

dieser drei Gruppen weiterhin nach der Zahl, der Insertion und den Längenverhältnissen der Staubblätter. Jede der 24 Klassen gliederte er in Ordnungen nach ähnlichen Gesichtspunkten. Manche der so erhaltenen Klassen und Ordnungen entsprechen natürlichen Verwandtschaftsgruppen, welche aber bunt durcheinander gewürfelt im System stehen, die meisten Klassen und Ordnungen aber enthalten Pflanzen, welche phylogenetisch einander sehr fern stehen.

Bereits LINNÉ fühlte aber auch das Bedürfnis, natürliche Pflanzenfamilien aufzustellen (im Jahre 1738) und sie nach ihrer „Verwandtschaft“ anzuordnen. So lange aber an die Unwandelbarkeit der Spezies geglaubt wurde, hatte die Bezeichnung Verwandtschaft und Familie in einem System der Organismen nur eine mystische Bedeutung. Sie bedeutete tatsächlich weiter nichts als eine Zusammenstellung ähnlich aussehender Wesen. Erst durch die Deszendenzlehre hat das natürliche System der Organismen seine reale Grundlage gewonnen.

Das System, welches für die nachfolgende Darstellung zugrunde gelegt werden soll, ist das von ALEXANDER BRAUN aufgestellte, von EICHLER, ENGLER und anderen weiter ausgebildete natürliche System.

Wir unterscheiden zunächst zwischen Kryptogamen als unterer Stufe und Phanerogamen als oberer Stufe des Gewächsreiches.

Erste Abteilung.

Kryptogamen.

Die Kryptogamen umfassen eine außerordentliche Fülle der verschiedenartigsten Pflanzenformen, von den einfachsten einzelligen Wesen ausgehend bis zu hoch entwickelten, in Stengel, Blätter und Wurzeln gegliederten Gewächsen, welche sämtlich darin von den Phanerogamen sich unterscheiden, daß sie sich mittels Sporen verbreiten, während die Phanerogamen dies durch Samen tun. Bei den Phanerogamen ist allerdings auch Sporenbildung vorhanden, allein nicht die Sporen sind es, sondern ein späteres aus ihnen hervorgegangenes Gebilde, eben der Samen, der sich erst von der Mutterpflanze löst, um den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Individuums abzugeben. Samen sind vielzellige Gebilde, die in ihrem Innern die vielzellige Anlage oder den Embryo der Pflanze umschließen, während die Sporen, welche sich bei den Kryptogamen von der Mutterpflanze lösen und den Ausgangspunkt des neuen selbständigen Individuums abgeben, einzellige Gebilde sind. Die Kryptogamen 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 Kryptogamen gliedern sich in folgende Hauptgruppen:

I. Die Thallophyten, Thalluspflanzen,

enthalten mannigfaltige Pflanzengestalten, welche einen einzelligen oder einen mehrzelligen, mehr oder weniger reich verzweigten Thallus vorstellen. Die

Fortpflanzung geschieht ungeschlechtlich oder geschlechtlich, meist ohne bestimmte Aufeinanderfolge beider Reproduktionsarten.

II. Die Archegoniaten, Archegoniumpflanzen,

legen ihre Entwicklung in zwei regelmäßig miteinander abwechselnden Generationen zurück. Die ungeschlechtliche Generation bildet Sporen und wird daher Sporophyt genannt. Aus den Sporen geht die geschlechtliche Generation, Gametophyt genannt, hervor, welche Geschlechtsorgane von charakteristischem Bau, männliche oder Antheridien, weibliche oder Archegonien erzeugt. Aus der befruchteten Eizelle der letzteren geht wiederum der Sporophyt hervor. Hierher gehören

1. die Bryophyten oder Moospflanzen, deren Gametophyt einestheils Formen mit blattartigem Thallus, andertheils schon kormophyte Formen mit deutlicher Gliederung in Stengel und Blätter, aber noch ohne echte Wurzeln und ohne Leitbündel oder höchstens mit sehr einfach gebauten Leitbündeln aufweist, während der Sporophyt eine gestielte oder ungestielte, auf der geschlechtlichen Moospflanze halbparasitisch heranreifende Sporenkapsel vorstellt;

2. die Pteridophyten oder Farnpflanzen, deren Gametophyt einen kleinen Thallus bildet, während der Sporophyt Gliederung in Stengel, Blätter und Wurzeln, mit echten Gefäßbündeln, also schon den Aufbau der Phanerogamen besitzt.

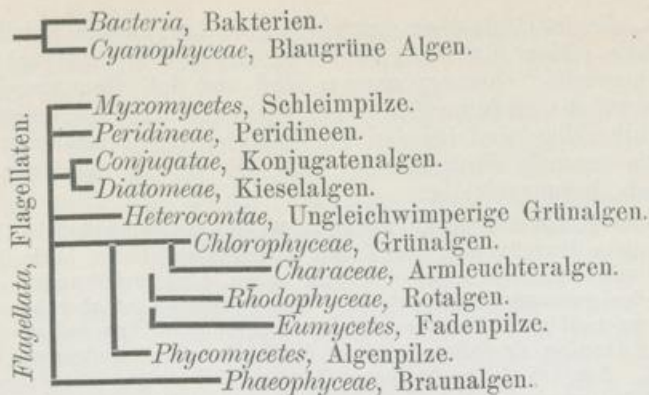
Thallophyten und Bryophyten werden auch als Zellenpflanzen den Pteridophyten oder Gefäßkryptogamen gegenüber gestellt, und die letzteren zusammen mit den Phanerogamen als Gefäßpflanzen bezeichnet. Die Bryophyten und Pteridophyten dürften als gesondert weiter entwickelte Stämme ihren gemeinsamen Ursprung aus höher stehenden Thallophyten genommen haben.

I.

Thallophyta.

Die Thallophyten unterschied man früher in *Algen* oder *Algae*, *Pilze* oder *Fungi* und *Flechten* oder *Lichenes*. Algen sind Thallophyten, welche assimilierende Chromatophoren mit Farbstoffen, vor allem Chlorophyll, besitzen und dementsprechend zu selbständiger Ernährungsweise befähigt erscheinen, während die Pilze keine solchen Farbstoffe enthalten und saprophytische oder parasitische Lebensweise führen. Die Einteilung in Algen und Pilze hat aber nur physiologischen, keinen phylogenetischen Wert, da sie die natürlichen Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen Klassen, in welche beide Gruppen zerlegt werden müssen, nicht zum Ausdruck bringt. Der Thallus der früher als einheitliche Organismen betrachteten Flechten stellt eine Symbiose von Fadenpilzen mit Algen vor. Vom streng systematischen Standpunkt aus müssen die Flechtenpilze und die Flechtenalgen in die Klassen der ihnen nächstverwandten Organismen eingereiht werden; andererseits zeigen die Flechten so viel Übereinstimmendes in Bau und Lebensweise, daß eine zusammenfassende Behandlung derselben am Schluß der Thallophyten für unsere Zwecke vorzuziehen ist.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der 14 Klassen, in die wir die Thallophyten gliedern, sind, soweit sich ermessen läßt, in folgender Zusammenstellung veranschaulicht:



Zu den einfachsten Thallophyten gehören die Bakterien und die Cyanophyceen, die untereinander nähere Beziehungen aufweisen und die man daher auch als Schizophyta oder Spaltpflanzen zusammengefaßt hat. Sie nehmen eine besondere Stellung den übrigen einfacheren Thallophyten gegenüber ein, welche mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit auf die Flagellaten als Ausgangsformen hinweisen. Die Flagellaten wurden und werden vielfach auch zu den niedersten Tieren gerechnet und in der Tat vereinigen sie pflanzliche und tierische Charaktere und können auch als Ausgangsformen für niedrigere Tiere betrachtet werden. Die Schleimpilze dürften als farblose Saprophyten ebenfalls von ihnen abstammen. Die Peridineen stellen nur einen weiter entwickelten Zweig der Flagellaten dar. Die einfachsten Formen der Heterocontae, der Grünalgen und der Phaeophyceen schließen direkt an Flagellaten an, während dagegen eine direkte Verbindung der letzteren mit den Konjugaten und Diatomeen, welche die größere Gruppe der Zygothryceen bilden, zwar wahrscheinlich, aber nicht in bestimmten Formen zu erkennen ist.

Von der Hauptreihe der Chlorophyceen haben sich die Phycomyceten abgezweigt, zweifelhaft ist die Anfügung der Rotalgen und der Fadenpilze, welche beide auf gemeinsame Wurzel zurückzugehen scheinen. Eine ganz selbständige und sehr vorgerückte Stellung nehmen die Characeen an, die meist als höchstentwickelte Grünalgen aufgefaßt werden.

Allgemein verbreiten und vermehren sich die Thallophyten durch ungeschlechtlich erzeugte Sporen, deren Bildungsweise große Mannigfaltigkeit aufweist. In vielen Fällen entstehen die Sporen durch Zellteilung im Innern von Zellen, die dann als Sporangien bezeichnet werden, in anderen Fällen entstehen sie durch Umbildung und Loslösung von Thalluszellen oder durch Zellsprossung. Die Sporen heißen Schwärmsporen, Zoosporen, wenn sie Cilien besitzen und aktiv im Wasser beweglich sind; sie heißen Aplano-sporen, wenn sie keine Cilien tragen. Im letzteren Falle können sie nackt sein bei Verbreitung im Wasser, oder mit Membran umgeben bei Verbreitung in der Luft.

Außer der ungeschlechtlichen ist auch geschlechtliche Fortpflanzung sehr verbreitet. Im einfachsten Falle besteht sie in Isogamie, d. h. in der Kopulation oder Konjugation von zwei gleichgestalteten und gleichwertigen Sexualzellen oder Gameten zu einer einzigen Zelle, der Zygosporie oder Zygote. Die Organe, in denen die Gameten gebildet werden, heißen Gametangien. Planogameten sind mit Cilien begabt, Aplanogameten dagegen cilienlose Gametenzellen. Auf höheren Stufen ist die Isogamie in Oogamie übergegangen und die Gameten sind differenziert in kleine, meist mit Cilien versehene, männliche Zellen, Spermatozoiden, die in Antheridien erzeugt werden, und größere, cilienlose weibliche Zellen, Eier oder

Oosphären, die in Oogonien entstehen. Die befruchtete Eizelle wird zu einer Oospore. Man nimmt an, daß die Gameten aus ungeschlechtlichen Sporen phylogenetisch hervorgegangen sind und daß die ungeschlechtliche Vermehrung auf die einfache Zellteilung zurückzuführen ist. Gametangien, Oogonien, Antheridien sind bei den Thallophyten den Sporangien homologe Gebilde. Die sexuelle Fortpflanzung hat sich in verschiedenen Gruppen, also mehrmals, herausgebildet.

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 nacheinander, oder in einander ablösenden getrennten Generationen. Im allgemeinen ist aber bei den Thallophyten keine regelmäßige Aufeinanderfolge von ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Generationen vorhanden, da äußere Faktoren für die Art der Fortpflanzung von großem Einfluß sind⁽¹⁾. Nur bei einigen wenigen Gruppen (bei einigen Braunalgen, bei den Rotalgen und bei gewissen Fadenpilzen) folgt regelmäßig auf eine geschlechtliche Generation (Gametophyt) eine ungeschlechtliche (Sporophyt) in ähnlicher Weise wie auch bei allen Bryophyten und Pteridophyten ein solcher Generationswechsel vorhanden ist.

Klasse I.

Bacteria, Bakterien oder Spaltpilze⁽²⁾.

Die Bakterien stellen sehr einfach gebaute, einzellige oder fadenförmige Organismen dar, welche 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 toten oder lebenden Pflanzen und Tieren verbreitet. Man bezeichnet sie auch als Spaltpilze oder Schizomycetes, weil die Vermehrung ihrer einzelligen Formen nur durch Zweiteilung oder Spaltung der Zellen sich vollzieht, eine Vermehrungsweise, die übrigens auch bei den anderen einzelligen Pflanzen vorkommt.

Die Zellen der Bakterien sind von einer dünnen Membran umgeben und enthalten ein meist farbloses Protoplasma, welches bei Plasmolyse sich von der Wand ganz oder teilweise zurückzieht, und im Innern des Wandbelegs einen einzigen Saft Raum oder auch mehrere Vakuolen umschließen kann. In den Protoplasten sind zwar körnige Gebilde in Ein- oder Mehrzahl, sog. Chromatinkörner, die sich durch Farbstoffe intensiv färben lassen, und von verschiedenen Autoren als Zellkerne gedeutet werden, beobachtet, indessen ist es bis jetzt nicht gelungen, unzweifelhafte Kernteilung (Karyokinese) an ihnen nachzuweisen, so daß das Vorhandensein von Kernen noch nicht sichergestellt ist.

Die Bakterien sind zum größten Teil außerordentlich winzige Organismen und es gehören zu ihnen überhaupt die kleinsten bekannten Lebewesen. So messen die kugeligen Zellen der kleinsten Arten im Durchmesser nur 0,0008 mm, die stäbchenförmigen Zellen des Tuberkelbacillus nur 0,0015 bis 0,004 mm Länge, der Querdurchmesser der meisten Arten etwa 0,001 mm.

Die einfachste Form der Spaltpilze wird durch winzige kugelförmige Zellen, Kokken, repräsentiert. Formen mit stäbchenförmigen Zellen werden als Bacterium oder als Bacillus bezeichnet, Stäbchen mit schwach schraubiger Krümmung heißen Vibrio, stärker gekrümmte Spirillum, gerade Zellfäden Leptothrix, schraubige Zellfäden Spirochaete. Die höchste Entwicklungsstufe der Spaltpilze stellen Zellfäden dar, welche eine unechte Verzweigung aufweisen. Die einzelligen Kokken, Stäbchen, Vibrionen können nach der Teilung in Zellketten vereinigt bleiben. Häufig kommt es vor,

daß die Zellmembranen gallertartig aufquellen und daß so die Zellen oder Zellketten in Gallerte eingebettet erscheinen. Ein solcher Zustand heißt Zoogloea.

Viele Bakterien sind durch Eigenbewegung ausgezeichnet, welche durch Schwingungen und Kontraktionen von feinen Plasmacilien vermittelt wird. Diese Geißeln sind nach A. FISCHER entweder peritrich über die Oberfläche verteilt (*Heubacillus* Fig. 254*a, d*; *Typhusbacillus* 252*c*; *Tetanusbacillus* 257*e*), oder sie entspringen von einem Punkte aus, entweder als Einzelgeißel, monotrich, oder als Geißelbüschel, lophotrich. Polare Einzelgeißel hat der *Choleraebacillus* (Fig. 252*a*), ein polares Geißelbüschel *Spirillum undula* (Fig. 252*b, d*), ein seitenständiges Geißelbüschel die Schwärmzellen von *Cladothrix* (Fig. 253). 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. 252*e*), zugrunde.

Die Vermehrung geschieht auf vegetativem Wege durch eine sehr ausgiebige Zweiteilung der Zellen, die Erhaltung der Art und die Verbreitung

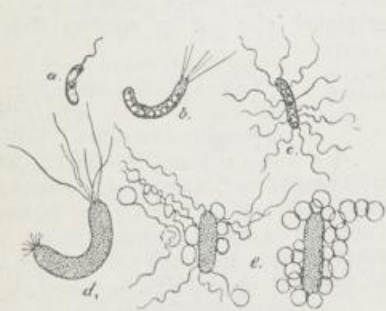


Fig. 252. Geißeltypen. *a* *Vibrio cholerae*, *b, d* *Spirillum undula*, *d* Entwicklung eines neuen Geißelbüschels bei der Teilung, *c* *Bacillus Typhi*, *e* *Bacillus subtilis*. Vergr. 2250. (Nach A. FISCHER.)

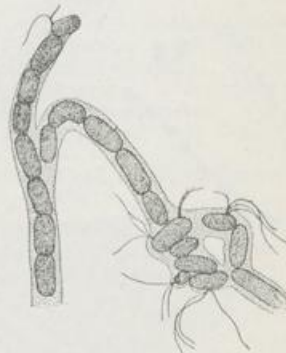


Fig. 253. *Cladothrix dichotoma*. Bildung der Schwärmstäbchen aus den Fadenzellen. Vergr. 1000. (Nach A. FISCHER.)

durch ungeschlechtliche Bildung von Dauersporen, welche als Endosporen (Fig. 254*c*; 256*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 und mit neuer Membran umgibt. Die Mutterzellmembran geht nach der Reife der Sporen durch Verquellen zugrunde. Sporen sind aber nicht bei allen Arten nachgewiesen.

Als Beispiel für den Entwicklungsgang einer Bakterie sei der *Heubacillus*, *Bacillus subtilis* (Fig. 254), gewählt, welcher sich in dem Extrakt, 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 teilen und auch in kurzen Ketten zusammenhaften. An der Oberfläche der Flüssigkeit gehen die schwärmenden Stäbchen über in ruhende geißellose, die sich zu langen geschlängelten Ketten weiterteilen. Die Zellketten legen sich zu einer sog. Kalmhaut, eine besondere Form von Zoogloeaabildung, zusammen. Nach Erschöpfung der Nährstoffe tritt dann die Sporenbildung ein.

Obwohl der Formenkreis der Bakterien ein sehr einfacher ist, weisen die einzelnen, morphologisch oft kaum zu unterscheidenden Arten eine ungemeine Mannigfaltigkeit in ihrem Stoffwechsel, in ihrer Lebensweise auf. Die meisten Bakterien haben Sauerstoff

zu ihrer Atmung nötig wie die übrigen Pflanzen, sind also aërob; manche können aber auch ohne Sauerstoff sich weiter entwickeln, während gewisse Arten, wie z. B. die Buttersäurebakterien, der Starrkrampfbacillus streng anaërob nur bei Abschluß von Sauerstoff gedeihen (vgl. S. 204).

Wir unterscheiden saprophytische und parasitische Arten, obwohl eine scharfe Trennung oft nicht möglich ist und die letzteren in Kulturen auf geeigneten Substraten auch die Lebensweise der ersteren führen können.

Zu den saprophytischen Bakterien 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 Überzüge an Algen, Steinen, Holzwerk in unreinen Gewässern. Die Vermehrung geschieht durch cilien-tragende Schwärmzellen, die durch Teilung aus den Fadenzellen entstehen und durch Verquellen der Fadenscheide frei werden (Fig. 253). Nach dem Schwärmen setzen sich die Zellen fest und wachsen zu neuen Fäden heran.

Sehr häufig ist ferner der Brunnenfaden, *Crenothrix Kühniana*, aus unverzweigten festsitzenden, aber leicht zerbrechlichen Fäden bestehend. Er entwickelt sich oft in solchen Massen

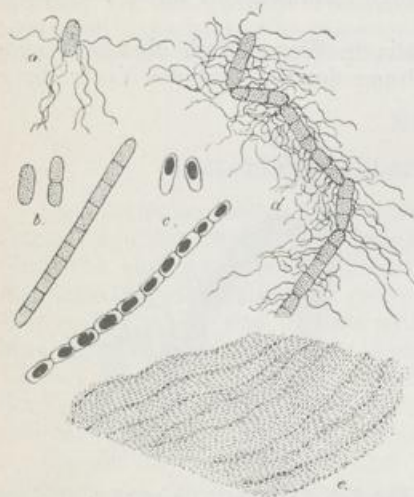


Fig. 254. *Bacillus subtilis*. a, d Bewegliches Stäbchen und Kette, b unbewegliche Stäbchen und Kette, c Sporen aus der Kahlhaut e. Vergr. a—d 1500, e 250. Aus A. FISCHER, Vorlesung über Bakterien.

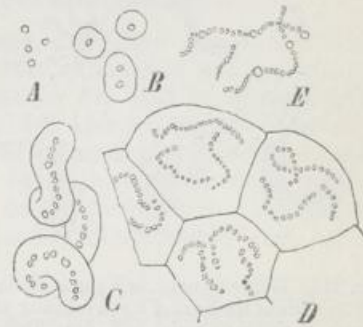


Fig. 255. *Leuconostoc mesenterioides*. A Zellen ohne Gallerthülle. B, C Bildung der Gallerthkörper. D Teil einer erwachsenen Zoogloea. E Rosenkranz-artige Fäden der Zoogloea. Vergr. 520. (Nach VAN TIEGHEM.)

in Wasserleitungen, daß die Röhren sich verstopfen und das Trinkwasser ungenießbar wird. Bei *Crenothrix* zerfallen die Fadenzellen in der Scheide durch Teilung in zahlreiche geißellose rundliche Zellen, welche die Vermehrung besorgen.

In Schwefelquellen und am Boden von Gewässern, wo durch Fäulnis organischer Stoffe Schwefelwasserstoff auftritt, siedeln sich die zahlreichen Schwefelbakterien an, unter denen die fadenförmige *Beggiatoa alba* am verbreitetsten ist. Die Schwefelbakterien oxydieren den Schwefelwasserstoff und speichern den abgeschiedenen Schwefel in Form von rundlichen Körnchen in ihren Zellen (vgl. S. 205).

Die in Wiesenstümpfen und Bächen häufige, fadenförmige *Leptothrix ochracea* oxydiert dagegen als sog. Eisenbakterie kohlensaures Eisenoxydul zu Eisenoxydhydrat, das in den Fadenscheiden aufgespeichert wird (vgl. S. 205).

Zu den saprophytischen Bakterien gehören ferner die zymogenen oder Gärungs-bakterien und die saprogenen oder Fäulnisbakterien. Erstere oxydieren oder vergären hauptsächlich Kohlehydrate, letztere dagegen spalten stickstoffhaltige tierische und pflanzliche Substanzen, Eiweiß, Fleisch usw. unter Abscheidung übelriechender Gase.

So verursacht *Leuconostoc mesenterioides* (Fig. 255) die Schleimgärung des Rüben-zuckers. Es bildet große Frosehlaich ähnliche Schleimklumpen, indem die rosenkranz-

artigen Zellketten sich mit Gallerthüllen umgeben. Die *Essigbakterien* (Fig. 256 a, b, c) oxydieren den Alkohol zu Essigsäure. Die Vergärung von Milchzucker zu Milchsäure wird durch den Formenkreis des *Bacillus acidi lactici* (Fig. 256 d) bewirkt, die Bildung von Buttersäure aus verschiedenen Kohlehydraten bei Abschluß von Sauerstoff durch *Clostridium butyricum* (Fig. 256 e) u. a. bewirkt, während gewisse Sumpfbakterien (Fig. 256 f) bei Sauerstoffabschluß die Vergärung der Cellulose zu Methan besorgen. Der häufigste Fäulniserreger auf Fleisch, Eiweiß usw. ist *Bacillus vulgaris*.

Die photogenen Bakterien erzeugen in ihren Zellen eine Substanz, die bei Oxydation leuchtet (vgl. S. 207). *Bacterium phosphoreum* ist die verbreitetste, an Fleisch vorkommende und das Leuchten desselben bedingende Leuchtbakterie⁽⁷⁹⁾.

Die parasitischen Bakterien leben entweder in Pflanzen oder in Tieren. Als Bakteriosen erkannte Pflanzenkrankheiten sind z. B. der Hyazinthenrotz, dessen Erreger *Pseudomonas Hyacinthi* ist, die durch *Bacillus phytophthorus* hervorgerufene Schwarzbeinigkeit der Kartoffel und die Krebsknoten des Ölbaums, die durch *Bacillus Oleae* verursacht werden⁽⁸⁾.

Von den zahlreichen pathogenen Bakterien, deren schädliche Einwirkung auf die Gewebe und das Blut des tierischen und menschlichen Körpers durch Abscheidung von giftigen Substanzen, Toxinen, bedingt ist, sind als wichtigste Erreger von Infektionskrankheiten folgende zu nennen:

Staphylococcus pyogenes (Fig. 257 a), regellose oder traubenförmige Haufen von runden Kokken bildend, ist der häufigste Eitererreger, ebenso der regelmäßig bei Wundrose oder Erysipel und anderen Eiterungen auftretende, in Ketten wachsende *Streptococcus pyogenes* (Fig. 257 b), während *Micrococcus* (*Diplococcus*) *Gonorrhoeae* (Fig. 257 c und 258 a), dessen semmelförmige Kokken paarweise nebeneinander liegen, den Tripper verursacht. Im Blut und den Organen milzbrandiger Tiere findet sich der durch R. KOCH bekannt gewordene *Bacillus Anthracis* (Fig. 257 d, 258 c), dessen relativ große Stäbchen auch in kurzen Ketten vorkommen und in Kulturen reichlich Endosporen ähnlich wie der Heubacillus bilden. Der im Erdboden verbreitete *Bacillus Tetani* (Fig. 257 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. *Bacillus influenzae* zeigt sehr zarte Kurzstäbchen, *Bacillus pestis* kleine plumpe unbewegliche Stäbchen.

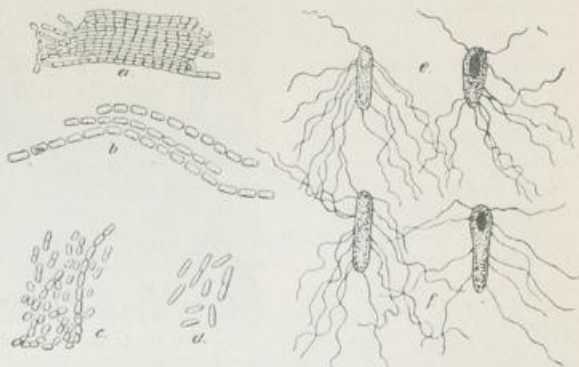


Fig. 256. Gärungsbakterien. a—c Essigbakterien, a *Bacillus aceti*, b *Bac. pasteurianus*, c *Bac. Kützingerianus*, d *Bac. acidi lactici*, Milchsäurebacillus, e *Clostridium butyricum*, Buttersäurebakterie, f *Plectridium paludosum*, Gärungsbakterie aus Sumpfwasser. Vergr. 1000. Aus A. FISCHER, Vorles. über Bakt.

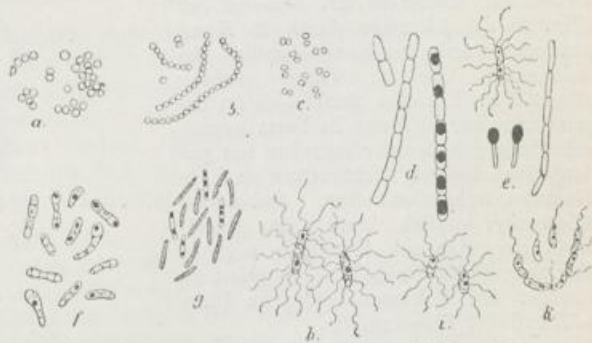


Fig. 257. Pathogene Bakterien. a Eiterkokken, b Erysipelkokken, c Tripperkokken, d Milzbrandbazillen, e Starrkrampfbazillen, f Diphtheriebazillen, g Tuberkelbazillen, h Typhusbazillen, i Kolonbazillen, k Cholerabazillen. Vergr. ca. 1500. Aus A. FISCHER, Vorles. über Bakt.

Der LÖFFLERSche *Bacillus Diphtheriae* (Fig. 257 f) besteht aus kleinen, zuweilen kolbig an den Enden verdickten Stäbchen, der KOCHSche *Bacillus tuberculosis* (Fig. 257 g,



Fig. 258. Färbungspräparate aus ZIEGLERS Lehrbuch der allgemeinen Pathologie. *a* Tripperkokken im Trippersekret, Schleim und Eiterkörperchen mit Kokken (Methylenblau-Eosin), Vergr. 700; *b* Tuberkelbazillen im Sputum eines Lungenkranken (Fuchsin-Methylenblau), Vergr. 400; *c* Milzbrandbazillen in Milzbrandpustel (Methylenblau-Vesuvium), Vergr. 350. Aus A. FISCHER, Vorles. über Bakterien.)

258 *b*), der sich in allen tuberkulösen Organen und Sekreten, im Sputum findet, ist ein schlankes, leicht gekrümmtes Stäbchen. Der Unterleibstypus wird durch die peritrich begeißelten Stäbchen des *Bacillus typhi* (Fig. 257 *h*) verursacht. Die größte Ähnlichkeit mit letzterem hat der meist unschädliche, stets im Darm des Menschen anwesende Kolonbacillus, *Bacillus coli* (Fig. 257 *i*). Ebenfalls durch R. KOCH entdeckt wurde der Kommabacillus der asiatischen Cholera, *Vibrio cholerae* (Fig. 257 *k*). Derselbe findet sich im Organismus 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, vegetiert als Erreger des Rekurrensfiebers im Blute während der Fieberanfälle.



Fig. 259. Salpeterbakterien nach WINOGRADSKY. *a* Nitrosomonas europaea von Zürich, *b* Nitrosomonas javanensis von Java, *c* Nitrobakter aus Quito. Vergr. 1000. Aus FISCHER, Vorles. über Bakterien.

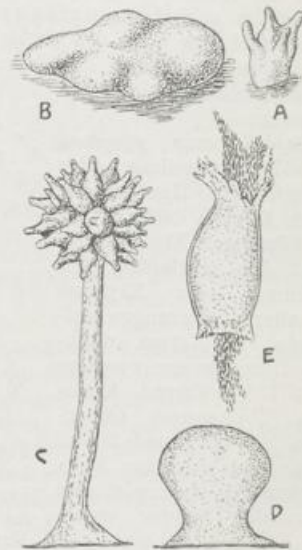


Fig. 260. *A* Myxococcus digitatus, hellroter Fruchtkörper auf Mist. Vergr. 120. *B* Polyangium primigenium, roter Fruchtkörper auf Kaninchenmist. Vergr. 40. *C* Chondromyces apiculatus, orange Fruchtkörper auf Antilopenmist, *D* Fruchtkörperanlage. Vergr. 45. *E* Einzelne Cyste in Keimung. Vergr. 200. (*A, B* nach QUEHL, *C—E* nach THAXTER.)

Außer diesen bösartigen Parasiten gibt 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 Kokken besteht.

Sehr eigenartigen Stoffwechsel besitzen die unter dem Namen *Bacillus radicicola* (= *Rhizobium Leguminosarum*) zusammengefaßten Bakterien, welche in den Wurzelknöllchen der Leguminosen leben und wie auch gewisse Bodenbakterien (*Azotobacter chroococcum*) und Meeresbakterien den freien Stickstoff assimilieren (vgl. S. 194); ferner die im Boden und auch im Meere auftretenden denitrifizierenden Bakterien, welche in ihrem Stoffwechsel Nitrate und Nitrite unter Abscheidung von freiem Stickstoff zersetzen.

Außer den saprophytischen und parasitischen Formen gibt es aber auch gewisse Bakterien, welche, trotzdem sie kein Chlorophyll enthalten, ganz selbständige Ernährung aus anorganischen Verbindungen aufweisen. Es sind dies die im Boden lebenden Nitritbakterien (*Nitrosomonas*) und Nitratbakterien (*Nitrobacter*), von denen erstere Ammoniak zu salpetriger Säure und letztere die salpetrige Säure zu Salpetersäure oxydieren. Beide benutzen als Kohlenstoffquelle die Kohlensäure, kommen also gänzlich ohne organische Substanzen aus (Fig. 259, vgl. S. 183).

Eine höchst eigenartige Familie der Spaltpilze sind die zuerst durch THAXTER genauer bekannt gewordenen *Myxobacteriaceae* (4), welche fast sämtlich saprophytisch auf Mist von Tieren leben und in ihrem Verhalten äußerlich an die Schleimpilze (vgl. S. 285) erinnern. Im vegetativen Stadium stellen sie Schwärme von Bakterienstäbchen dar, die durch abgeschiedenen Schleim zusammengehalten werden, langsam kriechende Bewegungen ausführen und schließlich meist lebhaft gefärbte Fruchtkörper bilden, entweder scharf umgrenzte Sporenhäufchen, oder Cysten, die innerhalb einer festen Membran die zahlreichen Bakteriensporen enthalten. Die Cysten sind ungestielt, oder sie erheben sich einzeln oder in Gruppen auf einem Stiel, der ebenso wie die Cystenwandung aus verhärteter Schleimsubstanz besteht (Fig. 260).

Klasse II.

Cyanophyceae, Blaugrüne Algen oder Spaltalgen (5).

Die Cyanophyceen sind einfach organisierte, teils einzellige, teils fadenförmige, blaugrün gefärbte Thallophyten, deren Zellen oder Fäden häufig durch Gallerte, welche durch fortgesetzte Verquellung der Außenschichten der Membranen entsteht, zu Kolonien vereinigt erscheinen. In zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet, bewohnen sie die Gewässer oder vegetieren auf feuchtem Schlamm Boden, an feuchten Felsen oder Baumrinden in gallertartigen oder feinfädigen Überzügen.

Der Protoplast einer jeden Zelle besitzt ein hohlzylindrisches oder hohlkugeliges peripherisches Chromatophor, welches außer Chlorophyll auch einen blaugrünen Farbstoff, das Phycoeyan, nach welchem die Gruppe ihren Namen trägt, enthält und als Assimilationsprodukt Glukogen liefert. In der Mitte der Zelle liegt der farblose Zentralkörper, der einem Zellkern entspricht und in den vegetativen Zellen in einem Zustand fortgesetzter mitotischer Teilung sich befindet. Besondere Einschlüsse der Zellen sind die Cyanophyceinkörner, welche wohl die Rolle von Reservestoffen spielen und namentlich in der Nähe der Querwände oder innerhalb der Chromatophoren liegen, ferner die Schleimkugeln, welche in der nächsten Nachbarschaft des Kernes auftreten. In den Membranen ist Chitin nachgewiesen.

Die Vermehrung geschieht ausschließlich auf rein vegetativem Wege durch Zellteilung. Bei vielen Arten werden Sporen als Dauerzustände gebildet durch Vergrößerung und starke Wandverdickung einzelner Zellen (Fig. 263), in denen ruhende Kerne nachweisbar sind.

Wie die Bakterien als Spaltpilze, Schizomyceten, so werden die blaugrünen Algen als Spaltalgen, Schizophyceen, infolge ihrer Vermehrung durch Teilung oder Spaltung bezeichnet. Beide Gruppen werden vielfach zu einer Klasse der Spaltpflanzen, Schizophyta, vereinigt. In der Tat zeigen sie vieles Gemeinsame, indessen ist zu

bemerken, daß Geißeln und Endosporen der Bakterien den Spaltalgen fehlen. Einige durch Eigenbewegung ausgezeichnete Spaltalgen sollen zwar nach PHILIPPS Cilien besitzen, doch bedarf diese Angabe noch der Bestätigung.

Die einfachsten Cyanophyceen bestehen aus blaugrünen rundlichen Zellen, so die Arten der Gattung *Chroococcus*. Bei *Gloeocapsa* (Fig. 261), deren Arten meist in gallertigen Überzügen an feuchten Felsen und Mauern auftreten, bleiben die Zellen nach der Teilung durch geschichtete Gallerthüllen zu mehrzelligen Kolonien verbunden.

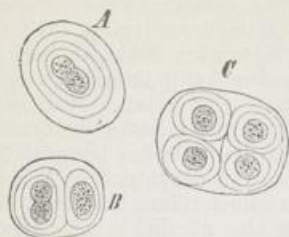


Fig. 261. *Gloeocapsa polydermatica*. A Beginn der Teilung. B Links kurz nach der Teilung. Vergr. 540.

Unter den fadenförmigen Arten sind die überall im Wasser oder auf Schlamm Boden häufigen *Oscillaria*-Arten die einfachsten, da sich hier die meist von einer dicken Scheide eingeschlossenen Fäden aus gleichartigen scheibenförmigen Zellen zusammensetzen (Fig. 262). 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 degeneriertem Zellinhalt, so z. B. bei den *Nostoc*-Arten (Fig. 263), deren rosenkranzförmige Fäden durch Gallerte, die durch Verquellen

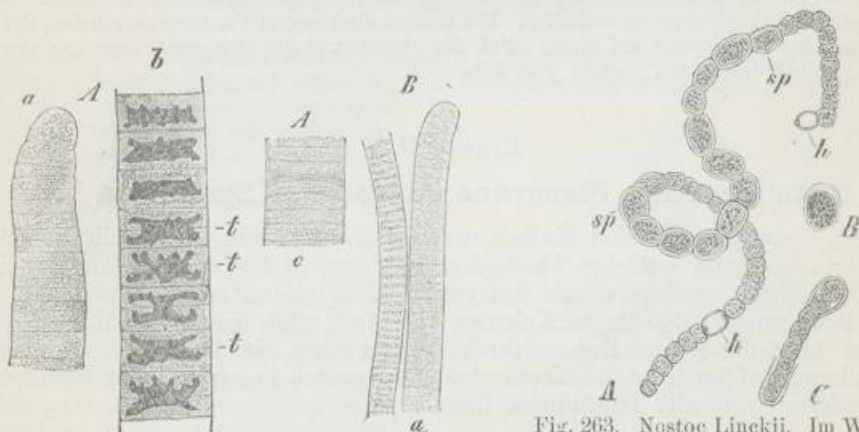


Fig. 262. A *Oscillaria princeps*. B *Oscillaria Froelichii*. a Fadenenden, b Stück aus dem inneren Teil des Fadens, t Zellen in Teilung. Nach Fixierung und Färbung. Vergr. von A 1080, von B 540.

Fig. 263. *Nostoc Linckii*. Im Wasser frei schwimmende Art. A Fadenstück mit zwei Heterocysten h und einer größeren Zahl von Sporen sp. B Isolierte Spore, die Keimung beginnend. C Junger Faden aus der Spore hervorgegangen. Vergr. 650. (Nach BORNET.)

der Membranschichten entsteht, in rundlichen oder unregelmäßigen Kolonien, auf feuchtem Boden oder in Wasser lebend, verbunden bleiben.

