 665).

Ein durchgreifender Unterschied zwischen Caprifoliaceen und Rubiaceen ist nicht vorhanden.

Die meisten Caprifoliaceen sind Sträucher mit ganzrandigen oder gefiederten Blättern und meist cymösen Blüthenständen. Die Kronen sind radförmig, glockig oder röhrenförmig, im letzteren Falle dorsiventral. Die Früchte sind meist Beeren oder Steinfrüchte.

Triben und deutsche Gattungen: 1) *Sambuceae*. Krone radiär, kurz; Griffel kurz. Steinfrüchte. *Sambucus*, Blätter gefiedert, drei Steine. *Viburnum*, Blätter einfach, ein Stein. — 2) *Lonicereae*, Krone radiär oder dorsiventral, lang; Griffel lang; meist Beeren. *Lonicera*, mit dorsiventralen Blüthen. *Linnaea*.

Geographische Verbreitung. Die meisten Caprifoliaceen bewohnen als Sträucher und kleine Bäume die Hecken und 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. 665) liefert Flores Sambuci (Pharm. germ., austr., helv.), die Früchte das Holundermus, Succus Sambuci (Pharm. helv.).

Fig. 664. Cinchona lancifolia. *1* blühender Zweig. *2* Blüthe. *3* Blüthe im Längsschnitt. *4* Frucht. *5* Same. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Familie ***Valerianaceae.*** Blüthe asymmetrisch, im Perianth fünfzählig; Androceum meist auf 4, 3 oder 1 reducirt; Fruchtknoten dreifächerig mit nur einem fertilen Fache (Fig. 666, 667).

Die Valerianaceen sind Kräuter oder kleine Halbsträucher mit ganzrandigen oder fiedertheiligen Blättern, ohne Nebenblätter. Blüthen klein, zu reich verzweigten Trugdolden gruppirt. Kelch zur Blüthezeit rudimentär, nachher zu einem federbuschartigen Pappus auswachsend. Krone

Fig. 665. Sambucus nigra. *1* blühender Zweig. *2* Blüthe im Längsschnitt. *3* Früchte. *4* Diagramm. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

rad- oder trichterförmig, oft mit einem Sporne versehen, meist weiss oder hell rosa gefärbt.

Fig. 666. Valeriana. Diagramm.

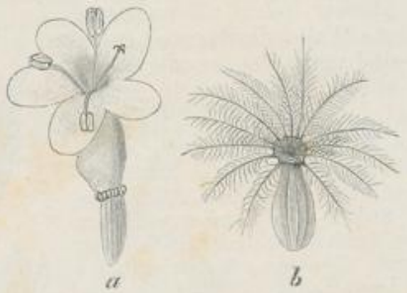


Fig. 667. Valeriana officinalis. *a* Blüthe. Vergr. 8. *b* Frucht. Vergr. 4. — Officinell.

Im Fruchtknoten nie das mediane Fach, sondern eines der seitlichen fertil (Fig. 666). Die Frucht ist eine Schliessfrucht, bei Valeriana und Centranthus mit Pappus. — In Mitteleuropa *Valeriana*, *Valerianella*, *Centranthus*.

Officinell: *Valeriana officinalis:* Rad. Valerianae (Pharm. germ., austr., helv.) und Oleum Valerianae (Pharm. austr.).

9. Ordnung. Campanulinae.

Blüthe radiär oder dorsiventral, meist nach der Formel: K5, C(5), A5, G(2—3). Kelch freiblätterig, mit langen Zipfeln; Staubblätter der Blüthenachse entspringend, meist mit verklebten Antheren; Fruchtknoten unterständig, 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 Blüthenstände sind traubig, ährig oder kopfig. Die häufig ansehnlichen, meist blauen Blüthen zeigen nur in der bald radiären, bald dorsiventralen Krone wesentliche Unterschiede. Die Staubbeutel sind manchmal frei, häufiger jedoch verklebt oder ganz verwachsen. Die Frucht ist meist kapsel-, selten beerenartig.

Familie ***Campanulaceae.*** Blüthe radiär, Antheren frei oder verklebt; Fruchtknoten meist dreifächerig; Kapselfrucht (Fig. 668, 669).

Wichtigste Gattungen: *Campanula*, Glockenblume, Krone glockig. *Phyteuma* und *Jasione*, Blüthen in Köpfchen und Aehren, Krone cylindrisch. *Specularia*, Krone radförmig.

Geographische Verbreitung. Die Campanulaceen bewohnen vornehmlich die nördliche temperirte Zone, wo ihre Arten, dank ihrer schönen Blüthen, vielfach zu den ansehnlichsten, selten jedoch zu den massenhaft auftretenden Bestandtheilen der Vegetation gehören.

Familie ***Lobeliaceae.*** Unterscheidet sich von voriger Familie hauptsächlich durch dorsiventrale Blüthen. *Lobelia Dortmanna*, Wasserpflanze in Norddeutschland. Off.: Herba Lobeliae (Pharm. germ., helv.) von *Lobelia inflata* (Nordamerika).

Familie ***Cucurbitaceae.*** Blüthen eingeschlechtig; Kelch und Krone radiär, unterwärts mit einander verwachsen; von den fünf halben Staubgefässen meist vier paarweise verwachsen, selten alle zu einer Säule vereinigt; Anthere zweifächerig; Fruchtknoten unterständig, dreifächerig; Frucht beerenartig. — Kräuter ohne Milchsaft, meist mit Ranken kletternd (Fig. 670—673).

Fig. 668. Blüthendiagramm von Campanula medium. (Nach EICHLER.)

Fig. 669. Campanula rotundifolia. Blüthe. Nat. Grösse. *a* ganz, *b* im Längsschnitte.

Fig. 670. Ecballium (Cucurbitaceae). Diagramm. *A* männlich, *B* weiblich. (Nach EICHLER.)

Fig. 671. Bryonia dioica. *A* blühender Zweig, verkl. *B* weibliche, *C* männliche Blüthe, nat. Gr. *D* Androeceum, vergr. *E* Früchte. *F* Frucht im Querschn. — Giftig.

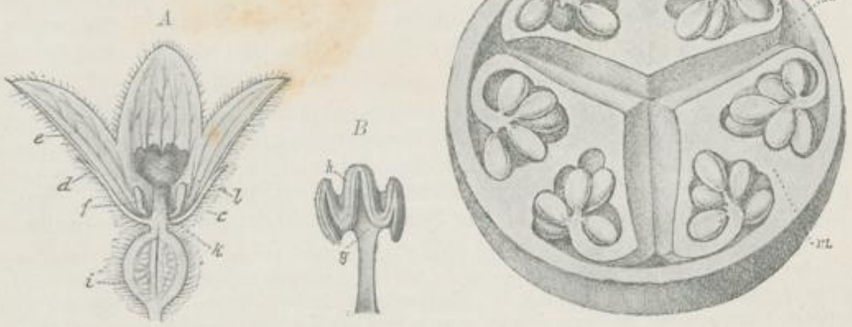


Fig. 672. Citrullus Colocynthis. *A* weibl. Blüthe. *f* Staubblattreste, *i* Fruchtknoten, *k* Griffel, *l* Narbe, *c* Kelchröhre, *d* Kelch, *e* Krone. Vergr. 2. *B* Grösseres Staubblatt. *g* Connectiv, *h* Staubbeutel. Vergr. 6. *C* Frucht, Querschnitt. Nat. Gr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

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 entspringenden Ranken. Die Blüthen 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 verwachsenblätterig, jedoch stets tief fünflappig, glockig oder radförmig, von gelber oder weisslicher 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

Fig. 673. Citrullus Colocynthis. Nat. Gr. — Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

sind durch je eine winkelständige, viele Samen tragende fleischige Placenta beinahe vollständig ausgefüllt. Die Beere ist kugelig oder länglich, nicht selten sehr gross. Ihre feste, zuweilen harte Schale ist von einem meist saftigen, zum grössten Theile aus den Placenten hervorgehenden Fruchtfleisch 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. 671) und *B. alba* sind rauhhaarige Rankenpflanzen mit knolligen Wurzeln, gelappten Blättern, ziemlich kleinen, weisslichen Blüthen und bei ersterer rothen, bei letzterer schwarzen Beeren. Sämmtliche Theile sind giftig.

Officinell: *Citrullus Colocynthis*, die Bittergurke (Fig. 672, 673), ein gurkenähnliches Kraut der afrikanischen und arabischen Wüsten, liefert: Fructus Colocynthidis (Pharm. germ., austr., helv.).

10. Ordnung. Aggregatae.

Blüthe radiär oder dorsiventral, nach der Formel K5, C(5), A5, (G(2). Kelch rudimentär; Androeceum der Krone angewachsen, die Antheren meist verklebt; Fruchtknoten unterständig, 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 dichtstehenden, kleinen Blüthen bedeckt. Die Deckblätter der letzteren fehlen oder sind zu sogen. Spreublättchen reducirt. Das Ganze ist für den Nichtkundigen eine „Blume" und sieht allerdings einer Einzelblüthe nicht unähnlich, namentlich da, wo die Randblüthen 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.

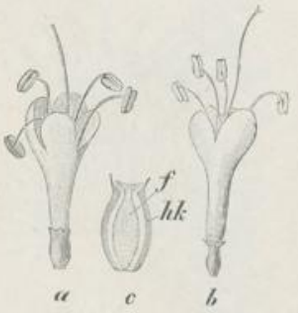


Fig. 674. Succisa pratensis. *a* Blüthe mit Aussenkelch, *b* ohne Aussenkelch. *c* Frucht im Längsschnitt. *f* Fruchtknoten, *hk* Aussenkelch.

Familie ***Dipsacaceae.*** Blüthe mit Aussenkelch, meist dorsiventral; Krone in der Knospe dachziegelig, vier- bis fünflappig; vier Staubblätter mit freien Staubbeuteln; Griffel einfach; Samenanlage hängend; Same mit Endosperm. — Blätter gegenständig (Fig. 674).

Die Dipsacaceen sind Kräuter mit einfachen oder fiedertheiligen Blättern und vielblüthigen, flachen oder convexen Köpfchen, deren Randblüthen häufig grösser sind als die mittleren. Der für diese 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 zurückgeführt. Die nussartige Frucht ist von dem bleibenden Aussenkelche umgeben.

Wichtigste Gattungen: a) Mit Spreublättern: *Dipsacus*, Karde, distelartig, mit stechenden Hüll- und Spreublättern. Krone viertheilig. *Scabiosa*, Hülle krautig, Krone fünftheilig. *Succisa*, Krone 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*, der Weberkarde, finden zum Aufkratzen wollener Gewebe Verwendung.

Familie ***Compositae.*** Blüthe ohne Aussenkelch, radiär oder dorsiventral. Krone in der Knospe klappig; fünf Staubgefässe mit verklebten Staubbeuteln; Griffel oberwärts gabelig; Samenanlage aufrecht; Same ohne Endosperm. — Blätter meist wechselständig (Fig. 675—686).

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

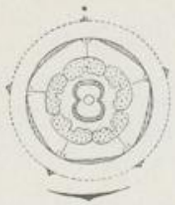


Fig. 675. Compositae. Diagramm (Carduus).