Manche Cyanophyceen beteiligen sich an der Zusammensetzung der aus Pilzen und Algen bestehenden Flechten. Einige Arten leben endophytisch in Gewebeshöhlungen anderer Pflanzen, so *Anabaena* in *Axolla*, *Nostoc*-Arten in gewissen *Lebermoosen*, in *Wasserlinsen* (*Lemna*), in den Wurzeln von *Cycas* und *Gunnera*.

Klasse III.

Flagellata, Flagellaten^(6, 7).

Die Flagellaten bilden eine ungemein formenreiche Gruppe einzelliger, meist wasserbewohnender Organismen, welche pflanzliche und tierische Eigenschaften in sich vereinigen und als Ausgangsformen einerseits für niedere Thallophyten, andererseits für Protozoen betrachtet werden können.

Der kontraktile oder amöboid sich bewegende Protoplast dieser Organismen ist nach außen durch eine dichtere Plasmamembran abgegrenzt. Er besitzt eine oder mehrere Cilien (Geißeln, Flagellen) als Bewegungsorgane, einen Zellkern, pulsierende Vakuolen und bei vielen Vertretern wohlausgebildete grüne, gelbe oder gelbbraune Chromatophoren. Andere Formen sind farblos und ernähren sich saprophytisch; manche können auch feste Nahrungspartikelchen in ihren Körper aufnehmen.

Die meisten Vertreter leben als nackte freie Zellen, andere in mehr oder weniger komplizierten, durch Gallerte zusammengehaltenen Zellkolonien oder sie bilden eigenartige, absteigende, gestielte oder ungestielte, festere Hüllen.

Die Vermehrung geschieht auf rein vegetativem Wege durch Teilung der Zellen meist der Länge nach. Bei vielen Arten werden dickwandige Dauerzellen oder Cysten als Ruhestadien erzeugt. Sexuelle Fortpflanzung fehlt.

Als Beispiel sei *Euglena* (Fig. 364) genannt, deren Arten in Gewässern, die durch organische Substanzen verunreinigt sind, oft massenhaft auftreten. Die Englenen können durch Wechsel der Ernährungsbedingungen in farblose Formen mit reduzierten Chromatophoren übergeführt werden⁽⁸⁾.

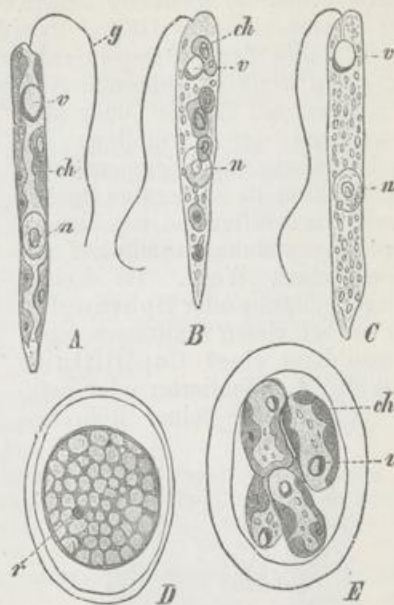


Fig. 264. *Euglena gracilis*. A Form mit grünen Chromatophoren *ch*, *n* Zellkern, *v* Vakuole und roter Augenfleck, *g* Geißel. B Halbsaprophytische Form mit kleinen grünen Chromatophoren. C Farblose saprophytische Form, bei Lichtabschluß in Nährlösung erzogen. D Dauercyste der Form C, *r* roter Augenfleck. E Keimung der Dauercyste der Form A in vier später austretende Tochterzellen. A, C Vergr. 630, B 650, D, E 1000. (Nach ZUMSTEIN.)

Klasse IV.

Myxomycetes, Schleimpilze⁽⁹⁾.

Die Schleimpilze bilden eine selbständige Gruppe von niederen Thallophyten; sie nehmen ebenfalls eine Mittelstellung zwischen Pflanzen und Tieren ein und wurden daher auch als *Mycetozoa* oder *Pilxtiere* bezeichnet. Sie sind in zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet. Im vegetativen Zustande bestehen die Schleimpilze aus nackten, saprophytisch sich ernährenden Protoplasamassen, den Plasmodien, welche zahlreiche kleine Zellkerne enthalten, des Chlorophylls vollständig ermangeln und als Reservestoff keine Stärke, sondern Glukogen führen. Die Plasmodien (S. 47) 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 miteinander verschmelzen können. Zur Sporenbildung wandert das Plasmodium aus dem Substrat hervor, kommt zur Ruhe und wandelt sich je nach den Gattungen in einen einzigen oder in zahlreiche, dicht nebeneinander stehende Fruchtkörper um. Jeder Fruchtkörper bildet an der Peripherie eine Hülle, Peridium; sein-vielkerniges Protoplasma teilt sich durch Zerklüftung in zahlreiche kleine, mit Membran umkleidete und je einen Zellkern führende Sporen, entweder erst nach Abschluß der Kernteilungen (bei *Trichia*), oder aber noch während der Kernteilung 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. 266 B), d. h. isolierter oder netzförmig verbundener feiner Röhren

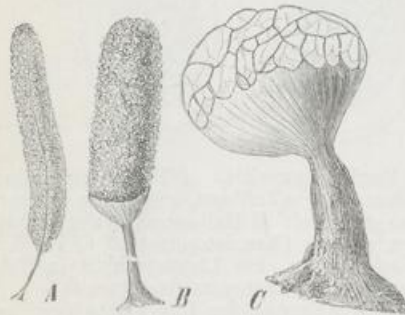


Fig. 265. Reife geöffnete Fruchtkörper nach Entleerung der Sporen. A Von *Stemonitis fusca*. Vergr. 10. B Von *Arcyria punicea*. Vergr. 12. C Von *Cribraria rufa*. Vergr. 32.



Fig. 266. *Trichia varia*. A Geschlossenes und geöffnetes Sporangium. Vergr. 6. B Capillitiumfaser. Vergr. 240. C Sporen. Vergr. 240.

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. 265 B) und die Sporen werden durch dessen hygroskopische Bewegungen und durch den Wind ausgestäubt. Die Gattung *Ceratiomyxa* verhält sich insofern einfacher, als die Fruchtkörper hier nicht mit einer Hülle bedeckt sind, sondern ihre Sporen frei auf kleinen Stielchen sitzend erzeugt werden. Sexuelle Fortpflanzung fehlt den Schleimpilzen vollständig.

Die Entwicklung der Plasmodien aus den Sporen sei an dem Beispiel von *Chondroderma difforme* erläutert, einem sehr häufigen, auf faulenden Blättern, Mist usw. lebenden Schleimpilz. Die Sporen (Fig. 59 a) können in einem Dekokt von Kohlblättern oder anderen Pflanzenteilen 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 Flagellaten ähnlichen Schwärmspore (Fig. 59 e—g), welche einen deutlichen Zellkern am vorderen Ende, am hinteren Ende eine pulsierende

Vakuole erkennen läßt und im Wasser umher schwimmt. Nach einiger Zeit wird die Cilie eingezogen und die Schwärmspore geht in den Zustand der Myxamöbe (Fig. 59*ik*) über. Die Amöben können sich durch Teilung vermehren. Unter ungünstigen Entwicklungsbedingungen umgeben sie sich mit Membran und bilden Ruhezustände, sog. Mikrocyten, 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 miteinander kopulieren. Amöben und Plasmodien ernähren sich aus aufgenommenen Nahrungskörperchen und zeigen lebhaftes Plasmaströmungen. Nach einigen Tagen wandelt sich das Plasmodium 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 sog. Lohblüte im Sommer auf feuchter Gerberlohe sehr verbreitet ist. Auf trockenem Substrat können die Plasmodien dieses Schleimpilzes zu kugeligen oder strangartigen Dauerzuständen, sog. Sklerotien 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 violett-schwarze Sporen umschließt. Dieses sog. Aethalium ist somit ein aus zahlreichen verschmolzenen Einzelsporangien zusammengesetzter Fruchtkörper, während bei den meisten übrigen Schleimpilzen die Sporangien getrennt ausgebildet werden. In ihren Schwärmsporen und Myxamöben weisen die Myxomyceten auf flagellatenartige Organismen als ihre Ausgangsformen hin.

Bau und Beschaffenheit der Sporangien geben die Merkmale zur Unterscheidung der einzelnen Formen ab. Die meist braunen oder ockergelben Sporangien sind kugelig, oval oder auch zylindrisch, gestielt (Fig. 265, 267) oder ungestielt (Fig. 266). Gewöhnlich öffnen sie sich durch Absprengung oder Zerfall des oberen Teiles der Wandung, während der untere als Becher zurückbleibt (Fig. 265*B*, Fig. 266*A*); bei *Cribraria* (Fig. 265*C*), deren Fruchtkörper kein Capillitium enthält, wird der obere Teil gitterartig durchbrochen, bei *Stemonitis* (Fig. 265*A*) hingegen zerfällt das ganze Peridium und das stehen bleibende Capillitium entspringt einer Columella, der Fortsetzung des Stiels.

Zu den wenigen parasitären Myxomyceten gehört die *Plasmodiophora Brassicae*⁽¹⁰⁾, welche die sog. 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 Vakuolen des lebendigen Plasmas derselben, verschmelzen unter Aufzehrung des Inhalts der Wirtszellen zu Plasmodien, die schließlich, nach wiederholten Kernteilungen, die zahlreichen behüteten Sporen liefern. Nach PROWAZEK zerfällt das Plasmodium zunächst in einkernige Zellen, die dann paarweise miteinander zu Sporen kopulieren, wobei die Kerne vor der Verschmelzung noch Reduktionsteilungen erleiden. Die Sporen werden bei der Verwesung der Pflanzen frei und 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 organisierten oder infolge der parasitären Lebensweise in der Sporangienbildung reduzierten Schleimpilz vorstellt.



Fig. 267. *Leocarpus fragilis*.
Gesellige Einzelsporangien
auf Moos. Nat. Gr.

Klasse V.

Peridineae^(6, 11).

Die Peridineen oder Dinoflagellata schließen sich an gewisse Flagellaten (Cryptomonadinae) als selbständig weiter entwickelte Gruppe an. Sie leben als einzellige, frei-

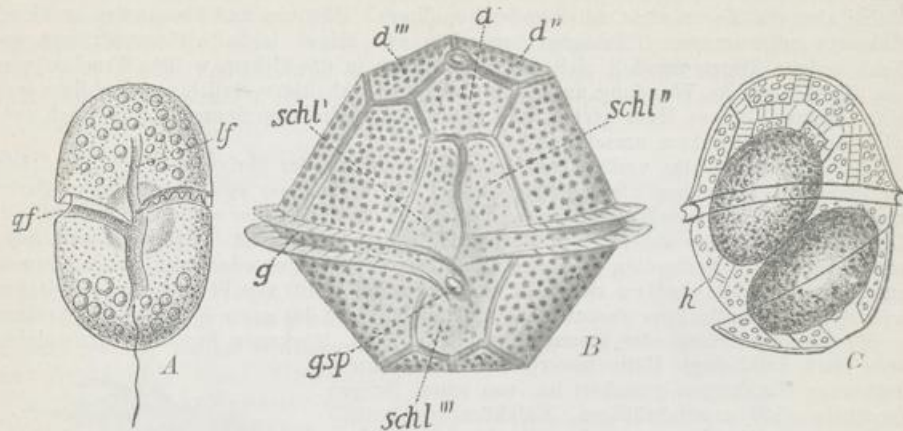


Fig. 268. A *Gymnodinium rhomboides*, lf Längsfurche, qf Querfurche. B *Goniodoma acuminatum*, Geißeln nicht gezeichnet, aus der Geißelspalte *gsp* entspringend, Membranplatten: *schl* Schloßtafeln, *d* Deckeltafeln, *g* Gürtel. C *Peridinium tabulatum*, *h* Hülle. (A, B nach SCHÜTT, C nach KLEBS aus OLTMANN'S, Algen.)

schwimmende Organismen, teils im Süßwasser, überwiegend aber im Meere, wo sie zusammen mit Diatomeen einen wichtigen Bestandteil des Plankton abgeben. Ihre Zellen

sind ausgezeichnet durch den Besitz von 2 langen Cilien, welche in der Mitte der Bauchseite in einer Längsfurche entspringen; die eine Cilie ist nach hinten gestreckt, die andere dagegen legt sich wellig gebogen in eine den Körper umziehende Querfurche (Fig. 268 A). Der Protoplast führt einen Zellkern, Vakuolen verschiedener Art und zahlreiche gelbbraune Chromatophoren, welche mehrere besondere Farbstoffe (braun-rotes Phycopyrrin, rotes Peridinin, gelbgrünes Chlorophyllin) in Mischungen enthalten.

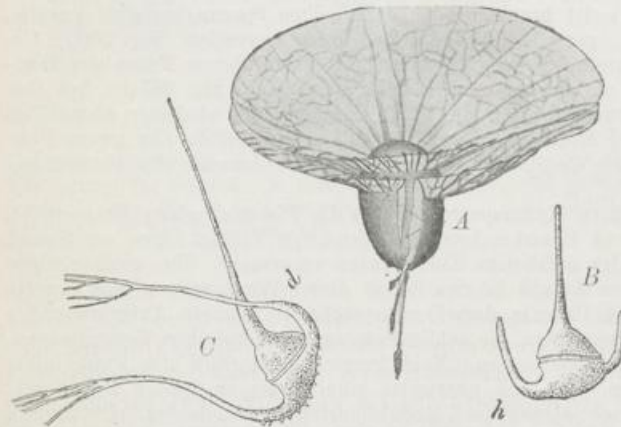


Fig. 269. Planktonperidineen. A *Ornithocercus splendidus*. Vergr. 150. B, C *Ceratium*-Arten. Vergr. 125. (Nach SCHÜTT.)

Als Assimilationsprodukt tritt meistens Öl auf. Während bei den Gymnodinieen (Fig. 268 A) die Zellen völlig nackt oder von einer gleichmäßigen Cellulosehülle eingeschlossen sind, ist dagegen bei den typischen Peridineen die Cellulosewand aus polygonalen und meist zierlich gezeichneten, von Poren durchsetzten Platten zusammengesetzt; die Querfurche wird von einer gürtelförmigen Platte eingenommen (Fig. 268 B).

Bei vielen Planktonperidineen zeichnen sich die Platten durch besondere Flügelbildungen (Fig. 269 A) aus oder die Zellen besitzen lange hornförmige Fortsätze (Fig. 269 B, C), Einrichtungen, die das Schweben und Steuern im Wasser vermitteln⁽¹²⁾.

Unter den Peridineen gibt es auch farblos gewordene, somit saprophytisch lebende Formen, deren Chromatophoren noch als Leukoplasten nachweisbar sind. Bei einigen Formen ist sogar tierische Lebensweise nachgewiesen, so bei dem im Süßwasser lebenden *Gymnodinium hyalinum*, dessen Protoplast zum Zwecke der Nahrungsaufnahme die Geißeln verliert und zu einer kleinen Algenzelle aufnehmenden und verdauenden Amöbe wird⁽¹³⁾.

Die Vermehrung geschieht durch Teilung. Ferner kommt Schwärmerbildung vor. Bei letzterer verläßt der Protoplast die alte Membran und bildet nach kurzer Zeit eine neue oder er teilt sich in mehrere austretende Schwärnzellen (Fig. 268 C). Auch dickwandige Dauerzellen, Cysten, treten auf. Sexuelle Fortpflanzung, Kopulation der austretenden Protoplasten zweier gleicher Zellen zu einer Zygote wurde neuerdings von ZEDERBAUER bei *Ceratium* beobachtet⁽¹⁴⁾.

Klasse VI.

Conjugatae, Konjugaten^(6, 15).

Die Konjugaten bilden eine formenreiche Gruppe von freizelligen oder einfach fadenförmigen, im Süßwasser lebenden grünen Algen, die sich von den Chlorophyceen scharf unterscheiden. Sie zeigen die nächste Verwandtschaft zu den Diatomeen, mit denen sie zu einer großen Gruppe der *Zygophyceen* vereinigt werden, weil sie in ihrer sexuellen Fortpflanzung mit denselben wesentlich übereinstimmen. Letztere besteht in der Kopulation oder Konjugation zweier gleichwertiger Gameten zu einer Zygospore oder Zygote. Ungeschlechtliche Vermehrung durch Schwärmsporen fehlt beiden Klassen, und da auch die Gameten keine Cilien aufweisen, werden diese Organismen auch als *Acontae*, Geißellose, bezeichnet. Die Zellen der Konjugaten vermehren sich durch Teilung, sind einkernig und haben im Gegensatz zu den Diatomeen eine kieselsäurefreie Membran sowie große kompliziert gebaute grüne Chloroplasten.

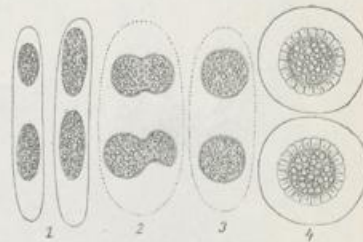


Fig. 270. *Spirotaenia condensata*. 1 Kopulierende Zellen in je 2 Tochterzellen geteilt. 2, 3 Kopulation. 4 Fertige Zygoten. (Nach ARCHER, aus ÖLTMANN, Algen.)

1. Die *Mesotacniaceae* umfassen als einfachste einzellige Konjugaten nur wenige Gattungen und unterscheiden sich von der folgenden Ordnung durch die einfache, nicht aus zwei Hälften bestehende Membran der kurzzyklindrisch gestalteten Zellen. Die Kopulation zeigt Verschiedenheiten. Bei *Spirotaenia* (Fig. 270) teilen sich erst die Protoplasten der beiden kopulierenden Zellen in zwei Tochterzellen, die dann paarweise zu Zygoten verschmelzen, bei *Mesotacnium* und *Cylindrocystis* aber kopulieren die ganzen Protoplasten, ohne daß Zellteilung vorhergeht. Solche Unterschiede wiederholen sich auch bei Diatomeen.

Bei der Keimung teilt sich die Zygote in vier austretende Keimlinge.

2. Die *Desmidiaceen* sind ebenfalls einzellige oder in Zellketten erscheinende Konjugaten; sie gehören zu den zierlichsten Algen und weisen ebenso wie die Diatomeen eine ungemeine Mannigfaltigkeit der Gestalt auf. Ihre Zellen bestehen aus zwei symmetrischen Hälften, die meist durch eine Einschnürung begrenzt sind. Jede Hälfte enthält einen großen strahligen, oder aus mehreren Platten zusammengesetzten Chloroplasten mit einigen Pyrenoiden oder Stärkeherden; in der Mitte der Zelle ist der Kern gelegen. Die Gesamtform ist sehr verschieden, bald abgerundet eckig (z. B. *Cosmarium*,

Fig. 271 A, B), bald sternförmig (*Micrasterias*, Fig. 271 D). Häufig ist die Membran, die wie bei den Diatomeen aus zwei Hälften besteht, mit stachel- oder warzenartigen Prominenzen versehen und öfters von Poren durchsetzt. Einige Gattungen weisen keine Einschnürung zwischen den beiden Hälften der Zelle auf, so z. B. *Closterium moniliferum* (Fig. 272 F), dessen zwei Chromatophoren aus je sechs miteinander in der Längsachse verbundenen Platten bestehen und an dessen Zellenden je eine Vakuole mit winzigen, in Bewegung befindlichen Gipskristallen vorhanden ist. Manche Desmidiaceen

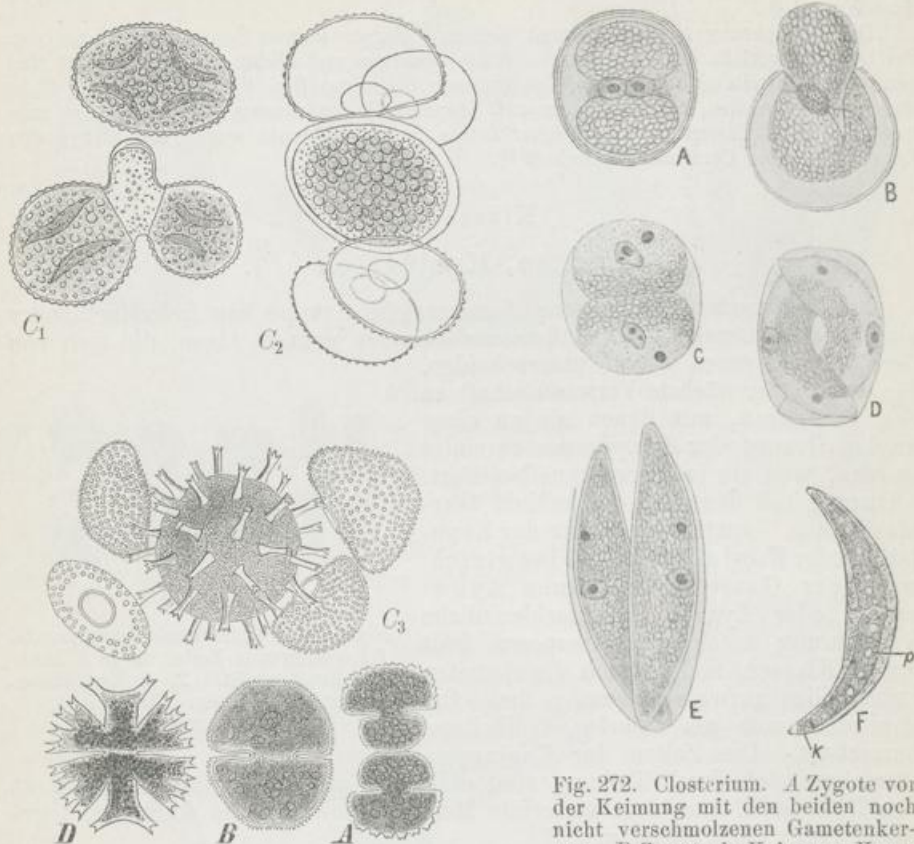


Fig. 271. A *Cosmarium coelatum* in Teilung. B, C *Cosmarium Botrytis*. C₁ 2 gekreuzt stehende Zellen im Beginn der Kopulation, die untere Zelle zeigt den Kopulationskanal. C₂ Gameten zur jungen Zygote verschmolzen. C₃ Fertige Zygote. D *Micrasterias Crux melitensis*. (Nach RALFS, C₁ und C₂ nach DE BARY.)

Fig. 272. *Closterium*. A Zygote vor der Keimung mit den beiden noch nicht verschmolzenen Gametenkernen. B Zygote in Keimung, Kerne zu einem vereinigt. C Teilung in 2 Zellen mit je 1 Großkern und 1 Kleinkern. D Weiterentwicklung der Keimlinge. E Heraustreten derselben aus der Membran. F Fertiges Stadium von *Closterium moniliferum*. (A—E nach KLEBAHN.)

vollziehen heliotaktische Bewegungen, sie stoßen an ihren Enden durch Poren der Membran Schleimfäden aus, mittels deren sie sich fortschieben und in die Richtung des einfallenden Lichtstrahles stellen können.

Die Vermehrung geschieht durch Teilung, die durch eine in der Mitte der Zelle, in der Einschnürung, auftretende Querwand nach der Kernteilung vollzogen wird. Die Tochterzellen bilden sodann neue Zellhälften aus, indem sie sich nach der Teilungsfläche zu ausstülpfen (Fig. 271 A).

Zur Kopulation legen sich zwei Zellen nebeneinander, umgeben sich mit Gallerte, die Zellwand bricht in der Einschnürung auf, die Protoplasten treten in die sich vor-

wölbenden bald verschleimenden Kopulationskanäle und vereinigen sich zur Zygospore, deren Wandung häufig durch Stachelbildungen ausgezeichnet ist (Fig. 271 C). Neben oder an den reifen Sporen liegen die vier leeren Membranhälften. Bei einigen Desmidiaceen werden die kopulierenden Zellen erst in je zwei Tochterzellen geteilt, welche dann paarweise sich vereinigen.

Die in die Zygoten eingetretenen beiden Gametenkerne verschmelzen erst bei beginnender Keimung zu einem einzigen, der sich darauf nacheinander in vier Kerne, zwei große und zwei kleine teilt. Es werden aber nur zwei Keimzellen gebildet, von denen jede zwei ungleich große Kerne mitbekommt, deren kleinerer später schwindet. Die zweizellige Keimung erscheint so als Reduktion der vierzelligen der Mesotaenien.

3. Unter den fadenförmigen Konjugaten, den *Zygnemaceen*, ist am bekanntesten die Gattung *Spirogyra*, deren zahlreiche Arten als frei schwimmende fädige grüne Watten in ruhigen Gewässern häufig auftreten. Die aus längeren oder kürzeren Zellen bestehenden Fäden wachsen in die Länge durch Teilung und Streckung aller Zellen. Jede Zelle führt einen Kern und ein oder mehrere wandständige, bandförmige spiralförmige Chloroplasten (Fig. 273 C). Bei der Gattung *Zygnema* sind zwei sternförmige Chloroplasten vorhanden.

Wenn *Spirogyra* sich zur Konjugation anschickt, so treiben die Zellen zweier nebeneinander liegenden Fäden je eine Hervorstülpung nach dem anderen Faden zu, derart, daß die Fortsätze je zweier Zellen aufeinander stoßen (Fig. 273 A). Die Querwand des so entstehenden Kanals wird alsdann resorbiert und der Inhalt einer Zelle wandert in die gegenüberliegende Zelle hinüber, Plasma und Kerne verschmelzen miteinander, während dagegen die Chlorophyllbänder nicht in Vereinigung treten, sondern in der ruhenden Zelle erhalten bleiben, in der übertretenden aber desorganisiert werden. So entsteht eine sich abrundende, mit dicker Membran umkleidete, dicht mit Fett und rotbraunen Schleimkugeln angefüllte Zygospore. Diese Art der Konjugation bezeichnet man als leiterförmige (Fig. 273 A), sie ist den meisten Arten eigentümlich, während bei anderen Arten sog. seitliche Konjugation eintritt, indem an ein und demselben Faden je zwei aufeinander folgende Zellen durch Austreiben von Fortsätzen in der Nähe der sie trennenden Querwand in Verbindung treten (Fig. 273 B). Auch gibt es Gattungen, bei welchen die Zygote mitten in den Kopulationskanal gelagert wird.

Die Zygoten liefern nur einen Keimling, ihr Inhalt wächst zu einer schlauchförmigen Zelle aus, die durch Teilung den Faden bildet. Nach CHMIELEWSKY teilt sich auch bei *Spirogyra* der Zygotenkern amitotisch zunächst in vier Kerne, von denen zwei zu Grunde gehen, die beiden übrigen aber wieder verschmelzen und so den Kern des Keimlings liefern⁽¹⁶⁾.

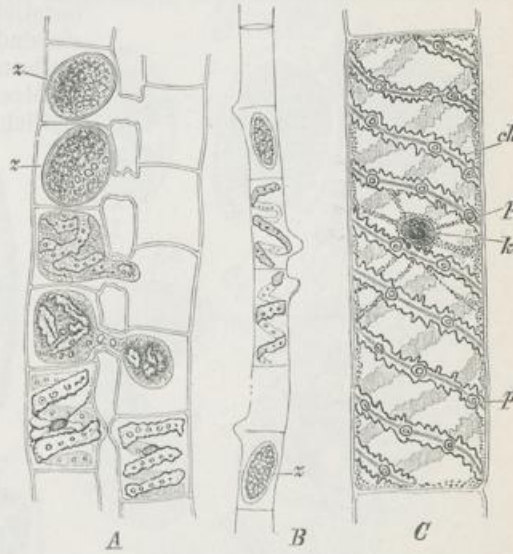


Fig. 273. A Kopulation von *Spirogyra quinina*, z Zygosporen. Vergr. 240. B Desgleichen von *Sp. longata*. Vergr. 150. C Zelle von *Sp. jugalis*, k Kern, ch Chromatophor, p Pyrenoide oder Amylumherde. Vergr. 256.

Klasse VII.

Diatomeae, Kieselalgen^(6, 17).

Die Diatomeen (Bacillariaceae) stellen eine ungemein reichhaltige Klasse von einzelligen Algen vor, welche teils im süßen Wasser, teils im Meere, teils auf nassem Boden vegetieren und meist in großer Individuenzahl gesellig auftreten.

Die Zellen leben entweder einzeln oder in Kolonien, entweder frei schwimmend oder auf dünnen, aus Poren ausgeschiedenen Gallertstielchen fest sitzend (Fig. 274). Bei anderen Formen bleiben die Zellen in Bändern oder Zickzackketten durch kurze Gallertstiele oder Polster vereinigt oder sie sind in festsitzende schlauchförmige Gallertröhren eingeschlossen; bei der im Meere lebenden Gattung *Schizonema* endlich sind die zahlreichen Zellen



Fig. 274. *Liemophora flabellata*.
Diatomeen-Kolonie mit verzweigten
Gallertstielchen. (Nach SMITH, aus
GÖBEL, Organographie.)

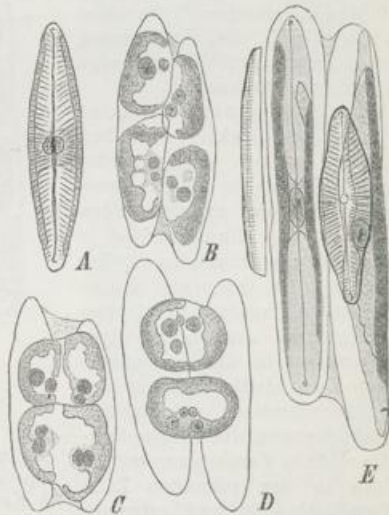


Fig. 275. Auxosporenbildung von *Navicula viridula*. A Zelle von der Schalen-
seite. B Zwei Zellen nebeneinander liegend, ihr Inhalt in
je zwei Tochterzellen mit zwei Kernen ge-
teilt. C, D Paarweise Kopulation der Toch-
terzellen zu zwei anfangs vierkernigen Auxo-
sporen. E Die beiden herangewachsenen
Auxosporen. Von den vier Kernen einer
jeden sind die zwei größeren zu einem ver-
schmolzen, die beiden kleineren aufgelöst.
Vergr. 500. (Nach KARSTEN.)

eingebettet in ein oft über 1 dm großes Gallertlager von zierlicher büschelig verzweigter Form. Die äußere Gestalt der Zellen ist höchst mannigfaltig, kreisrund, elliptisch, stabförmig, keilförmig, gerade oder gebogen, oft regelmäßig bilateral symmetrisch. In hohem Maße 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. 3B). 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 Skelett zurückbleibt und dabei die äußere Form und Skulptur der Membran vollkommen beibehält. Häufig ist die Membran, besonders auf den Schalenseiten in zierlicher Weise mit feinen Querrippen, Leisten, Warzen oder Gruben besetzt und vielfach auch von offenen Porenkanälen durchsetzt, welche der Gallertausscheidung dienen und vielleicht auch bei der Ortsbewegung der Zelle eine Rolle spielen.

Nach dem Bau der Schalen sind zwei Hauptgruppen von Diatomeen zu unterscheiden, nämlich die Centricae (Fig. 277) mit zentrisch gebauter, meist kreisrunder und radial oder konzentrisch skulpturierter Schalenseite, und die Pennatae mit meist gestreckter und fiedrig skulpturierter Schalenseite. Bei manchen Pennaten (Fig. 3) verläuft über die Schalenseite eine von zwei Endknoten ausgehende und in der Mitte zu einem Mittelknoten anschwellende Längsleiste oder Raphe, in welcher schraubig verlaufende Längsspalten die Zellwand durchsetzen. Die Formen mit Raphe zeichnen sich durch eine eigentümliche ruckweise gleitende Fortbewegung aus, deren Zustandekommen auf das in den Spalten befindliche strömende Plasma zurückgeführt wird. (Vgl. S. 225.)

Was den Zellinhalt anbelangt, so befindet sich in der Mitte stets ein deutlicher Zellkern (Fig. 3) und in dem wandständigen Plasma entweder ein oder zwei bis vier (Fig. 275) große, flache, oft gelappte oder auch zahlreiche (Fig. 277) kleinere Chromatophoren von braungelber Farbe (S. 53). Im Zellplasma finden sich gewöhnlich einige Tropfen von fettem Öl, das an Stelle von Stärke als Assimilationsprodukt auftritt.

Die Diatomeen vermehren sich auf vegetative Weise durch Längsteilung, die sich immer nur nach einer Richtung hin vollzieht. Die beiden Schalen werden dabei durch den sich vergrößernden Plasmakörper an den Gürtelbändern auseinander 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 voneinander. Die beiden Schalen einer Zelle sind somit ungleichalterig. Diese Art der Membranbildung hat, da die verkieselten Wände nicht wachstumsfähig sind, zur Folge, daß die Tochterzellen successive kleiner werden und dies geht so fort bis zur Erreichung eines gewissen Minimums der Zellgröße. Als dann tritt in der Regel die Bildung von sog. Auxosporen ein, 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.

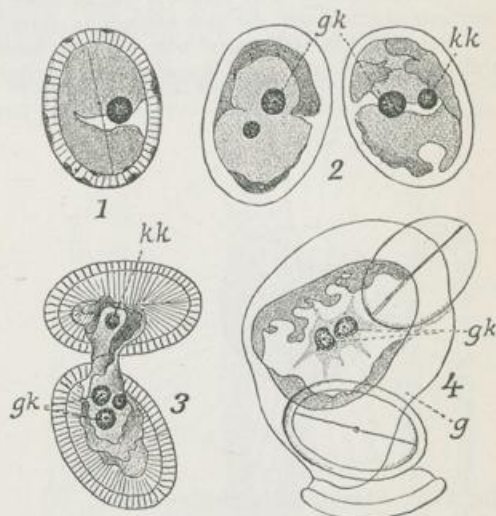


Fig. 276. *Cocconeis Placentula*. 1 Vegetative Einzelzelle, 2 Zellenpaar vor der Kopulation, 3 und 4 in Kopulation. *gk* Großkern, *kk* Kleinkern, *g* Gallerte. (Nach KARSTEN, aus OLT-MANNS, Algen.)

Die Bildung der Auxosporen, die den Zygosporien der Konjugaten entsprechen, vollzieht sich in mannigfaltiger Weise. Wir gehen aus von dem an *Spirotaenia* erinnernden Verhalten von *Navicula* (Fig. 275), *Pleurosigma* u. a.; zwei Zellen legen sich nebeneinander, ihr Inhalt teilt sich in je 2 Tochterzellen, die aus den Schalen heraustreten und paarweise kopulieren. Jeder Gamet erhält durch Teilung seines Kerns zwei ungleich große Kerne. In den Auxosporen verschmelzen die beiden Großkerne, die beiden Kleinkerne gehen zugrunde.

Bei *Surirella* und *Cocconeis* (Fig. 276) teilen sich die kopulierenden Zellen nicht in zwei Tochterzellen, sondern verschmelzen direkt miteinander, aber die Zellkerne erfahren noch Teilungen, und zwar teilt sich bei ersterer Gattung der Kern einer jeden Zelle zweimal, so daß ein großer Sexualkern und drei Kleinkerne entstehen, bei letzterer Gattung aber nur einmal in einen Großkern und einen Kleinkern. Die Großkerne verschmelzen, die Kleinkerne degenerieren.

Bei *Achnanthes* teilt sich der Inhalt einer Zelle in zwei austretende Tochterzellen, jede mit einem Kern, die sich sodann zu einer Auxospore vereinigen.

Bei manchen Gattungen tritt nun die Sexualität zurück und die Auxosporen entstehen asexuell aus nicht kopulierenden Zellen, so bei *Synedra* und *Rhabdonema*, wo

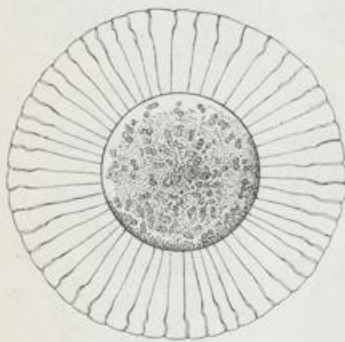


Fig. 277. *Planktoniella* Sol. Scheibenförmige Planktondiatomee mit fallschirmartigem, von der Gürtelseite entspringendem, hohlem Membranflügel. Vergr. 190. (Nach SCHÜTT.)

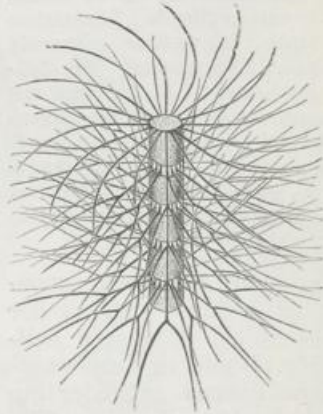


Fig. 278. *Bacteriastrium varians*. Planktondiatomee. Kette von Zellen mit Borsten als Schwebearrart. Vergr. 200. (Nach SCHÜTT.)

eine Zelle sich in zwei direkt zu Auxosporen heranwachsende Tochterzellen teilt, und bei *Melosira*, wo keine Teilung der Zellen mehr stattfindet, diese vielmehr durch Vergrößerung und Schalensprengung direkt zu Auxosporen werden. Bei diesen Gattungen ist aber die ursprüngliche Teilung der Auxosporen liefernden Zellen noch vielfach in Kernteilungen angedeutet, bei *Melosira* nur noch in dem Auftreten von zwei Nucleolen im Auxosporenkern.

Gewisse Planktondiatomeen zeigen eine Zerteilung des Protoplasten durch fortgesetzte Zweiteilung in zahlreiche kleine runde nackte Tochterzellen. Nach KARSTENS Beobachtungen bei *Corethron*, werden diese Zellen nach außen entlassen, kopulieren paarweise zu Zygoten, welche heranwachsen und nun bei der Keimung zwei Tochterzellen liefern. Jede Tochterzelle hat erst zwei Kerne, von denen einer später verschwindet, sie wächst allmählich zu einer fertigen *Corethron*-zelle heran. Diese Vorgänge erinnern an das oben für *Closterium* geschilderte Verhalten der Desmidiaceen⁽¹⁸⁾.

Zahlreiche Diatomeen leben im Meere und beteiligen sich in hervorragendem Maße an der Zusammensetzung des Plankton⁽¹²⁾. Die Planktondiatomeen sind mit besonderen Schwimm- und Schwebearrungen versehen, oft mit hornförmigen Fortsätzen oder Membranflügeln ausgestattet. Es sind überwiegend zentrische Formen, seltener pennate meist ohne Mittelnaht auf der Schalenseite (Fig. 277, 278).

Viele Diatomeen siedeln sich mit Vorliebe an Stellen an, wo verwesende Substanzen reichlich vorhanden sind. Solche Arten können zu saprophytischer Lebensweise über-

gehen. Ihre Chromatophoren erleiden dabei unter Umständen eine bedeutende Verkleinerung und eine Entfärbung. Für einige marine *Nitzschia*-Arten ist sogar ausschließliche Ernährung von organischen Substanzen und vollständiges Schwinden der Chromatophoren und Farbstoffe nachgewiesen⁽¹⁰⁾.

In fossilem Zustande finden sich die Kieselschalen der Diatomeen als Hauptbestandteile der Kieselgur (Bergmehl oder Infusorienerde), welche zur Dynamitfabrikation Verwendung findet. Wegen der oft außerordentlich feinen Skulptur der Membran dienen gewisse Arten als Testobjekte zur Prüfung von Mikroskopobjektiven, so namentlich *Pleurosigma angulatum*.

Klasse VIII.

Heterocontae, Ungleichwimperige Grünalgen⁽⁶⁾.

Die Heterocontae umfassen eine Anzahl Gattungen grüner Algen, welche bisher zu den Chlorophyceen gestellt, von diesen aber jetzt als selbständiger Formenkreis abgetrennt werden.

An den Beginn desselben stellen wir echte Flagellaten, wie die im Süßwasser lebende *Chloramoeba heteromorpha* (Fig. 279), deren nackte, amöboid veränderliche Zellen einen Zellkern, 2–6 gelbgrüne Chloroplasten und am Vorderende über einer Vakuole zwei sehr ungleich lange Geißeln, nach denen die Gruppe ihren Namen erhalten hat, besitzen. *Chloramoeba* gehört zu denjenigen niederen grünen Organismen, die bei Kultur im Dunkeln in Nährlösung farblos werden und zu unselbständiger Ernährung übergehen. Ruhestadien werden von derbwandigen Dauerzellen gebildet.

Unter den höher stehenden Heteroconten, die durch den Besitz von pektinhaltigen Membranen ausgezeichnet sind, ist besonders die im Süßwasser sehr verbreitete Gattung *Conferva* (Fig. 280) zu nennen, deren Arten einfache unverzweigte Zellfäden vorstellen mit eigenartig gebauter

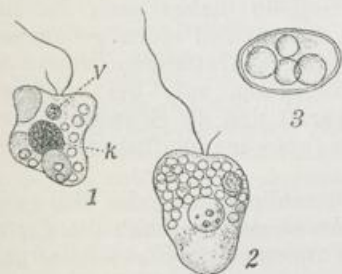


Fig. 279. *Chloramoeba heteromorpha*. v Vakuole, k Kern, 3 Dauerzelle. (Nach BOHLIN, aus OLTMANN'S, Algen.)

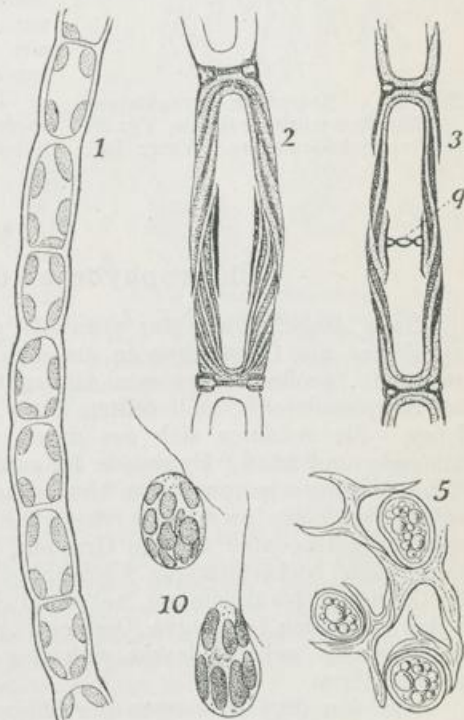


Fig. 280. *Conferva bombycina*. 1 Faden, 2, 3 Zellwandbildung, q Querwand, 5 Aplanosporenbildung unter Zerfall der Fäden, 10 Zoosporen mit ungleich langen Geißeln. Nach GAY (1, 5), BOHLIN (2, 3), LUTHER (10). Aus OLTMANN'S, Algen.

Membran, die aus zwei in der Mitte der Zelle durch einen schräg ringförmigen Spalt getrennten Stücken besteht und bei der Teilung durch Einschiebung eines neuen, im Längsschnitt Hförmigen Membranstückes verlängert wird. In der Beschaffenheit der

gelbgrünen ülbildenden Chloroplasten

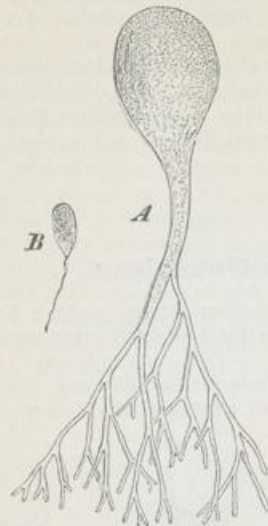


Fig. 281. *Botrydium granulosum*.
A Pflänzchen mittlerer Größe. Vgr. 28.
B Eine Schwärmspore. Vergr. 540.

und den zu 1—2 aus den Zellen entstehenden Zoosporen mit ungleich langen Geißeln, bei manchen Conferven übrigens nur mit einer Geißel, zeigt sich die Verwandtschaft mit Chloramoeba und der Charakter der Gruppe. Außer Zoosporen werden auch, unter Zerfall der Fäden, geißellose derbwandige Aplanosporen erzeugt.

Mit Vorbehalt setzt OLTMANN auch das früher zu den Siphoneen gerechnete *Botrydium granulosum* (Fig. 281) hierher, eine Alge, die in Form von etwa 2 mm großen, birnförmigen grünen, unterwärts mit farblosem verzweigtem Rhizoid festgeankerten Blasen auf feuchtem Lehm kosmopolitisch vorkommt. Das ganze Pflänzchen stellt eine vielkernige Zelle mit zahlreichen grünen Chloroplasten vor. Die Zoosporen werden in großer Zahl durch Teilung des Inhaltes erzeugt, treten aus einem Loch am Scheitel aus, besitzen zwei Chloroplasten, aber nur eine Geißel, umgeben sich nach dem Schwärmen mit Membran und keimen zu neuen Blasen heran⁽¹⁾.

Bei einigen Gattungen sind außer Zoosporen auch diesen ähnliche, paarweise kopulierende Gameten beobachtet worden.

Klasse IX.

Chlorophyceae, Grünalgen^(6, 20, 21).

Nach Ausscheidung der ebenfalls grünen Konjugaten und Heteroconten verbleiben die Chlorophyceen als eine natürliche, in mehreren Reihen aufsteigende, große Gruppe von Algengattungen, von denen der größere Teil im Süßwasser oder an feuchten Orten, manche Arten aber auch im Meere leben. Sie zeichnen sich aus durch rein grün gefärbte, fast stets Stärke bildende und häufig Pyrenoide führende Chloroplasten. Ihre ungeschlechtlichen Schwärmsporen haben birnförmige Gestalt und besitzen bei den typischen Vertretern zwei oder vier gleichlange Geißeln (daher auch die Bezeichnung *Isocontae* für die Gruppe), und im untern Teil einen gebogenen oder auch becherförmigen Chloroplast. Bei einigen Gattungen treten an Stelle der Schwärmsporen unbewegliche Aplanosporen auf, bei gewissen höher stehenden Gattungen (*Oedogonium*, *Vaucheria*) sind die Schwärmsporen komplizierter gebaut, lassen sich aber auf die typischen einfachen Formen zurückführen.

Von den fünf Ordnungen der Chlorophyceen schließen sich die *Volvocales* am nächsten an die Flagellaten an und umfassen ebenso wie auch die *Proto-coccales* einzellige oder Zellkolonien bildende Formen. Die *Ulotrichales* und *Siphonocladiales* stellen Zellfäden vor, die bei ersteren aus einkernigen, bei letzteren dagegen aus großen vielkernigen Zellen bestehen, in den einfachsten Fällen unverzweigt, bei höher stehenden Formen oft vielfach verzweigt sind. Die *Siphonales* endlich haben einen aus einer einzigen schlauchförmigen vielkernigen Zelle aufgebauten Thallus.

In allen Ordnungen vollzieht sich die sexuelle Fortpflanzung meist durch Kopulation von Zoosporen ähnlichen Gameten. Mit Ausnahme der Proto-

coccales hat sich aber in allen übrigen Gruppen an Stelle dieser Isogamie bei den Endgliedern bereits Oogamie herausgebildet.

1. Ordnung. Volvocales. Die typischen Vertreter zeichnen sich dadurch aus, daß die Zellen, welche einen Kern und einen Chloroplast enthalten, auch während ihres vegetativen Zustandes die Geißeln behalten, also ständig beweglich bleiben. Darin verhalten sie sich wie Flagellaten, von denen gewisse Formen wie *Polyblepharis* auf Grund ihrer Zellstruktur bereits an den Beginn der Ordnung gestellt werden können, obwohl sie sich noch durch den Mangel einer Zellmembran und der sexuellen Fortpflanzung von den eigentlichen Volvocales unterscheiden.

Chlamydomonas (Fig. 282) und *Haematococcus* (Fig. 283) sind als freischwimmende Zellen sehr verbreitet⁽²²⁾. Bei ersterer Gattung liegt die Membran dicht dem Protoplasten an, der vorn zwei Geißeln und einen roten Augenfleck führt, bei letzterer dagegen ist der Protoplast bis auf einige Fortsätze von der Membran durch eine Gallertschicht getrennt. *Haematococcus pluvialis* tritt häufig in Regenpfützen auf und zeichnet sich ebenso wie die auf Firnfeldern den „roten Schnee“ verursachende *Chlamydomonas*

nivalis durch einen roten Farbstoff, Haematochrom, in seinen Zellen aus. Die Vermehrung geschieht ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, die zu 2–8–16 in einer Mutterzelle



Fig. 282. 1 *Chlamydomonas angulosa*, nach DILL. g Geißeln, v Vakuole, k Kern, chr Chromatophoren, py Pyrenoid. 2 *Polytoma uvella*, nach DANGEARD. a Augenfleck. Aus OLTSMANN, Algen.

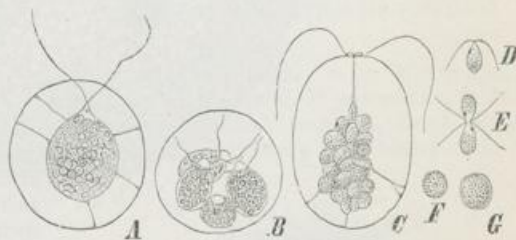


Fig. 283. A–B *Haematococcus pluvialis*. A Schwärmende Zelle. B Bildung der Schwärmsporen. Vergr. 360. C–G *Haematococcus* Blütschli. C Gametenbildung. Vergr. 400. D Gamet. E Kopulation zweier Gameten. F, G Zygoten. Vergr. 800. C–G Nach BLOCHMANN.

gebildet und durch Zerreißen der Membran frei werden, und außerdem geschlechtlich durch Kopulation kleiner zweiwimperiger gleichartiger Gameten, die in größerer Menge (bis 64) in der Mutterzelle entstehen und paarweise mit den Vorderenden zu ruhenden Zygoten sich vereinigen. Bei *Chlamydomonas coccifera* ist nach GOROSCHANKIN⁽²³⁾ im Gegensatz zu den übrigen Arten eine weitgehende Differenzierung der Gameten eingetreten. Einzelne Zellen werden zu großen cilienlosen weiblichen Gameten oder Eizellen, andere teilen sich und liefern je 16 kleine zweicillige männliche Gameten. Der Übergang zur Oogamie vollzieht sich hier also schon an einzelligen freilebenden Algen.

Polytoma uvella, welche wie *Chlamydomonas* gebaut ist, verdient Erwähnung, weil sie eine farblose, saprophytisch sich ernährende Form darstellt.

Die Gattungen *Pandorina*, *Eudorina*, *Volex* u. a. vereinigen ihre zweiwimperigen Zellen zu Kolonien oder Cönobien. *Volex*⁽²⁴⁾ (Fig. 284) als höchststehende Form zeigt freischwimmende hohlkugelige Kolonien, deren zahlreiche Protoplasten durch feine Fortsätze noch in Verbindung bleiben, so daß ein solcher Organismus bereits als ein einheitliches Individuum aufgefaßt werden muß. Bei *Volex* sind die Geschlechtszellen in Eier und Spermatozoiden differenziert. Die Eizellen entstehen durch Vergrößerung einzelner Koloniezellen, sind groß, grün, unbeweglich und von Gallerte umgeben, während die viel kleineren, langgestreckten, hellgelben Spermatozoiden unter ihrem schmalen farblosen Vorderende seitlich zwei lange Cilien tragen und durch Teilung von Koloniezellen in zahlreiche Tochterzellen entstehen. Nach der Kopulation mit einem Spermatozoid im Innern der Koloniekugel wird die Eizelle zu einer derbwandigen ruhenden

Oospore. Volvox vermehrt sich vegetativ durch Teilung einzelner Koloniezellen zu neuen Tochterkolonien, ein Vorgang, welcher der Schwärmsporenbildung der einfacheren Gattungen entspricht. Außer Volvox zeichnet sich auch noch Eudorina durch Oogamie aus.

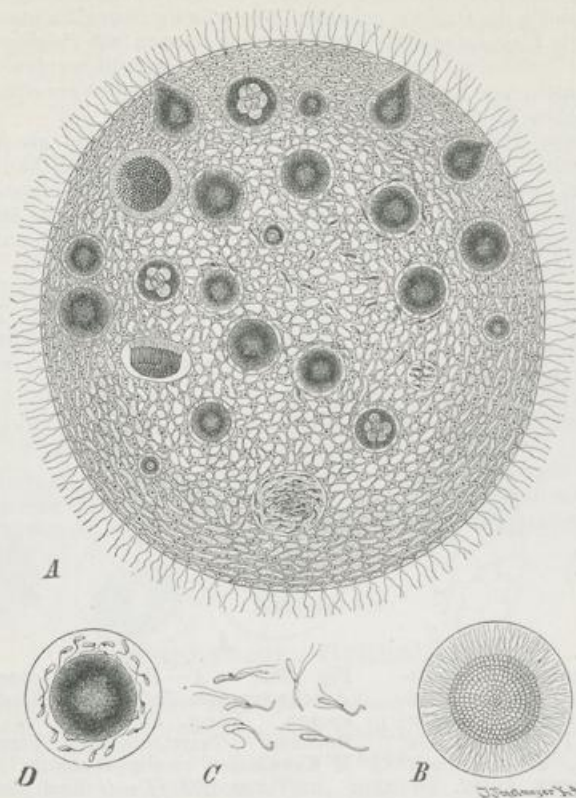


Fig. 284. Volvox globator. A Kolonie mit Eizellen und Spermatozoidgruppen in verschiedenen Entwicklungsstadien. Vergr. 165. B Spermatozoidbündel, aus einer Zelle durch Teilung entstanden. Vergr. 530. C Spermatozoiden. Vergr. 530. D Eizelle, in der Gallertmembran von Spermatozoiden umschwärmt. Vergr. 265. (Nach F. COHN.)

2. Ordnung. Protococcales. Einzellige oder in Zellkolonien verschiedener Form lebende grüne Algen, deren vegetative Zellen aber keine Cilien tragen, also unbeweglich sind. Meist ist nur ein Kern und nur ein Chloroplast in der Zelle vorhanden. Die Vermehrung geschieht durch Zoosporen, an deren Stelle aber bei manchen Gattungen auch cilienlose Aplanosporen treten. Geschlechtliche Fortpflanzung besteht, wenn vorhanden, in Kopulation gleichgestalteter Gameten.

Als einfachste Formen sind die einzelligen Gattungen *Chlorococcum* (hierzu auch *Cystococcus*) und *Chlorella* (^{25, 26}) zu nennen. Erstere bildet kugelige Zellen, die in Süßwasser, aber auch auf feuchten Substraten vorkommen und oft an der Zusammensetzung des Thallus der Flechten teilnehmen. Die Vermehrung geschieht ungeschlechtlich durch Teilung der Zellen in eine Anzahl von ausschließenden Zoosporen (Fig. 285), an deren Stelle unter gewissen Umständen auch cilienlose Aplanosporen gebildet werden können. *Chlorella vulgaris* (Fig. 286) ist eine ungemein verbreitete Alge, deren kleine grüne Zellen häufig symbiotisch im Plasma von niederen Tieren, Infusorien, Hydra, Spongilla, Planarien leben und sich ausschließlich durch Teilung der Zellen in 2, 4 oder 8 austretende Aplanosporen, die sich mit Membran umgeben und heranwachsen, vermehren.

An *Chlorella* schließen wir die im Süßwasser sehr verbreitete Gattung *Scenedesmus*⁽²⁷⁾ (Fig. 287) an, welche Zellkolonien einfachster Art, aus je vier Zellen in einer Querreihe vorstellt. Die häufigste Art, *S. acutus*, hat spindelförmige Zellen, während *S. caudatus* an den Endzellen vier lange hornförmige Membranfortsätze besitzt. Jede Zelle teilt sich der Länge nach in vier cilienlose und mit Membran umgebene Tochterzellen, die nach Verlassen der alten Membran eine neue Kolonie bilden. Kompliziertere Zellkolonien treffen wir bei *Pediastrum*⁽²⁸⁾ (Fig. 288) an in Form von zierlichen freischwimmenden

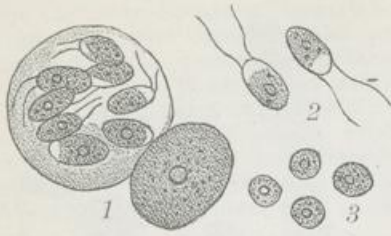


Fig. 285. Chlorococcum (Chlorosphaera) limicola. 1 Vegetative Zelle und Zelle in 8 Zoosporen geteilt. 2 Freie Zoosporen. 3 Dieselben nach Umhüllung mit Membran. (Nach BEYERINCK, aus OLTMANN, Algen.)

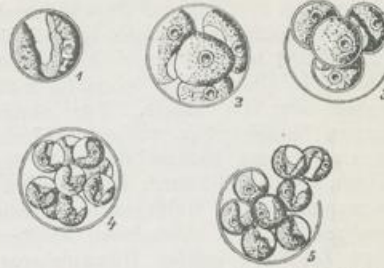


Fig. 286. Chlorella vulgaris. 1 Zelle. 2, 3 Teilung in 4 Aplanosporen. 4, 5 Desgleichen in 8. (Nach GRINTZESCO.)

Täfelchen. Die Bildung ungeschlechtlicher Schwärmsporen findet in der Weise statt, daß der Inhalt einer Zelle in eine Anzahl Schwärmsporen zerfällt, welche, von einer gemeinsamen Blase umgeben, durch einen Riß in der Wandung austreten, sodann in der Blase lebhaft sich bewegen und schließlich zu einer neuen heranwachsenden Zellfamilie sich zusammenlegen. Neben der ungeschlechtlichen tritt bei *Pediastrum* auch geschlechtliche Fortpflanzung auf. Die Gameten sind den Schwärmsporen

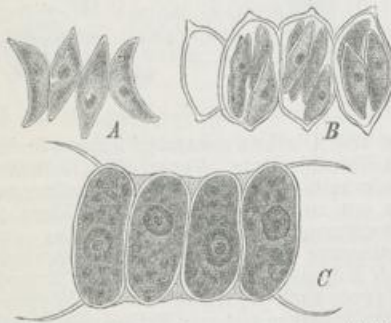


Fig. 287. A *Scenedesmus acutus*. B Desgleichen, in Teilung. C *Scenedesmus caudatus*. Vergr. 1000. (Nach SENN.)

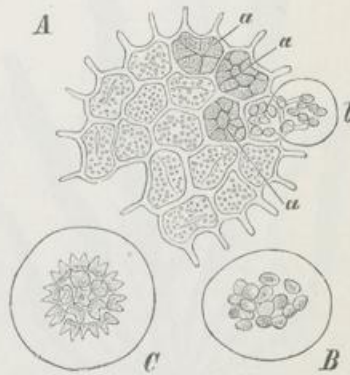


Fig. 288. *Pediastrum granulatum*. A Alte Zellfamilie, entleert bis auf die drei Zellen a, die Zelle b entläßt 16 Schwärmszellen. B Zellfamilie nach der Geburt. C Zellfamilie $4\frac{1}{2}$ Stunden später. Vergr. 300. (Nach AL. BRAUN.)

ganz ähnlich, nur kleiner und entstehen in den Zellen in größerer Zahl, sie schwimmen frei im Wasser und kopulieren paarweise zu Zygoten. Beide Gameten sind gleich gestaltet. Die Weiterentwicklung der Zygoten zu den Zellfamilien ist noch nicht ganz lückenlos bekannt.

Ganz ähnlich ist auch der Entwicklungsgang des Wassernetzes, *Hydrodictyon utriculatum*^(1, 29), einer der zierlichsten freischwimmenden Süßwasseralgen, deren zylindrische Zellen zu einer Kolonie in Form eines hohlen, langgestreckten, vielmaschigen Netzes verbunden sind.

3. Ordnung. Ulotrichales. Die Ulotrichales bezeichnen den einzelligen Grünalgen 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. 290 A) oder schwimmen frei. Bei der im Meere lebenden Gattung *Ulea* (*Ulea lactuca*, *Meersalat*) besteht der Thallus aber aus großen blattartigen, grünen, zweischichtigen Zellflächen (Fig. 5, Keimpflanze), bei *Enteromorpha* ist er zylindrisch oder abgeflacht bandförmig (Fig. 289), in der Jugend zweischichtig, später innen hohl, so daß die Wandschicht nur aus einer Zelllage besteht. Die Ulotrichales leben im Süßwasser 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 infolge Hämatochromgehalts rot erscheinen und einen veilchenartigen Geruch besitzen (Veilchenstein). Die Zellen führen stets nur einen Zellkern und meist auch nur einen Chloroplast.



Fig. 289. *Enteromorpha compressa*.
Häufige Grünalge der Nordseeküsten.
 $\frac{1}{2}$ nat. Gr.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung vollzieht sich durch cilientragende Schwärmsporen, die geschlechtliche besteht entweder in Kopulation von Planogameten oder die Geschlechtszellen sind in ruhende Eizellen und bewegliche Spermatozoiden differenziert.

Ulothrix zonata ⁽³⁰⁾ (Fig. 290 A) als typischer Vertreter der Gruppe ist eine der häufigsten Fadenalgen. Sie besteht aus unverzweigten, mit einer Rhizoidzelle fest-sitzenden Fäden ohne ausgesprochenes Spitzenwachstum; ihre kurzen Zellen enthalten einen bandförmigen Chloroplast.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch viereilige Schwärmsporen (Zoo-sporen) (C), welche zu einer oder durch fortgesetzte Zweiteilung zu mehreren in einer

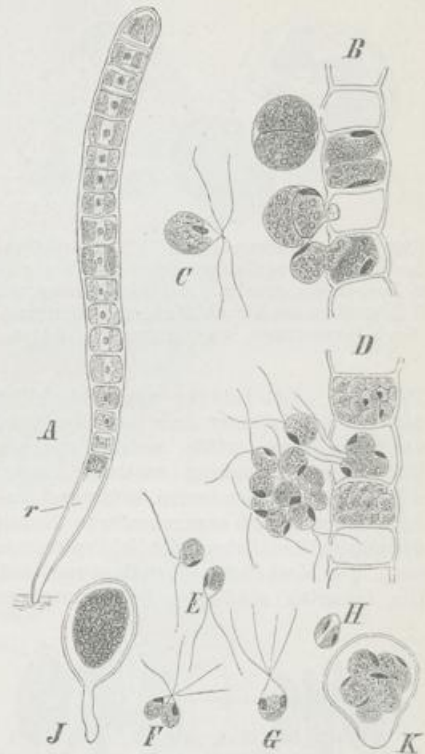


Fig. 290. *Ulothrix zonata*. A Junger Faden mit Rhizoidzelle r. Vergr. 300. B Fadenstück mit ausschöpfenden Schwärmsporen, zu zwei in jeder Zelle. C Einzelne Schwärmspore. D Gametenbildung und Entleerung eines Fadenstücks. E Gameten. F, G Kopulation der Gameten. H Zygote. J Zygote nach der Ruheperiode. K Zygote, deren Inhalt in mehrere Zellen sich geteilt hat. B—K Vergr. 482, nach DODEL.

Faden
memb
Die g
ander
zwei
spore
abrun
wird
Zellen
Plano
weiter
ersch
Wimp
vier
grund
dann
Differ

Fig. 2
Auss
ciliat
Befru

sich
Zellf
zahlr
gesch
haben
Cilie
Inha
um
festg
Faden
einen
Mem
An
erze
Anth
aber
in d
dige
Schw
dung

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 roten Augenfleck und einen Chloroplast wie die Schwärmsporen; sie kopulieren 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*); ihr Inhalt teilt sich in mehrere Zellen, aus denen die neuen Ulothrixfäden wieder heranwachsen. Übrigens können die Planogameten unter Umständen sich auch direkt parthenogenetisch ohne Kopulation weiter entwickeln. Damit ist die Mannigfaltigkeit der Schwärmerbildung noch nicht erschöpft, denn die Fäden können außer den oben genannten Schwärmsporen mit vier Wimpern auch kleinere ungeschlechtliche, aber gametenähnliche Mikrozoosporen mit vier oder zwei Wimpern erzeugen, welche bei Temperaturen über zehn Grad meist zugrunde gehen, bei solchen unter zehn Grad nach einigen Tagen zur Ruhe kommen und dann langsam keimen. Die Alge ist insofern von Interesse, als bei ihr die sexuelle Differenzierung der Gameten noch in einem Anfangsstadium steht.

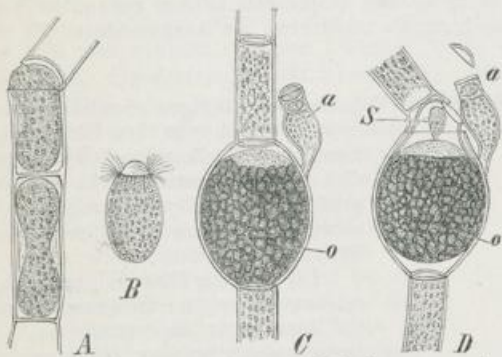


Fig. 291. A, B Oedogonium. A Schwärmsporen beim Ausschlüpfen. B Freie Schwärmspore. C, D Oed. ciliatum. C Vor der Befruchtung. D Während der Befruchtung. o Oogonien, a Zwergmännchen, S Spermatozoid. Vergr. 350. (Nach PRINGSHEIM.)

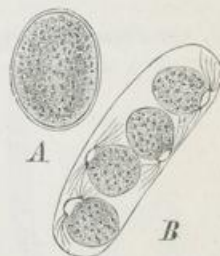


Fig. 292. Bulbochaete intermedia. A Oospore. B Bildung von vier Schwärmsporen aus der keimenden Oospore. Vergr. 250. (Nach PRINGSHEIM.)

Als Beispiel oogamer Ulotrichales sei die Gattung *Oedogonium*⁽³¹⁾ genannt, an die sich mit ähnlichem Verhalten *Bulbochaete* anschließt. Während letztere verzweigte Zellfäden aufweist, hat erstere Gattung unverzweigte Fäden, deren Zellen einen aus zahlreichen zusammenhängenden Bändern bestehenden Chloroplast besitzen. Die ungeschlechtlichen Schwärmsporen (Fig. 291B) sind bei *Oedogonium* besonders groß, haben ein kinoplasmatisches farbloses Vorderende, an dessen unterem Rande zahlreiche Cilien in Form eines Kranzes entspringen. Sie entstehen in Einzeln aus dem ganzen Inhalt einer Fadenzelle (Fig. 291A) und schlüpfen unter Aufbrechen dieser Zelle aus, um alsbald zu neuen Fäden auszukeimen, nachdem sie sich mit dem farblosen Ende festgesetzt haben. Was die sexuelle Fortpflanzung anbelangt, so werden einzelne Fadenzellen zu Oogonien, indem sie tonnenförmig anschwellen und ihren Inhalt zu einer großen Eizelle ausbilden. Am oberen Ende des Oogoniums entsteht in der Membran ein Loch und unter diesem ein farbloser Empfangnisfleck 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 Öffnung in das Oogonium und verschmelzen mit der Eizelle, die dann zu einer großen derbwandigen Oospore wird. Bei der Keimung der Oosporen teilt sich ihr Inhalt in vier große Schwärmsporen, welche ausschlüpfen und neue Fäden bilden. Fig. 292 stellt die Bildung dieser Sporen für *Bulbochaete* dar, mit welcher *Oedogonium* nahe verwandt ist.

Bei gewissen Arten von *Oedogonium* liegen die Verhältnisse komplizierter. Die Spermatozoiden werden nämlich bei diesen in kleinen, nur aus wenigen Zellen bestehenden Pflänzchen, sog. „Zwergmännchen“ erzeugt. Diese Pflänzchen entwickeln sich aus spermatozoidähnlichen Schwärmsporen (Androsporen), welche sich nach dem Ausschwärmen auf die weiblichen Fäden, ja sogar auch direkt 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. 291 C zeigt ein reifes Zwergmännchen auf einem noch geschlossenen Oogonium, D den Eintritt der Befruchtung, das Spermatozoid auf dem Empfängnisfleck bei *Oedogonium ciliatum*.

Die Gattung *Coleochaete*⁽³²⁾ zeichnet sich ebenfalls durch Oogamie aus. Ihr flaschenförmiges Oogonium hat einen langen farblosen Hals, der sich an der Spitze zur Aufnahme des Spermatozoids öffnet. Die heranwachsende kugelige Oospore wird in ein einschichtiges pseudoparenchymatisches Gewebe eingeschlossen, indem von der Tragzelle des Oogoniums und benachbarten Zellen Zellfäden aussprossen und sie dicht umhüllen. So entsteht eine Oosporenfrucht. Bei der Keimung teilt sich die Oospore zunächst in 16–32 keilförmige Zellen, bricht dann auf und entläßt aus jeder Zelle eine Schwärmspore. Wenn auch *Coleochaete* unter den Grünalgen in den genannten Vorgängen die höchste Stufe einnimmt, so kann sie nicht etwa als Ausgangsform für die Bryophyten angesehen werden.

4. Ordnung. Siphonocladiales. Die hierher gehörigen ebenfalls fadenförmigen und meist reich verzweigten Algen unterscheiden sich von den Ulotrichales

durch große vielkernige Zellen, deren Chloroplasten entweder in Einzahl, groß und netzförmig gestaltet erscheinen oder als zahlreiche kleine Plättchen auftreten.

Die Gattung *Cladophora* mit zahlreichen Arten im Süßwasser und im Meere kann als wichtigster Vertreter genannt werden. *Cl. glomerata* (Fig. 293) ist eine der häufigsten Flußalgen, oft fußlange verzweigte Fadenbüschel bildend, die an der Basis

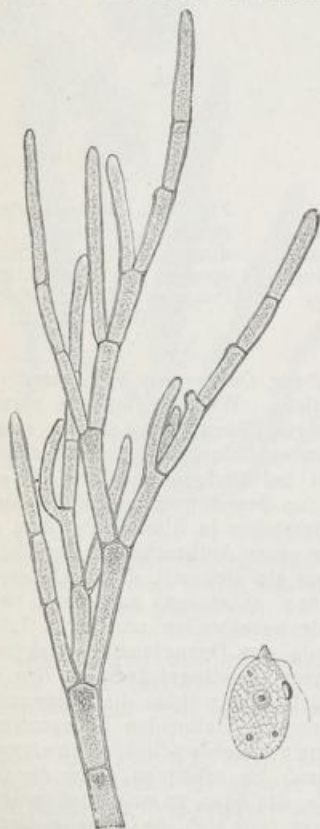


Fig. 293. Stück einer *Cladophora glomerata*. Vergr. 48. Rechts Schwärmspore. Vergr. 1000.

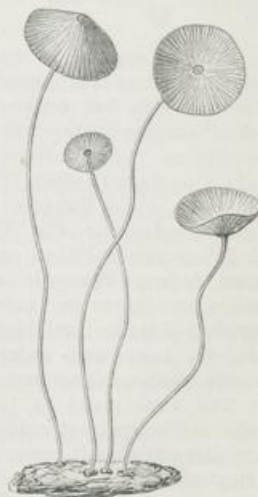


Fig. 294. *Acetabularia mediterranea*. Kalkalge. Nat. Gr.

mit rhizoïdartiger Zelle festsitzen und typisches Spitzenwachstum aufweisen, das bei anderen Vertretern der Ordnung noch nicht zur Ausbildung gelangt ist. Der Bau der Zellen ist aus Fig. 61 zu ersehen. Die Verzweigung erfolgt an den oberen Enden der Zellen durch Ausstülpung und Abgrenzung von Astzellen. Die Vermehrung geschieht durch zweiwimperige Zoosporen (Fig. 293), die in großer Zahl meist aus den obersten Zellen der Fäden entstehen und durch ein seitliches Loch aus diesen ihren Sporangien austreten. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist Isogamie wie bei *Ulothrix*.

Nur bei einer Gattung, der im Süßwasser in Form einfacher Fäden vorkommenden *Sphaeroplea annulina*, ist die sexuelle Fortpflanzung zu Oogamie vorgeschritten.

Manche Vertreter der Ordnung leben im Meere, z. B. *Siphonocladus*, und haben zum Teil einen recht komplizierten, aber stets aus verzweigten Zellfäden aufgebauten Thallus, der bei gewissen Gattungen durch Kalkinkrustationen eine korallenartige Beschaffenheit annimmt. Als Beispiel solcher Kalkalgen sei die zierliche, im Mittelmeer heimische *Acetabularia mediterranea*⁽³³⁾ (Fig. 294) genannt. Der dünne Stiel des Thallus sitzt mittels einiger Rhizoïden fest, der Schirm besteht aus zahlreichen, dicht zu einer Fläche zusammenschließenden radialen Schläuchen, deren jeder als ein Gametangium aufzufassen ist. Ihr Inhalt aber bildet die zweiwimperigen Gameten nicht direkt, sondern zerfällt erst in eine große Zahl derbwandiger Cysten, welche ruhend überwintern und dann zahlreiche, paarweise kopulierende Gameten entlassen. Die Zygoten keimen sehr bald und wachsen zu neuen Pflanzen heran.

5. Ordnung. Siphonales. Die Siphoneen oder Schlauchalgen unterscheiden sich von den vorhergehenden Gruppen dadurch, daß in dem äußerlich mehr oder weniger reich gegliederten Thallus zunächst keine Querwände vorhanden sind. Die Zellhaut umschließt somit eine einzige Plasmamasse, in welcher zahlreiche Zellkerne und zahlreiche kleine grüne Chloroplasten enthalten sind. Die selbe Form des Thallus kehrt bei den Phycomyceten oder Algenpilzen wieder.

Die meisten Siphoneen leben im Meere und gehören infolge ihres eigenartig gegliederten Thallus zu den interessantesten Algentypen. So besitzt die in vielen Arten in wärmeren Meeren vertretene Gattung *Caulerpa*⁽³⁴⁾ eine kriechende, an der Spitze fortwachsende Hauptachse, welche nach unten reich verzweigte farblose Rhizoïden in den Boden entsendet, nach oben dagegen grüne, bei den einzelnen Arten sehr verschieden gestaltete Thalluslappen trägt. Bei der mediterranen *C. prolifera* (Fig. 295) sind diese Lappen blattartig und häufig proliferierend. Dabei umschließt die ganze Pflanze nur einen einzigen Zellraum, welcher von netzförmig verbundenen Zellstoffbalken durchsetzt wird. In den farblosen Thallusteilen führt das Plasma stärkebildende Leukoplasten.

Die Gattung *Bryopsis* hat einen zierlich federförmig verzweigten Thallus. Bei den in wärmeren Meeren lebenden *Halimeda*-Arten setzt er sich aus scheibenförmigen Gliedern, ähnlich wie eine *Opuntia* im Kleinen, zusammen und erhält durch Kalkinkrustation eine korallenartige Beschaffenheit. Die Glieder sind aus verzweigten Schläuchen gebildet.