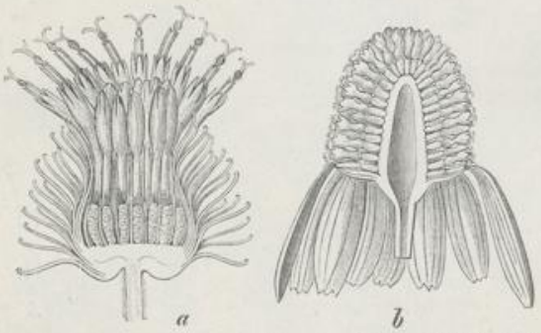


Fig. 676. *a* Lappa major. Köpfchen im Längsschnitt mit Spreublättchen. *b* Matricaria Chamomilla, ohne Spreublättchen, officinell. Vgr. (Nach Berg und Schmidt.)

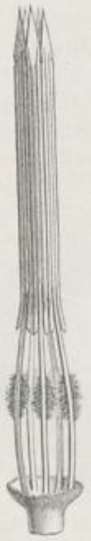


Fig. 678. Androeceum von Carduus crispus. Vergr. 10. (Nach Baillon.)

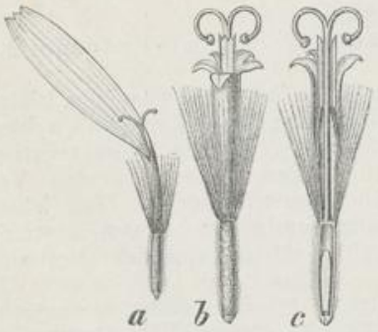


Fig. 677. Arnica montana. *a* Randblüthe. *b* Scheibenblüthe, *c* diese im Längsschnitt. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

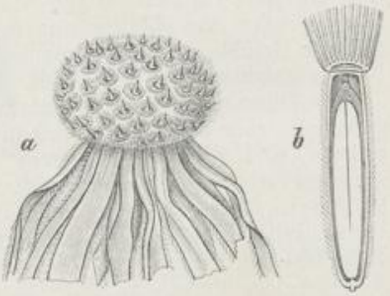


Fig. 679. Arnica montana. *a* Köpfchenachse, nach Entfernung der Früchte. Vergr. *b* Frucht im Längsschnitt; vom Pappus ist nur der untere Theil gezeichnet. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Hinsicht jedoch durch den Besitz von Inulin in den unterirdischen Theilen ausgezeichnet sind. Dagegen sind dieselben in der Blüthenregion, obwohl auch hier grosse Mannichfaltigkeit herrscht, vorzüglich gekennzeichnet. Die Köpfchen (Fig. 676) stehen entweder einzeln oder sind zu verschiedenartigen, oft trugdoldigen Gesammtblüthenständen 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

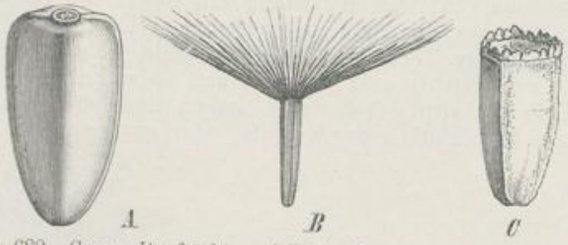


Fig. 680. Compositenfrüchte. *A* Helianthus annuus, *B* Hieracium virosum, *C* Cichorium Intybus. (Nach BAILLON.)

Fig. 681. Tussilago Farfara. — Officinell. Nach BAILLON.)

Fig. 682. Artemisia Cina.— Officinell. (Nach SCHUMANN u. ARTH. MEYER.)

Centaurea-Arten, mit krausem Borstenrande versehen oder, wie bei den Disteln, stachelig. — Die Köpfchenachse ist schüsselförmig (Fig. 676*a*), oder wölbt sich zu einem bald flachen, bald hohen Kegel (Fig. 676*b*) empor. Sie ist bald nackt (Fig. 676*b*), bald behaart (Fig. 679*a*), bald von

kleinen Spreublättern bedeckt (Fig. 676*a*), stets grubig (Fig. 679*a*), wie die Oberfläche eines Fingerhuts, indem jede Blüthe in einem Grübchen 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. 677), sich erhebt. — Die Krone ist häufig radiär und fünflappig (Fig. 677*b*), wie bei den Disteln. Dorsiventrale Blüthen dagegen können zweilippig sein, wie bei den südamerikanischen Mutisieen; häufiger sind sie einlippig (Fig. 677*a*), indem die Oberlippe verkümmert, wie u. a. in den Randblüthen der Kamille, oder zungenförmig,

Fig. 683. Cnicus benedictus. — Officinell. (Nach Baillon.)

indem die Krone einseitig tief gespalten ist, wie bei *Taraxacum* (Fig. 686 2). Einlippige und zungenförmige Blüthen sind einander sehr ähnlich, erstere jedoch drei-, letztere fünfzähnig. — Vielfach ist die Peripherie des Köpfchens von einlippigen, die Mitte von radiären, röhrenförmigen Blüthen eingenommen, wie bei der Kamille. Man unterscheidet dann Rand- und Scheibenblüthen. Erstere sind häufig rein weiblich, wie bei *Arnica*, *Inula*, *Matricaria*, oder geschlechtslos, wie bei *Centaurea Cyanus*. Die Scheibenblüthen sind zuweilen rein männlich, wie bei *Tussilago*. Gefüllt nennt man Gartenformen von Compositen mit nur einlippigen Blüthen, während die wildwachsenden Stammformen solche nur am Rande besitzen (z. B. *Anthemis nobilis*). — Der Griffel ist an seinem Grunde von einem Honig ausschei-

denden Discus umgeben; er spaltet sich oberwärts, so dass die übrigens sehr vielgestaltige Narbe stets gabelig ist. — Die Frucht (Fig. 680), eine einsamige Schliessfrucht oder Achäne, ist vielfach von dem oben erwähnten, als Flugapparat dienenden Pappus gekrönt. Die lederige Fruchtwand ist vom öligen Samen meist vollständig ausgefüllt und häufig mit diesem verwachsen.

Unterfamilien, Triben und wichtigste Gattungen: 1) *Tubuliflorae*. Blüthen radiär oder die Randblüthen einlippig; kein Milchsaft. a) *Cynareae*. Blüthenstandachse

Fig. 684. Arnica montana. — Officinell. 1/2 nat. Gr. (Nach Berg und Schmidt.)

Fig. 685. Lactuca virosa. 1/2 nat. Gr. — Giftig und Officinell.

mit borstigen Spreublättchen; Hüllblätter stachelig oder häutig; Blüthen meist alle radiär oder zwitterig; 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) *Eupatoricae*. Blüthe radiär; Hüllkelch krautig; Köpfchenachse ohne Spreublätter; keine Anschwellung unter der Narbe. *Petasites*. *Tussilago*. *Eupatorium*. — c) *Astereae*. Randblüthen weiblich, meist dorsiventral. 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 Hüllkelche. ζ) *Ambrosieae*. 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

Fig. 686. Taraxacum officinale. *1* Blühende Schäfte und Blatt. *2* Blüthe. *3* Frucht. *4* Köpfchenachse mit einer Frucht. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

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. 685), 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 Giftigkeit 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* (Fig. 684) liefert: Rad. Arnicae (Pharm. austr.), Flores Arnicae (Pharm. germ., austr., helv.). — *Artemisia Absinthium*, Wermuth: Herba Absinthii (ibid.). — *Artemisia Cina* (Fig. 682) in Turkestan: Flores Cinae und Santoninum (ibid.). — *Matricaria Chamomilla*, Kamille: Flores Chamomillae (ibid.) und Oleum Chamomillae (Pharm. helv.). — *Cnicus benedictus* (Fig. 683) (Südeuropa): Herba Cardui benedicti (Pharm. germ., helv.). — *Tussilago Farfara* (Fig. 681), Huflattich: Folia Farfarae (Pharm. germ.). — *Achillea Millefolium*, Schafgarbe: Herba Millefolii (Pharm. austr.). — *Anthemis nobilis:* Flores Chamomillae romanae (Pharm. austr., helv.). — *Spilanthes oleracea* (Südamerika): Herba Spilanthis (Pharm. austr.). — *Lappa vulgaris*, Klette: Rad. Bardanae (ibid.). — *Anacyclus Pyrethrum* (Südeuropa): Rad. Pyrethri (ibid.). — *Taraxacum officinale*, Löwenzahn (Fig. 686): Rad. Taraxaci (Pharm. germ., austr., helv.). Folia Taraxaci (Pharm. austr.). — *Lactuca virosa*, Giftlattich; Lactucarium (Pharm. austr.). — Vorderasiatische *Chrysanthemum*-Arten liefern das persische Insectenpulver.

Die fossilen Angiospermen (35).

Die ersten zweifellosen Angiospermen zeigen sich in der oberen Kreide, gleich in mannichfachen Formen, die ungefähr in gleichem Verhältniss wie zur Jetztzeit, zu Monocotylen und Dicotylen gehören. Bekannt sind zunächst nur Blätter, so dass die Bestimmungen zweifelhaft sind; doch zeigen dieselben grosse Aehnlichkeit mit denjenigen jetzt lebender Angiospermen, hingegen gar keine mit solchen von Gymnospermen oder gar von Pteridophyten, so dass die auch jetzt vorhandene scharfe Trennung durch die paläontologischen Befunde nicht überbrückt ist.

Unter den Monocotylen sind ziemlich sicher Vertreter der *Palmen* (von der unteren Kreide an) zu erkennen; die Blätter der Dicotylen der Kreide werden, mit Zweifel, auf verschiedene, meist niedrig organisirte Typen zurückgeführt, namentlich auf *Amentaceen*, jedoch auch *Platanen*, sogar, wohl mit Unrecht, auf *Eucalyptus*. Im Eocän und Oligocän werden die Angiospermen sicher bestimmbar; es sind Angehörige noch existirender Familien, theilweise von tropischem oder subtropischem Charakter, sogar im nördlichen Europa, nämlich *Palmen*, *Dracaena*, *Smilax* u. s. w. unter den Monocotylen, zahlreiche *Amentaceen* (namentlich *Quercus*), *Lauraceen* (*Cinnamomum* u. s. w.), *Leguminosen* u. s. w.

Wenn schon seit Beginn ihres Auftretens die fossilen Angiospermen für die Systematik keine neuen Aufschlüsse geben, so ist das begreiflicherweise mit der Annäherung an die Jetztzeit immer mehr der Fall. Die wenigen anfangs vorhandenen anscheinend ausgestorbenen Gattungen (z. B. *Dryophyllum*, angebliche Stammform der Eichen) schwinden schon im Eocän; vom Miocän an werden die Arten theilweise mit jetzigen identisch; im Quaternär fehlen die eigenen Arten. Der Florencharakter war zwar zur Tertiärzeit in Europa ganz wesentlich von dem gegenwärtigen verschieden, trug das Gepräge eines viel wärmeren Klima und wies, wie für die Gymnospermen, Typen auf, die gegenwärtig nur noch in fernen Ländern existiren. Diesen Fragen näher zu treten, ist jedoch nicht Aufgabe der Systematik, sondern der Pflanzengeographie.

Litteraturnachweis.

Einleitung und Morphologie.

(1) E. Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen 1866, S. 52. (2) Fritz Müller, Für Darwin 1864. (3) On the origin of species by means of natural selection 1859. (4) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie 1901. (5) Carl Nägeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre 1883. Julius Sachs, Flora Bd. 82, 1896, S. 173. (6) R. v. Wettstein, zuletzt in Handbuch der systematischen Botanik 1901, S. 40. (7) Eine andere Auffassung vertritt K. Goebel, Organographie der Pflanzen 1898. (8) K. Goebel, Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane 1883 und das zuvor citirte Werk; F. Pax, Allgemeine Morphologie der Pflanzen 1890. (9) K. Goebel, Organographie der Pflanzen 1898, I. Theil S. 15, II. Theil S. 261. (10) A. W. Eichler, Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes 1865. (11) K. Goebel, Bot. Ztg. 1880, S. 753. (12) S. Schwendener, Mechanische Theorie der Blattstellungen 1878, sowie zahlreiche Aufsätze in den Stzber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin. (13) A. F. W. Schimper, Die epiphytische Vegetation Amerikas 1888. (14) Eug. Warming, zuletzt in Engler u. Prantl, Nat. Pflanzenfamilien III. Th. 2. Abth. α, 1891, S. 2. (15) K. Goebel, Organographie der Pflanzen II. Th. 2. Heft, 1900, S. 435. (16) K. Goebel, Organographie der Pflanzen 1898, S. 121. (17) Cytologische Studien aus dem Bonner botanischen Institut, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX. 1897, S. 155. (18) Vgl. einerseits Alfred Fischer, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien 1897, andererseits Arthur Meyer, Flora, Ergänzungsband 1897, S. 185, und Robert Hegler, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXVI, 1901. S. 229. (19) Hugo de Vries, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI. 1885, S. 465. (20) 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. (21) A. F. W. Schimper, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVI. 1885, S. 1 u. Bot. Ztg. 1880, S. 886. (22) Marchlewski u. C. A. Schunck, Bull. internat. de l'Acad. d. sc. de Cracovie, 1900, S. 155. (23) C. A. Schunck, Proceedings of the Royal Soc. Vol. LXV, 1900, S. 177 und Vol. LXVIII, 1901, S. 474. (24) Tschirch, Untersuch. üb. d. Chlorophyll, 1884. (25) Die ganze umfangreiche Chlorophylllitteratur zusammengestellt von L. Marchlewski, im Artikel Chlorophyll, Bd. VIII. von Roscoe Schorlemmer's organischer Chemie, 1901. (26) E. Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXI. 1898, S. 511. (27) Pfeffer, Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I. 1885, S. 525; G. Haberlandt, Sinnesorgane im Pflanzenreich 1901, S. 126. (28) W. Rothert, Anzeiger der Akad. d. Wiss. in Krakau 1897, S. 11. (29) Zahlreiche Untersuchungen von Julius Wiesner zusammengestellt in seiner Anatomie und Physiologie der Pflanzen, IV. Aufl. 1898, S. 39 ff. u. 339, dann im Besondern auch L. Mangin, Journ. de Bot. Bd. VII. 1893, S. 37, 121, 325. (30) Gilson, La cristallisation de la cellulose, in der Revue, La Cellule, Bd. IX. 1893, S. 397. (31) Gilson, Rech. chim. sur la Membrane cellulaire des Champignons, in der Revue, La Cellule, Bd. XI. 1894, S. 7. (32) Fr. Czapek, Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XXVII. 1899, S. 141; Congrès internat. de Bot. Paris 1900. (33) Van Wisselingh, Verhandelingen Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam 1892. (34) Vgl. hierzu ausserdem Z. Kamerling, Bot. Centralbl., Bd. LXXII. 1897, S. 85. (35) Klebs, Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I. 1885, S. 582. (36) Carl Nägeli, Die Stärkekörner 1858. (37) A. F. W. Schimper, Bot. Zeitg. 1881, S. 223; Arthur Meyer, Unters. über die Stärkekörner 1895; vgl. auch Syniewski, Bull. inter-

nat. de l'Acad. d. sc. de Cracovie 1899, p. 245, der sich gegen A. Meyer, Unterscheidung von zwei physikalischen Modificationen der Substanz der Stärkekörner erklärt. (38) H. Fischer, Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. VIII. 1898, S. 53. (39) W. Pfeffer, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VIII. 1872, S. 472. (40) A. Zimmermann, Beitr. zur Morph. u. Phys. der Pflanzenzelle, Bd. I. 1891, S. 113. (41) L. Kny, Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1887, S. 387. (42) Léo Errera, L'épiplasme des Ascomycetes 1882 und andere Aufsätze. (43) M. Raciborski, Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1898, S. 52, 119 u. Flora 1898, S. 362. (44) Winogradsky, Bot. Ztg. 1887, S. 493 und Beiträge zur Morph. und Phys. der Bakterien 1888. (45) Hierzu auf botanischem Gebiet die zahlreichen Arbeiten von E. Strasburger, M. Treub, L. Guignard, Wl. Belajeff, J. Bretland Farmer, Nemec und Anderen. (46) Die auf die Reduction der Chromosomen bezüglichen Angaben sind in den Arbeiten der unter 45 genannten Autoren zu vergleichen. (47) Harper, Swingle, Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX. 1897, Mottier, Ber. d. deutsch. botan. Gesell. 1898, S. 124, Moore, daselbst, S. 266. (48) R. A. Harper, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX. 1897, S. 249. (49) Hierzu auf botanischem Gebiete zahlreiche Arbeiten, besonders von G. Thuret, N. Pringsheim, E. Strasburger, L. Guignard, Nawaschin und Anderen. (50) Besonders die Arbeiten von Wl. Belajeff, zuletzt in den Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1897, S. 337 ff. (51) Die unter 20 citirten Arbeiten von Ikeno, Hirase u. J. Webber. (52) Al. Braun, Abhandl. d. Berl. Acad. 1856, S. 337; A. de Bary, Bot. Ztg. 1875, S. 379. (53) Shaw, Bot. Gaz., Bd. XXIV. 1897, S. 114; Alex. Nathansohn, Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1900, S. 99. (54) Juel, Botan. Centralbl. Bd. LXXIV. 1898, S. 369, Abh. d. Kl. Schwed. Akad. d. Wiss. Bd. XXXIII. 1900, No. 5; Sw. Murbeck, Lunds Univ. Årsskrift Bd. XXXVI. Afd. II. No. 7, Kongl. Fysiogr. Sällsk. Handlingar. Bd. XI. No. 7, 1901. (55) Von der reichhaltigen Litteratur seien nur angeführt die Arbeiten von Arthur Meyer in Bot. Ztg. 1896, I. Abth., S. 187 u. Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1897, S. 166, von W. Gardiner, fortgesetzt bis in die letzten Jahrgänge der Proc. of the Roy. Soc.; E. Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVI. 1901, S. 493, dort die ganze Litteratur; endlich Arthur W. Hill in Phil. Trans. Roy. Soc. London, Bd. CXCIV. 1901, S. 83 u. Annals of Botany, Vol. XV. 1901, S. 575. (56) A. de Bary, Vgl. Anat. d. Vegetationsorgane 1877; G. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanat. II. Aufl. 1896; H. Solereder, Syst. Anat. d. Dicotyledonen 1899. (57) E. Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. V. 1866, S. 297. S. Schwendener, Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1881, S. 883 und Andere. (58) G. Haberlandt, a. Phys. Pflanzenanatomie II. Aufl. 1896, S. 417, Bot. Unters. Schwendener dargebracht 1899, S. 104; b. Sinnesorgane im Pflanzenreich 1901. (59) A. Nestler, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 1900, S. 189, 327. (60) Vgl. N. Wille, Beiträge zur physiol. Anat. der Laminariaceen 1897. (61) A. G. Tansley and Edith Chick, Annals of Botany, Vol. XV. 1901, S. 13. (62) in 58a, S. 300. (63) 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. (64) Ph. van Tieghem, Traité de Botanique. II. Aufl. 1891, S. 737. E. Strasburger, das unter 63 citirte Werk. (65) P. Zenetti, Botan. Zeitg. 1895. I. Abth., S. 53. (66) Gegen die Uebereinstimmung zwischen Pericykel des Stammes. und Pericambium der Wurzel spricht sich Hermann Fischer, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXV. 1900, S. 1 aus. (67) G. Haberlandt in 58a, S. 236. (68) Besonders in dem unter 56 genannten Werke von de Bary, S. 243 ff. (69) W. Eichler, Sitzber. d. Berl. Akad. d. Wiss., Bd. XXVIII. 1886, S. 501. (70) Im Besonderen das unter 56 genannte Werk von de Bary, das unt. 63 citirte Werk von E. Strasburger, das unter 56 citirte Werk von Haberlandt und die Arbeiten von Burgerstein, vorn. in den Schriften d. Wien. Akad. (71) H. Mayr, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, Jahrg. XXV. 1893, S. 313 u. A. (72) Alfred Fischer, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXII. 1890, S. 73. E. Strasburger unter 63, S. 883 ff. (73) L. Kny, Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1890, S. 176 und E. Strasburger unter 63. (74) Besonders Ph. van Tieghem, Traité de Botanique, II. Aufl. 1891, S. 719. (75) Besonders H. Schenck, Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen 1892. (76) Nach Mittheilungen von Borzi. (77) A. B. Frank, Bot. Ztg. 1864, S. 186; G. Kraus, Abh. d. naturf. Ges. zu Halle, Bd. XVI. 1885, S. 365. E. Strasburger 63, S. 107. R. Meissner, Bot. Ztg., I. Abth. 1894, S. 55 u. 1901, S. 25. (78) Besonders de Bary in 56, S. 560. (79) Stahl, Botan. Zeitg. 1873, S. 561; im übrigen die Litteratur bei Haberlandt in 56, S. 407. (80) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatom., Bd. I. 1889, S. 275 ff., dort die Litterat. zu Trennungsschichten und Wundheilung (81) H. Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose, VI. Heft 1881. (82) Théorie élementaire de la Botanique. (83) E. de Wildeman, Bd. LIII der Memoires couronnés etc. publiés par l'Acad. de science de Belgique 1893. (84) H. Leitger in 81, Heft III. 1877, dort die übrige Litteratur. (85) 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. (86) J. Sachs, Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg, Bd. II. 1878 und 1879, S. 46 und 185. (87) Johannes Hanstein,

Festschr. d. niederrh. Gesell. f. Natur- u. Heilkunde 1868, S. 109. (88) L. Errera, Bull. de la soc. Belge de Microscopie. Bd. XIII. S. 12, 1886 und in 60. Vers. deutsch. Naturforscher u. Aerzte zu Wiesbaden. Biol. Centralbl. 1887—88, S. 728; Berthold, Studien über Protoplasmamechanik 1886, S. 219; vgl. auch de Wildeman in 83. (89) C. Nägeli und Leitgeb, Beitr. z. wiss. Bot. von C. Nägeli. IV. Heft 1868, S. 73. (90) 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. (91) Alfred Koch, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXV. 1893, S. 380. (92) Besonders Ph. van Tieghem in 90, S. 700, dort die Litteratur. (93) Besonders O. Penzig, Pflanzen-Teratologie 1890, dort die Litteratur, und K. Goebel, Organographie der Pflanzen 1898, S. 152. (94) Hugo de Vries in 4, S. 115 ff.

Physiologie.