Bei *Bryopsis* hat sich eine Differenzierung der kopulierenden Gameten in einen größeren weiblichen und kleineren männlichen vollzogen; bei *Vaucheria* und *Dichotomosiphon* ist bereits Oogamie scharf ausgeprägt⁽³⁵⁾. Diese letzteren Algen kommen im Süßwasser vor oder bilden auf feuchtem Boden kleine Rasen. Der Thallus besteht aus

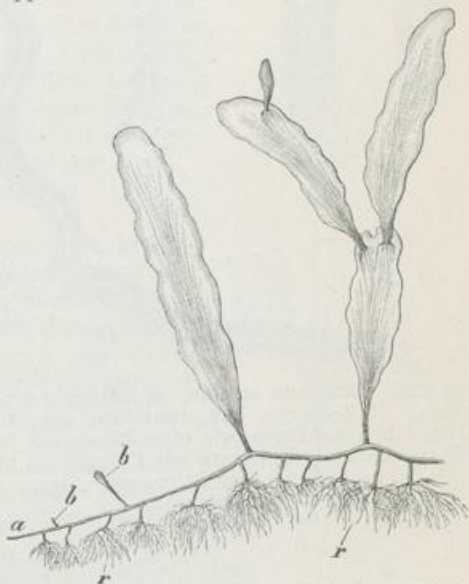


Fig. 295. *Caulerpa prolifera*. Die feinen Linien auf den Thallusblättern bezeichnen die Plasmaströme. a Fortwachsende Spitze der Thallusachse, bb junge Thalluslappen, r Rhizoïde.
1/2 nat. Gr.

einem fadenförmigen, verästelten und im Substrat mit farblosen Rhizoïden befestigten Schlauch (Fig. 296 D).

Die Bildung der ungeschlechtlichen Schwärmsporen geschieht bei *Vaucheria* in anderer Weise als bei den übrigen Siphonales. Einzelne Zweigenden schwellen zur Bil-

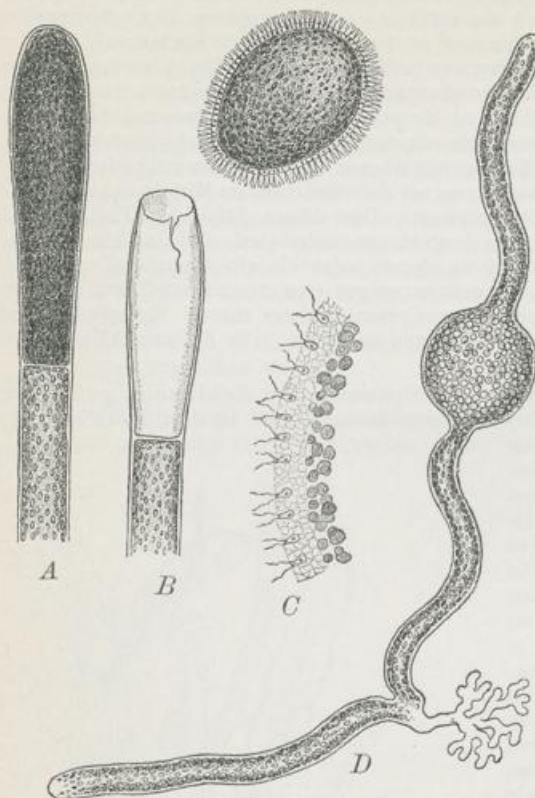


Fig. 296. *Vaucheria sessilis*. A Anlage des Sporangiums. B Zoospore aus demselben ausgeschlüpft. C Ein Stück der Peripherie einer Zoospore. D Keimpflanze aus einer Zoospore mit Rhizoïd. A, B nach GÖTZ, D nach SACHS, aus OLTMANN'S, Algen. C nach STRASBURGER.

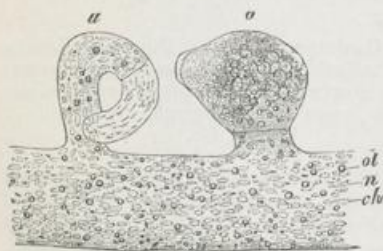


Fig. 297. *Vaucheria sessilis forma repens*. Fadenstück mit Oogonium o, Antheridium a, ch Chromatophoren, n Zellkerne, ol Öltropfen. Vergr. 240.

dung des Sporangiums etwas an und grenzen es mit einer Querwand ab (Fig. 296). Der ganze Inhalt der Endzelle verwandelt sich nun in eine einzige sehr große grüne, mit bloßem Auge schon sichtbare Schwärmspore, welche einen farblosen, zahlreiche Kerne enthaltenden Saum besitzt und vor jedem Kern je zwei Cilien hervorstreckt. Bei der Entleerung reißt der Sporangiumsscheitel auf und die Spore zwingt sich unter Drehung um ihre Längsachse aus der Öffnung hervor. Morphologisch entspricht die *Vaucheria*-spore der Gesamtheit der Zoosporen eines gewöhnlichen Sporangiums.

Die sexuelle Fortpflanzung von *Vaucheria* weicht bedeutend von der Gametenkopulation der übrigen Siphonales 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. 297 o und a). Die Oogoniumanlage enthält anfangs zahlreiche Kerne, die aber nach OLTMANN'S alle bis auf den zurückbleibenden einzigen Eikern vor der Scheidewandbildung wieder in den Tragfaden zurückwandern, während neuerdings DAVIS bei *V. geminata* gefunden hat, daß sie bis auf den Eikern

im Oogon degenerieren und aufgelöst werden. Im reifen Zustand besitzt das Oogon eine schnabelartige, mit farblosem Plasma angefüllte Vorstülpung, an welcher das Oogonium sich öffnet, während sich die Eizelle abrundet. Das in seiner Anlage ebenfalls vielkernige Antheridium ist mit seinem Tragast ein hornförmig gekrümmtes Gebilde (a), es bildet einkernige Spermatozoiden, öffnet sich bei der Reife an seiner Spitze und entleert seinen schleimigen Inhalt, aus dem die winzigen, völlig farblosen Spermatozoiden ausschwürmen, um an dem farblosen Empfangnisfleck des Oogoniums sich anzusammeln. Ein Spermatozoid dringt ein

und vollzieht die Befruchtung durch Verschmelzung seines Kerns mit dem Eikern. Die befruchtete Eizelle umgibt sich mit einer Membran, geht als Oospore in Ruhestand über und keimt dann zu einem neuen Faden aus.

Klasse X.

Characeae, Armleuchtergewächse ^(6, 36).

Die Characeen bilden eine isoliert stehende Gruppe von hochentwickelten grünen Thallophyten. Ihr Ursprung wird zwar bei den Chlorophyceen gesucht, doch gestatten sie infolge ihrer kompliziert gebauten Sexualorgane keinen direkten Anschluß an die bis jetzt bekannten oogamen Grünalgen. Sie vegetieren in Form von oft über fußhohen submersen Wiesen in Teichen und Bächen. Sie sind ausgezeichnet durch ihren regelmäßigen Aufbau; die zylindrischen, gegliederten Hauptachsen des Thallus bestehen aus langen Internodien und kurzen Knoten, an denen kürzere begrenzte, aus wenigen Gliedern bestehende, ebenfalls zylindrische Seitenäste in Quirlen entspringen (Fig. 298). 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 zustande. Am Grunde sind die Achsen mittels farbloser verzweigter Rhizoïdfäden im Substrat befestigt. Letztere entspringen aus den Knoten.

Sowohl die Haupt- als die Seitenachsen wachsen an ihren Spitzen mittels je einer Scheitelzelle heran, die sich durch Querwände successive in Segmente teilt, jedes Segment teilt sich nochmals durch eine Querwand und es entwickelt sich nun aus der unteren Zelle die langgestreckte, ungeteilt bleibende Internodienzelle; aus der oberen Zelle entwickeln sich dagegen unter weiterer Teilung 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 hervorstechen, dicht umschlossen.

Die Internodialzellen der Characeen enthalten zahlreiche, durch Fragmentation sich vermehrende Kerne in dem wandständigen, lebhaften Strömung aufweisenden Plasma und zahlreiche grüne Chloroplasten.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch schwärmende oder andere Sporen fehlt bei den Characeen vollständig. Die sexuelle Fortpflanzung besteht in Eibefruchtung. Die weiblichen Organe, hier als Eiknospen bezeichnet, sind eiförmig und ebenso wie die kugelförmigen, rotgefärbten Antheridien an den Knoten der Seitenachsen inseriert und mit bloßem Auge sichtbar. Meist sind die Pflanzen monöisch, einige Arten auch diöisch.



Fig. 298. *Chara fragilis*.
Ende eines Hauptsprosses.
Nat. Gr.

Die Eiknospen (Fig. 299 *ob*) enthalten ein Oogonium, das nur eine einzige mit Öltröpfen und Stärkekörnern dicht gefüllte Eizelle führt, anfangs frei vorragt und dann von 5 spiralig gewundenen Hüllschläuchen dicht umschlossen wird. Letztere endigen in dem Krönchen *c*, zwischen dessen Spalten die Spermatozoiden eindringen. Die kompliziert gebauten, aus einer einzigen Zelle durch Teilung hervorgehenden Antheridien (Fig. 299 *a*) besitzen eine Wandung aus acht flachen, durch einspringende Wände gefächerten Zellen (Schilder). Einer jeden dieser Zellen sitzt nach innen eine säulenförmige Zelle (Griffelzelle) auf, deren Ende mehrere Köpfchenzellen trägt, welchen quergefächerte und den Hohlraum des Antheridiums erfüllende Zellfäden entspringen. Jede Fadenzelle liefert ein korkzieherartig gewundenes und mit zwei Cilien versehenes Spermatozoid (Fig. 98 *A*), das in seiner Form von denen der übrigen Algen bedeutend abweicht.

Nach der Befruchtung umgibt sich die Eizelle mit einer dicken farblosen Haut und auch die Innenwände der Hüllschläuche verdicken sich, werden braun und mit einer Schicht

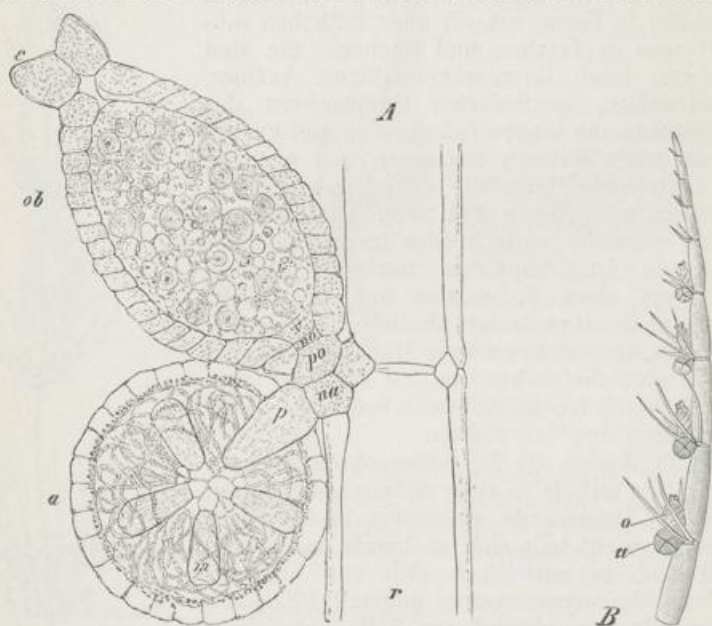


Fig. 299. *Chara fragilis*. A Medianer Längsschnitt durch eine Seitenachse *r*, *a* Antheridium und zwar *na* Basilarknotenzone, *p* Stiel, *m* die Griffzellen, aus deren aufsitzenden Zellen die Spermatozoidmutterzellfäden entspringen, *ob* Eiknospe und zwar *po* Stielzelle, *no* die Knotenzelle, *v* die Wendungszelle, *c* das Krönchen. Vergr. 60. B Ganze Seitenachse. Vergr. 6.

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. Diese dienen als Überwinterungsorgane und gehen entweder aus Knoten mit verkürzten Astquirilen hervor (so bei *Totypellopsis stelligera*, wo sie sternförmige Gestalt haben) oder entsprechen modifizierten Rhizoiden (z. B. bei *Chara aspera*, wo sie kugelige, weiße Gebilde vorstellen).

Klasse XI.

Phaeophyceae, Braunalgen ^(6, 20, 37).

Die Phaeophyceen weisen wie die Chlorophyceen auf einzellige Flagellaten und zwar auf die mit gelben Chromatophoren versehenen *Chrysomonadin* als Ausgangsformen hin, an die wir zunächst einzellige, in Gallertkolonien lebende Wesen wie *Phaeococcus* oder kurz fadenförmige wie *Phaeothamnion* anreihen können, deren Vermehrung durch Zoosporen und durch kopulierende Gameten bereits sehr mit derjenigen der einfacheren Braunalgen übereinstimmt.

Die typischen Phaeophyceen sind mit Ausnahme einiger weniger Süßwasserarten festsitzende Meeresalgen, die ihre größte Entwicklung in den kälteren Ozeanen erreichen. In der Gestalt des Thallus herrscht eine ungemessene Mannigfaltigkeit. Die einfachsten Vertreter (z. B. die Gattung *Ectocarpus*) zeigen unverzweigte oder verzweigte festsitzende Fäden aus einfachen Zellreihen bestehend. Sodann gibt es Formen mit zylindrischem, 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 132). 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 ungeteilten oder handförmig gespaltenen Blatt gleichen, das an seiner Stielbasis mittels eines verzweigten wurzelähnlichen Haftorgans befestigt ist.

Bei *Laminaria digitata* und *L. Cloustoni* (Fig. 301) zeigt das handförmig geteilte Thallusblatt ein sehr eigenartiges Wachstum, indem es an seiner Basis eine interkalare wachstumsfähige Zone besitzt, die jährlich im Herbst und Winter ein neues Blatt auf dem perennierenden Stiel erzeugt. Das alte wird dabei 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 ungeteiltem, ebenfalls sich jährlich erneuerndem 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. 300). Ihr in einer Tiefe von 2–25 m festsitzender Thallus verzweigt sich nach SKOTTSBERG⁽³⁸⁾ anfangs dichotomisch. Einzelne Thallussprosse wachsen zur Wasseroberfläche heran und erreichen an derselben flottierend eine Länge bis zu 70 m; sie sind einseitig mit langen Thalluslappen besetzt, die an der Basis je eine große Schwimmblase tragen und durch Spaltung der endständigen weiterwachsenden Thallusfläche gebildet werden. Sehr bemerkenswert sind ferner die antarktischen *Lessonia*-Arten, welche eine schenkeldicke verzweigte Hauptachse mit überhängenden langen Thallusblättern an den Zweigen entwickeln und mehrere Meter Höhe erreichen, also Algen mit baumartigem Habitus vorstellen.

Die *Fucaceen* sind ebenfalls stattliche Meeresalgen, bleiben aber hinter den Laminarien an Größe zurück. Am bekanntesten sind von nordeuropäischen Formen die *Fucus*-Arten, *Fucus vesiculosus*, der Blasentang, mit runden luftführenden Blasen in dem bandförmigen, gabelig verzweigten Thallus, *F. platycarpus* ohne Blasen, *F. serratus* mit gezähntem Thallus (Fig. 302). Sie sitzen mit Haftscheiben an dem Substrat fest und 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 zylindrische Achsen und in Seitenäste, die je nach ihrer Funktion als laubblattartige, als hochblattartige oder als fruktifizierende Seitenäste oder endlich als Schwimmblasen ausgebildet erscheinen. Bemerkenswert sind gewisse *Sargassum*-Arten dadurch, daß sie

von den Küsten durch Meeresströmungen weggeführt, an ruhigen Stellen des Ozeans zu großen flutenden Massen (Sargassomeer) zusammengetrieben werden.

Die Zellen der Phaeophyceen enthalten meist nur einen Zellkern und mehrere oder viele einfache oder gelappte scheibenförmige Chromatophoren,



Fig. 300. *Macrocystis pyrifera* Ag. a) Junger, b) älterer Thallusproß. $\frac{1}{80}$ nat. Gr. (Nach SKOTTSBERG.)

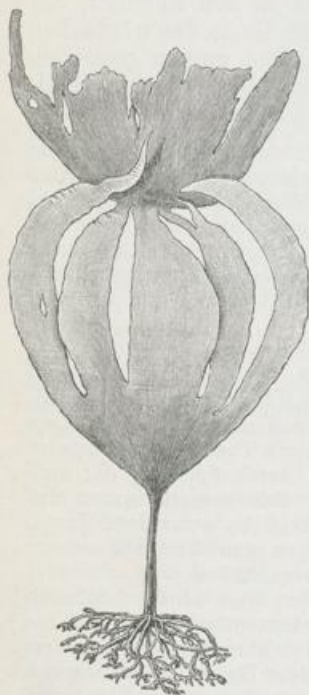


Fig. 301. *Laminaria Cloustoni*, Nordsee. Auf $\frac{1}{3}$ verkleinert. Offizinell.



Fig. 302. *Fucus serratus*, Helgoland. $\frac{1}{3}$ nat. Gr. Links Endstück eines älteren Thallus mit Konzeptakeln.

welche einen braunen Farbstoff, das Phaeophyll (S. 53) führen und den Algen eine gelbbraune oder dunkelbraune Gesamtfärbung verleihen. Als

Assimilationsprodukt sind zahlreiche halbfüssige sog. Fucosankörner nachweisbar, welche wohl zu den Kohlehydraten gehören und nach HANSTEEN⁽³⁹⁾ ihren Bildungsherd an den Chromatophoren haben. Bei den höheren Formen zeigt sich bereits eine ziemlich weitgehende anatomische Differenzierung des Thallus. Die äußeren Zellschichten sind in der Regel als Assimilationsgewebe ausgebildet, die inneren als Speicherzellen. Bei gewissen Arten finden sich axile Zellstränge mit Siebröhren⁽⁴⁰⁾.

Wir unterscheiden die beiden Ordnungen der *Phaeosporeen* und der *Cyclosporeen*. Erstere vermehren sich ungeschlechtlich durch Zoosporen, geschlechtlich durch cilientragende Gameten, also ähnlich wie *Ulothrix* unter den Grünalgen. Letztere zeigen scharfe Differenzierung der Sexualzellen in große unbewegliche nackte kugelige Eier und kleine cilientragende Spermatozoiden; zum Teil vermehren sie sich auch ungeschlechtlich durch unbewegliche nackte Sporen.

1. Ordnung. *Phaeosporeae*⁽⁴¹⁾.

Hierher gehört die Mehrzahl der Formen, u. a. auch die Laminarien. Sie vermehren sich durch ungeschlechtliche Schwärmsporen, die in großer Anzahl in einfächerigen oder unilokulären Sporangien erzeugt werden, einen roten Augenfleck, meist ein Chromatophor und zwei seitlich inserierte Cilien, eine nach vorne, die andere nach hinten gerichtet, aufweisen (Fig. 303) und direkt keimen. Für die Laminarien ist bis jetzt nur diese ungeschlechtliche Fortpflanzung bekannt.

Außer den einfächerigen Sporangien werden von den Phaeosporeen auch vielfächerige oder multilokuläre Sporangien erzeugt (Fig. 304). Jede Zelle derselben bildet nur eine, selten mehrere

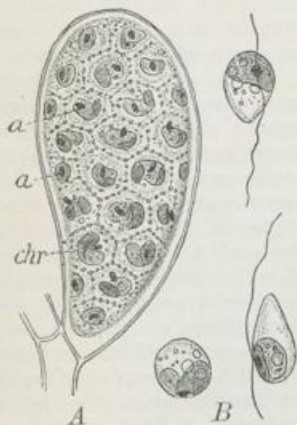


Fig. 303. A *Pleurocladia lacustris*. Unilokuläres Sporangium mit noch eingeschlossenen Zoosporen, a Augenfleck, chr Chromatophor (nach KLEBAHN). B Chorda filum, Zoosporen (nach REINKE). (Aus OLTSMANN, Algen.)

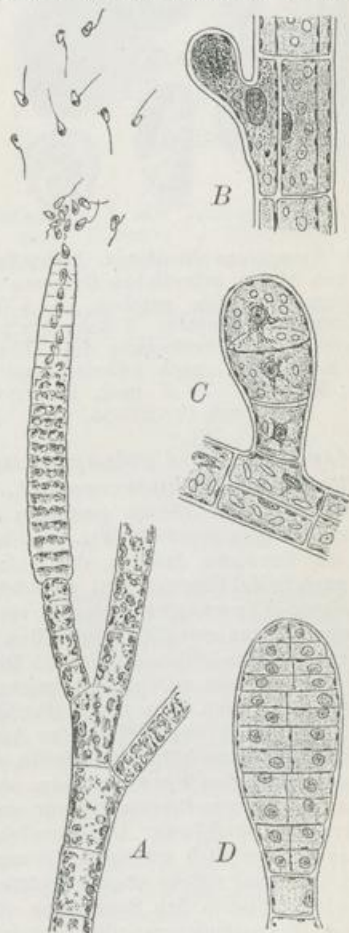


Fig. 304. A *Ectocarpus siliculosus*. Plurilokuläres Sporangium in Entleerung (nach THURET). B, C, D *Sphacelaria cirrhosa*, desgl. in Entwicklung (nach REINKE). (Aus OLTSMANN, Algen.)

ausschlüpfende Schwärmsporen. Bei einigen Gattungen ist Kopulation 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 die aus plurilokulären Sporangien entlassenen Schwärmer keimen vielfach auch ohne Kopulation zu neuen Pflanzen, wie dies unter den Chlorophyceen auch für *Ulothrix* bemerkt wurde.

Als Beispiel für Kopulation sei *Ectocarpus siliculosus* (Fig. 305) genannt, bei welchem bereits ein Unterschied in dem Verhalten der im übrigen gleich gestalteten Gameten zu konstatieren ist, derart, daß männliche und weibliche, beide in besonderen diöcisch oder monöcisch verteilten Gametangien erzeugt, zu unterscheiden sind. Die weiblichen Gameten setzen sich fest und zahlreiche männliche Gameten berühren sie mit ihren Cilien. Schließlich verschmilzt ein männlicher Gamet mit dem weiblichen zu einer Zygote (Fig. 305 2—9), welche zuletzt nur einen Kern, aber zwei Chromatophoren enthält, sich festsetzt, sich mit einer Membran umgibt 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 Übergang von Isogamie zu Oogamie festzustellen⁽⁴²⁾.

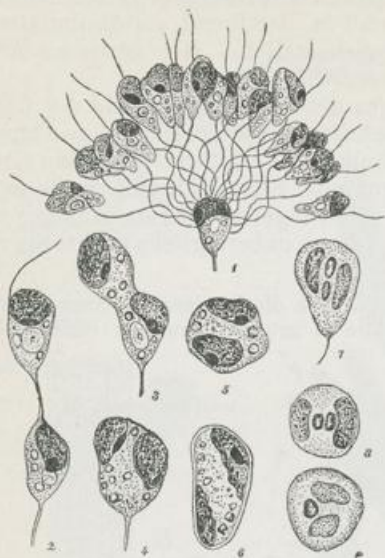


Fig. 305. *Ectocarpus siliculosus*. 1 Weiblicher Gamet von vielen männlichen Gameten umgeben, von der Seite gesehen. 2—5 Verschmelzung der Gameten. 6 Keimling nach 24 Stunden. 7—9 Vereinigung der Zellkerne bei der Kopulation, nach fixiertem und gefärbtem Material. (1—5 nach BERTHOLD, 6—9 nach OLTMANNS.)

2. Ordnung. Cyclosporeae.

1. Familie. *Dictyotaceae*^(43, 44). Hierher gehören nur wenige Gattungen, z. B. die mediterrane fächerförmig gestaltete *Padina Pavonia*, die in europäischen Meeren verbreitete *Dictyota dichotoma* (Fig. 8). Sie unterscheiden sich von der zweiten größeren Familie der Fucaceen dadurch, daß außer Geschlechtsorganen auch ungeschlechtliche Sporen, nach Individuen getrennt, gebildet werden. Die Sporen entstehen ähnlich wie bei den Rotalgen in Sporangien, meist zu vier als sog. Tetrasporen, seltener zu acht, und sind membranlos, unbeweglich, ohne Cilien, also als Aplanosporen zu bezeichnen (Fig. 306 1). Oogonien und Antheridien stehen bei *Dictyota* gruppenweise, in sog. Sori, zusammen (Fig. 306 2, 3), die aus nebeneinanderstehenden Rindenzellen nach Abgliederung je einer Stielzelle hervorgehen. An den Antheridiengruppen bleiben bei *Dictyota* die peripherischen Zellen steril und bilden eine Art Hülle. Die Oogonien erzeugen nur je eine große einkernige ausschüpfende Eizelle, die vielzelligen Antheridien, die mit den plurilokulären Gametangien übereinstimmen, aus jeder Zelle je ein Spermatozoid, das im Unterschied zu den übrigen Braunalgen nur eine einzige lange, seitlich inserierte Cilie besitzt.

Dictyota ist zweihäusig. Die männlichen und weiblichen Sexualpflanzen gehen hervor aus den ungeschlechtlich erzeugten Tetrasporen; aus den befruchteten Eizellen entstehen wiederum Pflanzen, welche ungeschlechtliche Tetrasporen erzeugen. Da nun auch bei der Tetradenteilung in den Sporangien eine Reduktion der Zahl der Kernchromosomen von 32 auf 16 stattfindet und die Sexualpflanzen diese halbe Chromosomenzahl in allen ihren Zellkernen beibehalten, bis nach der Befruchtung die doppelte Zahl wieder erreicht ist, so liegt hier im Gegensatz zu den Phaeosporeen ein typischer Generationswechsel vor, nur zeigen die geschlechtlichen Generationen (Gametophyt) und die

ungeschlechtliche (Sporophyt) im Bau ihres Thallus keinen Unterschied wie bei den Moosen und Farnen.

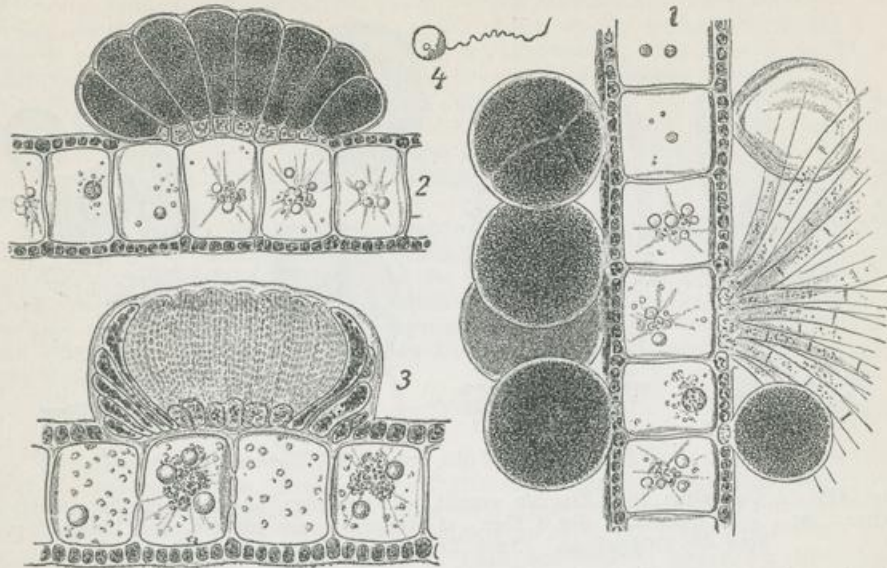


Fig. 306. *Dictyota dichotoma*. Thallusquerschnitte, 1 mit Tetrasporangien, 2 mit Oogoniumgruppe, 3 mit Antheridiengruppe, nach THURET. 4 Spermatozoid, nach WILLIAMS. (Aus OLTMANN'S, Algen.)

2. Familie. Fucaceae⁽⁴⁵⁾. Bei den Fucaceen fehlt die ungeschlechtliche Schwärmsporenbildung gänzlich, dagegen ist die sexuelle Fortpflanzung auch hier als Oogamie scharf ausgeprägt. Bei den Arten von *Fucus* sitzen die Oogonien und Antheridien in besonderen krugförmigen Vertiefungen, sog. Conceptacula, die zu vielen in die letzten angeschwollenen Auszweigungen des Thallus eingesenkt und für die ganze Familie sehr charakteristisch sind (vgl. *Fucus serratus*, Fig. 302). Bei *F. platycarpus* enthalten die Conceptakeln (Fig. 307) sowohl Oogonien als Antheridien, bei *F. vesiculosus* dagegen herrscht Diöcie. Der Innenwand der Conceptacula entspringen zahlreiche unverzweigte sterile Haare, sog. Saftfäden oder Paraphysen, die zum Teil als Büschel nach außen vortreten (Fig. 307 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. 307 a, 309 1, 2). Der Inhalt des Antheridiums zerfällt in zahlreiche Spermatozoiden, er wird als Ganzes, von der dünnen inneren Wandschicht umgeben, entleert (Fig. 309 4) und entläßt dann die gestreckt eiförmigen, mit zwei verschieden langen seitlichen Cilien und rotem Augenfleck versehenen Spermatozoiden. Die Oogonien (Fig. 307 o, 308) sind große runde, auf einzelligem Stiel sitzende gelbbraune Gebilde, deren Zellhaut im Innern acht

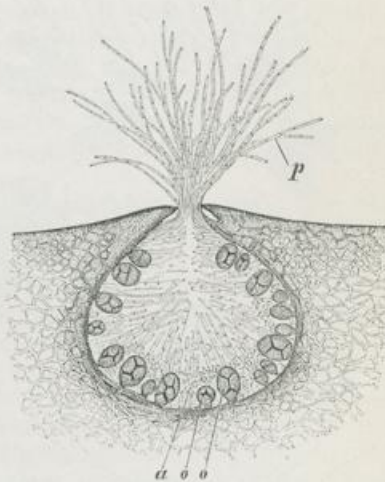


Fig. 307. *Fucus platycarpus*. Monöisches Conceptaculum mit Oogonien verschiedenen Alters o und Antheridienbüscheln a, Paraphysen p. Vergr. ca. 25. (Nach THURET.)

große, aus der Oogoniummutterzelle durch Teilung entstandene, durch feine Zellwände getrennte Eizellen umschließt. Der Oogoniuminhalt tritt, von einer dünnen Hülle um-

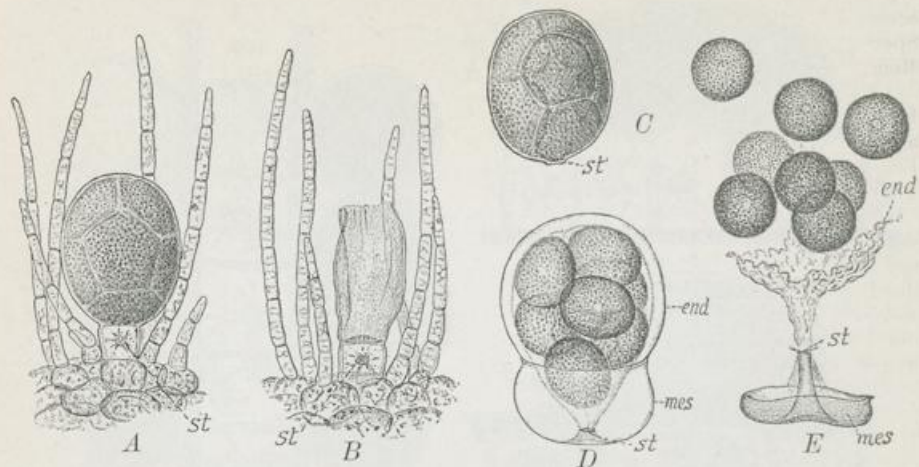


Fig. 308. A Oogonium, in 8 Eizellen geteilt. B Oogonium, aus welchem der Inhalt C entleert ist. D, E Befreiung der 8 Eier. st Stielzelle, mes mittlere, end innere Membran des Oogoniums. (Nach THURET, aus OLTMANNs, Algen.)

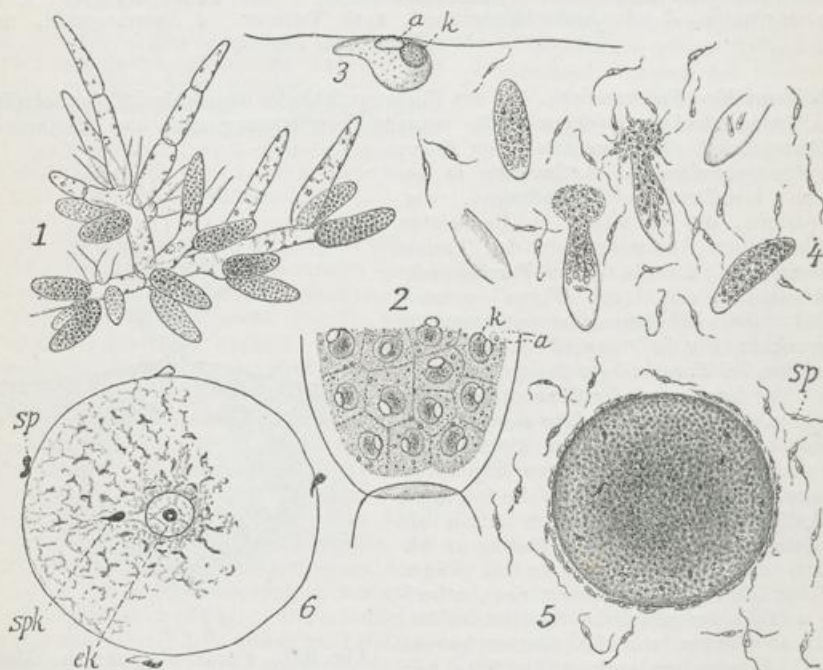


Fig. 309. Fucus. 1 Antheridienstand. 2 Stück eines Antheridiums mit Anlage der Spermatozoiden. 3 Spermatozoid, a Augenfleck, k Kern. 4 Isolierte Antheridien in Entleerung. 5 Ei von Spermatozoiden umschwärmt. 6 Schnitt durch ein befruchtetes Ei, ek Eikern, spk Spermakern, sp Spermatozoiden. (1, 4, 5 nach THURET, 2, 3 nach GUIGNARD, 6 nach FARMER. Aus OLTMANNs, Algen.)

geben, aus der aufplatzenden Oogoniumwand heraus (Fig. 308 B, C), die Hülle verquillt am oberen Teil, stülpt sich teilweise zurück und die nackten Eier werden nun frei ins Wasser entleert (D, E). Dort haften die Spermatozoiden in großer Menge ihnen an, versetzen sie durch ihre Cilien in rotierende Bewegung, wobei die Befruchtung durch ein Spermatozoid erfolgt (Fig. 309 5, 6). Nach der Befruchtung umgibt sich das Ei mit Membran, setzt sich fest und wächst unter Teilung 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 teilt 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 reduzierte befruchtungsunfähige Eikerne beiseite geschoben werden.

Da die Fucaceen der ungeschlechtlichen Sporenbildung ermangeln, so fehlt ihnen der für Dictyota charakteristische Generationswechsel. Vielleicht könnte man eine reduzierte geschlechtliche Generation in den Teilungsvorgängen erblicken, die zur Bildung der Sexualzellen aus den Oogonium- und Antheridiumanlagen führen und bei welchen eine Reduktion der Chromosomenzahl auf die Hälfte stattfindet. Danach wären der Fucusthallas dem Sporophyten von Dictyota und die Anlagen der Sexualorgane den Tetrasporangien gleichwertig⁽⁴⁴⁾.

Nutzpflanzen der Phaeophyceen sind: die früher officinellen *Laminaria digitata* und *L. 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 XII.

Rhodophyceae, Rotalgen^(6, 20, 46).

Die Rotalgen, Rhodophyceen oder Florideen, bilden eine selbständige Gruppe höherer Algen. Ihr phylogenetischer Ursprung ist vielleicht bei höher stehenden Grünalgen zu suchen. Sie sind wie die Braunalgen fast ausschließlich Meeresalgen und bewohnen vorzugsweise die tiefsten Algenregionen an den Küsten aller Ozeane, besonders der gemäßigten und tropischen Zonen. Nur wenige Gattungen (*Batrachospermum* z. B.) wachsen im Süßwasser, am Boden fließender Gewässer.

Der Thallus der Rotalgen weist große Mannigfaltigkeit 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 schmaler bandförmigen und oft reich verzweigten Thallus (z. B. *Chondrus crispus* (Fig. 310, 311, *Gigartina mamilliosa* Fig. 311). Sodann gibt es Arten, die in Form von Zellflächen der Unterlage aufliegen. Alle Florideen sitzen an der Basis mittels Haftfäden oder Haftscheiben fest. Eine der komplizierter gegliederten Formen ist z. B. die *Delesseria sanguinea* (*Hydrolapathum*) (Fig. 9) des atlantischen Ozeans. 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. Die Familie der *Corallinaceen*, deren Gattungen teils einen zierlich gegliederten, verzweigten, teils einen krustenförmigen oder korallenartigen Thallus aufweisen, zeichnet sich dadurch aus, daß in und um die Membranen kohlensaurer Kalk massen-

haft abgelagert wird, so daß diese Algen etwa den Eindruck von Korallen machen. Die Kalkflorideen vegetieren hauptsächlich an Küsten mit starker Brandung, besonders in den Tropen.



Fig. 310. *Chondrus crispus*. Helgoland.
 $\frac{1}{2}$ nat. Gr. Offizinell.

andererseits geschlechtlich in der Befruchtung weiblicher Organe durch männliche Zellen.