Für eingehendere Studien sei auf die entsprechenden Abschnitte der neuen Auflage von Pfeffer, Pflanzenphysiologie (I. Bd. Stoffwechsel, Leipzig 1897, II. Bd. Kraftwechsel, 1. Hälfte, Leipzig 1901) hingewiesen, sowie auf den dort gegebenen ausführlicheren Litteratur-Nachweis.

(1) Müller-Thurgau, Landwirthsch. Jahrb. 1880. Molisch, Sitz-Ber. k. Akad. d. Wiss. zu Wien 1896. Dalmer, Flora 1895. R. Pictet, Arch. d. scienc. phys. et nat. de Genève 1898, III. sér. Bd. XXX, S. 311. Brown u. Escombe, Proceed. Roy. Soc. Bd. LXII. 1898. Macfadyen, Proceed. Roy. Soc. 1900. (2) Pfeffer, Osmotische Untersuchungen 1877. de Vries, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI. Ebenda Bd. XIV. (3) Schwendener, Das mechan. Princip im anatom. Bau der Monocotylen 1879. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie, II. Aufl. 1896, S. 134 ff. (4) Ambronn, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XII. (5) Hegler, Cohn's Beitr. z. Biol. Bd. VI. 1893. F. Schwarz, Phys. Unters. üb. Dickenwachsth. u. Holzqual. von Pinus silv., Berlin 1899. (6) Ursprung Ber. deutsch. botan. Gesell. 1901, S. 313. Hartig, Holzuntersuch., Berlin 1901. S. 53. (7) Noll, Thiel's Landw. Jahrb. Bd. XXIX. 1900, S. 361. Sitzb. Niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. Bonn. 11. Juni 1900. (8) Winogradsky. Ann. de l'Inst. Pasteur 1890, 1891. Archiv d. sc. biol. Inst. imp. d. Méd. exper. à St. Pétersb. 1892. Centralbl. f. Bakteriol. 1896. Stutzer, Mittheil. d. Landw. Institute d. Univ. Breslau 1898. Behrens, Arbt. d. Bakt. im Boden etc. Arb. deutsch. Landw. Gesell. 1901, Heft 64. (9) J. Kühn, Fühling's Landw. Ztg. 1901, S. 1. (10) Nach noch unveröffentl. Untersuchungen im bot. Inst. Bonn-Poppelsdorf. (11) Wiegmann u. Polstorff, Ueb. die anorgan. Bestandtheile d. Pflanzen 1842. — Vgl. v. Lippmann, in Chemikerzeitung 1894. (12) E. Wolff, Aschenanalysen von land- und forstw. Produkten 1871 u. 1880. (13) N. Wille, Festschrift f. Schwendener 1899, S. 321. (14) 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., 2. Aufl. Bd. I. Kap. IV. (15) Nathansohn, Ber. deutsch. bot. Ges. 1901, S. 509. Pulst; vgl. Pfeffer, Pflanz.-Physiol. 2. Aufl. II, S. 334. (16) G. Schröder, Ueber die Austrocknungsfähigkeit d. Pfl. Inaug.-Diss. Leipzig 1886. Al. Braun, Betrachtungen über die Verjüngung i. d. Natur 1850, S. 213. Wojinovic, Beitr. z. Anat. etc. von Selaginella lepidophylla. Inaug.-Diss. Breslau 1890. (17) Fritz Müller, Kosmos, Bd. XIII. 1883 u. Prometheus, Bd. IX. Heft 1. (18) Thiel, Landw. Centralbl. 1870. Nobbe, Versuchsstat. 1875. (19) 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. (19) Chamberlain, Rech. s. l. sève ascend. Bull. du Lab. d. Bot. gén. de l'Univ. de Genève, Vol. II. 1897. (20) 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. dtsch. Bot. Ges. 1889. Scheit, Jenaische Zeitschr. 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. Botan. Institut Würzburg, Bd. II. u. Ges. Abhandl. I. S. 23. (21) Kamerling, Bot. Centralbl. 1898. (22) Böhm, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1889. Askenasy, Verh. nat. med. Ver., Heidelberg 1896. (23) 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. (24) 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 des Pflanzenbaues 1877. Büsgen, Bau u. Leben d. Waldbäume. 1897, S. 168. (25) Treub, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1889. v. Lagerheim. Ber. dtsch. Bot. Ges. 1891. Kraus, Flora, Bd. LXXXI. Koorders, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1897. (26) Göbel, Flora 1897. Groom, Ann. of Bot. 1897. Haberlandt, Jahrb. für wiss. Botan. 1897. (27) Volkens, Flora d. ägypt.-arab. Wüste 1887, S. 27. (28) Noll, Flora 1893. (29) Schimper, Die epiphytische Vegetation Amerikas, 1888 und Indo-malayische Strandflora, 1891, S. 28. Goebel, Pflanzenbiolog. Schilderungen I. Kihlmann, Pflanzenbiolog. Untersuchungen in Russisch-Lappland 1891. (30) Vgl. Pfeffer, Pfl.-Physiol. 2. Aufl. Bd. I. § 60. Den Angaben von Kohl, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1897, Heft 2, dass das Verhältniss wie 5:4 sei, liegt ein Rechenfehler zu Grunde. (31) Engelmann, Bot. Ztg. 1884, 1887, 1888. Verh. Akad. Amst. 1894. Reinke, Bot. Ztg. 1886. (32) Detlefsen, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1888, Bd. III. Hor. Brown, Address to the Chem. Sect. Brit. Assoc. f. advanc. of Science 1900. Reinke, (Ergrünen) Sitzgsber. Preuss. Akad. Berlin 1893. (33) Wenn eine englische Recension diese Gleichung beanstandete, weil die Zwischenprodukte daraus nicht hervorgingen, so liegt darin ein Verkennen des Charakters chemischer Gleichungen. (34) Kreusler, Landw. Jahrb. 1885. Godlewski, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. I. S. 343. H. Brown, vgl. unter No. 32. (35) H. Brown u. Escombe, Static diffusion of gases and liquids in relat. to the assim. of carbon and translocation in Plants. Philos. Transact. of the Roy. Soc. Ser. B. 193. 223. 1900. (36a) F. Hofmeister, Die chemische Organisation der Zelle. Braunschweig bei F. Vieweg u. Sohn 1901. (Naturw. Rundschau 16. 1901, S. 581 ff.) G. Bredig, Anorgan. Fermente etc. Leipzig, W. Engelmann 1901. (36b) Schulze, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XXIV. 18. Landw. Jahrb. Bd. XXVII. (36c) W. Ostwald, Ueber Katalyse. Naturw. Rundschau, 16. Jahrg. 1901, S. 529 u. 545. Hofmeister, Ebda. S. 581 ff. G. Bredig l. c. (37) Beyerinck, On the formation of Indigo etc. Verh. Kon. Akad. v. Wetenschap. te Amsterdam, 31. Sept. 1899. On Indigo-Fermentation. Ebda. 31. März 1900. — W. Busse, Mitth. a. d. Labor. d. Kais. Gesdhts.-Amts 1900. (38) Treub, (Pangium) Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1895. Im Uebrigen Pfeffer, Pfl.-Phys. 2. Aufl. Bd. I. § 78—91. (39) Solms-Laubach, Bot. Ztg. 1874. Derselbe in Engler-Prantl, Rafflesiaceae 1889, 35. Lfg. (40) L. Koch, Jahrb. f. wiss. Bot. 1888, u. Ber. dtsch. Bot. Ges. 1887. Heinricher, Jahrb. f. wiss. Bot. 1897, 1898, 1901. v. Wettstein, Ebda. u. Oesterr. Bot. Ztschr. 1897. — Johow, Jahrb. f. wiss. Bot. 1889. Groom, Ann. of Bot. 1895 u. Linn. Journ. Bot., Vol. 31. (41) Janse, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1896. Frank, Ber. dtsch. 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. E. Stahl, Jahrb. f. wiss. Bot. 1900, Bd. XXXIV. S. 539. W. Magnus, Ebda. Bd. XXXV. S. 205. Mac Dougal & Lloyd, Bull. of the New York Bot. Garden Vol. I. No. 5. 1900, S. 419. (42) Frank, Landw. Jahrb. 1888, 1890, 1892, u. Bot. Ztg. 1893. Hellriegel, Untersuch. über die Stickstoffnahrung der Gramineen u. Leguminosen 1888, und Bericht dtsch. Bot. Ges. 1889. Beyerinck, Bot. Zeitung 1888. Nobbe, Versuchsstat. 1893, 1894, 1896. Stutzer, Centralbl. f. Bakteriol. 1895. Zinsser, Jahrb. f. wiss. Bot. 1897. Nobbe u. Hiltner, Versuchsstat. XLV. Hiltner, Arb. biol. Abthlg. f. Land- u. Forstw. Kaiserl. Ges.-Amt Heft 2, 1900, S. 177. (43) Abel u. Buttenberg, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXXII. S. 449. (44) Beyerinck, Kon. Akad. van Wetensch. Amsterdam 1898. (45) 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. 5e sér. Tome XVII. Stahl, Beiträge z. Entwickl.-Gesch. d. Flechten, 1877 u. 1878. Reess, Monatsberichte Berlin. Akad. d. Wissensch. 1871. Strasburger, Deutsch. Rundschau 1891. Artari, Bull. d. sc. nat. de Moscou 1899, No. 1. (46) Strasburger, Ueber Azolla, 1873. (47) Brandt, Arch. f. Anat. u. Phys. (Phys. Abth.) 1882. Schimper, Wechselbeziehungen zw. Pflanzen u. Ameisen, 1888. Warburg, Biol. Centralbl. 1892. A. Möller, Pilzgärten einiger südam. Ameisen, 1893. Fairchild & Cook, Science 1898. Holtermann, Festschrift für Schwendener 1899. Raciborski, Flora 1900, S. 87. (48) Griffon, Compt. rend. 1900, Bd. CXXX. S. 1337. — Puriewitsch, Physiol. Unters. üb. Pflanzenathmung. Jahrb. f. wiss. Bot. 1900, Bd. XXXV. S. 573. (49) Wortmann, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1880. Wilson, Flora 1882. Pfeffer, Unters. Bot. Inst. Tübingen 1885. E. Godlewski sen. u. Polzeniusz, Bull. Krak. Lit. Akad., 1. April 1901. (50) Winogradsky, s. u. Nr. 6 und Bot. Ztg. 1887, 1888. Molisch, Die Pflanze in ihrer Bez. z. Eisen, 1892. Pfeffer, Energetik, 1892. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. Bd. I. Kap. IX. Buchner und Rapp, Zeitschr. f. Biol. Bd. XXXVII. 1898. (51) Reinke, Wissensch. Meeresunters. Neue Folge. Bd. III. Heft 2, S. 39. (52) Stahl, Ber. dtsch. Botan. Gesellsch. 1885. K. Rosenvinge, Rev. génér. de Bot. Bd. I. 1889, Nr. 2—5. H. Winkler, Ber. dtsch. Bot. Ges. Bd. XVIII. 1900, S. 297. (53) Müller-Thurgau, Landw. Jahrb. d. Schweiz 1898. Bd. XII.

S. 135. (54) Fritz Müller, Kosmos, 6. Jahrg. 1882. Heft 5. Swingle, Science 1899. N. S. Vol. X. S. 507. (55) Vöchting, Ueber Organbildg. im Pflanzenreich, 1878. Sachs, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. II. 1880 u. 1882. Noll, Ebda. 1888. Sachs, Vorles. Nr. 31. 1882. Goebel, Organographie 2. Theil. II. Bd. Heft 1, S. 435 ff. (56) Harting, Linnaea 1847. Sachs, Jahrb. f. wiss. Bot. 1860, und Arb. Bot. Inst. Würzburg. Bd. I. 1874. Strehl, Unters. üb. d. Längenwachsthum etc. 1874. Askenasy, Verh. Naturhist.-med. Ver. Heidelberg 1878. (57) Nägeli, Stärkekörner 1858. Bütschli, Ueber d. Bau quellbarer Körper etc. Verh. K. Ges. d. Wiss. Göttingen 1896. Pfeffer, Pfl.-Phys. 2. Aufl. Bd. I. § 12. (58) Askenasy, Verh. nat. med. Ver. Heidelbg. 1878. Pfitzer, Ebda. 1882. Janse, Maandbl. v. Natuurwetensch. 1887. Caspary, Flora 1856. F. Benecke, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1893. G. Kraus, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg. Vol. XII. S. 196. (59) Popovici, Bot. Centralbl. 1900, Bd. LXXXI. S. 33 u. 87. (60) Pfeffer, Pfl.-Phys., 2. Aufl. Bd. II. Kap. VI. Sachs, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1871. N. Ono, Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo 1900. 13. 1. (61) Pedersen, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1874. v. Liebenberg, Bot. Centralbl. 1884. Pammer, Oesterr.-ungar. Ztschr. f. Zuckerind. u. Landw. 1892. Schindler, D. Lehre v. Pflanzenbau. Wien, C. Fromme 1896. Allgem. Theil, S. 79. (62) Sachs, Bot. Ztg. 1864. Kraus, Ebda. 1876. Brefeld, Ebda. 1877 u. Bot. Unters. über Schimmelpilze 1877. Heft 3. Vines, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1878. Bd. II. Noll (Etiolement), Sitzber. Niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. Bonn, 13. Mai 1901. (63) Karsten, Bot. Ztg. 1888. Askenasy, Ebda 1870. H. Schenck, Biol. d. Wassergewächse, 1886. Goebel, Pflanzenbiol. Schilderungen II. Abschn. VI. 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. Kny, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1896. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXVII. 1900, S. 55. Němec, Flora 1899. (64) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Bd. II. Kap. IX. v. Wettstein, Denkschriften d. math.-naturw. Kl. d. Wien. Akad. der Wissensch. 1900, Bd. LXX. S. 305. Raciborski, Ann. Buitenzg. 2. Ser. 2,1. (65) W. Johannsen, Das Aetherverfahren beim Frühtreiben etc. Jena, 1900. Gustav Fischer. B. Schmidt, Ruheperiode d. Kartoffelknollen. Ber. deutsch. Bot. Ges. 1901, S. 76. (66) Engelmann, Bot. Ztg. 1881, 1883, 1886, 1887. Pfeffer, Untersuch. Bot. Inst. Tübingen, Bd. II. Rothert (Osmotaxis), Flora 1901, Bd. LXXXVIII. S. 406. (67) Kühne, Ztschr. f. Biol. Bd. XXXV. N. F. 17. 1897. Ritter, Flora 1899, Bd. LXXXVI. S. 329. (68) Arthur, Annals of Bot. Vol. XI. 1897. Ternetz, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXV. Heft 2. (69) Steinbrinck in Ber. dtsch. Bot. Ges. 1897, 1898, 1899, 1901 u. Schwendener-Festschr. 1899. Kamerling, Flora 1898. Bot. Centralblatt 1898. Dagegen Schwendener, Sitzgsb. Preuss. Akad. 1899 u. Schrodt, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1901, S. 483. (70) Sachs, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1878, Bd. II. Vöchting, Psychroklinie, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1898, S. 37. (71) Czapek, Jahrb. f. wiss. Bot. 1895 u. Ebda. 1900. S. 313. Darwin, F. Ann. of Bot. XIII. 1899, S. 567. Němec, Die Reizleitung u. die reizleit. Gewebe. Jena, Gust. Fischer 1901. (72) Noll, Flora 1893. (73) Stahl, Ueber sog. Kompasspflanzen. Jen. Ztschr. f. Naturw. 1881. Arthur, Bull. Purdue Univ. 1894. (74) Oltmanns, Flora 1892, 1897. (75) Knight in Ostwald's Klassikern, Nr. 62, 1895. Noll, Het. Ind. Leipzig 1892. Czapek, Jahrb. f. wiss. Bot. 1898, Bd. XXXII. S. 224. Noll, Ebda. 1900, Bd. XXXIV. S. 465. Němec, Ber. deutsch. Bot. Ges. 1900, S. 241 u. Jahrb. f. wiss. Bot. 1901, S. 2. Haberlandt, Ber. deutsch. Bot. Ges. 1900, S. 261. (76) Baranetzky, Flora 1901. Ergzbd. LXXXIX. S. 138. Noll, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. III. IX. u. XIII. Schwendener u. Krabbe, Abh. Kgl. Pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1892. Noll, Flora 1892. Meissner, Bot. Centralbl. 1894. (77) 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. dtsch. Bot. Ges. 1895. Noll, Sitzber. Niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. 8. Juli 1901. (78) Sachs, l. c. Vorl. 38. Noll, Heterog. Ind. S. 48. (79) Hartig, Holzuntersuchungen. Berlin 1901. (80) Wortmann, Bot. Ztg. 1881. M. Miyoshi, Bot. Ztg. 1894 u. Flora 1894. Molisch, Sitzber. Wien. Akad. 1893. Stahl, Bot. Ztg. 1880. Wortmann, Bot. Ztg. 1883, 1885. J. af Klerker, Ofversigt Kongl. Vetensk. Acad. Förh. 1891. Brunchorst, Bot. Centralbl. 1885, Bd. XXIII. Hegler, Verh. Ges. Deutsch. Naturf. u. Aerzte 1891. Newcombe, Science 1901. Juel, Jahrb. f. wiss. Bot. 1900. Bd. XXXIV. S. 507. Berg, Lunds Univ. Årsskrift 35, Nr. 6. (81) Sachs, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. II. 1882 (1879). Noll, Het. Ind. Leipzig 1892, S. 12 u. 35. Czapek, Jahrb. f. wiss. Bot. 1898, Bd. XXXII. S. 188. Noll, Jahrb. f. wiss. Bot. 1900, Bd. XXXIV. S. 459. (82) Haberlandt, Sinnesorgane im Pflanzenreich. Leipzig, W. Engelmann 1901. Mac Dougal, Ann. of Bot., Vol. X. 1896 u. Bot. Gazette 1892, 1893, auch Ber. dtsch. Bot. Ges. 1896. Ch. Darwin, Climbing Plants 1876. O. Müller, Ranken d. Cucurbitac. Inaug.-Diss. Breslau 1886. (Cohn's Beitr., Bd. IV. Heft 2.) (83) Pfeffer, Unters. Bot. Inst. Tübingen, Bd. I. Haberlandt l. c. (84) Nordhausen, Jahrb. f. wissensch. Bot. 1899, Bd. XXXIV. S. 236. (85) Pfeffer, Pflanzenphys. Unters. Leipzig 1871 und Periodische Bewegungen etc. 1875.

Oltmanns, Bot. Ztg. 1895. Jost, Jahrb. f. wiss. Bot. 1898. (86) Siehe unter (85) Jost; u. Schwendener, Sitzgsber. K. Preuss. Akad. d. Wiss. 1897 u. 1898. (87) Stahl, Bot. Ztg. 1897, S. 71. A. Fischer, Bot. Ztg. 1890. Noll, Het. Ind. 1892, S. 9. (88) Sachs, Flora 1863. Kabsch, Bot. Ztg. 1861, 1862. Darwin, Bewegungsvermögen 1881, S. 271. Pfeffer, Pfl.-Physiol., 1881, Bd. II. § 59. Sachs, Vorles. Nr. 34, 1882. (89) Haberlandt, Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze. Leipzig 1890. Mac Dougal, Botan. Gazette 1896. Vol. XXII. S. 293. (90) Pfeffer, Physiol. Untersuchungen 1873. (91) Jost, Bot. Ztg. 1897. (92) Möbius, Biol. Centrbl. 1891. (93) Klebs, Biol. Centrbl. 1889 und Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, 1896, und Jahrb. wiss. Bot. 1898 (Spordoinia). (94) Beyerinck, Verh. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 1900, S. 352. (95) v. Kölliker, Ztschr. f. wiss. Zoologie, Bd. XIV. 1864, S. 174. H. de Vries, Die Mutationstheorie. Vers. u. Beobacht. über die Entstehung d. Arten im Pflanzenreich. Leipzig, Veit & Co. 1901 u. Die Mutationen u. d. Mutationsperioden. Vortr. a. d. Naturf.-Vers. Hamburg. Leipzig 1901. Moll, Biol. Centralbl. Bd. XXI. 1901, S. 257 (Referat). Korschinsky, Flora 1901. Ergbd. LXXXIX. S. 240. (96) Strasburger, Ueber Polyembryonie. Jen. Ztschr. f. Naturwiss., Bd. XII. Treub, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, XV, 1898. Lotsy, Ann. Buitenzorg, 1899. 2. Ser. I. S. 174. (97) Al. Braun, Abh. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin 1856. de Bary, Bot. Ztg. 1875. Juel, Bot. Centralbl. Bd. LXXIV. 1898. Shaw, Bot. Gaz. 1897, S. 114. Juel, Kongl. Svenska Vetensk. Akad. Handl. Vol. XXXIII. Nr. 5, 1900. Murbeck, Lunds. Univ. Årsskrift. Bd. XXXVI. II. Nr. 7. (98) Loeb, Americ. Journ. of Phys. 1900. Vol. IV. S. 178. Winkler, Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen 1900. Heft 2. Nathansohn, Ber. deutsch. Bot. Ges. 1900, S. 99. Winkler, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVI, 1901, S. 753. E. Strasburger, Bot. Ztg. 1901, II. Abth. S. 353. (99) Stevens, Bot. Gaz. 1899, Vol. XXVIII. S. 129, 225. (100) S. u. Nr. 93. (101) Nawaschin, Ber. deutsch. Bot. Ges. 1900, Bd. XVIII. S. 224. Guignard, Compt. rend. T. CXXVIII. 1899, S. 869 u. Ann. sc. nat. Bot. 8. sér. T. XI. 1900, S. 365. de Vries, Rev. gén. de Bot. Bd. XII. 1900, S. 129. Correns, Ber. deutsch. Bot. Ges. 1899, S. 410. Strasburger, Bot. Ztg. II. Abth. 1900, S. 293. Correns, Bastarde zw. Maisrassen etc. Bibl. bot. 1901, Heft 53. (102) Correns, Ber. deutsch. Bot. Ges. 1900, Bd. XVIII. S. 422. (103) Chr. K. Sprengel, Das entdeckte Geheimniss d. Natur im Bau u. in der Befruchtung 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. Hildebrandt, Die Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen etc., 1867. Mac Leod, Bot. Jaarb. Dodon. Gent 1890 giebt 688, Knuth im Handb.d. Blüthenbiol. bis 1. April 1898 bereits 2871 dahin gehörende Schriften an. (104) H. Schenck, Die Biologie der Wassergewächse, 1886. (105) Fr. Johow, Sitzgsber. K. Pr. Akad. d. Wiss. 1898. Volkens, in Schwendener-Festschrift 1899. F. Johow, Z. Bestäubungsbiologie Chil. Blüthen II, Verh. d. wiss. Ver. Santiago. Bd. IV. S. 345. Valpar. 1901. Hier ein Register von Ornithophilen. E. Werth, Verh. d. bot. Ver. d. Pr. Brandenburg 1900, Bd. XLII. S. 222. Burck (Chiropterophile), Ann. Buitenzg. 1892. Hart, Bull. of misc. inform. 1897. (106) Hildebrandt, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1896. (107) Koelreuter, Vorläuf. Nachr. v. einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen, 1761, 1763, 1764, 1766. Gärtner, Versuche u. Beobacht. über Bastarderzeugung d. Pflanzen, 1849. Mendel, Flora 1901. Ergzsbd. LXXXIX. S. 364. Correns, Bot. Ztg. 1900, Sp. 229. Hildebrandt, Bot. Centralbl. Bd. LXXIX. 1899, S. 9 u. 36. Solms-Laubach, Bot. Ztg. 1902, II. Abth. Sp. 10. (108) Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVII. (109) Dingler, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1887, u. Flora 1887, u. Beweg. der pflanzlichen Flugorgane 1889. (110) Schimper, Indomalayische Strandflora, 1891, S. 158 ff. (111) Peter, Nachr. Götting. Ges. d. Wiss. 1893. Schindler, Die Lehre vom Pflanzenbau auf phys. Grundlage, 1896. S. 36 ff. (112) Klebs, Unters. Bot. Inst. Tübingen, Bd. I. S. 536 ff. (113) Pfitzer, Ber. dtsch. Bot. Ges. 1885. (114) de Vries, Landw. Jahrbücher 1880. Rimbach, Die kontraktilen Wurzeln. Fünfstück's Beitr. z. wiss. Bot., Bd. II. 1897 u. Ber. deutsch. Bot. Ges. 1899, Bd. XVII. S. 18.