Die ungeschlechtlichen Sporen sind nackte, runde unbewegliche Zellen ohne Cilien, welche zu vier durch Teilung in einem Sporangium entstehen. Die Sporangien sitzen



Fig. 311. *Gigartina mamillifera*. s. Warzenförmige Fruchtkörper. $\frac{3}{4}$ nat. Gr. Offizinell.

Die Rotalgen sind meist rot oder violett, auch purpurschwarz oder braunrot gefärbt. Ihre Chromatophoren, welche als flache, scheibenförmige, ovale oder gebuchtete Gebilde in größerer Zahl und dichter Lagerung in den Zellen auftreten, enthalten außer grünem Farbstoff auch einen roten, das Phycoerythrin, und zwar wie es scheint beide in chemischer Verbindung. (Vgl. S. 53.) Echte Stärke wird nicht als Assimilationsprodukt erzeugt, sondern eine stärkeähnliche Substanz, die Florideenstärke, in Form von rundlichen, oft geschichteten, mit Jod sich rötlich färbenden Körnchen. Auch Öltröpfchen kommen vor. Die Zellen sind einkernig oder auch mehrkernig.

Die Fortpflanzung geschieht bei den Florideen einerseits ungeschlechtlich mit Sporen,

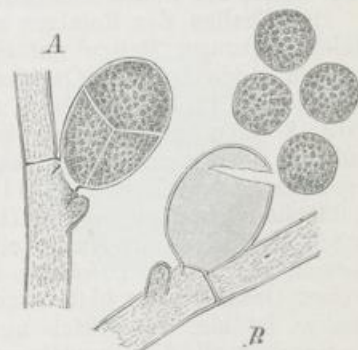


Fig. 312. *Callithamnion corymbosum*. Tetrasporenbildung. A Geschlossenes, B entleertes Sporangium mit den vier ausgetretenen Tetrasporen. (Nach THURET.)

als rundliche Körper an den Thallusfäden oder sind dem Thallus eingesenkt, sie entlassen die vier Sporen aus einem Querriß ihrer Wandung. Infolge der Entstehung zu vierten nennt man die Florideensporen Tetrasporen (Fig. 312). 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.

Die Antheridien, auch Spermatangien genannt (Fig. 313 A), schließen meist in Zweifzahl die Enden der Wirtelzweige im Glomerulus ab. Jedes Antheridium besteht aus einer Zelle, deren gesamtes Plasma in die Bildung nur eines einzigen Spermatiums

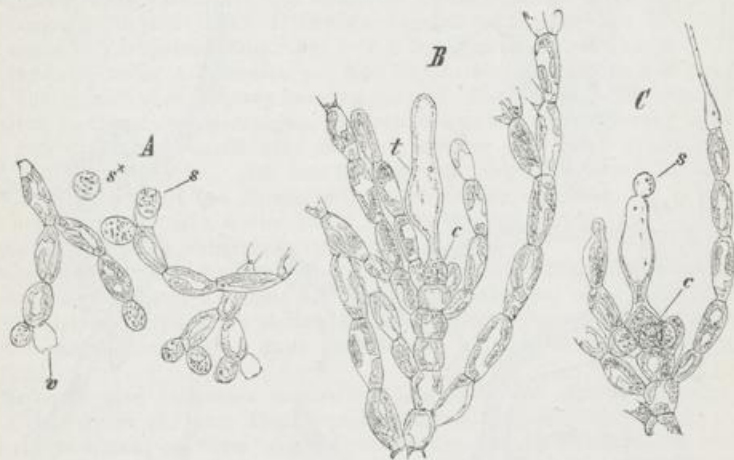


Fig. 313. *Batrachospermum moniliforme*. A Einzelne durch Druck isolierte Wirtelzweige mit Antheridien. Bei s^* ein Spermium, bei s ein solches im Augenblick der Entleerung, bei x ein leeres Antheridium. B Ein isolierter Wirtelzweig mit einem noch unbefruchteten Carpogonium, bei c Basalteil, bei t Trichogyn desselben. C Ein Wirtelzweig mit befruchtetem Carpogonium, s ein entleertes mit dem Trichogyn kopuliertes Spermium, beginnende Sprossung aus dem Basalteile des Carpogons bei c . Vergr. 540.

aufgeht. Die Spermation werden aus der zurückbleibenden Zellhaut (Ar, s) entleert, sind rundlich, einkernig; von einigen Autoren ist aber eine Teilung des Kernes in zwei Kerne beobachtet. Sie sind mit dünner Membran umkleidet, können sich nicht selbständig 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 Zweigenden zwischen den Antheridien tragenden Ästen. Das Carpogon (Fig. 313 B) besteht aus einer langen, im unteren Teil (c) flaschenförmig angeschwollenen, im oberen Teil (t) fadenförmig gestalteten Zelle. Der Basalteil enthält den Eikern und Chromatophoren, der fadenförmige ebenfalls einen Zellkern führende Teil wird als Trichogyn bezeichnet und fungiert als Empfangnisorgan für die Spermation, die zu einem oder mehreren mit dessen Spitze kopulieren (C), indem ihr Inhalt durch eine entstehende Öffnung in den Zellinhalt des Carpogons unter Zurücklassung der entleerten Membran übertritt. Spermakern und Eikern verschmelzen miteinander. Die alsdann vom Trichogyn sich abgrenzende Eizelle wird nun nicht direkt zu einer Oospore; infolge der Befruchtung wachsen vielmehr aus den Seitenflächen des Bauchteils des Carpogons sich weiter verzweigende Schläuche hervor, die sporogenen Fäden. Zugleich sprossen aus den Tragzellen des befruchteten Carpogons Hüllzweige, die sich um die letzteren lagern und mit diesen eine sog. Hüllfrucht,

Cystocarp, bilden Die sich reich verzweigenden sporogenen Fäden erzeugen aus ihren anschwellenden Endzellen die kugelförmigen, 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

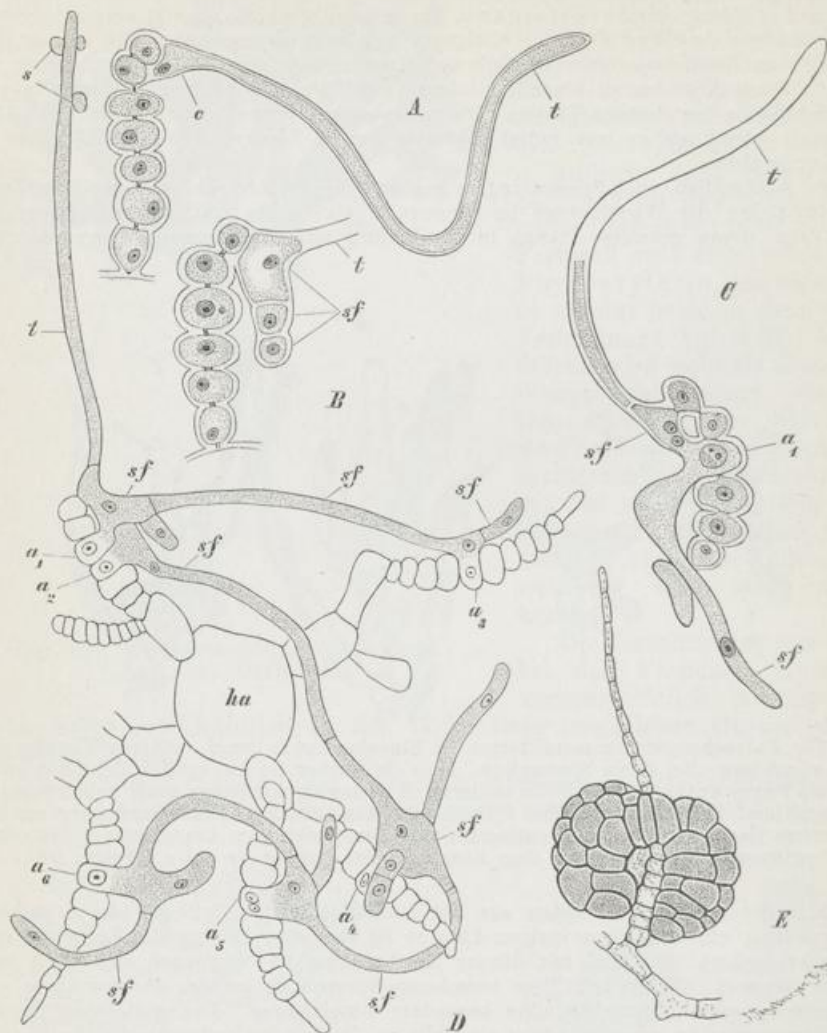


Fig. 314. *Dudresnaya coccinea*. A Carpogon-Ast, Carpogon *c* mit Trichogyn *t*. B Nach der Befruchtung, Carpogon zum sporogenen Faden *sf* ausgewachsen. C Verbindung dieses Fadens mit der ersten Auxiliarzelle *a*₁. D Verzweigung des sporogenen Fadens und Verbindung mit 6 Auxiliarzellen *a*₁–*a*₆. Die Zellen *a*₃–*a*₆ sind Asten 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.)

bei *Batrachospermum* zunächst ein aus Zellfäden bestehender Vorkeim, der aus seinen Endzellen ungeschlechtliche einzellige Sporen erzeugt. Dieselben dienen der Vermehrung des Vorkeims. Schließlich wachsen einzelne Zweige des Vorkeims zu den geschlechtlich differenzierten Thallusfäden heran. Die Sporenbildung am Vorkeim entspricht der Tetrasporenbildung der übrigen Florideen.

Bei anderen Florideengattungen verläuft die Bildung der Cystocarpien und Carposporen in noch komplizierterer Weise als 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 Spermarien 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 kompliziertere Ausbildung der aus der befruchteten Eizelle hervorgehenden sporenbildenden Generation sei die an den wärmeren europäischen Küsten verbreitete *Dudresnaya coccinea*, mit zylindrischem, reich verzweigtem Thallus, gewählt (Fig. 314). Die Carpogonäste bestehen aus ca. sieben 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 Teilung 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 fusionierten, sprossen nun je zwei Ausstülpungen hervor, welche sich weiter teilen zu den runden Sporenhäufen, aus dem die Carposporen schließlich entlassen werden (Fig. 314 E).

Besonderes Interesse verdient eine kleine Nordseefloridee, *Harveyella mirabilis* (47), welche auf einer anderen Rotalge, der *Rhodomela subfusca*, als echter Schmarotzer in Form von kleinen weißlichen Polstern auftritt. Infolge der parasitischen Lebensweise ist die Chromatophorenbildung ganz unterdrückt, so daß diese Floridee sich wie ein Pilz verhält.

Offizinell sind *Gigartina mammillosa* (Fig. 311) mit zäpfchenförmigen, 2–5 mm langen Cystocarpien auf dem Thallus und *Chondrus crispus* (Fig. 310) 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 purpurote oder purpurbraune festsitzende Algen; getrocknet sind sie von hellgelblicher Farbe und liefern das offizinelle Carrageen oder irländische Moos (Pharm. germ., austr., helv.), das zur 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 XIII.

Phycomycetes, Algenpilze (48, 49, 50).

In der Beschaffenheit des Thallus und auch der Sexualorgane zeigen die Phycomyceten oder Algenpilze vielfach nähere Beziehungen zu Siphoneen. In dieser Algengruppe dürfte der phylogenetische Ursprung der Mehrzahl der Algenpilze zu suchen sein, indessen deuten gewisse Formen auch auf andere niedere Grünalgen hin (*Basidiobolus* z. B. auf Konjugaten). Wenn zurzeit die Phycomyceten noch als geschlossene Klasse aufgeführt werden, so geschieht dies mit dem Vorbehalt ihrer späteren Auflösung in mehrere, an verschiedene Algenklassen anzugliedernde Reihen.

Der schlauch- oder fadenförmige reichverzweigte Thallus weist, wie bei *Vaucheria*, bis zur Bildung der Reproduktionsorgane keine Querwände auf und umschließt eine zusammenhängende Plasmamasse, in welcher zahlreiche sehr kleine Zellkerne enthalten sind, aber keine Chromatophoren, die bei

diesen farblosen Organismen ganz unterdrückt sind. Die Pilzfäden bezeichnet man als Hyphen, hier als ungegliederte, den ganzen Thallus als Mycelium. Nur in wenigen Fällen tritt eine Gliederung der Hyphen in Zellen ein. Die Algenpilze leben teils saprophytisch im Wasser auf faulenden Pflanzen oder Tieren, oder an der Luft auf verwesenden organischen Substanzen, teils parasitisch in den Geweben von höheren Pflanzen oder auch von Insekten.

Die ungeschlechtliche Vermehrung geschieht durch Sporen, die bei den meisten Gattungen in Sporangien erzeugt werden. Das gesamte Protoplasma derselben zerklüftet sich in zahlreiche Sporenzellen, die bei den wasserbewohnenden Gattungen als cilientragende Schwärmsporen entlassen werden (Fig. 316), bei den terrestrischen dagegen vor der Entleerung bereits mit Membran umkleidet werden (Fig. 323). Ebenfalls der Verbreitung in der Luft angepaßt sind die sog. Konidien, die bei gewissen Gattungen neben den Sporangien oder auch ausschließlich gebildet werden durch Hervorsprossung und Abschnürung von Sporenzellen aus den Enden von Hyphen, die dann meist als besondere Konidienträger sich vom Substrat erheben.

Die Sexualorgane der Phycomyceten bieten viel Eigenartiges. Nach ihrer Beschaffenheit unterscheiden wir die beiden Gruppen der Oomyceten und Zygomyceten. Bei den Oomyceten, die den Grünalgen noch am nächsten stehen, differenzieren sich Oogonien und Antheridien, und letztere entleeren durch schlauchartige Ausstülpungen ihren Inhalt in erstere, die dann nach der Befruchtung Oosporen liefern. Nur bei *Monoblepharis* werden noch freie Spermatozoiden gebildet. Bei den Zygomyceten sind die Sexualorgane von gleicher Beschaffenheit und liefern als Kopulationsprodukt eine Zygospore. Sie sind aber meist vielkernig und entsprechen somit morphologisch einem ganzen Gametangium der isogamen Grünalgen.

Vielkernige Gametangien, Oogonien und Antheridien, die ihre Gameten nicht sondern und einzeln ausschlüpfen lassen, vielmehr direkt miteinander kopulieren, werden insgesamt als Coenogameten bezeichnet.

1. Ordnung. Oomycetes.

1. Nur bei der kleinen Familie der *Monoblepharideen*⁽⁵¹⁾ entlassen die Antheridien cilientragende Spermatozoiden, während dagegen bei den übrigen Oomyceten der vielkernige Antheridiuminhalt sich nicht mehr in freie Spermatozoiden sondert, vielmehr durch Ausstülpungen des Antheridiums direkt in die Eizellen eingeführt wird.

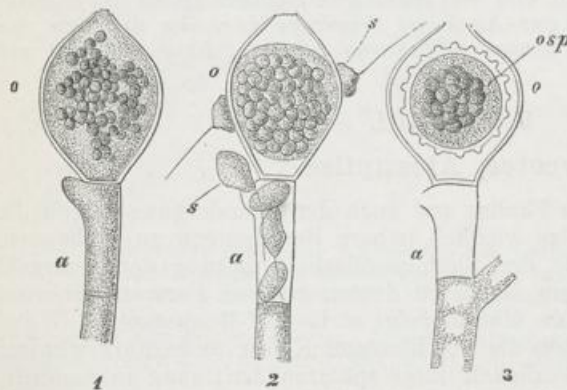


Fig. 315. *Monoblepharis sphaerica*. Ende eines Fadens mit einem Oogonium *o* und dem darunter liegenden Antheridium *a*, in 1 vor der Bildung der Eizelle und der Spermatozoiden, in 2 die letzteren *s* austretend und an dem Oogonium hinaufkriechend, in 3 reife Oospore *osp*, das Antheridium entleert. Vergr. 800. (Nach CORNU.) Aus v. TAVEL, Pilze.

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. 315), die den Sporangien ähnlichen Antheridien entlassen eine Anzahl von mit einer Cilie versehenen Spermatozoiden, welche zu den

Oogonien gelangen, deren Wandung an der Spitze auflösen und so zur Eizelle vordringen, die dann zu einer stachelig behäuteten Oospore wird.

2. An die erste Familie schließen sich die *Saprolegniaceen*⁽⁵²⁾ an, die mit ihren Mycelien ebenfalls im Wasser meist saprophytisch an der Oberfläche faulender Pflanzen, Insekten und sogar auf lebenden Fischen vegetieren. Sie vermehren sich

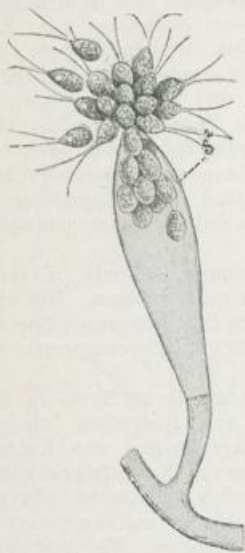


Fig. 316. *Saprolegnia mixta*. Sporangium, die 2 cilien Zoosporen s^2 entlassend. (Nach G. KLEBS.)

ungeschlechtlich durch keulenförmige Sporangien (Fig. 316), aus denen zahlreiche, mit zwei Cilien begabte Schwärmsporen nach außen entleert werden. An älteren Mycelfäden bilden sich die Geschlechtsorgane aus (Fig. 317a). Die Oogonien bilden gewöhnlich mehrere oder viele Eizellen (bis 50), selten nur eine einzige aus. Die Eizellen sind anfangs vielkernig, die Kerne degenerieren aber in der Regel bis auf einen Eikern. Die Antheridien sind schlauchförmig und vielkernig, legen sich an die Oogonien an und treiben Befruchtungsschläuche in sie hinein bis zu den Eizellen. Ein männlicher Zellkern tritt in die Eizelle ein (Fig. 318) und verschmilzt mit dem Eikern. Hierauf bilden sich die Eizellen zu derbwandigen Oosporen um. Bei einigen Formen dieser wie auch der vierten Familie kann sogar die Bildung der Antheridien gelegentlich, oder auch

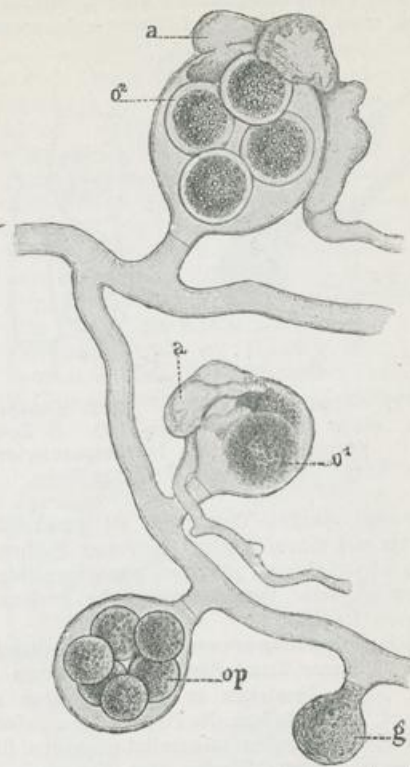


Fig. 317. *Saprolegnia mixta*. Faden mit Geschlechtsorganen. a Antheridium, das einen Befruchtungsschlauch in das Oogonium hineingetrieben hat, o^1 Eizelle, o^2 Oospore mit Membran umgeben, op parthenogenetische Oosporen, g junges Oogonium. (Nach G. KLEBS.)

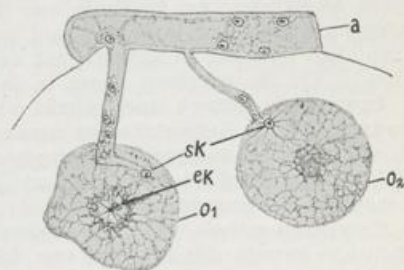


Fig. 318. *Achlya polyandra*. Befruchtung zweier Eizellen o eines Oogoniums durch zwei Schläuche des Antheridiums a. ek Eikern, in o_2 der Eikern nicht im Schnitt getroffen, sk Spermakerne. (Nach Trow.)

stets ausbleiben; die Eisporen reifen dann ohne Befruchtung, so daß also hier Parthenogenese vorliegt (Fig. 317).

3. Die *Chytridiaceae*⁽⁵³⁾ stellen mikroskopisch kleine, auf Wasser- oder Landpflanzen, zum Teil auch auf Tieren schmarotzende Pilze dar, deren einzelliges Mycelium nur geringe Entwicklung erfährt und vielfach auf eine einfache, in der Wirtszelle lebende sack- oder schlauchförmige Zelle reduziert ist.

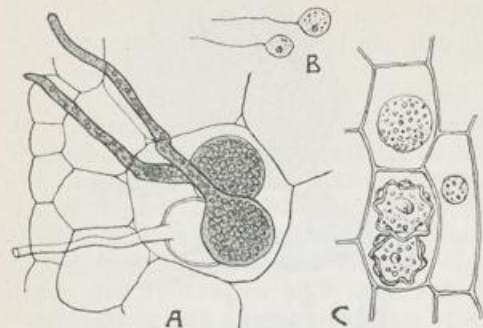


Fig. 319. *Olpidium Brassicae*. A 3 Zoosporen, eines entleert. Vergr. 160. B Zoosporen. Vergr. 520. C Dauersporangien. Vergr. 520. (Nach WORONIN.)

Ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt durch ein- oder zweicellige Schwärmsporen. Bei den einfachsten Formen wandelt sich die ganze Zelle in das Sporangium um. Als Beispiel sei *Olpidium Brassicae* (Fig. 319) genannt, das in dem Gewebe der Stengelbasis junger Kohlpflanzen schmarotzt und sie zum Absterben bringt. Die Sporangien haben hier einen langen Hals, aus welchem die Schwärmsporen entleert werden. Vielfach sind bei Chytridiaceen auch dickwandige Dauersporangien beobachtet.

Nur bei einigen Gattungen ist geschlechtliche Fortpflanzung, Kopulation eines Oogonium mit einem Antheridium und Bildung von Oosporen nachgewiesen. Die einfachsten Chytridiaceen scheinen aus Flagellaten, teils auch aus Protococcaceen hervorgegangen zu sein; ihre systematische Stellung unter den übrigen Phycomyceten ist daher noch fraglich.

4. Die *Peronosporae*⁽⁵⁴⁾ sind parasitische Pilze, welche mit ihrem Mycel in den Geweben höherer Landpflanzen schmarotzen und dieselben zum Absterben bringen. Gewisse Arten bewirken in nassen Jahren epidemische Erkrankungen von Kulturgewächsen, so vor allem die *Phytophthora infestans*, der Pilz der sog. Kartoffelkrankheit. Seine Mycelfäden leben intercellular in den Blättern und Knollen der Kartoffelpflanze, 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. 320). 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 es dann eine seitliche Stellung erhält. Noch vor der Teilung 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 Sporenhalt teilt sich in mehrere, mit zwei Cilien versehene, ausschöpfende Schwärmsporen (C, D), die zu einem neuen in das Blatt eindringenden Mycelfaden auskeimen. Die Sporangien können auch direkt ohne Teilung des Inhaltes und Bildung von Schwärmsporen zu Keimschläuchen auswachsen. Es läßt sich somit bei dem Kartoffelpilz, wie auch bei anderen Peronosporae der Übergang von Sporangien zu Konidien verfolgen, eine Umbildung, die mit dem Übergang von der aquatischen zur terrestrischen Lebensweise hier zusammenhängt.

Plasmopara viticola, mit reich verästelten Sporangienträgern, ist ein ebenfalls sehr schädlicher Parasit, der Pilz des sog. falschen Mehltaues der Blätter und Beeren 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 am Mycelium unter der Epidermis der Nährpflanze erzeugt und entleeren im Wasser zahlreiche Schwärmsporen.

Die Sexualorgane der Peronosporaceen, welche an *Vaucheria* (Fig. 292) 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. 321). Im Verhalten der Kerne zeigen sich bei den einzelnen Arten interessante Verschiedenheiten. Bei *Peronospora parasitica*, *Albugo candida* und *Lepigoni*, *Pythium*, *Plasmopara*, *Sclerospora* differenziert sich im Plasma des Oogoniums eine einzige große zentrale Eizelle oder Oosphäre, welche im reifen Zustand nur einen Eikern in der Mitte enthält,

während die übrigen Kerne sämtlich in dem peripherischen sog. Periplasma liegen. Die Antheridien treiben in das Oogonium einen Fortsatz, der sich an der Spitze in die Eizelle öffnet und nur einen männlichen Zellkern eintreten läßt (Fig. 321, 2). Die Oosphäre grenzt sich sodann durch eine Membran ab (Fig. 321, 3), die Kerne verschmelzen und das Periplasma wird zur Bildung der äußeren Sporenmembran, des Episporium, verbraucht. Bei *Peronospora parasitica* ist die reife Oospore

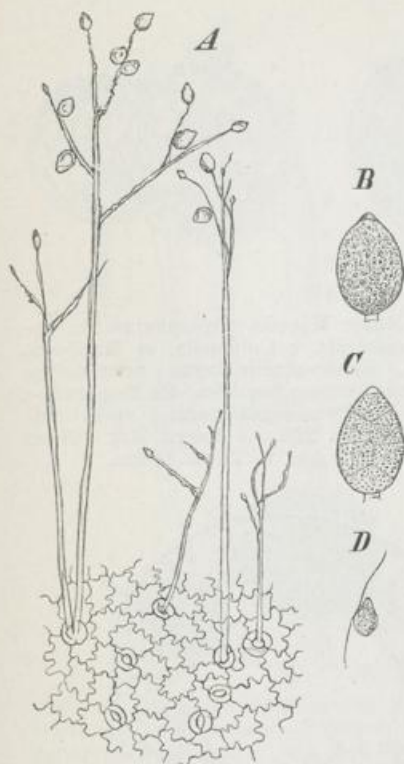


Fig. 320. A Oberflächenansicht der Blattoberfläche von *Solanum tuberosum* mit den aus den Spaltöffnungen hervortretenden Sporangienträgern der *Phytophthora infestans*. Vgr. 90. B Ein reifes Sporangium. C Ein solches mit geteiltem Inhalt. D Eine Schwärmspore. B—D Vergr. 540.

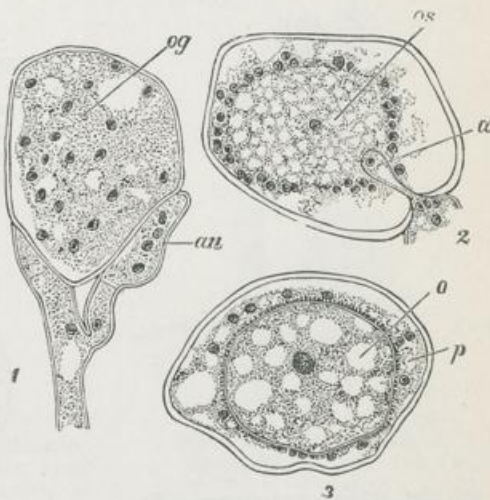


Fig. 321. Befruchtung der Peronosporaceen. 1 *Peronospora parasitica*. Junges vielkerniges Oogonium og und Antheridium an. 2 *Albugo candida*. Oogonium mit der zentralen einkernigen Oosphäre und dem Befruchtungsschlauch a des Antheridium, welcher den männlichen Kern einführt. 3 Desgl. Befruchtete Eizelle o umgeben von dem Periplasma p. Vergr. 666. (Nach WAGER.)

einkernig, bei *Albugo* durch Kernteilung vielkernig. *Albugo Bliti* und *A. Portulacae* legen zwar ebenfalls eine zentrale Oosphäre, von Periplasma umgeben, an, in dieselbe treten aber zahlreiche Kerne ein und auch der Antheridiumschiuch führt zahlreiche Kerne ein, welche paarweise mit den weiblichen Kernen kopulieren. Aus dieser zusammengesetzten Eizelle geht dann eine vielkernige Oospore hervor. Das Verhalten beider Arten kann als ein ursprünglicheres betrachtet werden, während die einkernigen Eizellen der zuerst genannten Vertreter sich von den vielkernigen ableiten lassen. Eine vermittelnde Stellung nimmt nun *Albugo Tragopogonis* ein, deren Eizelle zwar vielkernig angelegt, aber schließlich doch nur einen weiblichen Kern infolge Degenerierens der übrigen enthält. Die überzähligen Kerne in den Oogonien und Antheridien können als funktions-

los gewordene Gametenkerne betrachtet werden, ähnlich wie die überzähligen Eikerne bei gewissen Fucaceen. Die Oosporen keimen entweder direkt zu einem Mycelium aus oder erzeugen zunächst Schwärmsporen.

2. Ordnung. Zygomycetes.

Zu der 1. Familie der *Mucorineen*⁽³⁵⁾ gehört eine Anzahl der gewöhnlichsten Schimmelpilze, die auf pflanzlichen und tierischen Stoffen saprophytisch vegetieren und terrestrische Lebensweise führen. Die ungeschlechtliche Vermehrung geschieht durch unbewegliche, behütete Sporen aus Sporangien oder durch Konidien. Die sexuelle Fortpflanzung besteht in der Kopulation zweier gleichwertiger Coenogameten zu einer Zygosporie.

Eine der verbreitetsten Arten ist der Kopfschimmel, *Mucor mucedo*, dessen Mycel weiße Schimmelrasen auf feuchtem Brot, Mist,

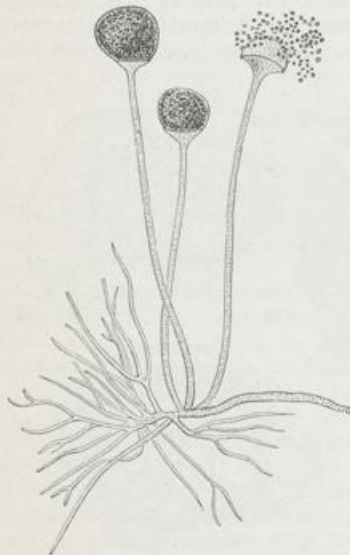


Fig. 322. *Rhizopus nigricans* (= *Mucor stolonifer*). Teil eines Myceliums mit drei Sporangien, das rechts befindliche die Sporen entleerend mit stehbleibender halbkugelförmiger Columella. Vergr. 38.

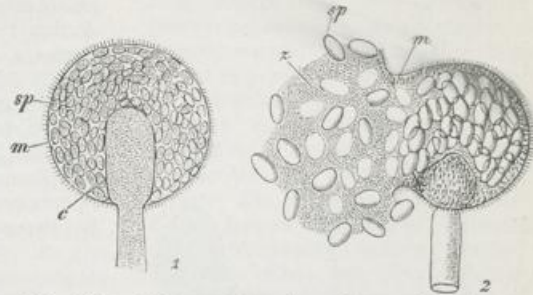


Fig. 323. 1 *Mucor Mucedo*. Sporangium im optischen Längsschnitt, c Columella, m Membran, sp Sporen. 2 *Mucor mucilagineus*. Sporangium in der Sporenentleerung begriffen, die Membran m zerfließend, die Zwischensubstanz z stark aufquellend. 1 Vergr. 225. 2 Vergr. 300. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.



Fig. 324. *Sporodinia grandis*. Medianer Schnitt durch ein reifes Sporangium. Sporen mehrkernig. Vergr. 425. (Nach HARPER.)

Fruchtsäften bei Abschluß von frischer Luft bildet, ferner auf gleichen Substraten der Ausläufer treibende *Mucor stolonifer* (= *Rhizopus nigricans*) mit bräunlichem Mycelium. Bei den Mucorarten entstehen die kugeligen Sporangien (Fig. 322) an den Enden von senkrecht sich erhebenden dicken Mycelschläuchen durch Abgrenzung mittels Querwand, welche sich kegelförmig als sog. Columella (Fig. 323, 1 c) vorwölbt. Das Plasma des Sporangiums zerfällt durch fortgesetzte Zerklüftung in zahlreiche Sporen, die durch Zerfließen der Sporangiumwand unter Aufquellung einer zwischen ihnen liegenden Zwischensubstanz entleert werden. Bei den auf Exkrementen häufig sich entwickelnden *Pilobolus*-Arten wird das Sporangium durch den stark turgeszierenden und an der Columella schließlich aufplatzenden Träger weit abgeschleudert. Nach HARPER sind bei *Pilobolus* die Sporen zweikernig, bei *Sporodinia* vielkernig (Fig. 324).

Unter gewissen Bedingungen wird die ungeschlechtliche Fortpflanzung abgelöst durch die sexuelle, die darin sich zeigt, daß an den Mycelschläuchen seitliche keulen-

fürmige Äste hervorkommen, paarweise mit den Enden aufeinander stoßen (Fig. 325) und dort die konjugierenden vielkernigen Coenogameten durch je eine Querwand abgrenzen. Die Gameten verschmelzen nun zu einer Zygosporangie mit warzenbesetzter Membran, wobei die Zellkerne paarweise miteinander kopulieren. Die Zygosporangien keimen nach längerer Ruhe und es können dann direkt an den Keimschläuchen Sporangien gebildet werden (Fig. 325 5).

Interessant ist der von BLAKESLEE⁽⁵⁶⁾ erbrachte Nachweis von diöcischen Mycelien bei *Mucor stolonifer*; Zygosporangien werden nur dann gebildet, wenn männliche und weibliche Mycelien aneinander stoßen. Bei anderen Mucorineen dagegen entstehen die kopulierenden Gameten auf ein und demselben Mycelium.

Innerhalb der Gruppe der Zygomyceten ist eine Reduktion der Sexualität zu verfolgen. Bei gewissen Mucorineen werden zwar die Konjugationsschläuche paarweise angelegt, es findet aber keine Verschmelzung mehr

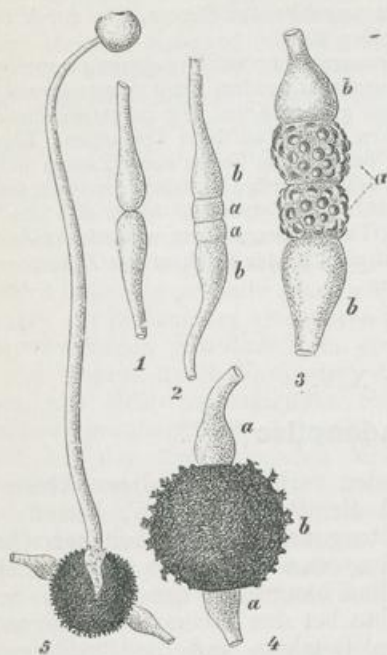


Fig. 325. Zygosporangienbildung von *Mucor Mucedo*. 1 Die Konjugationsäste. 2 Abgrenzung der konjugierenden Zellen *a* von den Suspensoren *b*. 3 Weiteres Stadium, die konjugierten Zellen *a* sind als solche noch zu erkennen, die Warzen der Membran beginnen ihre Bildung. 4 Reife Zygosporangie *b* zwischen den Suspensoren *a*. 5 Keimung der Zygosporangie mit einem Sporangium am Keimschlauch. 1—4 Vergr. 225, 5 Vergr. ca. 60. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

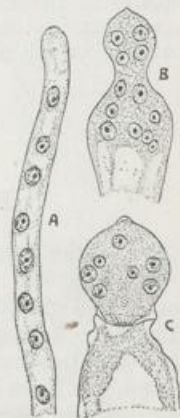


Fig. 326. *Empusa Muscae*. A Myceschlauch aus dem Leib einer Fliege. B Junger aus solchem Schlauch entstandener und nach außen hervorgebrochener Konidienträger. C Bildung der Konidie, in welche die zahlreichen Kerne des Trägers hineingewandert sind. Vergr. 540. (Nach OLIVE.)

statt, sondern die Endzellen bilden sich direkt zu Sporen aus, die man dann als Azygosporangien bezeichnet, und endlich bei anderen Formen werden die an ihren Enden Azygosporangien bildenden Schläuche einzeln am Mycelium angelegt. Bei vielen Arten stellt sich die Zygosporangienbildung nur selten ein.

Bei *Mucor mucedo* unterliegt die Größe und die Sporenzahl der Sporangien auffallenden Schwankungen. Bei der Gattung *Thamnidium* hat sich ein Dimorphismus der Sporangien ausgebildet, ein größeres vielsporiges steht am Ende des Trägers und zahlreiche kleine, wenigsporige, sog. Sporangiolen, an wirtelig verzweigten Seitenästen des Trägers. Letztere können sogar unter bestimmten Ernährungsbedingungen nur eine einzige Spore ausbilden und auf diese Weise zu Konidien werden. Bei der tropischen Gattung *Choanephora* ist der Dimorphismus am weitesten gegangen, indem hier neben den großen Sporangien auf besonderen Trägern Konidien erzeugt werden. Endlich

gibt es Zygomyceten (z. B. *Chaetocladium*), bei denen ausschließlich Konidien als ungeschlechtliche Fruktifikation auftreten. So haben wir also in derselben Pilzgruppe alle Übergänge vom vielsporigen Sporangium bis zur einzelligen Konidie.

Die 2. Familie der *Entomophthorineen*⁽⁵⁷⁾ stellt eine kleine Gruppe meist parasitisch in den Leibern von Insekten und Raupen lebender Pilze vor, deren vielkernige Mycelschläuche einzellig bleiben oder später in Zellen geteilt werden. Sie vermehren sich ungeschlechtlich durch vielkernige oder einkernige Konidien, die einzeln an den Enden der Myceläste entstehen und bei der Reife abgeschleudert werden, geschlechtlich durch Zygosporien, an deren Stelle aber auch häufig Azygosporien gebildet werden.