Cryptogamen.

(1) Klebs, Die Beding. der Fortpflanz. bei einigen Algen und Pilzen 1896 u. Jahrb. f. w. Bot. XXXII—XXXIV. (2) Senn in Nat. Pflanzenfam. I 1. (3) Zumstein, Jahrb. f. w. Bot. XXXIV. (4) Schröter in Nat. Pflanzenfam. I 1. De Bary, Vergl. Morph. u. Biol. der Pilze, Mycetozoen und Bacterien 1884. Zopf, Die Pilzthiere 1885. Lister, A Monograph of the Mycetozoa 1894. Harper, Bot. Gaz. XXX. (5) Woronin, Jahrb. f. wiss. Bot. XI. Nawaschin, Flora 1899. (6) A. Fischer, Vorlesungen über Bacterien 1897. Flügge, Die Mikroorganismen 1896. Migula, System der Bacterien 1897—1900

Migula, A. de Bary's Vorlesungen über Bacterien. 3. Aufl. 1900. A. Meyer, Flora 1899. (7) Kirchner in Nat. Pflanzenfam. I 1; A. Fischer, Unters. über den Bau der Cyanophyc. und Bacterien 1897; Zacharias, Abhandl. aus d. Geb. der Naturw. Hamburg 1900; Hegler, Jahrb. f. w. Bot. XXXVI, Ref. v. Zacharias, Bot. Ztg. 1901. (8) Smith, Synopsis of the British Diatom. 1853—56. Van Heurck, Synopsis des Diatom. 1880—85. Pfitzer in Bot. Abh. von Hanstein I 2 1871. Klebahn, Jahrb. f. w. Bot. XXIX. Karsten, Flora 1896—1900 und Die Diatomeen der Kieler Bucht 1899. Schütt in Nat. Pflanzenfam. I 1 und Jahrb. f. w. Bot. 1899—1900. O. Müller, Ber. d. bot. G. 1898—1901. (9) Schütt, Das Pflanzenleben der Hochsee 1893. (10) Benecke, Jahrb. f. w. Bot. XXXV. Karsten, Flora Ergänzgsb. 1901. (11) Schütt in Nat. Pflanzenfam. I 1 und Die Perid. der Planktonexpedition 1895. Schilling, Flora 1891 und Ber. d. bot. G. 1891. (12) De Bary, Unt. über die Conjugaten 1858. Ralfs, The British Desmidieae 1848. Klebahn, Jahrb. f. w. Bot. XXII. Wille in Nat. Pflanzenfam. I 2. (13) Kützing, Tabulae phycologicae. (14) Wille in Nat. Pflanzenfam. I 2. (15) Senn, Bot. Ztg. 1899. Askenasy, Ber. d. bot. Ges. 1888. (16) Klein, Jahrb. f. w. Bot. XX. und Ber. nat. Ges. Freiburg 1890. Overton, Bot. Centrbl. XXXIX. A. Meyer, Bot. Ztg. 1896. (17) Dodel, Jahrb. f. wiss. Bot. X. (18) Klebs, Beding. d. Fortpfl. bei Algen u. Pilzen 1896. (19) Pringsheim, Jahrb. f. w. Bot. I. Juranyi ibid. IX. Klebahn ibid. XXIV. (20) Oltmanns, Flora 1895. (21) Reinke, Wiss. Meeresunters. Kiel 1899. Weber van Bosse, Annales jard. Buitenzorg XV. (22) de Bary u. Strasburger, Bot. Ztg. 1877. Solms-Laubach, Trans. Linn. Soc. 1895. (23) Kjellman in Nat. Pflanzenfam. I 2. Postels et Ruprecht, Illustr. algarum Oceani pacifici 1840. Hooker, Flora antarctica I 1844. Reinke, Atlas deutscher Meeresalgen 1889—1892. (24) Hansteen, Jahrb. f. w. Bot. XXXV. (25) Wille, Univers. Festschrift. Christiania 1897. (26) Berthold, Flora 1897. Oltmanns, Flora 1897 u. 1899. Sauvageau, Journ. de bot. 1896—97. (27) Church, Annals of bot. 1898. Sauvageau, Ann. sc. nat. 1899. (28) Thuret et Bornet, Etud. phycolog. 1877. Oltmanns, Bibl. botan. Heft 14. Strasburger, Jahrb. f. wiss. Bot. XXX. (29) Williams, Annals of Bot. XI. (30) Schmitz und Hauptfleisch in Nat. Pflanzenfam. I 2. Wille, Ber. d. bot. G. 1894 und Nova Acta 1887. Osterhout, Flora 1900. Oltmanns, Bot. Ztg. 1898. Kolkwitz, Wiss. Meeresunt. Kiel 1900. Falkenberg, 26. Monogr. Fauna u. Flora Neapel 1901. (31) Kuckuck, Sitzber. Akad. Berlin 1894. Sturch, Annals of bot. XIII. (32) Wille in Nat. Pflanzenfam. I 2. Migula in Rabenhorst, Krypt. Flora Deutschlands 1890. Götz, Bot. Ztg. 1899. Giesenhagen, Flora 1896 u. 1898. (33) de Bary, Vergl. Morph. u. Biolog. d. Pilze etc. 1884. (34) Brefeld, Bot. Untersuch. üb. Schimmelpilze, Untersuch. aus dem Gesammtgebiet d. Mykologie 1872—1895. von Tavel, Vergl. Morphol. der Pilze 1892. (35) Schröter in Nat. Pflanzenfam. I 1. (36) Cornu, Ann. sc. nat. 1872. Thaxter, Bot. Gaz. 1895. Lagerheim, Bihang till. Svensk. Akad. Handl. XXV. (37) Trow, Annals of bot. IX. XIII. (38) Wager, Annals of bot. IV. X. XIV. Berlese, Jahrb. f. w. Bot. XXXI. Davis, Bot. Gaz. XXIX. Stevens, Bot. Gaz. 1899, 1901 und Ber. d. bot. G. 1901. Trow, Annals of bot. XV. (39) Harper, Annals of bot. XIII. Gruber, Ber. d. bot. Ges. 1901. (40) Tulasne, Selecta fungorum Carpologia 1861—65. Schröter, Lindau, Fischer in Nat. Pflanzenfam. I 1. Harper, Annals of bot. XIII. (41) Popta, Flora 1899. (42) Thaxter, Mem. Americ. Acad. Boston 1896. (43) de Bary, Beitr. z. Morph. u. Phys. d. Pilze III. 1870. Harper, Ber. d. bot. Ges. 1895 und Jahrb. f. wiss. Bot. XXIX. Neger, Flora 1901. (44) Harper, Annals of bot. XIV. (45) Krombholz, Abb. u. Beschreib. der Schwämme 1831—46. Lenz, Nützl., schädl. u. verdächtige Schwämme 1890. Schlitzberger, Pilzbuch. Michael, Führer für Pilzfreunde 1895. (46) Fischer in Rabenhorst, Kryptog. Flora I. 5. (47) Sadebeck, Jahrb. Hamburg. wiss. Anst. 1884. 1890. 1893. Giesenhagen, Flora Ergänzgb. 1895 u. Bot. Ztg. 1901. (48) Dietel, Lindau, Hennings, Fischer in Nat. Pflanzenfam. I 1. Juel, Jahrb. f. w. Bot. XXXII. Ruhland, Bot. Ztg. 1901. (49) R. Hartig, Krankh. d. Waldbäume 1874 und Lehrb. d. Pflanzenkrankheiten 1900. (50) Harper, Transact. Wisconsin Acad. 1899. (51) Zahlreiche Abhandlungen von Magnus, Klebahn, Eriksson, E. Fischer, Lagerheim u. A. (52) Woronin, Verh. nat. Ges. Freiburg 1867. (53) R. Hartig, Der echte Hausschwamm 1885. (54) Möller, Pilzgärten südamerik. Ameisen 1893. Holtermann, Schwendener-Festschrift 1899. (55) E. Fischer, Denkschr. Schweiz. nat. Ges. XXXII u. XXXVI. Möller, Brasilische Pilzblumen 1895. (56) Fünfstück in Nat. Pflanzenfam. I 1. Reinke, Jahrb. f. wiss. Bot. 1894—96. Schwendener, Algentypen der Flechtengonidien 1869. Bonnier, Ann. sc. nat. 1889. Peirce, Proceed. Calif. acad. 1899 und The American Naturalist 1900. (57) Krabbe, Cladonia 1891. (58) Stahl, Beitr. zur Entw. d. Flechten 1877. Baur, Ber. d. b. Ges. 1898 und Flora 1901. Darbishire, Jahrb. f. w. Bot. XXXIV. Lindau, Flora 1888 und Schwendener-Festschrift 1899. Möller, Cultur flechtenbild. Ascomyceten 1887 und Bot. Ztg. 1888. (59) Johow, Jahrb. f. wiss. Bot. 1884. Möller, Flora 1893. Poulsen, Vid. Medd. Kopenhagen 1899. (60) Göbel, Die Muscineen, Schenk's Hdb. d. Bot. II. 1882 u. Organographie II 1. 1898. (61) Campbell, Mosses and Ferns 1895 u. 1901. (62) Schiffner in Nat. Pflanzenfam. I 3.

Leitgeb, Unters. über Lebermoose 1874—1882. Goebel, Flora 1895. Kamerling, Flora Ergänzgsb. 1897. Andreas, Flora 1899. (63) K. Müller, Ruhland, Warnstorf, Brotherus in Nat. Pflanzenfam. I 3. Lorentz, Jahrb. f. wiss. Bot. VI. Haberlandt ibid. XVII. Tansley and Chick, Annals of bot. XV. (64) Ph. W. Schimper, Torfmoose 1858. Nawaschin, Flora 1897. (65) Lantzius-Beninga, Der innere Bau der Mooskapsel 1850. Dihm, Flora Ergänzgsb. 1894. Göbel, Flora 1895. Steinbrinck, Flora Ergänzgsb. 1897. (66) Sadebeck in Nat. Pflanzenfam. I 4. Goebel, Organographie II 2 1900 u. 1901. (67) Sadebeck, Diels, Bitter in Nat. Pflanzenfam. I 4. Hooker, Synopsis filicum 1883. Baker, Fern Allies 1887. Christ, Farnkräuter d. Erde 1897. Bower, Transact. Roy. Soc. 1899. (68) Strasburger, Jahrb. wiss. Bot. VII. (69) de Bary, Bot. Ztg. 1878. Bower, Transact. Linn. Soc. 1887. Lang and Clark, Bot. Ctrbl. 1898. (70) Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. III. Belajeff, Bot. Ztg. 1898. (71) Strasburger, Azolla 1873. (72) Sadebeck in Nat. Pflanzenfam. I 4. (73) Pritzel in Nat. Pflanzenfam. I 4. Göbel, Bot. Ztg. 1887. Treub, Ann. Jard. Buitenzorg 1884—1890. Bruchmann, Ueber die Prothallien u. Keimpfl. der Lycop. 1898. Lang, Annals of bot. XIII. (74) Hieronymus in Nat. Pflanzenfam. I 4. Pfeffer in Hanstein's Bot. Abh. 1871. Belajeff, Bot. Ztg. 1885. Bruchmann, Unt. über Selaginella spinulosa 1897. Fitting, Bot. Ztg. 1900. Göbel, Flora 1901. Lyon, Bot. Gaz. XXXII. (75) Farmer, Annals of bot. V. Scott and Hill, ibid. XIV. Smith, Bot. Gaz. 1900. Fitting, Bot. Ztg. 1900. (76) W. Ph. Schimper, Traité de Paléontologie végétale. Paris 1866—1874. W. Ph. Schimper u. A. Schenk, Palaeophytologie in Zittel's Handbuch der Pal. 1890. A. Schenk, Die fossilen Pflanzenreste 1888. B. Renault, Cours de bot. fossile 1881—1885. G. Saporta et Marion, Evolution du règne végétal 1881 und 1885. Graf zu Solms-Laubach, Einleitung in die Paläophytologie 1887. Potonié, Lehrb. der Pflanzenpalaeontologie 1899; D. H. Scott, Studies in fossil botany 1900; R. Zeiller, Eléments de Paléobotanique 1900.

Phanerogamen.

(1) Engler, Prantl, Die natürl. Pflanzenfamilien Bd. II. III. IV. Engler, Das Pflanzenreich, Monographien der Familien 1900 begonnen. Baillon, Histoire des plantes. Schnizlein, Iconographia familiarum natural. 1843. R. u. G. Reichenbach, Icones Florae germ. et helv. Hempel u. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes. (2) Berg u. Schmidt, Atlas der officin. Pfl., 2. Aufl. von A. Meyer u. K. Schumann. Köhler, Medizinalpflanzen. Tschirch, Indische Nutzpflanzen. Zippel, Ausländische Culturpflanzen. Sadebeck, Kulturgewächse d. deutschen Kolonien. (3) W. Hofmeister, Vergl. Unt. der Keimung, Entfaltung u. Fruchtbild. höherer Kryptog. u. der Samenbild. der Coniferen 1851. (4) Warming, Hanstein's Bot. Abhandl. Bd. II. Wille, Ueber die Entw. der Pollenkörner der Angiosp. 1886. Strasburger, Ueber Bau u. Wachsthum d. Zellhäute 1882 und Ueber Wachsthum vegetab. Zellhäute 1889. (5) Warming, Ann. des sciences nat. Botanique 1878. Strasburger, Die Angiospermen und Gymnospermen 1879. (6) Payer, Traité d'organogénie de la fleur 1857. Goebel, Vergl. Entwicklungsgesch. der Pflanzenorgane 1883. Pax, Allg. Morphologie d. Pflanzen mit bes. Berücks. der Blüthenmorphol. 1890. K. Schumann, Neue Untersuch. über den Blüthenanschluss 1890. Ferner Jahrb. f. wiss. Bot. XX. u. Ber. d. bot. Ges. 1886. Noll, Arbeit. bot. Inst. Würzburg III. Vöchting, Jahrb. f. wiss. Bot. XVII. u. XXX. (7) Eichler, Blüthendiagramm. (8) Warming, Rech. sur la ramific. des Phanérog. Goebel, Grundzüge der Systematik. (9) Strasburger, Die Angiospermen u. Gymnospermen 1879; Neue Unters. über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen 1884; Ueber das Verhalt. des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen 1892; Biol. Centralbl. 1894. Belajeff, Ber. d. bot. Ges. 1891. Guignard, Ann. sc. nat. Bot. 7 sér. XIV. Ferguson, Pollentube in Pinus, Egg and Fertilization in Pinus, Annals of bot. XV. Schniewind-Thies, Reduct. der Chromosomenzahl in Embryosackmutterzellen der Angiosp. 1901. (10) Webber, Bot. Gazette XXIII, XXIV. Ikeno, Journ. of the College of sc. Tokyo XII. u. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXII; Annales des sc. nat. Bot. 1901. XIII. Hirase, Journ. of the college of sc. Tokyo VIII. u. XII. (11) Karsten, Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. VI. u. Bot. Ztg. 1892. Lotsy, Annales jard. bot. Buitenzorg XI. u. XVI. Bower, Quart. Journ. of micr. sc. XXII. (12) Nawaschin, Mém. de l'acad. de St. Pétersb. 7. sér. XLII; Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg VIII u. X; Bot. Centralbl. 1895 LXIII. Zingger, Trav. de la soc. imp. des naturalist. St. Pétersbourg XXVII; Comptes rendus 1896. (13) Dalmer, Jenaische Zeitschr. XIV. Capus, Tissu conducteur, Paris 1879. Guéguen, Journ. de bot. 1900. (14) S. Nawaschin, Bull. de l'Acad. imp. St. Pétersbourg IX. 1898 und Ber. deutsch. bot. Ges. 1900; Guignard, Revue générale de bot. XI. 1899; Ann. sc. nat. 8 sér. 1900; Journal de botan. 1901; Strasburger, Bot. Zeitg. 1899 und

1900; DE VRIES, Revue générale de bot. XII. 1900; CORRENS, Ber. deutsch. bot. Ges. 1899; Bibliotheca botanica Heft 53. WEBBER, Bull. U. S. Dep. of agriculture XXII. 1900. (15) TREUB, Annales du jard. bot. Buitenzorg X. (16) HANSTEIN, Entwicklungsgesch. des Keims der Monocotylen u. Dicotylen. Bot. Abhandl. I. HEGELMAIER, Vergl. Untersuch. über die Entw. dicotyler Keime. SOLMS-LAUBACH, Bot. Ztg. 1878. (17) STRASBURGER, Jenaische Ztschr. f. Naturwissensch. XII. A. ERNST, Flora 1901. (18) GÄRTNER, De fructibus et seminibus plantarum. (19) STRASBURGER, Die Coniferen u. die Gnetaceen 1872; Die Angiospermen und Gymnospermen 1879. (20) TREUB, Annales du jard. bot. Buitenzorg II. und III. LANG, Annals of bot. XIV. (21) SEWARD and GOWAN, Annals of bot. XIV. (22) STRASBURGER, Die Coniferen und die Gnetaceen 1872; Flora 1873; EICHLER, Blüthendiagramme u. Flora 1873. L. CÉLAKOVSKÝ, Jahrb. f. wiss. Bot. XXXV. 1900. W. C. WORSDELL, Annals of bot. 1900. XIV. JÄGER, Flora 1899. ARNOLDI, Flora 1900. (23) J. D. HOOKER, On Welwitschia, Transact. of Linn. Soc. XXIV. (24) Vgl. die citirte Literatur unter Cryptogamen (76). (25) MARTIUS, Historia nat. Palmarum. BLUME, Rumphia. DRUDE, Flora brasiliensis III 2. (26) Flora brasil. III 2. SCHOTT, Icones Aroidearum. (27) HEGELMAIER, Monogr. der Lemnaceen. (28) L. CÉLAKOVSKY, Sitzb. der Kgl. böhm. Ges. Wiss. 1889 und Das Reductionsgesetz der Blüthen, ibid. 1894. GÖBEL, Flora 1895 Ergänzungsband. (29) PFITZER, Grundzüge einer vgl. Morphol. der Orchideen. (30) PRZEWALSKI, Gartenflora 1875 und 1882. (31) WARBURG, Die Muskatnuss. (32) WITTROCK, Viola Studier 1895 u. 1897. (33) K. SCHUMANN, Gesammtbeschreibung der Cacteen. ENGELMANN, Synopsis of the Cactaceae, Proceed. Americ. Acad. III. GÖBEL, Succulenten in Pflanzenbiologische Schilderungen I. 1889. (34) TREUB, Annales du jardin bot. Buitenzorg II. III. (35) Vgl. die Literatur unter (76) bei den Cryptogamen.

Systematisches Verzeichniss

der

officinellen und giftigen Gewächse.

○ bedeutet officinell in Deutschland, Oesterreich oder Schweiz;
+ bedeutet giftig;
⊕ bedeutet officinell und giftig;
* vor den Seitenzahlen bedeuten Abbildungen.

Thallophyta.

○ Laminaria digitata, Forma Cloustoni *278. 282.
○ Chondrus crispus, Carrageen *283. 286.
○ Gigartina mammillosa, Carrageen *283. 286.
⊕ Claviceps purpurea, Secale cornutum, Mutterkorn *78. *300.
○ Polyporus fomentarius, Feuerschwamm 311. 312.
○ Polyporus officinalis, Lärchenschwamm 312.
+ Boletus Satanas, Satanspilz *311.
+ Amanita muscaria, Fliegenschwamm *311. 312.
+ Amanita bulbosa, Knollenblätterschwamm 312.
+ Lactarius torminosus, Giftreizker 312.
+ Russula emetica, Speiteufel 312.
+ Scleroderma vulgare, Hartbovist 312. *313.
○ Cetraria islandica, Isländisches Moos *316. 318.

Pteridophyta.

○ Aspidium filix mas, Wurmfarn *322. *335. 339.
○ Adiantum Capillus Veneris, Frauenhaar 339.
○ Cibotium Barometz, Penawar Djambi 339.
○ Lycopodium clavatum, Bärlapp *346. 348.

Gymnospermae.