Am bekanntesten ist *Empusa Muscae*, der Schimmelpilz, der Stubenfliege (Fig. 325). Die abgeschleuderten vielkernigen Konidien umgeben die Fliegen, die durch den Pilz infiziert und getötet wurden, mit einem weißen Hofe.

3. *Basidiobolaceen*⁽⁵⁸⁾. *Basidiobolus ranarum*, ein auf Frostmist saprophytischer Pilz, muß von der vorhergehenden Gruppe abgetrennt werden. Sein verzweigtes Mycel ist vielzellig, die einzelnen Zellen führen je einen großen Kern. Die im reifen Zustand abgeschleuderten einkernigen Konidien entstehen einzeln an ihren Tragzellen. Eigenartig verläuft die Bildung der Zygosporien. Zwei benachbarte Zellen eines Fadens schwellen an und kopulieren, nachdem sie vorher zwei schnabelartige Fortsätze getrieben und diese als vergängliche Zellen abgegrenzt haben. In der Zygosporie teilen sich die beiden Gametenkerne in vier Kerne, von denen ein Paar desorganisiert wird, das andere Paar aber verschmilzt. In diesen Vorgängen und auch in der Struktur der Zellkerne zeigen sich Ähnlichkeiten mit Konjugaten (*Spirogyra*).

Klasse XIV.

Eumycetes, Fadenpilze^(48, 49).

Nach Ausscheidung der Phycomyceten verbleiben in dieser Klasse zwei große Gruppen, die *Ascomyceten* und die *Basidiomyceten*, betreffs deren Systematik und phylogenetischer Ableitung noch Unsicherheit herrscht. Es ist versucht worden, sie von den Phycomyceten herzuleiten, indessen spricht nicht nur die Beschaffenheit des Thallus hiergegen; der Bau der Sexualorgane und die Entwicklung der Früchte bei den Ascomyceten zeigen vielmehr auffallende Beziehungen zu den Rotalgen und die Basidiomyceten scheinen durch die Uredineen oder Rostpilze als eine ihrer einfacheren Ordnungen mit den Ascomyceten verknüpft zu sein.

Wie bei den Phycomyceten besteht der vegetative, saprophytisch oder parasitisch lebende Thallus der Eumyceten aus reichverzweigten feinen farblosen Zellfäden oder Hyphen, deren Gesamtheit als Mycelium bezeichnet wird. Die Hyphen sind aber hier gegliedert, sie bestehen aus Zellreihen. Die Zellen besitzen eine meist dünne chitinhaltige Membran und im farblosen Plasma winzige, meist mehrere (Fig. 62), in anderen Fällen regelmäßig zwei Zellkerne oder auch nur einen; sie führen keine Chromatophoren und nie echte Stärke, an deren Stelle vielmehr Glukogen oft in sehr beträchtlicher Menge und Fetttröpfchen. Die Mycelhyphen sind in der Regel unter sich frei oder nur lose verfilzt, sie durchziehen das Substrat und saugen daraus ihre gesamte Nahrung auf. Bei manchen Pilzen bilden die Hyphen Gewebekörper durch reiche Verzweigung. Wenn die Fäden dabei dicht zusammenlagern und sich in kurze Zellen teilen, so entsteht ein Scheinparenchym, Pseudoparenchym, das bei gewissen Arten erzeugt wird, wenn sie aus ihren Mycelien vegetative Ruhezustände, sog. Sklerotien bilden, knollige oder strangartige feste pseudoparenchymatische Körper, die unter bestimmten Bedingungen wieder auskeimen (Fig. 107). Ferner bestehen die Fruchtkörper aus lockerem oder dichterem Hyphengewebe (Fig. 106).

Die Unterschiede zwischen den beiden Hauptgruppen der Klasse ergeben sich aus den Reproduktionsorganen.

1. Die *Ascomyceten* oder Schlauchpilze besitzen in ihren typischen Formen Sexualorgane. Die Oogonien, die hier als Ascogone oder wie bei den Rotalgen als Carpogone bezeichnet werden, zeigen weitgehende Unterschiede bei den bis jetzt genauer untersuchten Gattungen, ebenso auch die männlichen Organe; überall aber wird das befruchtete Carpogon nicht zu einer ruhenden Oospore, sondern entwickelt sich im Zusammenhang mit der Mutterpflanze (Gametophyt) weiter zu einer ungeschlechtlichen Generation (Sporophyt), indem es Fäden aussproßt, deren Enden schließlich zur Bildung von eigenartigen Sporangien, den Sporenschläuchen oder Asci übergehen.

Der für sämtliche Schlauchpilze sehr charakteristische Ascus⁽⁶⁰⁾ geht aus einer meist schlauchförmigen Zelle hervor, welche anfangs zwei Kerne führt, die miteinander verschmelzen, dann durch dreimalige Teilung acht Kerne liefern, um die sich auf dem Wege freier Zellbildung nach der in Fig. 96 dargestellten Weise die acht Sporen mittels Membranen abgrenzen (Fig. 327 u. 334). Im Gegensatz zu den Sporangien der Phycomyceten wird nicht das gesamte Plasma des Sporenschlauches zur Bildung der Ascosporen verbraucht. Die Sporen liegen gewöhnlich in einer Längsreihe und werden durch Verquellen des übrigen Plasmas aus dem aufplatzenden Scheitel des Schlauches ejakuliert. Die Achtfachigkeit der Sporen herrscht bei der überwiegenden Mehrzahl der Ascomyceten vor.

Die aus den Carpogonen entstandenen Asci sind bei den meisten Vertretern in besonderen Fruchtkörpern vereinigt, an deren Zusammensetzung auch vegetative Hyphen des Myceliums sich beteiligen.

Aber nicht bei allen Ascomyceten sind bis jetzt solche Sexualorgane nachzuweisen und bei gewissen Ordnungen fehlen sie, vielleicht durch Reduktion, vollständig, so daß die Asci in diesen Fällen direkt aus den Mycelien hervorgehen.

2. Die *Basidiomyceten* scheinen im allgemeinen keine Sexualorgane mehr zu besitzen; nur bei den Uredineen oder Rostpilzen treten noch Gebilde auf, die man als überkommene männliche Organe deuten kann, und sogar auch noch Zellen, die den Carpogonen der Ascomyceten zu entsprechen scheinen (vgl. S. 340). Den Basidiomyceten fehlt die Ascusbildung vollständig. Dagegen sind sie ausgezeichnet durch eine besondere Form von Sporen, die Basidiosporen, die auf oder an Sporenträgern von charakteristischer Form, Basidien, in bestimmter Zahl, bei den meisten Vertretern zu vier, durch Sprossung erzeugt werden. Die typischen Basidien (Fig. 343 u. 344) sind entweder schlauchförmige endständige Zellen, aus deren oberen Enden die vier Sporen hervorsprossen, oder sie sind vierzellig und aus jeder Zelle sproßt eine Spore. Die Sporen sitzen auf dünnen Stielchen, Sterigmen, von denen sie im reifen Zustand abgegliedert werden. Die Basidien zeigen insofern eine Übereinstimmung mit den Asci, als in ihre Anlage zwei Zellkerne eintreten, die miteinander verschmelzen, worauf erst die Kernteilung für die vier Sporen erfolgt⁽⁷¹⁾.

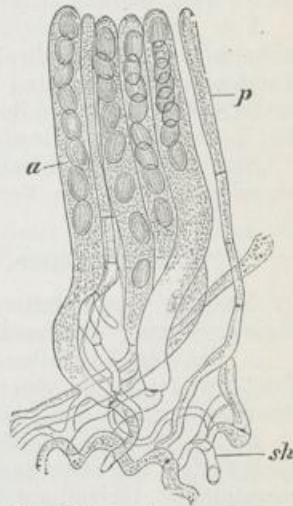


Fig. 327. Partie aus dem Hymenium von *Morchella esculenta*. a Asci, p Paraphysen, sh subhymeniales Gewebe. Vergr. 240.

Bei den meisten Basidiomyceten sind die Basidien an oder in besonderen Fruchtkörpern, deren Anlage sich nicht auf Sexualorgane zurückführen läßt, vereinigt.

Allgemein bezeichnet man Pilzsporen, welche durch Zellsprossung entstehen, als Konidien und die sie tragenden, einfachen oder verzweigten Hyphen als Konidienträger. Die Basidien würden demgemäß eine besondere Form der letzteren vorstellen, unterscheiden sich aber von ihnen durch ihre eigenartigen Kernverschmelzungen.

Außer Basidien können in dem Entwicklungsgang der Basidiomyceten auch noch andere Formen von Konidienträgern hier und dort gebildet werden, und auch bei Ascomyceten sind Konidien neben der Ascusbildung als ungeschlechtliche Sporenfruktifikation sehr verbreitet. Überhaupt muß bemerkt werden, daß gerade die ungeschlechtliche Sporenbildung bei den Pilzen eine höchst mannigfaltige sein kann.

Von der Konidienbildung durch Zellsprossung verschieden ist die Entstehung von Sporen direkt aus den Hyphenzellen durch deren Abrundung, Membranverdickung und schließliche Loslösung (Chlamydosporen nach BRE-FELD). So entstehen reihenweise die Brandsporen der Brandpilze, endständig die Rostsporen der Rostpilze.

Sämtliche ungeschlechtliche Sporen der Eumyceten sind mit Membranen umgeben und an die Verbreitung in der Luft angepaßt.

1. Unterklasse. Ascomycetes, Schlauchpilze^(48, 49, 59, 60).

Nur für eine relativ geringe Zahl von Schlauchpilzen sind die Sexualorgane genauer untersucht worden; sie folgen verschiedenen Typen.

1. Bei den Laboulbeniaceen (Fig. 342) zeigen das Carpogon mit seinem Trichogyn und die Spermatien liefernden Antheridien weitgehende Übereinstimmung mit den gleichnamigen Gebilden der Rotalgen.

2. Die flechtenbildenden Ascomyceten (Fig. 372, 373) schließen sich am nächsten an die erstgenannte Gruppe an; ihr Carpogon ist aber ein schraubig gewundener, vielzelliger Faden mit Trichogyn; die freien Spermatien werden in besonderen krugförmigen Einsenkungen des Thallus, den Spermogonien, erzeugt. Auch bei nicht flechtenbildenden Schlauchpilzen (*Polystigma* u. a.) kommen solche Organe vor.

3. Einem ganz anderen Typus folgen *Pyronema* (Fig. 333) und verwandte Gattungen, ferner *Boudiera*⁽⁶²⁾, bei denen die Befruchtung eines vielkernigen mit Trichogyn versehenen Carpogons durch ein vielkerniges Antheridium, die beide als Coenogameten (S. 318) zu bezeichnen wären, stattfindet.

4. Bei den Erysipheen (Fig. 328) kopuliert ein einkerniges Antheridium direkt mit einem einkernigen Oogonium.

Ob diese Typen auf einen einzigen zurückzuführen sind, oder ob sie eine polyphyletische Entstehung der Ascomyceten anzeigen, bleibt weiterer Untersuchung vorbehalten.

Bei manchen Gattungen der Ascomyceten sind übrigens die Sexualorgane mehr oder weniger zurückgebildet; bei gewissen Gruppen fehlen sie vollständig.

Aus den Carpogonen gehen durch Aussprossen ascogene Fäden hervor, die schließlich die Sporenschläuche aus ihren Endzellen oder vorletzten Zellen (vgl. Fig. 334) liefern. An der Zusammensetzung der Früchte beteiligen sich auch sterile, die Hülle und die sog. Paraphysen oder Saftfäden zwischen den Sporenschläuchen liefernde Hyphen, welche unterhalb

der Carpogone entspringen. Beide Hyphenarten sind immer scharf voneinander geschieden.

Einstweilen unterscheiden wir die Ordnungen der Ascomyceten nach der Beschaffenheit der Ascusfrüchte.

Bei den *Perisporiaceen* sind die kleinen kugeligen Früchte (Perithecieen) 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, sog. Apothecien, an denen die Sporenschläuche parallel nebeneinander in einer oberflächlichen Schicht, dem Hymenium, angeordnet sind.

Bei den *Pyrenomyceeten* sind die Perithecieen 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 asexuell aus den Mycelzellen hervorgehen, ferner die sehr einfachen *Saccharomyceeten* oder Hefepilze. Beide Gruppen können als reduzierte Ascomyceten aufgefaßt werden.

Die *Laboulbeniaceen* endlich, deren Asci in kleinen Perithecieen eingeschlossen sind, nehmen eine isolierte Stellung ein.

1. Ordnung. Perisporiaceae^(48, 61). Zu dieser Ordnung gehören als Ascomyceten mit geschlossenen Ascusfrüchten die zwei Familien der *Erysipheen* oder Mehltaupilze und der *Perisporiaceen*.

1. Die *Erysipheen* leben als 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. In einzelnen Fällen lebt das Mycel auch intercellular im Innern des Blattgewebes. Die reifen Ascusfrüchte (Perithecieen) sind in den weißen Überzügen als kleine, mit eigentümlichen Anhängseln versehene 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 Schichten dicht umwachsen ist. Bei der Gattung *Erysiphe* und *Uncinula* dagegen finden sich in jedem Perithecium mehrere, bei *Phyllactinia* 12 bis 25 Asci vor. Die Zahl der Sporen beträgt meist 4 oder auch nur 2, indem nicht alle 8 Kerne des Ascus zur Sporenbildung verwendet werden. Durch unregelmäßiges Aufplatzen des Peritheciums werden die Sporen schließlich frei. Wie HARPER nachgewiesen hat, besteht die erste Anlage des Peritheciums aus einem Oogonium und einem Antheridium. Beide werden an Hyphenästen als einkernige Sexualzellen abgegrenzt, stehen

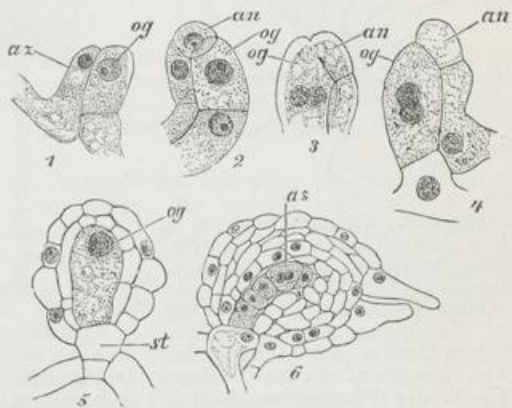


Fig. 328. *Sphaerotheca Castagnei*, Befruchtung und Peritheciumentwicklung. 1 Oogonium og mit angeschmiegttem Antheridiumzweig ax. 2 Abgrenzung des Antheridium an. 3 Übertritt des Antheridiumkernes zum Oogoniumkern. 4 Verschmelzung der Kerne. 5 Befruchtetes Oogonium mit zwei Lagen Hüllfäden aus der Stielzelle st. 6 Mehrzelliges Ascogon durch Teilung des Oogoniums hervorgegangen, die vorletzte zweikernige Zelle, as, liefert den Ascus. (Nach HARPER.)

dicht nebeneinander und der männliche Kern tritt durch ein Loch in der Zellwand in das Oogon über. (Fig. 328 1—4.) Nach der Befruchtung wird das Oogonium von Hüllfäden, welche aus seiner Stielzelle oder auch aus derjenigen des Antheridiums entspringen, umgeben (5) und zu einem mehrzelligen Gebilde weiterentwickelt (6), aus dessen vorletzter mehrkerniger Zelle bei *Sphaerotheca* der achtsporige Ascus entsteht, während bei *Erysiphe* und bei *Phyllactinia* diese Zelle ausschließlich oder wenigstens vorwiegend ascogene Schläuche treibt, die ihrerseits die hier in Mehrzahl vorhandenen Asci bilden. Die Mehltäupilze vermehren sich, bevor sie zur Peritheciumbildung übergehen, zunächst durch Konidien, welche an besonderen aufrechten Mycelzweigen in Form von Ketten

von der Spitze nach abwärts abgegliedert und durch den Wind verbreitet werden. Der auf Blättern und Beeren von *Vitis* in Amerika, seit 1845 auch in Europa auftretende sehr schädliche Mehltau des Weinstocks ist die als *Oidium Tuckeri* bezeichnete Konidienfruktifikation von *Uncinula necator* (= *U. spiralis*), deren kleine Perithezien mit an der Spitze spiralig eingerollten Anhängseln versehen sind und nur selten bei uns auftreten (Fig. 329).

2. Die *Perisporiaceen* sind mit den *Erysipheen* nahe verwandt, leben aber saprophytisch auf faulenden organischen Stoffen. Es gehören hierher zwei der gemeinsten Schimmelpilze, *Aspergillus* (*Eurotium*) *herbariorum* und *Penicillium crustaceum*. Beide vermehren sich an-

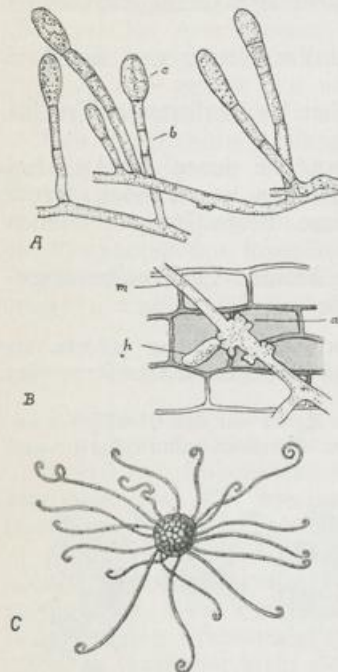


Fig. 329. *Uncinula necator*. A Konidienbildung, c Konidie, b Konidienträger. B Mycelfaden m, welcher auf Epidermiszellen die Anheftungsscheiben a und in sie ein Haustorium h gebildet hat. C Perithecium mit Anhängseln. (Aus SORAUER, LINDAU, REH, Handb. der Pflanzenkrankheiten, II., S. 194, 1906.)

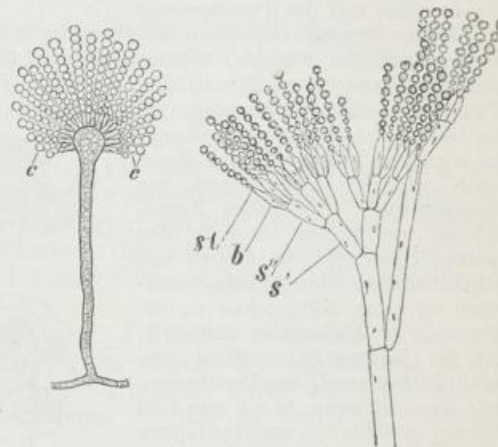


Fig. 330. Konidienträger von *Aspergillus herbariorum*, links, von *Penicillium crustaceum*, rechts.

fangs in reichlichem Maße nur durch Konidien, bevor sie zur Bildung der Perithezien übergehen.

Die Konidien von *Aspergillus herbariorum* sind unter dem Namen Gießkannenschimmel bekannt, eine Bezeichnung, die von der eigentümlichen Gestalt der Konidienträger mit ihren radial ausstrahlenden Konidienreihen herrührt (Fig. 330). Diese Konidienträger stehen reihenweise nebeneinander und bilden so einen anfangs weißen, später blaugrünen Schimmel auf feuchten Vegetabilien, Früchten, Brot usw. Einige Arten von *Aspergillus* können auch als pathogene Pilze Erkrankungen bei Säugetieren und Menschen hervorrufen, so *A. fumigatus* die Mykosen des Ohrgangs, des Rachens und der Lunge.

Die ebenfalls blaugrünen Schimmelrasen von *Penicillium crustaceum*, dem überall verbreiteten Pinsel- oder Brotschimmel, bestehen dagegen aus quirlig verzweigten aufrechten Konidienträgern (Fig. 330).

Die kugeligen Perithezien von *Aspergillus* und *Penicillium* erscheinen später am Mycel, bei letzterer Gattung treten sie nur selten auf. Sie sind komplizierter gebaut als bei den Erysipheen. Ihre erste Anlage ist ein schraubig gewundenes Carpogon, welches, wohl nach Befruchtung, von Seitensprossen dicht umhüllt wird, sich später in dem pseudoparenchymatischen Peritheciumgewebe verzweigt und zahlreiche rundliche, achtsporige Asci erzeugt. In den reifen Früchten erscheinen die Schlauchwandungen und das Pseudoparenchym bis auf die einschichtige, unregelmäßig aufplatzende Fruchtwand aufgelöst.

2. Ordnung. Discomycetes, Scheibenpilze^(48, 62). Die formenreichen Discomyceten unterscheiden sich von den übrigen Ordnungen dadurch, daß ihre Schlauchfrüchte zur Reifezeit das aus Sporenschläuchen und aus Saftfäden oder Paraphysen bestehende Hymenium offen an ihrer Oberseite tragen (Fig. 332). 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 gelten



Fig. 331. *Peziza aurantiaca*. Nat. Größe. (Nach KROMBHOlz.)

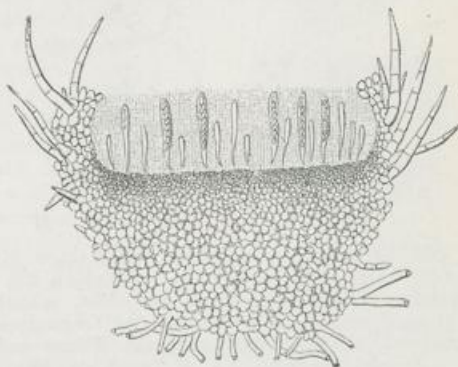


Fig. 332. *Lachnea pulcherrima*. Sporenreifes geöffnetes Apothecium. Zwischen den Paraphysen sind alte und junge Schläuche verteilt. (Nach WORONIN.) Aus v. TAVEL, Pilze.

kann, vegetieren auf lebenden oder toten Pflanzenteilen, besonders auf faulendem Holz, zum Teil aber auch als Erdpilze in Humusboden. Sie besitzen napf- oder becherförmige, fleischige oder lederartige Ascusfrüchte, meist von geringem Durchmesser. Eine der größten Formen ist die erdbewohnende *Peziza aurantiaca* (Fig. 331) mit bis 7 cm breiten, unregelmäßig becherförmigen Früchten, welche lebhaft orangerot gefärbt sind, während die Mehrzahl der Arten graue oder braune Färbung aufweist. Solche Becherfrüchte bezeichnet man als Apothecien.

Die Apothecientwicklung sei an dem Beispiel des durch R. HARPER eingehend untersuchten *Pyronema confluens* dargestellt, dessen etwa 1 mm breite, fleischige, gelbliche oder rötliche, gesellig beisammenstehende Fruchtkörper häufig auf Brandstellen in Wäldern gefunden werden. Diese Art erzeugt besonders große Carpogone, gewöhnlich mehrere als Anlage eines Apothecium (Fig. 333 A). Das Carpogon oder Ascogon ist ein kugeliges vielkerniges Oogonium, 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 kopulieren, während die Trichogynkerne zugrunde gehen. Nun grenzt sich die Eizelle wieder ab, und treibt zahlreiche ascogene Schläuche, die die konjugierten Kerne aufnehmen, sich verzweigen und schließlich die Asci bilden (E), während die sterilen Hyphen und die Paraphysen zwischen den Schläuchen aus den Hyphen unterhalb der Carpogone

entspringen. Bei der verwandten Gattung *Ascobolus* wird das Carpogon erst mehrzellig, alle Zellen entleeren aber ihren Inhalt in eine große, die dann die ascogenen Hyphen treibt.

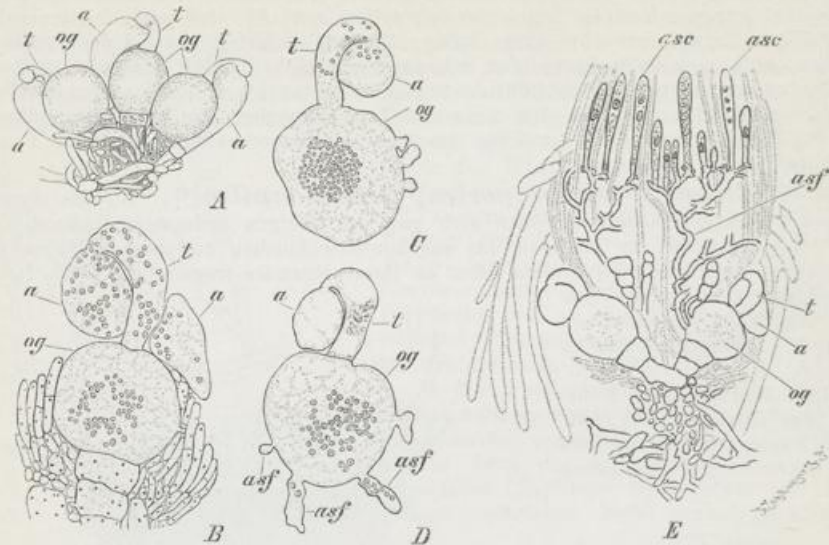


Fig. 333. *Pyronema confluens*. A Anlage eines Apotheciums, 3 Oogonien og mit Trichogyn t, 3 Antheridien a. B Fusion des Antheridiums mit der Trichogynspitze. C Basalwand des Trichogyns aufgelöst, männliche und weibliche Kerne im Zentrum des Oogoniums. D Abgrenzung des Oogoniums durch neue Scheidewand 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.)

Die Asci entstehen an den Enden der ascogenen Hyphen⁽⁶⁰⁾, indem sich diese an der Spitze hakenförmig umkrümmen (Fig. 334 A). An der Umbiegungsstelle liegen die

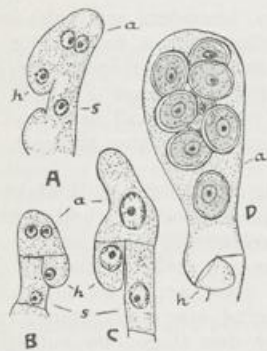


Fig. 334. Ascus-Entwicklung. A-C *Pyronema confluens*. (Nach HARPER.) D Junger Ascus mit 8 Sporen von *Boudiera*. (Nach CLAUSSEN.) Erklärung im Text.



Fig. 335. *Morchella esculenta*. $\frac{4}{5}$ nat. Gr.

beiden Kerne der Ascusanlage a, die durch Querwände von der einkernigen Schnabelzelle h und der einkernigen Stielzelle s abgegrenzt sind. Hierauf verschmelzen die

beiden Kerne der Ascusanlage (C) und diese wächst zum Ascus heran, indem sich nach dreimaliger Teilung ihres Kerns die 8 Ascosporen abgrenzen (D).

Die eigenartigste Entwicklung erfährt der Fruchtkörper der Discomyceten in der Gruppe der *Helvellaceen* oder Morehlpilze, welche mit ihrem Mycel in humosem Boden vegetieren. Bei der Gattung *Morchella*, Morchel (Fig. 335) besteht der große Fruchtkörper aus einem aufrechten dicken Stiel, auf welchem ein kegelförmiger oder abgerundeter Hut mit grubiger Oberfläche sich erhebt. Das Hymenium (Fig. 327) mit den achtsporigen Asci breitet sich auf der Oberfläche des Hutes aus. Die Moreheln sind vorzügliche Speisepilze⁽⁶³⁾, 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 müttzenförmig 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^(48, 49). Außerordentlich formenreiche Gruppe von Pilzen, welche teils parasitisch auf Pflanzenteilen, besonders auf Rinde und Blättern, teils saprophytisch auf faulem Holz, Mist usw. leben. Einige wenige Gattungen leben parasitisch in Insektenlarven. Die Pyrenomyceten charakterisieren sich durch die krugförmige Gestalt ihrer Ascusfrüchte oder Perithezien, welche an der Spitze eine offene Mündung und in ihrem Grunde ein Hymenium aus Asci und haarförmigen, oft verzweigten Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 336) 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 infolge Wasseraufnahme in die Länge und ejakuliert nun durch den Porus die Sporen oder die Entleerung geschieht im Innern des Perithecium und die Sporen werden, in aufquellendem Schleim eingebettet, nach außen hervorgepreßt.

Die einfachsten Pyrenomyceten besitzen freie, dem Mycel aufsitzende, meist schwarz gefärbte, kleine Perithezien (Fig. 336), so die Gattungen *Nectria*, *Sphaeria* und *Podospora*. Bei anderen Kernpilzen aber erscheinen die Perithezien zu mehreren oder vielen dicht nebeneinander eingebettet in rundliche polsterförmige oder keulenförmige, zuweilen verzweigte Mycelkörper von pseudoparenchymatischer Struktur. Man bezeichnet dieselben als Stroma.

Der Peritheciumbildung voraus gehen in dem Entwicklungsgang der meisten Kernpilze mannigfache Nebenfruktifikationen, hauptsächlich Konidien, welche in verschiedener Weise von den Mycelfäden teils direkt, teils auf besonderen Trägern abgegliedert werden und zur Ausbreitung des Pilzes beitragen. Häufig erscheinen die Konidienträger zu Fruchtkörpern vereinigt. Eine besondere Form solcher Früchte sind die bei manchen Gattungen auftretenden Pykniden, kleine kugelige oder flaschenförmige Gebilde, welche als Auskleidung verzweigte Hyphenfäden besitzen, an deren Spitzen die Konidien, hier Pyknosporen (oder Pyknokonidien) genannt, abgegliedert werden (Fig. 337 1, 2). Die Pykniden und ihre Sporen stimmen in ihrer Bildung mit den Spermogonien und Spermatien der Flechtenpilze überein und sind wohl zum Teil auch als männliche Organe zu betrachten.

Wichtig als offizinelles Gewächs und als Schädling der Roggenfelder ist *Claviceps purpurea*, der Pilz des Mutterkorns. Derselbe lebt parasitisch in den jungen

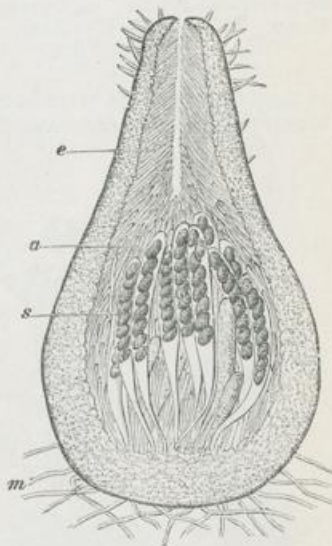


Fig. 336. Perithecium von *Podospora fimiseda* im Längsschnitt. s Die Asci, a die Paraphysen, e die Periphysen, m Mycelfäden. Vergr. 90. (Nach v. TAVEL.)

Fruchtknoten von Gramineen, hauptsächlich des Roggens. Die Fruchtknoten werden im Frühsommer durch die Ascosporen infiziert. Das Mycel geht bald zur Bildung von

Konidien über, welche auf kurzen seitlichen Trägern in kleinen Köpfchen vereinigt abgegliedert werden (Fig. 338 A). Zugleich findet Ausscheidung eines süßen Saftes statt, mit dem die massenhaft erzeugten Konidien zu Tropfen zusammenfließen. Dieser sog. Honigtau des Getreides wird von Insekten gesucht und so auf andere Blüten übertragen. Die Konidienfruktifikation des Pilzes wurde früher als besondere Pilzgattung *Sphacelia segetum* bezeichnet. Mit der Erschöpfung dieser Fruktifikation und der Resorption des Fruchtknotengewebes durch das Mycel entsteht schließlich an Stelle des Fruchtknotens ein Sklerotium, dadurch, daß die Hyphenfäden dicht zusammenwachsen und namentlich an der Peripherie unter Querteilung ein geschlossenes Pseudoparenchym bilden (Fig. 107). Diese langgestreckten, schwarzviolett gefärbten, aus der Kornähre mit schwach hornförmiger Krümmung hervorragenden Skle-

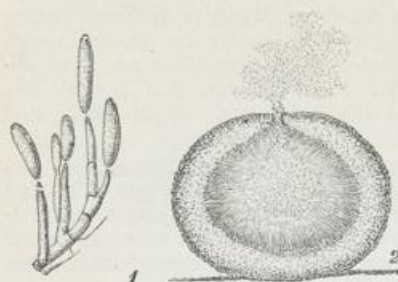


Fig. 337. 1 Konidienabschnürung an den Konidienträgern aus der Pyknide von *Cryptospora hypodermia*. Vergr. 300. (Nach BREFELD.) 2 Pyknide von *Strickeria obducens*, im Durchschnitt. Vergr. 70. (Nach TULASNE.) Aus v. TAVEL, Pilze.

rotien werden als Mutterkorn, *Secale cornutum* bezeichnet (Fig. 338 B). Die mit Reservestoffen (Fett) dicht angefüllten Sklerotien fallen schließlich zu Boden und keimen

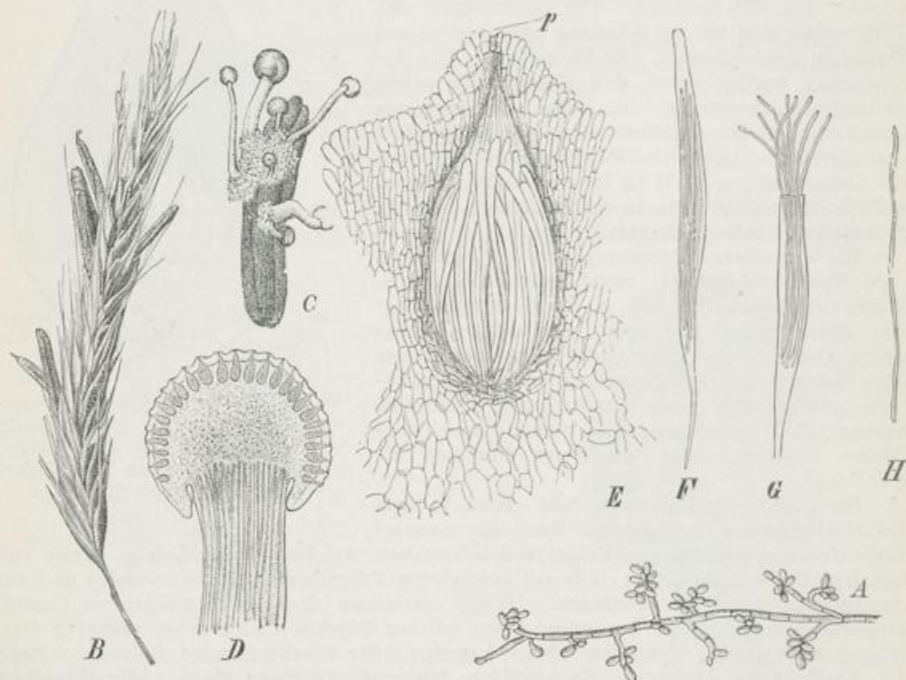


Fig. 338. *Claviceps purpurea*. A Konidienbildender Mycelfaden. B Roggenähre mit mehreren reifen Sklerotien. C Gekeimtes Sklerotium mit gestielten zusammengesetzten Fruchtkörpern. D Längsschnitt durch einen Fruchtkörper mit zahlreichen Perithezien. E Einzelnes Perithecium stärker vergrößert. F Geschlossener Ascus mit acht fadenförmigen Sporen. G Austreten der Sporen. H Einzelne Spore. A nach BREFELD, C-H nach TULASNE, B phot. nach der Natur. — Offizinell und giftig.

erst im nächsten Frühsommer zur Zeit der Roggenblüte. Es kommen Hyphenbündel aus ihnen hervor, welche zu langgestielten, blaßrot gefärbten Köpfchen heranwachsen (*O*). In letzteren werden zahlreiche eingesenkte Peritheecien, gleichmäßig über die Oberfläche verteilt, erzeugt (*D, E*). Jedes Perithecium enthält in seinem Grund eine Anzahl Asci mit acht langen fadenförmigen Ascosporen. Dieselben werden durch den Porus ejakuliert und gelangen, durch den Wind verbreitet, auf die Gräsähren.

Nectria ditissima⁽⁶⁴⁾, ein sehr schädlicher, parasitisch in der Rinde von Laubbäumen lebender, den sog. Krebs der Obstbäume verursachender Pilz, vermehrt sich im Sommer durch spindelförmige, schwach gekrümmte, mehrzellige Konidien und bildet im Winter und Frühjahr die kleinen, in der Regel herdenweise beisammen stehenden, rot gefärbten Peritheecien.

Offizinell ist *Secale cornutum* (Pharm. germ., austr., helv.), Mutterkorn, das Sklerotium von *Claviceps purpurea*.

4. Ordnung. Tuberaceae, Trüffelpilze⁽⁶⁵⁾. Die Trüffelpilze sind saprophytische, im Humus der Wälder lebende Ascomyceten. Die Ascusfrüchte, unter der Bezeichnung Trüffeln bekannt, stellen knollenförmige, unterirdische Körper vor, welche von einer dicken Hülle umgeben sind und im Innern die keulenförmigen Asci bergen (Fig. 339). Die Sporen werden zu wenigen in den Asci erzeugt, bei den echten Trüffeln (*Tuber*) meist zu vier und meist mit stacheligem oder netzförmig verdicktem Epispor versehen. Bei völliger Reife der Früchte liegen die reifen Sporen frei im Innern der Fruchthülle.

Manche Tuberaceen haben eßbare Fruchtkörper⁽⁶³⁾ von aromatischem Geschmack. Sie werden besonders in Frankreich und Italien gesammelt. Die wichtigsten sind die schwarzen Trüffeln, *Tuber brumale*, *melanosporum*, *aestivum* und *mesentericum*, welche außen schwarz, rotbraun oder schwarzbraun gefärbt und mit Warzen versehen sind, ferner die weiße Trüffel, *Choiromyces meandriformis*, welche außen blaßbraun, innen weiß gefärbt ist.