⊕ Taxus baccata, Eibe *387. *388.
⊕ Juniperus Sabina, Sadebaum *391.
○ — communis, Wachholder *389.
○ — oxycedrus 391.
○ Larix europaea, Lärche 391.
○ — sibirica 391.
○ Pinus silvestris, Kiefer *390.
○ — Pumilio, Krummholzkiefer 391.
○ — australis 391.
○ — Laricio 391.
○ — Taeda 391.
○ — Pinaster 391.
○ Abies alba, Weisstanne *389.
○ Picea excelsa, Fichte 391.

Liliiflorae.

⊕ Colchicum autumnale, Herbstzeitlose *397. 398. 400.
⊕ Veratrum album, Niesswurz 398. 400.
○ Sabadilla officinarum 400.
○ Aloë-Arten *398. 400.
○ Urginea maritima, Meerzwiebel *399. 400.
○ Smilax-Arten 400.
+ Paris quadrifolia, Einbeere *397. 398.
⊕ Convallaria majalis, Maiglöckchen 400.
○ Iris germanica, blaue Schwertlilie 401.
○ — florentina *399. 401.
○ — pallida 401.
○ Crocus sativus, Safran *400. 401.

Spadiciflorae.

Glumiflorae.

Scitamineae.

Gynandrae.

Amentaceae.

Urticinae.

Polygoninae.

Centrospermae.

Polycarpicae.

Rhoeadinae.

Cistiflorae.

Columniferae.

Gruinales.

○ Linum usitatissimum, Flachs *455. 456.
○ Erythroxylum Coca, Cocastrauch *455. 456.
○ Polygala Senega *455. 456.

Terebinthinae.

⊕ Ruta graveolens, Raute 458.
○ Citrus vulgaris, Pomeranze *458.
○ — Limonum, Limone (Citrone) 458.
○ — Bergamia, Bergamotte 458.
○ Pilocarpus pennatifolius *457. 458.
○ Commiphora abyssinica, Myrrhe 458.
○ — Schimperi, Myrrhe 458.
○ Boswellia Carteri, Weihrauchbaum 458.
○ — Bhau-Dajiana, Weihrauchbaum 458.
○ Canarium-Arten 458.
○ Pierasma excelsa 458.
○ Quassia amara, Bitterholz 458. *459.
+ Rhus-Arten 458.
○ Pistacia Lentiscus, Mastixstrauch 458.
○ Guajacum officinale, Pockholz 458.

Sapindinae.

○ Paullinia Cupana 459.

Frangulinae.

+ Evonymus europaea, Pfaffenhütchen *460.
○ Vitis vinifera, Weinstock *461.
○ Rhamnus cathartica, Kreuzdorn *461. 462.
○ — Frangula, Faulbaum *461. 462.
○ — Purshiana 462.
+ Buxus sempervirens, Buchs 462.

Thymelaeinae.

⊕ Daphne Mezereum, Seidelbast *462.

Tricoccae.

+ Hippomane Mancinella 465.
+ Euphorbia-Arten, Wolfsmilch *463. 465.
⊕ — resinifera *463. 465.
○ Croton Eluteria 465.
○ — Tiglium 465.
+ Mercurialis annua, Bingelkraut *465.
○ Mallotus philippinensis *465.
⊕ Ricinus communis, Wunderbaum *464. 465. 466.

Umbelliflorae.

+ Hedera Helix, Epheu *467.
○ Carum Carvi, Kümmel *469. 472.
○ Foeniculum capillaceum, Fenchel 472.
○ Pimpinella Anisum, Anis 472.
○ — magna, grosse Bibernelle 472.
○ — Saxifraga, kleine Bibernelle 472.
⊕ Conium maculatum, Schierling *470. 471. 472.
○ Coriandrum sativum, Coriander 472.
+ Cicuta virosa, Wasserschierling *468. 471.
+ Sium latifolium, Merk *471. 472.
+ Berula angustifolia, Berle 472.
+ Aethusa Cynapium, Hundspetersilie *471. 472.
+ Oenanthe-Arten, Pferdesaat 472.
○ Archangelica officinalis, Engelwurz 472.
○ Levisticum officinale, Liebstöckel 472.
○ Imperatoria Ostruthium, Meisterwurz 472.
○ Petroselinum sativum, Petersilie 472.
○ Dorema Ammoniacum 472.
○ Ferula galbaniflua 472.
○ — Narthex 472.
○ — Asa foetida 472.

Saxifraginae.

○ Ribes rubrum, Johannisbeere 473.
○ Liquidambar orientalis, Styraxbaum 473.

Rosiflorae.

○ Hagenia abyssinica *477. 478.
⊕ Prunus Laurocerasus, Kirschlorbeer 478.
○ — cerasus *476. 478.
○ — Amygdalus, Mandel 478.
○ — domestica, Pflaume 478.
○ Cydonia vulgaris, Quitte 478.
○ Rosa centifolia, Gartenrose 478.
○ Rubus idaeus, Himbeere 478.
○ — fruticosus *475.
○ Quillaja Saponaria *476. 478.
○ Spiraea Ulmaria 478.
○ Potentilla Tormentilla 478.

Leguminosae.

○ Acacia Catechu *479. 480.
○ — Suma 480.
○ — Senegal *480.
○ Tamarindus indica, Tamarinde *481. *482. 484.
○ Krameria triandra *481. 483.
○ Cassia acutifolia, Senne *481. 483.
○ — angustifolia 482.
○ — obovata 483.
○ — Fistula 483.
○ Copaifera Langsdorffii u. a. A. *482. 483.
○ Haematoxylon campechianum, Blauholz 483.
○ Myroxylon Toluifera 487.
○ — Pereirae *486. 487.
○ Glycyrrhiza glabra, Süssholz *484. 487.
○ Astragalus gummifer u. a. A., Traganthstrauch *485. 487.

+ Cytisus Laburnum, Goldregen *485. 487.
+ — alpinus 487.
+ — Weldini 487.
+ — purpureus 487.
+ — biflorus 487.
+ Coronilla varia, bunte Kronwicke *483. 487.
○ Melilotus officinalis, Steinklee 487.
○ Trigonella Foenum graecum, Bockshornsamen 487.
○ Spartium scoparium 487.
○ Ononis spinosa, Hauhechel 487.
+ Wistaria sinensis, Glycine 487.
⊕ Physostigma venenosum, Gottesgerichtsbohne 487.
○ Andira Araroba 487.
○ Pterocarpus santalinus 487.
○ — Marsupium 487.

Myrtiflorae.

○ Punica Granatum, Granatbaum *489. 490.
○ Eugenia aromatica, Nelkenbaum *489. 490.
○ Eucalyptus globulus 490.
○ Melaleuca Leucadendron 490.

Hysterophyta.

+ Viscum album, Mistel *491.
○ Santalum album, Sandelholz 491.

Ericinae.

+ Rhododendron-Arten 494.
+ Azalea-Arten 494.
+ Ledum palustre, Mottenkraut 494.
○ Arctostaphylos Uva ursi, Bärentraube *493. 494.
○ Vaccinium Myrtillus 494.

Diospyrinae.

○ Palaquium-Arten *493. 494.
○ Payena-Arten 494.
○ Styrax Benzoin 494.

Primulinae.

+ Cyclamen europaeum, Alpenveilchen 494. *495.
+ Anagallis arvensis, rothe Miere 494. *495.
+ — coerulea, blaue Miere 494.
+ Primula obconica 494.
+ — sinensis 494.

Contortae.

○ Fraxinus Ornus, Mannaesche *496. 498.
○ Olea europaea, Oelbaum *496. *497. 498.
⊕ Strychnos nux vomica, Brechnuss *498. *499.
○ Gelsemium nitidum 498.
○ Gentiana lutea, gelber Enzian *499.
○ — pannonica 499.
○ — purpurea 499.
○ — punctata 499.
○ Erythraea Centaurium, Tausendgüldenkraut *499.
⊕ Menyanthes trifoliata, Bitterklee 499.
+ Nerium Oleander, Oleander *500.
⊕ Strophantus-Arten 500. *501.
○ Landolphia-Arten 500.
○ Hancornia-Arten 500.
○ Willughbya-Arten 500.
○ Aspidosperma Quebracho 500.
+ Vincetoxicum officinale *502.
○ Gonolobus Condurango 502.

Tubiflorae.

○ Ipomoea Purga 503.
○ Convolvulus Scammonia 503.

Personatae.

⊕ Nicotiana Tabacum, Tabak *504. *505. 507.
+ — rustica, Bauerntabak 507.
+ Lycopersicum esculentum, Tomate 507.
⊕ Solanum Dulcamara, Bittersüss *505. 507.
+ — tuberosum, Kartoffel 507.
+ — nigrum, Nachtschatten 507.
⊕ Hyoscyamus niger, Bilsenkraut *505. 507.
⊕ Atropa Belladonna, Tollkirsche *505. 507.
⊕ Datura Stramonium, Stechapfel *506. 507.
⊕ Scopolia carniolica 507.
○ Capsicum annuum, Cayennepfeffer 507.
⊕ Digitalis purpurea, rother Fingerhut *506. *508. 509.
○ Verbascum thapsiforme, Wollkraut *508. 509.
○ — phlomoides 509.
+ Gratiola officinalis, Gnadenkraut 509.

Labiatiflorae.

○ Mentha piperita, Pfefferminze *510. 511.
○ — crispa, Krausminze 511.
○ Melissa officinalis, Melisse *510.
○ Galeopsis ochroleuca *511.
○ Lavandula vera, Lavendel 511.
○ Salvia officinalis, Salbei 511.
○ Thymus serpyllum, Quendel 511.
○ — vulgaris, Thymian 511.
○ Rosmarinus officinalis, Rosmarin 511.
○ Origanum vulgare, Dost. 511.
○ — Majoranae, Mairan 511.

Rubiinae.

○ Coffea arabica, Kaffee *514.
○ Cephaëlis Ipecacuanha, Brechwurzel *512. 514.
○ Cinchona succirubra u. a. A., Chinabaum *512. 514. *515.
○ Uncaria Gambir 514.
○ Sambucus nigra, Holunder *515.
○ Valeriana officinalis, Baldrian *516.

Campanulinae.

○ Lobelia inflata 516.
○ Citrullus Colocynthis, Bittergurke *517. 519.
+ Bryonia dioica, B. alba, Zaunrübe *517. 518.

Aggregatae.

○ Arnica montana *520. *523. 525.
○ Artemisia Absinthium, Wermuth 525.
○ — Cina *521. 525.
○ Matricaria Chamomilla, Kamille *520. 525.
○ Cnicus benedictus, Kardobenedikten-kraut *522. 525.
○ Tussilago Farfara, Huflattich *521. 525.
○ Achillea Millefolium, Schafgarbe 525.
○ Anthemis nobilis, römische Kamille 525.
○ Spilanthes oleracea 525.
○ Lappa vulgaris, Klette *520. 525.
○ Anacyclus Pyrethrum 525.
○ Taraxacum officinale, Löwenzahn *524. 525.
⊕ Lactuca virosa, Giftlattich *523. 524.

Register.

* vor den Seitenzahlen bedeutet Abbildung.

Hansen, Kgl. Ir Botanik,
Kreuzstrasse 33 Meistorff, Petr.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Pflanzenphysiologie ganz
Vegetative u. Sexuelle Fortpflanz.
Cruciferen, Labiaten.
Rhenum Senega Querschnitte.
Organ. Chemie bis Glycerin.