Offizinell war früher und wird jetzt noch zu Tierarzneien gebraucht die Hirschtrüffel, *Elaphomyces granulatus* (*Boletus cervinus*), deren walnußgroße, gelbbraune, bitter schmeckende Fruchtkörper in europäischen Wäldern häufig sind.

5. Ordnung. Exoasci⁽⁶⁶⁾. Die wichtigste Gattung ist *Taphrina* (inkl. *Exoascus*), deren Arten als parasitische Pilze auf verschiedenen Bäumen leben und teils als einjährige Pilze sich subcuticular nur in den Blättern ent-

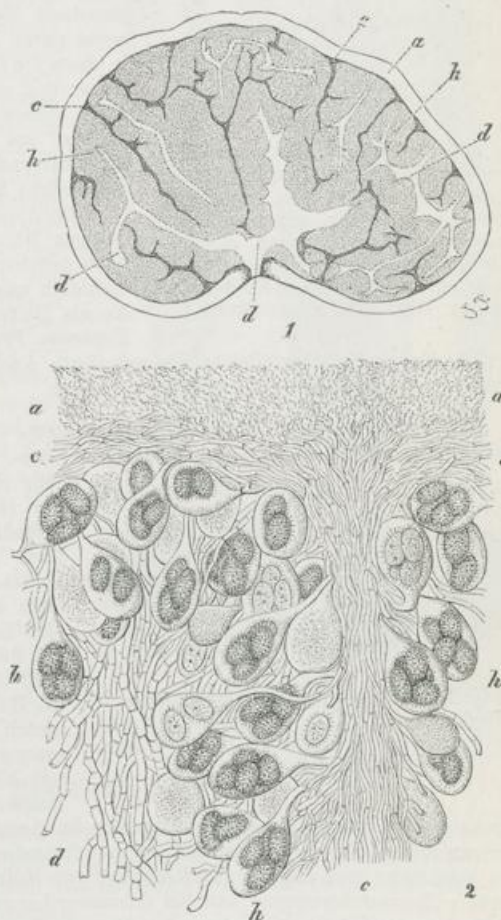


Fig. 339. *Tuber rufum*. 1 Ein Fruchtkörper in Vertikalschnitt. Vergr. 5. *a* Die Rinde, *d* lufthaltiges Gewebe, *c* dunkle Adern lückenlosen Gewebes, *h* das ascusbildende Gewebe. 2 Ein Stückchen des Hymeniums. Vergr. 460. (Nach TULASNE.)

Aus v. TAVEL, Pilze.

wickeln und fleckiges Erkranken derselben bewirken, teils mit ihrem Mycel im Gewebe der Nährpflanzen überwintern, somit jährlich wiederkehrende Krankheiten an denselben verursachen. Das Mycel veranlaßt dann häufig 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*.

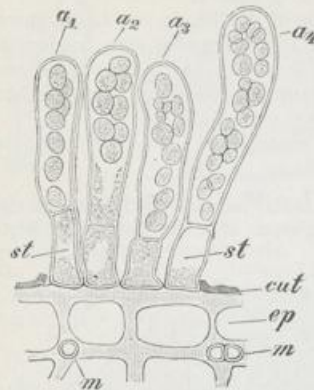


Fig. 340. *Taphrina Pruni*. Querschnitt durch die Epidermis einer infizierten Pflaume. Vier reife Asci. a_1, a_2 mit acht Sporen, a_3, a_4 mit Konidien-sprossung aus den Sporen, *st* Stielzelle des Ascus, *m* Mycel quer durchgeschnitten, *cut* Cuticula, *ep* Epidermis. Vergr. 600. (Nach SADEBECK.)

Die Exoasci sind vielleicht als reduzierte Ascomyceten aufzufassen, bei denen die Sexualorgane vollständig rückgebildet wurden.

6. Ordnung. Saccharomycetes, Hefepilze, Sprosspilze⁽⁶⁷⁾.

Die zur Gattung *Saccharomyces* vereinigten Bier-, Branntwein- und Weinhefen stellen

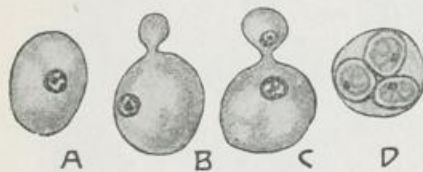


Fig. 341. *Saccharomyces cerevisiae*. A Hefezelle. B, C In Sprossung. D Ascus mit Sporen (in Vierzahl gebildet). Vergr. 1125. (Nach GUILLIERMOND.)

Saccharomyces Ludwigii, dessen 4 Sporen im Ascus keimen und dann paarweise durch einen schnabelartigen Kopulationskanal fusionieren, worauf dieser zum Keimschlauch sich verlängert und mit der Abgliederung von Hefezellen beginnt, ferner bei der Ingwerbierhefe *Zygosaccharomyces* und bei *Schizosaccharomyces*, deren Hefezellen mittels langer Schläuche vor der Sporenbildung kopulieren. Diese Kernfusionen entsprechen vielleicht denjenigen im jungen Ascus der übrigen Ascomyceten.

Die Hefepilze sind in physiologischer Beziehung bemerkenswert; sie bewirken als Gärungserreger vermittle der von ihnen gebildeten Enzyme (Zymase) die Spaltung der Zuckerarten in Alkohol und Kohlensäure. Die Bierhefe, *Saccharomyces cerevisiae*, ist nur in der kultivierten Form bekannt, der Weinhefenpilz *S. ellipsoideus* dagegen kommt

Taphrina deformans bewirkt die Krümelkrankheit der Pfirsichblätter. *Taphrina Pruni* dagegen schmarotzt in den jungen Fruchtknoten der Pflaumen, infolgedessen die Pflaumenfrüchte zu hohlen sackartigen Pilzgallen, sog. Taschen, umgebildet werden; ihr Mycel überwintert in den Zweigen.

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 Mycelzellen schwellen an und bilden meist unter Abgliederung einer basalen Stielzelle je einen die Cuticula nach außen durchbrechenden Ascus mit acht Sporen (Fig. 340). Die zahlreichen Asci stehen dicht nebeneinander. Die Sporen werden aus den infolge Wasseraufnahme stark turgeszierenden und am Scheitel aufplatzenden Schläuchen hinausgespritzt.

Die Sporen sprossen in Wasser oder zuckerhaltiger Nährlösung, häufig sogar schon in den noch geschlossenen Asci (Fig. 340 a_3, a_4) direkt zu Konidien aus, eine Form der Konidienvermehrung, die als Hefesprossung bezeichnet wird, so bei *Taphrina Pruni*.

sehr einfache einzellige Pilze vor, welche nur in Form von kugeligen, ovalen oder zylindrischen Konidien, die im Innern einen Kern enthalten und in Konidien weiter-sprossen (Fig. 341), auftreten. Mycelbildung fehlt, höchstens bleiben die Zellen in Ketten eine Zeitlang vereinigt. Nach Erschöpfung des Substrats, bei freiem Zutritt von Sauerstoff und bei günstiger Temperatur bilden die Hefen Asci, die äußerlich den Konidien gleich, im Innern aber einige wenige Sporen erzeugen. Bei einigen Hefepilzen ist eine mit Kernverschmelzung verbundene Kopulation⁽⁶⁸⁾ zweier Zellen beobachtet, so bei

in der Natur schon im Boden der Weinberge in Sporenform vor und gelangt von dort auf die Trauben und so in den Most. Außer *Saccharomyces* gehören zu den Hefepilzen noch einige andere Gattungen, die zum Teil auch Mycelien bilden.

Die Hefen sind selbständige Pilze, wenigstens ist bis jetzt der Nachweis nicht geführt, daß sie in den Entwicklungsgang anderer Fadenpilze gehören, wenn auch bei verschiedenen Gattungen der Exoasci und Ustilagineen ebensolche Konidienhefesprossung zu beobachten ist. Vielleicht stellen die Hefepilze reduzierte Ascomyceten vor, vielleicht sind sie aber auch als eine selbständige Gruppe einfachster Pilze anzusehen.

7. Ordnung. Laboulbeniaceae⁽⁶⁰⁾. Die durch THAXTER genauer bekannt gewordenen, eine besondere Stellung einnehmenden Laboulbeniaceen sind winzige, auf Insekten, besonders Käfern parasitisch lebende Pilze mit zwei- bis vielzelligem Thallus, welcher mittels eines spitzen Fortsatzes der untersten Zelle in der Chitinhaut befestigt ist oder auch mittels Rhizoïden durch dieselbe in den Körper des Insektes eindringt. Als Beispiel sei der auf Stubenfliegen in Europa verbreitete *Stigmatomyces Baeri* genannt. Die zweizellige mit Schleimhülle versehene Spore (Fig. 342 A) setzt sich mit der unteren Spitze fest (B); beide Zellen teilen sich sodann (C) und aus der oberen Zelle geht ein Anhängsel mit mehreren einzelligen flaschenförmigen Antheridien (D an) hervor, aus welchen die nackten cilienlosen kugeligen Spermastien entleert werden, während die untere Zelle zunächst in vier Zellen (D a, b, c, d) sich teilt, von denen a sich vorwölbt und einen vielzelligen weiblichen Apparat liefert. Die eigentliche Eizelle (E ac), Carpogon genannt, ist von einer Hülle umgeben und über ihr stehen zwei Zellen (E tp, t), von denen die oberste als Trichogyn frei hervorragt und als Empfangnisorgan für die Spermastien fungiert. Das Verhalten der Kerne ist noch nicht beobachtet. Vermutlich findet Verschmelzung von männlichem und weiblichem Kern im Carpogon statt. Dasselbe teilt sich zunächst in drei Zellen, von denen die obere verschwindet, die untere (F st) steril bleibt, die mittlere aber zu den Sporenschläuchen auswächst, welche je vier zweizellige spindelförmige Sporen erzeugen (G). Von großem Interesse ist die Ähnlichkeit der Sexualorgane mit denen der Florideen und der flechtenbildenden Ascomyceten.

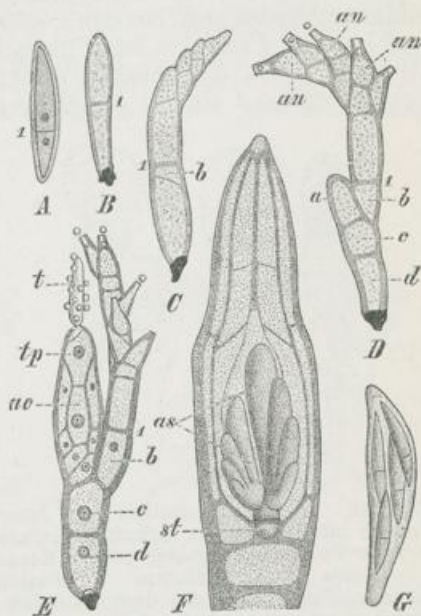


Fig. 342. *Stigmatomyces Baeri*. Erklärung im Text. A Spore. B–F Aufeinanderfolgende Stadien. D Mit Antheridien an, aus denen Spermastien austreten. E Oben mit Antheridien, seitlich mit ausgebildetem weiblichen Apparat. F Perithecium mit sich entwickelnden Sporenschläuchen. G Reifer Sporenschlauch. (Nach THAXTER.)

2. Unterklasse. Basidiomycetes^(48, 49, 70, 71, 72).

Die große Gruppe der Basidiomyceten im weiteren Sinne, deren Mycel wie bei den Ascomyceten gegliedert ist, zeichnet sich aus durch Verlust der sexuellen Fortpflanzung und durch die Bildung der Basidien (S. 325), die in verschiedenen Formen vorkommen.

Bei den Ordnungen der *Uredineen* und *Auricularieen* ist der obere Teil der Basidie durch Querwände in vier Zellen geteilt und jede Zelle erzeugt an ihrem oberen Ende je eine auf einem dünnen Stielchen (Sterigma) sitzende Spore (Fig. 344 A). Bei den *Tremellineen* dagegen teilt sich die Basidie

durch zwei Längswände in vier mit langen schlauchförmigen Sterigmen versehene Zellen (Fig. 344 B). Bei den *Hymenomyceten* und *Gasteromyceten* ist der Basidenträger einzellig, ungeteilt, und bildet an seinem Gipfel auf Sterigmen oder sitzend in der Regel vier Sporen (Fig. 343, 355).

Von Interesse ist das Verhalten der *Ustilagineen*, indem bei der einen Familie derselben quergeteilte Basidien, bei der anderen dagegen ungeteilte Basidien auftreten. Die Zahl der gebildeten Sporen ist hier nicht eine scharf begrenzte, sondern oft eine sehr große.

Außer den Basidien treten noch andere Konidienformen als Nebenfruktifikationen in dem Entwicklungsgang mancher Arten auf. Besondere Sporenbildungen finden sich bei den *Ustilagineen* oder Brandpilzen als Brandsporen und bei den *Uredineen* oder Rostpilzen als Rostsporen. Bei diesen beiden Gruppen gehen die Basidien direkt aus solchen Sporen (Fig. 344 A, 346) hervor, während sie bei den übrigen Basidiomyceten, abgesehen von einigen

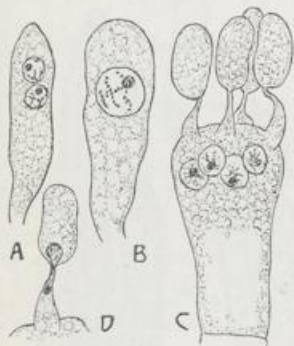


Fig. 343. *Armillaria mellea*. A Junge Basidie mit den beiden primären Kernen. B Nach Verschmelzung der beiden Kerne. *Hypholoma appendiculatum*. C Basidie vor dem Übertritt der aus dem sekundären Basidienkern entstandenen 4 Kerne in die jungen scheitelständigen Basidiosporen. D Übertritt des Zellkernes durch das Sterigma in die Basidiospore. (Nach RUHLAND.)

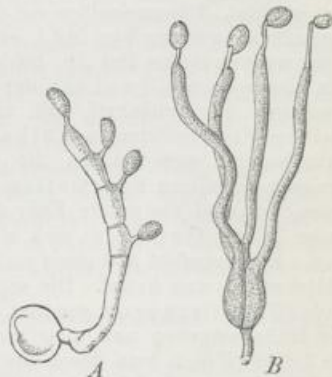


Fig. 344. Basidien. A Einer Uredineae (*Endophyllum Euphorbiae silvaticae*). (Nach TULASNE.) B Einer Tremellineae (*Tremella lutescens*). Vergr. 450. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

einfacheren Formen, an der Oberfläche oder in Höhlungen von Fruchtkörpern gebildet werden. Die Schichten, in denen sie dicht nebeneinander angeordnet erscheinen, heißen Hymenien.

1. Ordnung. Ustilagineae, Brandpilze^(48, 49, 73). Die Brandpilze leben parasitisch in höheren Pflanzen, meist in bestimmten Organen, in Blättern und Stengeln oder in Früchten oder in Staubgefäßen. Besonders dienen die Gramineen als Nährpflanzen. Gewisse Arten sind dem Getreide in hohem Maße schädlich, sie erzeugen in den Fruchtständen von Hafer, Gerste, Weizen, Hirse, Mais die als Getreidebrand bekannten Krankheiten.

Das Mycelium bildet die Brandsporen, indem seine reich verzweigten Hyphen sich durch Querwände in kurze Zellen teilen (Fig. 345 A), welche anschwellen, sich abrunden, ihre Membran aufquellen lassen und sich als Sporen innerhalb der später verschwindenden Gallerthüllen mit einer neuen dicken doppelten Membran umgeben. So zerfällt das Mycelium in eine dunkelbraune oder schwarze meist staubige Masse von Brandsporen. Diese sind Dauersporen, werden von den Wirtspflanzen aus durch den Wind zerstreut und keimen nach der Winterruhe zu den Basidien 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. Aenae*, *Hordei*, *Tritici segetum*, die früher als *U. Carbo* zusammengefaßt wurden, verursachen den Staubbrand an Hafer, Gerste, Weizen. Das Mycel erzeugt im Fruchtknoten massenhaft die Brandsporen als schwarzbraunes ausstäubendes Pulver. *Ust. Maydis* verursacht an den Halmen, Blättern und Infloreszenzen des Mais die Bildung von großen, mit dem schwarzen Brandsporenpulver erfüllten, geschwürartigen 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 Pollens mit Brandsporen.

Die Brandsporen von *Ustilago* keimen nach der Ruhezeit auf dem Boden zu einem kurzen Schlauch (Promycel), der sich durch 3 bis 4 Querwände teilt (Fig. 346 B) und die Basidie vorstellt; diese bringt seitlich am oberen Ende ihrer einzelnen Zellen sowie an ihrer Spitze die eiförmigen Basidiosporen oder Konidien (Sporidien) hervor. Wenn reichlich Nährstoffe dem Pilz zur Verfügung stehen, wie bei Kultur in Nährlösungen, so werden beständig Sporen in großer Zahl abgegliedert (Fig. 345 C) und diese vermehren sich dann, wobei sie häufig vorher Zellfusionen ohne Kernverschmelzung

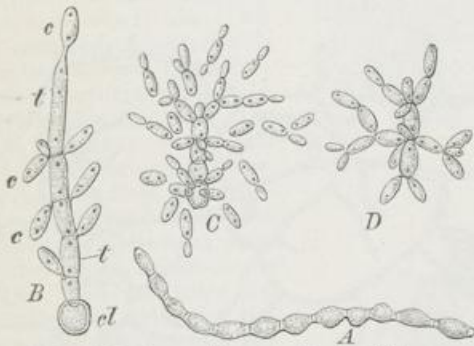


Fig. 345. A *Ustilago olivacea*. In der Bildung von Brandsporen befindlicher Mycelfaden. Vergr. 400. B—D *Ustilago segetum*. B In Nährlösung keimende Brandspore *cl* mit der quergeteilten Basidie *t*, den Basidiosporen (Konidien) *c*. Vergr. 450. C In Nährlösung liegender, von abgefallenen, sprossenden Konidien umgebener Keimling. Vergr. 200. D Sproßverband von Konidien. Vergr. 350. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

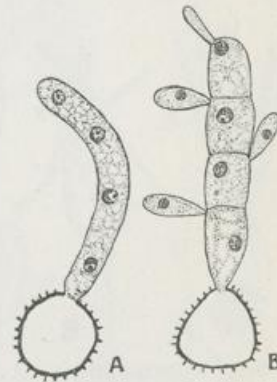


Fig. 346. *Ustilago scabiosae*. A Aus der Brandspore gekeimte junge Basidie mit 4 Kernen. B Sporenbildung an der 4 zelligen Basidie. (Nach HARPER.)

eingehen, indem sie fortgesetzt Konidien durch Sprossung abgliedern (C, D). Sind die Nährstoffe im Substrat erschöpft, so wachsen die Konidien zu Mycelfäden aus. Auf den Getreideäckern findet die Konidienbildung in dem feuchten gedüngten Boden statt, also bei saprophytischer Ernährungsweise, und die aus Konidien schließlich hervorgehenden Fäden gehen zur parasitischen Lebensweise über, dringen in ganz junge Getreidekeimlinge ein bis zur Vegetationsspitze, wo später die Infloreszenzen angelegt werden. In letzteren entwickelt sich das Mycel weiter und schließt mit der Erzeugung der Brandsporen ab. Auf der Nährpflanze selbst werden keine Konidien gebildet.

Außer der Infektion junger Pflanzen kommt bei *Ustilago* auch eine Infektion der Blüten⁽⁷⁴⁾ vor, indem Brandsporen oder am Boden gebildete Konidien auf die Narben gelangen und dort zu Mycelien auskeimen, die in die Samenanlagen eindringen und schließlich im Keimling überwintern. Entweder findet ausschließlich Blüteninfektion statt, so bei *Ustilago Tritici*, *Hordei*, *antherarum*, oder vorwiegend Infektion der Keimpflanzen, so bei *U. Aenae*, *Sorghi*, *Panici miliacei*, *Crameri*, während der Maisbrand mit seinen Konidien alle noch jungen Pflanzenteile der Maispflanze infizieren kann und sich auf die infizierte Stelle beschränkt.

Die *Tilletiaceen* führen ganz ähnliche Lebensweise wie die *Ustilaginaceen*. Am bekanntesten sind *Tilletia Tritici* (auch *T. Caries* genannt) und *Till. laevis*, die Pilze des

Stein- oder Stinkbrandes des Weizens. Die Brandsporen erfüllen die Weizenkörner mit schwärzlichen, nach Heringslake riechenden Brandsporen, welche bei ersterer Art netzförmig verdickte, bei letzteren glatte Wandung besitzen. Im Gegensatz zu den Ustilagineen erzeugt der Keimschlauch die fadenförmigen Basidiosporen nur an seinem Scheitel, in wirteliger Anordnung zu 4 bis 12 (Fig. 347 A). Sie zeigen hier die Eigentümlichkeit, daß sie paarweise H-förmig miteinander in Verbindung treten (B). Solche Zellfusionen kommen auch paarweise zwischen den sprossenden Konidien der Ustilaginaceen vor, und sind nicht mit Kernverschmelzung verbunden. Die fadenförmigen Sporen keimen leicht aus und erzeugen nun an dem Keimschlauch wiederum eine Konidie, aber von sichelförmiger Gestalt (Fig. 347 C). Bei reichlicher Ernährung wachsen die Keimschläuche zu saprophytischen größeren Mycelien heran, an denen in reichem Maße solche sichelförmige Konidien in Form von Schimmelrasen an der Luft abgegliedert werden (D). *Tilletia* weist somit im Gegensatz zu *Ustilago* zweierlei Formen von Konidien auf. Im übrigen ist die Entwicklung bei beiden Gruppen dieselbe.

Die jungen Brandsporen wie wohl auch die Zellen des sie bildenden Mycels führen zwei Kerne, die bei der Sporenreife miteinander verschmelzen; die Zellen der Basidien und der Basidiosporen sind alle einkernig, nur die sekundären Konidien von *Tilletia* wieder zweikernig.

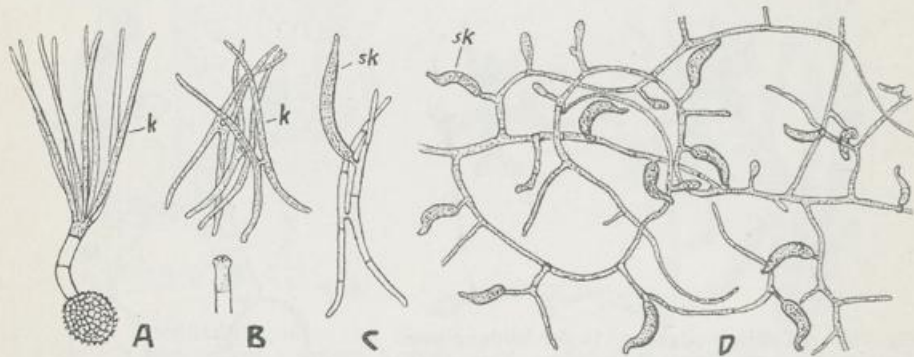


Fig. 347. *Tilletia Tritici*. A Die aus der Brandspore hervorgegangene Basidie mit 4 Paaren endständiger Sporen *k*. Vergr. 300. B Ablösung der fusionierten Sporenpaare. Vergr. 250. C Ein solches in Keimung mit sichelförmiger Sekundärkonidie *sk*. Vergr. 400. D Mycelium mit sichelförmigen Konidien. Vergr. 350. (Nach BREFELD.)

2. Ordnung. Uredineae, Rostpilze⁽⁷⁵⁻⁷⁸⁾.

Die Rostpilze leben als Parasiten mit ihren Mycelien in den Interzellularräumen hauptsächlich der Blätter höherer Pflanzen und sind die Erreger der sehr verbreiteten Rostkrankheiten. Von den Brandpilzen unterscheiden sie sich durch viel mannigfaltigere Sporenbildungen.

Auch hier entstehen die Basidien nicht direkt am Mycel, sondern bei der Keimung besonderer Sporen, der Teleuto- oder Wintersporen, die für sämtliche Rostpilze charakteristisch sind. Diese Sporen werden in kleinen Pusteln unter der Epidermis der infizierten Blätter aus den Endzellen dicht nebeneinander stehender Hyphen gebildet, entweder einzeln, oder häufig zu zwei oder mehr in kurzer Kette; sie sind dickwandige, den Winter überdauernde Ruhesporen (Fig. 348 1 und 5 t). Die Sporenlager durchbrechen gewöhnlich die Epidermis. Die Sporen führen anfangs, wie auch alle Zellen des sie bildenden Mycels, zwei Kerne; in reifem Zustand aber sind letztere zu einem Kern verschmolzen.

Bei der Keimung wächst aus der Teleutosporenzelle eine Basidie (Promycel) hervor, welche sich in vier Zellen quer teilt und aus jeder Zelle auf einem Sterigma eine Basidiospore (Sporidie) erzeugt, die nur einen Zellkern führt (Fig. 348 2). Die Sporidien werden durch den Wind verbreitet und keimen im Frühjahr auf den Blättern von Nährpflanzen derselben Art oder einer andern Art zu einem interzellularen Mycelium, dessen Zellen sämtlich einkernig bleiben. Aus diesem Mycelium entwickeln sich nun zweierlei Gebilde, und zwar Spermogonien an der Blattoberseite, Aecidien an der Blattunterseite.

Die Spermogonien (Fig. 349) sind krugförmige Gebilde, deren Grund von Hyphenenden ausgekleidet wird, welche die mit je einem Zellkern ausgestattete Spermatien abgliedern. Sie entsprechen morphologisch ganz den gleichnamigen, bei Ascomyceten auftretenden männlichen Sexualorganen, welche unter den Basidiomyceten nur bei Uredineen zwar noch vielfach erhalten blieben, aber keine Funktion mehr ausüben und auch ganz fehlen können. Die Spermatien vermögen in Nährlösungen kurze Keimschläuche zu treiben, sind aber nicht imstande, auf Blättern neue Infektionen hervorzurufen.

Die Aecidien (Fig. 350) sind anfangs geschlossene, später sich öffnende becherförmige Fruchtkörper, bestehend aus zahlreichen dicht nebeneinander stehenden, von basalen Trägern abgegliederten Sporenketten. Meist umgibt eine einschichtige, aus den peripherischen, steril bleibenden, dickwandigen Zellketten hervorgehende Hülle (Peridie) das Aecidium. Die von BLACKMAN⁽⁷⁶⁾ an dem auf Brombeerblättern vorkommenden Rost, *Phragmidium violaceum*, eingehend untersuchte Entstehung eines solchen Organs erfolgt in der Weise, daß die unter der Blattoberhaut gelegenen Hyphenzellen zunächst eine sterile, bald vergängliche Zelle an ihrer Spitze abgrenzen, und daß die unter dieser gelegene fertile Zelle anschwillt (Fig. 351 A). Sie enthält nur einen Kern, aber sie wird zweikernig dadurch, daß der Zellkern einer anstoßenden Mycelzelle in sie hinüberwandert, ohne daß Kernverschmelzung eintritt. Die zweikernige Zelle teilt sich nun successive in eine Kette von zweikernigen Sporenmutterzellen, die nochmals je in eine obere zweikernige Aecidiospore und eine untere, ebenfalls zweikernige, aber steril bleibende bald zusammenschrumpfende Zwischenzelle zerlegt werden (B, C).

Nach CHRISTMAN⁽⁷⁶⁾ vollziehen sich die Vorgänge bei der Bildung der Aecidiosporen bei dem auf Rosa schmarotzenden *Phragmidium speciosum* (Fig. 352) in etwas anderer Weise. Zwar teilen sich auch hier die Hyphenenden (A) in eine obere, sterile Zelle und in eine untere fertile Zelle (B), die fertilen Zellen verschmelzen aber paarweise miteinander (C), indem ihre Wandung im oberen Teile aufgelöst wird. Die beiden Kerne teilen sich darauf gleichzeitig und nebeneinanderliegend (konjugierte Teilung) in je 2 Tochterkerne, von denen 2 in den unteren Teil, zwei in den oberen und nun-

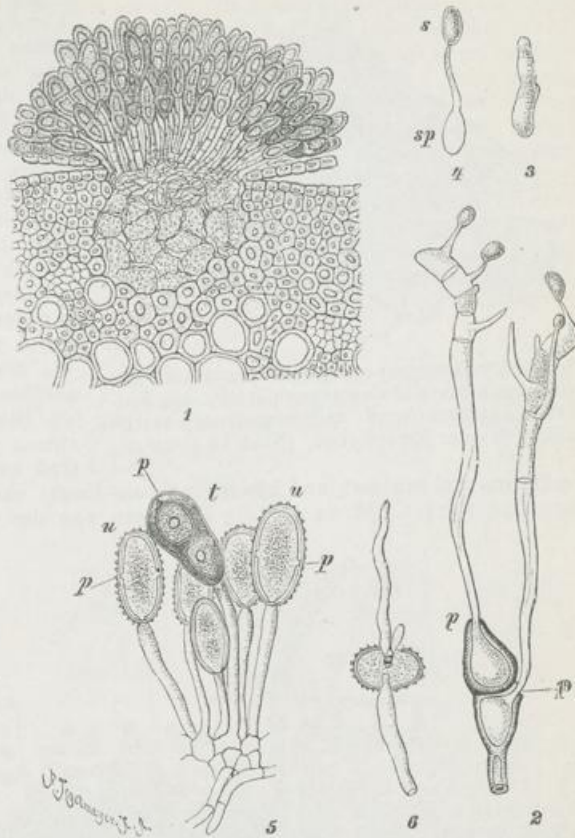


Fig. 348. *Puccinia graminis*. 1 Querschnitt durch ein Stück eines Getreidehalms mit einem Teleutosporenlager. 2 Keimende Teleutospore mit zwei Basidien. 3 Vegetativ. 4 fruktifikativ keimende Basidienspore. Letztere mit Sekundärspore, welche gebildet wird, wenn zur Infektion einer Pflanze keine Gelegenheit geboten ist. 5 Eine Gruppe von Uredosporen *u*, untermischt mit einer Teleutospore *t*, *p* die Keimporen. 6 Keimende Uredospore. (1 Vergr. 150. 2 Vergr. ca. 230. 3, 4 Vergr. 370. 5 Vergr. 300. 6 Vergr. 390. 2, 3, 4 nach TULASNE. 5, 6 nach DE BARY.) Aus v. TAVEL, Pilze.

mehr als erste Sporenmutterzelle durch eine Querwand sich abgliedernden Teil der Zelle rücken (*D*). Die Bildung der Aecidiosporenketten erfolgt im übrigen wie zuvor dargestellt. Eine Peridie wird bei *Phragmidium* nicht angelegt.

Die reifen zweikernigen Aecidiosporen (Fig. 351 *D*) stäuben aus, infizieren eine neue Wirtspflanze und aus jeder Spore geht wieder ein intercellulares Mycelium im Blatt hervor, welches dann bald im Sommer zur Bildung von Uredo- oder Sommersporen übergeht. Dieselben entstehen in kleinen rundlichen oder strichförmigen Lagern, einzeln aus den anschwellenden Endzellen ihres Trägers (Fig. 348 *5* und *6*) und enthalten, wie auch die Zellen des ganzen aus der Aecidiospore hervorgehenden Mycels zwei Kerne. Sie besorgen im allgemeinen die Ausbreitung des Pilzes im Sommer. Später werden dann in denselben Lagern oder in anderen die Teleutosporen gebildet, in denen erst die Kopulation der beiden Kerne zu einem einzigen stattfindet, wie dies überhaupt in den Basidienanlagen zu geschehen pflegt.

Fig. 349. *Gymnosporangium clavariaeforme*. Spermogonium auf *Crataegus*blättern die Epidermis durchbrechend. *sp* Spermarien, *p* sterile Saftfäden oder Paraphysen. (Nach BLACKMAN.)

Uredineen nachgewiesen und können nur als Ersatz ehemaliger Befruchtungsvorgänge angesehen werden. Wenn wir die Uredineen von den Ascomyceten ableiten wollen,

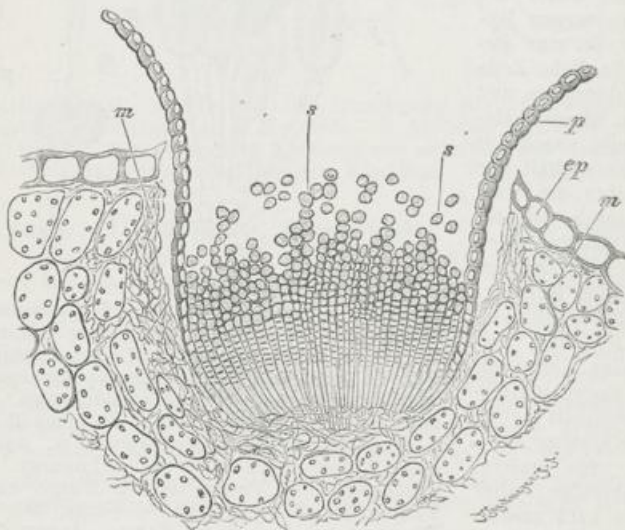


Fig. 350. *Puccinia graminis*. Aecidium auf *Berberis vulgaris*. *ep* Epidermis der Blattunterseite, *m* intercellulares Mycel, *p* Peridie, *s* Sporenketten. Vergr. 142.

müssen wir die Spermarien als funktionslos gewordene männliche Sexualzellen ansehen und die sogenannten fertilen Zellen der Aecidienanlagen mit den Carpogonen vergleichen. Zieht man den Vergleich noch weiter, so würden in dem Entwicklungsgang der Uredineen die aus den Aecidiosporen hervorgehenden Mycelien und deren Uredo- und Teleutosporen sowie die aus letzteren gebildeten Basidien der ungeschlechtlichen

Gen-
sprech-
lichen
D
die v
auf u
Aecid-
auf ei
letzte

st

a₁

a₂

Fig.
ceun-
anlag-
Zelle
Kern
B B
mutter-
einer
lung
und
sm₂
D I

um a
keim
aus
(Fig.
zeich-
lang
Das
(Fig.
in d
Fett
der
und

Generation (Sporophyt) der Ascomyceten und die Basidiosporen den Ascosporen entsprechen, während die aus den Basidiosporen hervorgehenden Mycelien der geschlechtlichen Generation (Gametophyt) gleichwertig wären.

Der Entwicklungsgang der Rostpilze ist also höchst kompliziert. Entweder treten die verschiedenen Sporenformen im Laufe des Jahres an ein und derselben Nährpflanze auf und man bezeichnet solche Uredineen als autöcische, oder Spermogonien und Aecidien finden sich auf der einen Nährspezies, Uredo- und Teleutosporen dagegen auf einer anderen, der ersteren im System oft sehr ferne stehenden Pflanze. Bei diesen letzteren heteröcischen Arten liegt also ein Wirtswechsel des Parasiten vor⁽⁷⁷⁾.

Als Beispiel für letzteres Verhalten 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 Spermogonien dieser Art entwickeln sich auf den Blättern der Berberitze (*Berberis vulgaris*). Im Frühjahr treiben zunächst die überwinterten, zu zweien vereinigten Teleutosporen ihre quergeteilten Basidien, von denen successive die vier Basidiosporen sich ablösen (Fig. 348 2),

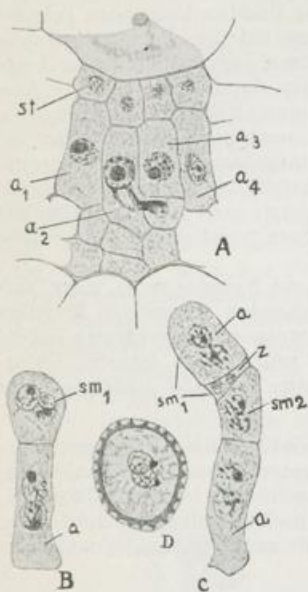


Fig. 351. *Phragmidium violaceum*. A Teil einer Aecidiumanlage, st sterile Zelle, a fertile Zellen, bei a_2 Übertreten des Kernes einer benachbarten Zelle. B Bildung der ersten Sporenmutterzelle sm_1 aus der Anlage a einer Sporenkette. C Weitere Teilung, aus sm_1 die Aecidiospore a und die Zwischenzelle z gebildet, sm_2 die zweite Sporenmutterzelle. D Reife Aecidiospore. (Nach BLACKMAN.)

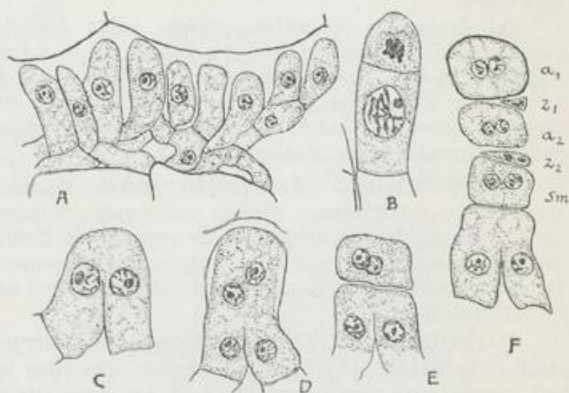


Fig. 352. *Phragmidium speciosum*. A Erste Anlage eines Aecidiums unter der Blattepidermis von Rosa. B Teilung einer Hyphenendzelle in die obere sterile vergängliche und die untere fertile Zelle. C Kopulation zweier benachbarter fertiler Zellen. D Weiteres Stadium, erste Kernteilung vollendet. E Abgliederung der ersten Aecidiosporenmutterzelle. F Kette von Aecidiosporen $a_1 a_2$, Zwischenzellen $z_1 z_2$, die zuletzt gebildete Mutterzelle sm noch nicht geteilt. (Nach CHRISTMAN.)

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 Spermogonien, auf der Unterseite die Aecidien (Fig. 350) hervorgehen. Die letzteren werden als Becherrost (*Aecidium Berberidis*) bezeichnet. Die rotgelben 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. 348 5) hervor. Die Uredosporen sind einzellig, mit vier äquatorialen Keimporen in der außen mit kleinen Warzen bedeckten Wandung versehen und enthalten rotgelbe Fetttröpfchen in ihrem Plasma, erscheinen daher als rote strichförmige Häufchen auf der Epidermis (früher Uredo linearis genannt). Die Uredosporen keimen auf Getreide und verbreiten rasch die Rostkrankheit. Im Ausgang des Sommers werden in

denselben Lagern (Fig. 348 5, 1) die die dunkelbraunen, stets zu zwei vereinigten, dickwandigen Teleutosporen, mit je einem Keimporus, erzeugt, von denen im nächsten Jahr die Entwicklung von neuem anhebt. Auch kann in dem durch *Uredo* infizierten Wintergetreide der Pilz den Getreiderost mit Übergehung von Basidiosporen und *Berberis-Aecidium* im nächsten Sommer hervorrufen⁽⁷⁸⁾.

Mit *Puccinia graminis* nahe verwandt sind noch einige andere häufige Gras- oder Getreideroste: *Puccinia dispersa*, der Braunrost des Roggens, entwickelt seine Aecidien auf *Anchusa*; von *P. triticea*, dem Braunrost des Weizens sowie von *P. glumarum*, dem Gelbrost des Weizens, Roggens und der Gerste, sind die Aecidien nicht bekannt.

Nicht alle Uredineen weisen einen derartig komplizierten Entwicklungsgang wie *Puccinia graminis* auf. Gewisse Arten erzeugen nur die zu Basidien keimenden Teleutosporen, andere außer den Teleutosporen nur Uredosporen auf derselben Nährpflanze, wiederum andere erst Spermogonien und Aecidien und dann Teleutosporen aber keine Uredosporen. Bei den heteröischen 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* usw. Die Gattungsbezeichnung geschieht jetzt nach der Beschaffenheit der Teleutosporen, weil diese Sporen die am meisten charakteristischen Unterschiede aufweisen.

Bei denjenigen Rostpilzen, welche keine Aecidien und Spermogonien mehr aufweisen, finden wir in den aus den Basidiosporen hervorgehenden vegetativen Mycelien einkernige Zellen, später aber vor der Bildung der Teleutosporen zweikernige Zellen. In welcher Weise hier die Zweikernigkeit erreicht wird, bedarf noch fernerer Untersuchung; jedenfalls zeigen diese Formen eine noch weiter gehende Reduktion der Sexualität und des Generationswechsels.

3. Ordnung. Auriculariaceae. Basidien wie bei den Uredineen quergeteilt, mit vier Sporen. Hierher nur wenige Formen, unter denen am bekanntesten der als Volksheilmittel noch vielfach verwendete Holunderschwamm oder das Judasohr, *Auricularia sambucina*, mit gallertartigen, dunkelbraunen, muschelförmigen Fruchtkörpern, die auf ihrer Innenseite das Basidienhymenium tragen und die aus alten Holunderstämmen hervorbrechen.

4. Ordnung. Tremellineae, Zitterpilze. Basidien der Länge nach geteilt (Fig. 344 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. Hymenomyces^(63, 72). Die Basidien sind ungeteilt und tragen an der Spitze auf schmalen Sterigmen vier Sporen (Fig. 353 sp). Bei den einfachsten Formen entspringen die Basidien direkt 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 beteiligen sich die Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 353 p) und die ebenfalls sterilen Cystiden (c) oder Schläuche, welche sich durch größeren Umfang auszeichnen und meist stark verdickte Membran aufweisen.

Die meisten Hymenomyces leben mit ihrem Mycelium im humushaltigen Boden der Wälder oder in faulendem Holz, in absterbenden Baumstämmen und erheben ihre Fruchtkörper, die gemeinlich als Schwämme bezeichnet werden, über die Oberfläche des Substrats. Das Mycel der im Boden vegetierenden Formen breitet sich an der Peripherie immer weiter aus und nimmt, indem es von der Mitte aus nach Erschöpfung der Nährstoffe abstirbt, eine von Jahr zu Jahr immer größer werdende ringförmige Zone ein. Infolgedessen erscheinen dann auch die jährlich im Herbst hervorkommenden Schwämme bei ungestörter Entwicklung in Ringen angeordnet, welche vom Volk Hexenringe genannt werden. Die Minderzahl der Hymenomyces vegetiert parasitisch in der Rinde oder dem Holze von Holzgewächsen, so z. B. unter den Hutschwämmen der Hallimasch, *Armillaria mellea* (Fig. 354), dessen Mycel zwischen Rinde und Holz von Laub- oder Nadelhölzern wächst und daselbst flache, verästelte, außen

sch
stiel
Myc
ausg
Pilz
morp
bildu
mas
Myc
gen
Holz

im A
fruch
teilu

Gatt
körp
Basi
bei
auf
Heid
Pilz
befa
Basi
Epic
dies
Gat

Fig
Stil
stra
jun
1/8

von
bild

von
bild

schwarze Stränge, sog. Rhizomorphen bildet, aus denen später die Fruchtkörper als gestielte Hüte hervorkommen. Außer diesen subkortikalen Rhizomorphen werden vom Mycel auch noch unterirdische lange Rhizomorphen gebildet, welche von einer Wurzel ausgehend andere Wurzeln mit dem Pilz infizieren können. Die Rhizomorphen können als eine Sklerotiumbildung aufgefaßt werden. Der Hallimasch gehört zu den Pilzen, deren Mycelien photogene Substanzen erzeugen und das Leuchten des infizierten Holzes bedingen⁽⁷⁹⁾.

Die fortschreitende Komplikation im Aufbau der mannigfachen Basidienfruchtkörper dient zur weiteren Einteilung der Hymenomyceten.

1. Bei einer kleineren Anzahl von Gattungen kommt es nicht zur Fruchtkörperbildung, vielmehr entstehen die Basidien frei aus den Mycelfäden, so bei *Exobasidium Vaccinii*, einem auf Ericaceen, besonders Preisel- und Heidelbeeren auftretenden parasitischen Pilz, dessen Mycel Auftreibungen der befallenen Pflanzenteile verursacht. Die Basidien werden in Lagern unter der Epidermis gebildet und brechen durch dieselbe an die Oberfläche hervor (Fig. 355). Als Nebenfruktifikationen treten bei dieser Gattung, wie bei manchen anderen, Konidien auf, die als schmalspindelförmige Zellen

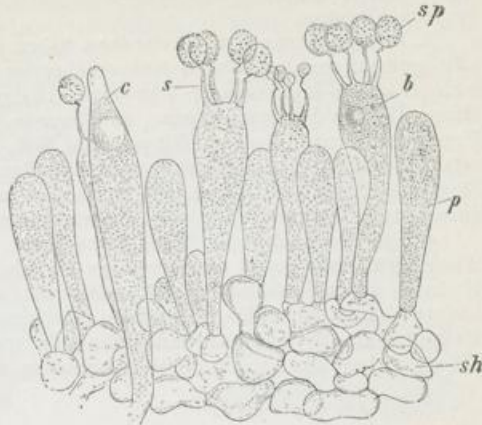


Fig. 353. *Russula rubra*. Partie aus dem Hymenium *sh* Subhymeniale Schicht, *b* Basidien, *s* Sterigmen, *sp* Sporen, *p* Paraphysen, *c* eine Cystide. Vergr. 540.

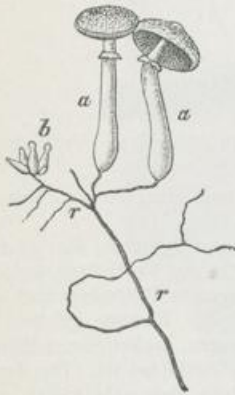


Fig. 354. *Armillaria mellea*. Stück eines Rhizomorphastranges mit reifen (*a*) und jungen (*b*) Fruchtkörpern. $\frac{1}{8}$ nat. Gr. (Nach HARRIG.) Aus v. TAVEL, Pilze.

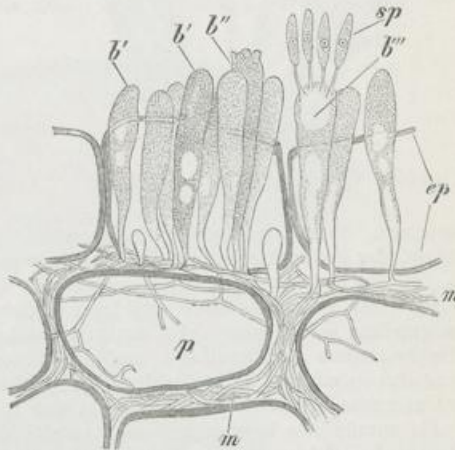


Fig. 355. *Exobasidium Vaccinii*. Querschnitt durch die Stengelperipherie von *Vaccinium*. *ep* Epidermis, *p* Rindenparenchym, *m* Mycelfäden in den Intercellularräumen, *b* die nach außen hervorbrechenden Basidien, *b'* noch ohne Sterigmen, *b''* Anlage der Sterigmen, *b'''* mit vier Sporen. Vergr. 620. (Nach WORONIN.)

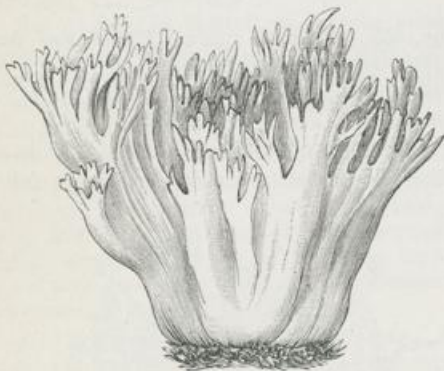
vom Mycel abgegliedert werden und an der Oberfläche der Nährpflanze der Basidienbildung vorausgehen.

2. In der Gruppe der *Thelephoreen* treten bereits echte Fruchtkörper, aber noch von einfacher Gestalt, auf. Dieselben sind von korkig lederartiger Beschaffenheit und bilden auf Baumstämpfen teils 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 übereinander gelagert sind, und das Hymenium ist auf ihrer Unterseite entwickelt, so bei dem an Laubholzstämmen häufigen *Stereum hirsutum*.

3. In der Gruppe der *Clavariaceen* haben die Fruchtkörper die Form von weißlichen oder gelben, aus dem Boden sich erhebenden fleischigen Keulen oder sind mehr oder weniger reich korallenartig verzweigt. Die größeren, reich verästelten Formen dieser Gruppe liefern Speiseschwämme, so *Clavaria flava* mit bis 10 cm hohem, orange-gelbem Fruchtkörper und *Clavaria Botrytis* (Fig. 356), von blaßrötlicher Farbe, beide als Bären-tatze, Hündling, Hahnenkamm oder Korallenschwamm bezeichnet, ferner der krause Ziegenbart, *Sparassis crispa*, auf Sandboden in Nadelwäldern auftretend, mit blattförmig zusammengedrückten, reich verzweigten Ästen, bis $\frac{1}{2}$ m im Durchmesser erreichend.

4. Die *Hydneen* oder Stachelschwämme besitzen Fruchtkörper mit stachelartigen Auswüchsen, auf denen die Hymenien als Überzug entwickelt werden. Die einfachsten Hydneen haben krustenförmige Fruchtkörper, auf deren Oberseite diese Stacheln stehen, andere dagegen entwickeln gestielt hutförmige, fleischige Fruchtkörper, die auf der Hutunterseite die herabhängenden Stacheln tragen. Zu letzteren gehören verschiedene eßbare Schwämme, so *Hydnum imbricatum*, der Habichtsschwamm, in Kiefernwäldern,

Fig. 356. *Clavaria Botrytis*. Nat. Gr.Fig. 357. *Hydnum repandum*. Verkleinert.

mit braunem, oben schwärzlich beschupptem, bis 15 cm breitem Hut, ferner *Hydnum repandum*, der Stoppelschwamm (Fig. 357) mit gelblichem Hut.

5. Bei den artenreichen *Polyporeen* oder Löcherschwämmen besitzen die großen gestielten oder sitzenden Hüte auf ihrer Unterseite röhrenförmige Vertiefungen oder tief gewundene Gänge oder dicht zusammenstehende, herabhängende Röhrchen und das Basidienhymenium ist in diesen 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 teils vorzügliche Speisepilze, so *B. edulis*, der Steinpilz, teils aber sehr giftig, wie der Satanspilz, *Boletus Satanas* (Fig. 360), mit gelbbraunem, bis 20 cm breitem Hut, gelb bis purpurrot gefärbtem, oder mit roter Netzzeichnung versehenem Stiel und erst blut-roter, dann orangeroter Hutunterseite. Von den zahlreichen Arten der Gattung *Polyporus* ist der Feuer- oder Zunderschwamm, *P. fomentarius*, officinell. Sein Mycelium lebt parasitisch in Laubbäumen, besonders Buchen, und erzeugt große konsolförmige, bis 30 cm breite und 15 cm dicke mehrjährige Fruchtkörper mit harter, grauer Rinde und wergartiger, den Zunderschwamm liefernder Innenmasse. Auf der Unterseite stehen die engen Hymeniumröhren in übereinander lagernden Jahresschichten. Der ähnliche *Polyp. igniarius*, unechter Zunderschwamm (Fig. 358), besonders an Eichen auftretend, ist rostbraun gefärbt, viel härter und liefert nur einen schlechten Zunder. Offizinell ist ferner der südeuropäische, an Lärchen vorkommende *Polyporus officinalis*, dessen unregelmäßig knollige, weiße Fruchtkörper einen bitteren harzartigen Bestandteil enthalten.

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⁽⁸⁰⁾, dessen Mycelium in feuchtem Bauholz, in erster Linie in Nadelholz, vegetiert 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 lap-pigen Fruchtkörper mit rostbrauner grubiger Ober-

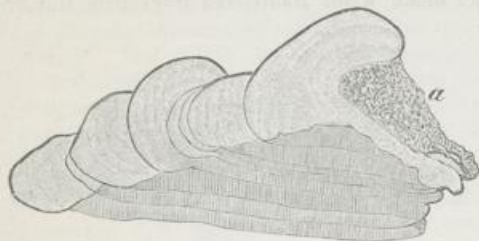


Fig. 358. *Polyporus ignarius*. Durchschnitt durch einen mehrjährigen Fruchtkörper mit Zuwachszonen. a Befestigungsstelle des halbkreisförmigen Hutes. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.



Fig. 359. *Psalliota campestris* (= *Agaricus campestris*). Champignon, rechts junger Fruchtkörper. Verkleinert.

fläche. Trockenlegung und gute Durchlüftung der infizierten Räume ist das sicherste Mittel zur Bekämpfung des Hausschwamms.

6. Als artenreichste Gruppe sind schließlich die *Agaricineen* oder Blätterschwämme zu nennen, deren Hüte auf der Unterseite radial ausstrahlende Lamellen tragen, die mit



Fig. 360. *Boletus Satanas*, Satanspilz. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. (Nach KROMBHOLZ.) — Giftig.

dem Hymenium überzogen sind. Die Fruchtkörperanlagen sind aus Hyphengeflecht bestehende rundliche Körper, in denen sich bald der Stiel und der Hut differenzieren, anfangs von einer lockeren Hülle, der Volva, umschlossen, welche bei der Streckung des Stiels als Scheide am Grunde, bei manchen Blätterpilzen, so beim Fliegenschwamm (Fig. 361), auch in weißen Fetzen auf dem Hut zurückbleibt. Außer der Volva entwickelt sich bei vielen Blätterpilzen noch ein sog. 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. 359).

Manche Hutpilze unserer Wälder und Wiesen werden als vorzügliche Speisepilze geschätzt, so vor allem auch der in Kultur genommene Champignon, *Psalliota campestris* (Fig. 359), mit weißlichem Hut und erst weißen, dann rosenroten, zuletzt braunschwarzen Lamellen, ferner der Pfifferling oder Eierschwamm, *Cantharellus cibarius*, mit dottergelbem kreiselförmigem Hut, der Reizker, *Lactarius deliciosus*, mit rotgelbem Hut und rotgelbem Milchsaft in besonderen Hyphenschläuchen, der Parasolschwamm, *Lepiota procera*, mit weißem braunbeschnpitem Hut, der Kaiserling, *Amanita caesarea*, mit orangefarbigem, oben einige dicke weiße Hautfetzen tragendem Hut und gelben Lamellen.



Fig. 361. *Amanita muscaria*, Fliegenpilz.
 $\frac{1}{2}$ nat. Gr. — Giftig.



Fig. 362. *Amanita bulbosa*. Knollenblätter-
schwamm. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. — Giftig.

Zu den giftigen Blätterschwämmen gehören vor allem der Fliegenschwamm, *Amanita muscaria* (Fig. 361), mit weißen Lamellen, der mit dem Champignon oft verwechselte Knollenblätterschwamm *Amanita bulbosa* (Fig. 362), mit weißlichem oder gelblichem Hut und dickknolligem Stielfuß, der Speiteufel, *Russula emetica*, mit rötlichem Hut und weißen Lamellen, der Giftreizker, *Lactarius torminosus*, mit gelbem oder rotbraunem 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 kultiviert wird. Das Mycel erzeugt in denselben kugelige, dicht mit Plasma erfüllte Anschwellungen seiner Hyphenenden, die sog. Kohlrabiköpfchen, welche den Ameisen zur Nahrung dienen. Die Ameisen verhindern die Entwicklung der Konidien, die als Nebenfertigung dem Pilz eigentümlich sind und nur bei Kultur 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 Ähnlichkeit mit denen des Fliegenschwamms, zu dessen

Verwandtschaft Rozites gehört. Im tropischen Asien wird nach HOLTERMANN das Mycel von *Agaricus Rajab* von Termiten in ihren Nestern kultiviert⁽⁸¹⁾.

Offizinell: *Polyporus fomentarius* (= *Fomes fomentarius*), liefert Fungus Chirurgorum (Pharm. germ., austr.). — *Polyporus officinalis* (= *Boletus lareis*) Lärchenschwamm liefert *Agaricus albus* (Pharm. helv.), *Agaricinum* (Pharm. germ.) und *Acidum agaricinum* (Pharm. helv.).

6. Ordnung. Gasteromycetes, Bauchpilze⁽⁶³⁾. Die Gasteromyceten haben geschlossene, mannigfach gestaltete Fruchtkörper, welche sich erst nach der Sporenreife öffnen, indem die als Peridie bezeichnete äußere Hyphenrinde in charakteristischer Weise aufplatzt. Die von der Peridie umschlossene sporenbildende Innenmasse wird insgesamt als Gleba bezeichnet. Die Gleba ist von zahlreichen Kammern durchsetzt, welche entweder von dem Basidienhymenium ausgekleidet oder von locker verflochtenen Hyphen, deren Zweige in Basidien endigen, angefüllt sind.

Die Gasteromyceten vegetieren mit ihrem Mycel saprophytisch im Humusboden der Wälder und Wiesen und erheben ihre Fruchtkörper über die Oberfläche

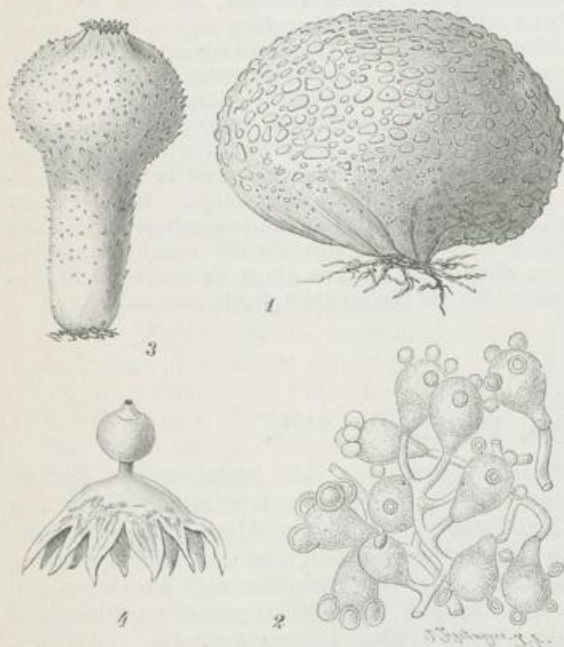


Fig. 363. 1 *Scleroderma vulgare*, Fruchtkörper. 2 Basidien aus demselben. (Nach TULASNE.) 3 *Lycoperdon gemmatum*. 4 *Geaster granulatus*. 1, 3, 4 in nat. Gr. 2 vergrößert.



Fig. 364. *Phallus impudicus*. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. (Nach KROMB-HOLZ.)

nach Art der Blätterschwämme. Nur die Gruppe der Hymenogastreen besitzt unterirdische knollenförmige, trüffelähnliche Fruchtkörper.

Verhältnismäßig einfach gebaut ist der Fruchtkörper von *Scleroderma vulgare*, dem Hartbovist, dessen breitkugelige, meist 5 cm dicke Basidienfrucht eine weißlich braune, lederartige, dicke einfache, später am Scheitel rissig gefelderte Peridie besitzt (Fig. 363 I). Die im reifen Zustande schwarze Gleba ist gekammert und die Kammern sind ausgefüllt

mit birnförmigen Basidien, welche vier sitzende kugelige Sporen tragen (Fig. 363 2). Der Hartbovist gilt als giftig und wird zuweilen mit Trüffeln verwechselt.

Die Gattungen *Bovista* und *Lycoperdon* (Fig. 363 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 $\frac{1}{2}$ Meter Durchmesser. Ihre Peridie ist in Form von zwei Schichten entwickelt, von denen sich die äußere mit der Reife gewöhnlich ablöst und die innere am Scheitel sich öffnet. Die Kammern der Gleba werden hier von einem regelmäßigen Hymenium aus Basidien ausgekleidet. Eine Eigentümlichkeit der Boviste besteht ferner in dem Auftreten sog. 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 Boviste sind essbar, die reifen dagegen enthalten Harnstoff, welcher sonst noch nicht bei Pflanzen gefunden wurde.

Bei der verwandten Gattung *Geaster* (Fig. 363 4), Erdstern, ist die Peridie der runden 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 Gastromycetenfruchtkörper in der Gruppe der *Phalloideen*⁽⁸²⁾, als deren bekanntester Vertreter *Phallus impudicus*, die Stink- oder Gichtmorchel, in Wäldern in Deutschland einheimisch, zu nennen ist. Dieser Pilz galt vielfach als giftig. Früher wurde er 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, sporenhaltigen Glebamasse bedeckten Hut (Fig. 364). 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) differenziert sich das Hyphengewebe in den axilen Stiel und in den glockenförmigen Hut. Im Umkreise des Hutes wird die Gleba 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 Masse, welche einen ekelhaften aasartigen Geruch verbreitet, und dadurch Aasinsekten zur Verbreitung der Sporen anlockt.

Klasse XV.

Lichenes, Flechten^(48, 83-91).

Die Flechten sind symbiotische Organismen, sie bestehen aus Fadenpilzen, und zwar aus *Ascomyceten*, nur in ganz vereinzelt Fällen aus *Basidiomyceten*, welche mit einzelligen oder fädigen Algen, *Cyanophyceen* oder *Chlorophyceen*, gemeinsam vegetieren und so einen zusammengesetzten Thallus, ein Konsortium bilden. Die Flechtenpilze und Flechtenalgen sind im natürlichen System in die Gruppen der nächstverwandten Pilze und Algen einzureihen. Die Flechten besitzen aber untereinander so viel Übereinstimmendes in Bau und Lebensweise und haben sich als Konsortien phylogenetisch weiter entwickelt, so daß sie zweckmäßiger als besondere Klasse behandelt werden.

Der Pilz umspinnt mit seinem Mycel die Algenzellen (Fig. 365, 366), schließt sie in ein Hyphengewebe ein und ernährt sich von den durch die assimilierenden Algenzellen erzeugten organischen Stoffen; er kann aber auch Haustorien in die Algenzellen hinein entsenden und sogar deren Inhalt aufzehren, auch abgestorbene Algenzellen ausnutzen⁽⁸⁴⁾. Andererseits gewährt der Pilz den Algenzellen bestimmte Vorteile, liefert ihnen die anorganischen Stoffe und Wasser, vielleicht auch organische Verbindungen

(vgl. S. 197). 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 selbständigen

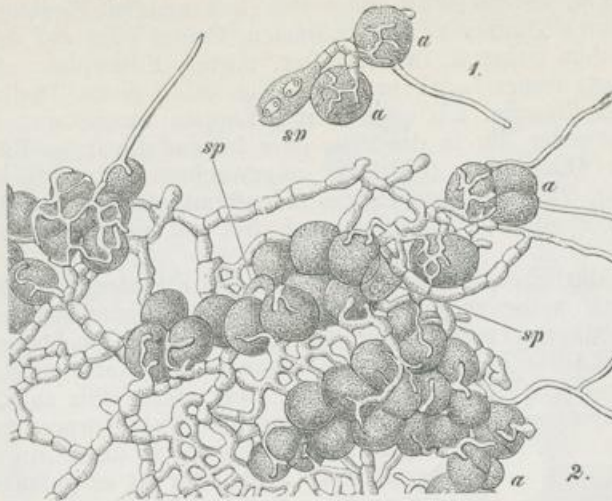


Fig. 365. *Xanthoria parietina*. 1 Keimende Ascusspore (sp), deren Keimschlauch die grünen Algenzellen *a* der Gattung *Chlorococcum* umspinn. 2 Beginnende Thallusbildung, bei sp zwei Ascussporen, *a* die *Chlorococcum*-zellen. In der Mitte des Mycels beginnt durch Fusionen an den kurzgliederigen Hyphen die Bildung einer pseudo-parenchymatischen Rindenschicht. Vergr. 500. (Nach BONNIER.) Aus v. TAVEL, Pilze.

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.

Die einfachsten Formen sind Fadenflechten, bestehend aus Algenfäden, welche von Pilzhypen der Länge nach umspinnen sind. Als Beispiel sei *Ephebe pubescens* genannt, deren vielästige Fäden an feuchten Felsen in Form schwärzlicher Filzlager auftreten.

Sodann unterscheidet man Gallertflechten, mit gallertigem, laubartigem Lager. Die Algen derselben sind *Chroococcaceen* und *Nostocaceen* mit aufgequollenen Membranen. In der Algengallerte verlaufen die Pilzhypen. Von einheimischen Gattungen gehört z. B. *Collema* hierher.

Sowohl bei den Faden- als Gallertflechten sind Algen und Pilzhypen gleichmäßig im Thallus verteilt und dieser wird daher als ungeschichtet oder homöomer bezeichnet.

Die übrigen Flechten weisen dagegen einen geschichteten oder heteromeren Thallus auf. Die Algenzellen, die man bei den Flechten als

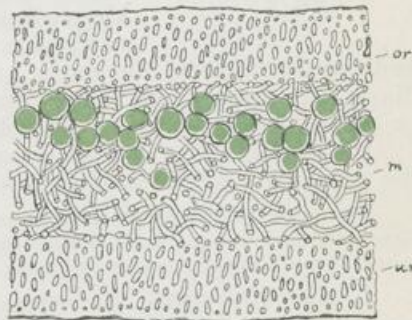


Fig. 366. *Cetraria islandica*. Querschnitt durch den Thallus. *or* Rindenschicht der Oberseite, *ur* der Unterseite, *m* Markschicht mit den grünen Algenzellen von *Chlorococcum humicola*. Vergr. 272.

Gonidien bezeichnet, treten im heteromeren Thallus in Gonidienschichten auf, welche nach außen von einer algenfreien und aus pseudoparenchymatisch dicht verflochtenen Pilzhypphen bestehenden Rindenschicht bedeckt werden (Fig. 366). Man unterscheidet unter den heteromeren Flechten Krustenflechten, deren Thallus an Baumstämmen, Felsen oder auf dem Erdboden auftritt und dem Substrat fest anhaftet, mittels Pilzhypphen etwas in dasselbe eindringt; ferner Laubflechten (Fig. 367), 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 rhizoïdartiger Pilzhypphen (Rhizinen) angewachsen ist; endlich Strauchflechten (Fig. 368), mit verzweigtem fadenförmigem oder bandförmigem, an der Basis angeheftetem, zuweilen auch frei auf dem Substrat liegendem Thallus.

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. 374), 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 Kultur Mycelien zu ziehen.

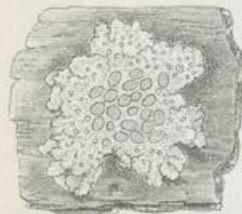


Fig. 367. *Xanthoria parietina*, auf Baumrinde.
Nat. Gr.

Viele Flechten vermehren sich rein vegetativ dadurch, daß Teile des Thallus losreißen und sich wieder mit Rhizinen festsetzen. Die meisten heteromeren Flechten besitzen ferner in der Bildung von Soredien ein ausgezeichnetes Mittel vegetativer Vermehrung. Kleine Gruppen von sich teilenden Algenzellen in den Gonidienschichten werden dicht umspinnen von Mycelfäden, lösen sich los und bilden isolierte Körperchen, die unter Aufreißen der Thallusrinde als staubartige Masse frei werden, um durch den Wind verbreitet sich anderswo wieder zu einer Flechte weiter zu entwickeln.

Die Fruktifikation der Flechten ist nur an die Flechtenpilze, nicht an die vegetativ bleibenden Flechtenalgen gebunden.

Die meisten Flechten scheiden besonders in den Rindenschichten Sekrete ab, unter denen die zahlreichen Flechtensäuren zu nennen sind⁽⁸⁵⁾, die nach STAHL als Schutzmittel gegen Tiere (Schnecken) wirksam sind⁽⁸⁶⁾.

1. Ascolichenes. Nur wenige Flechtengattungen haben krugförmige Perithezien; ihre Pilze gehören daher zu den Pyrenomyceten, so die Laubflechte *Endocarpon*, die Krustenflechte *Verrucaria*. Die meisten Gattungen aber entwickeln als Aseusfrüchte ihrer Pilze offene, meist schüssel- oder scheibenförmige, dem Thallus aufsitzende oder in ihn etwas eingesenkte Apothecien, welche in ihrem Aufbau wie bei den Discomyceten, speziell den Pezizeen beschaffen sind, also auf ihrer Oberseite ein Hymenium aus Asci und Paraphysen tragen. Von Strauchflechten gehört hierher als eine der häufigsten Arten die an Baumstämmen festsitzende *Usnea barbata*, die sog. Bartflechte mit großen, am Rande bewimperten Apothecien (Fig. 368), ferner die an Felsen der afrikanischen Küsten und Ostindiens weit verbreitete *Rocella tinctoria* mit aufrechtem, wurmförmigem, gabelig geteiltem Thallus, aus welchem Lackmus und Orseille gewonnen werden. Eine Mittelstellung zwischen Strauch- und Blattflechten nimmt *Cetraria islandica*, das isländische Moos (Fig. 369) ein, mit vielteiligen, 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 Kap Horn weitverbreitet und dient als offizinelles Gewächs zur Bereitung der Licheningallerte. Eine der gewöhnlichsten einheimischen Blattflechten ist die orange-gelbe *Xanthoria parietina* (Fig. 367) mit zahlreichen Apothecien auf der Thallusmitte. — Unter den Krustenflechten ist als häufige Form die Schriftflechte, *Graphis*

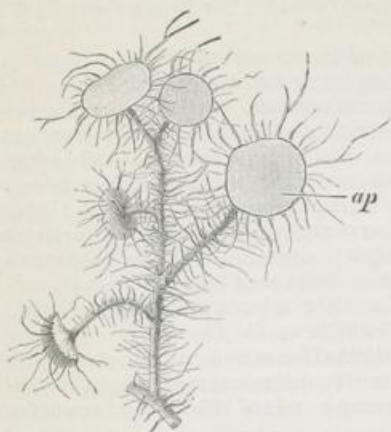


Fig. 368. *Usnea barbata*. ap Apothecium. Nat. Gr.



Fig. 369. *Cetraria islandica*. ap Apothecium. Nat. Gr. — Offizinell.

scripta, zu nennen, deren grauweißer Thallus auf Baumrinden, besonders Buchen, lebt und deren Apothecien die Form von schwarzen, schmalen, strichförmigen oder gabelten, 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 zer-



Fig. 370. *Cladonia coccifera*. t Thallusschüppchen. Nat. Gr.



Fig. 371. *Cladonia rangiferina*. A Steril. B Mit Ascusfrüchtchen an den Astenden. Nat. Gr.

fällt. Diese rundlichen Gebilde sind essbar und werden von den Tartaren zur Bereitung von „Erdbröt“ verwandt.

Eine sehr eigenartige Entwicklung erfährt der Flechtenthallus bei der vielgestaltigen erdbewohnenden Gattung *Cladonia* (⁸⁷), deren Thallus zunächst aus horizontalen, dem Substrat aufsitzenden gekerbten Schüppchen besteht. Auf diesem primären Thallus erheben sich nun vertikale Thallussprosse, die bei den einzelnen Arten sehr verschiedene und auch variable Gestalt haben und als Podetien bezeichnet werden. Sie sind bei

manchen Arten, so bei *Cladonia pyxidata*, der Becherflechte, und bei *Cladonia coccifera* (Fig. 370, gestielt kreiselförmig und tragen am Becherrand oder auf Aussprossungen desselben die bei ersterer Art braunen, bei letzterer lebhaft roten Apothecien in Form von rundlichen Knöpfchen. Bei anderen Arten sind die Podetien aufrecht schmal zylindrisch, einfach oder gegabelt; bei *Cladonia rangiferina*, der Renntierflechte, welche über die ganze Erde verbreitet und in großer Menge rasenbildend in den nordischen Tundren auftritt, sind die Podetien (Fig. 371) zierlich verästelt; ihr Primärthallus geht frühzeitig zugrunde.

Die Ascusfrüchte, Apothecien und Peritheccien, nehmen, wie zuerst STAHL und in neuerer Zeit besonders BAUR⁽⁸⁸⁾ nachgewiesen haben, auch bei den Flechten ihren Ursprung aus befruchteten Carpogonen, weiblichen Sexualorganen, die in jungen Thallus-



Fig. 372. *Collema crispum*. A Carpogon *c* mit Trichogyn *t*. Vergr. 405. B Spitze des Trichogyns mit Spermatorium *s*. Vergr. 1125. (Nach E. BAUR.)

lappen oft in sehr großer Anzahl angelegt werden. Das Carpogon (Fig. 372) ist hier ein vielzelliger, im unteren Teil mehrfach schraubig gewundener Faden, der sich in ein langzelliges, aus dem Thallus mit der Spitze hervorragendes Trichogyn fortsetzt. Die Zellen enthalten je einen Kern, führen im unteren Teil des Carpogons dichteres Plasma und sind durch Tüpfel verbunden. Abgesehen von der Vielzelligkeit erinnern diese Gebilde an die Carpogone der Florideen. Als männliche Sexualzellen fungieren wahrscheinlich die in besonderen krugförmigen Behältern, den Spermogonien (Fig. 373), erzeugten



Fig. 373. *Anaptychia ciliaris*. Reifes Spermogonium. Vergr. 192. Die dicken runden Zellen im Thallusgewebe stellen die grünen Algenzellen vor. (Nach GLÜCK.)

Spermationen, deren Entwicklung auf verschiedene Art erfolgt⁽⁹⁰⁾. Entweder ist die Innenwand der Spermogoniumhöhle mit einfachen oder verzweigten Hyphenästen ausgekleidet, die an ihren Enden die Spermazellen abgliedern (*Peltigera*, *Parmelia*), oder das Spermogonium ist anfangs von Hyphengewebe dicht erfüllt, später aber durch Auseinanderweichen desselben von Hohlräumen durchsetzt, aus deren Wandzellen die Spermationen auf sehr kleinen und dünnen Stielchen hervorsprossen (*Anaptychia*, *Physcia*, *Sticta*). Die Spermationen werden, in Schleimmassen eingebettet, aus ihren Behältern entleert, kopulieren mit den klebrigen Spitzen der Trichogyne (Fig. 372 B) und erscheinen dann leer, ohne Kern; darauf kollabieren die Zellen des Trichogyns, gehen später zugrunde, während die mittleren Zellen des schraubigen Carpogons anschwellen, sich auch noch weiter teilen und nun zu den ascogenen Hyphen aussprossen, die an ihren Enden die Asci bilden. Die vegetativen Hyphen und die Paraphysen der Früchte entspringen aus den unter dem Carpogon befindlichen Hyphen. Entweder nur ein oder auch mehrere Carpogone zusammen geben eine Frucht. Das

Verhalten der Sexualkerne bedarf noch eingehender Untersuchung. Solche Carpogone sind bereits bei einer größeren Anzahl von Flechtengattungen als Anlage der Früchte nachgewiesen, indessen erscheinen sie bei einigen Gattungen (*Peltigera*, *Solorina*) reduziert und besitzen kein Trichogyn mehr; diese Flechten sind apogam geworden. Spermatogonien werden bei ihnen überhaupt nicht mehr gebildet, oder sind, wie bei *Nephromium*, deutlich in Rückbildung begriffen. Von A. MÖLLER⁽⁸⁰⁾ wurde festgestellt, daß die Spermatien mancher Flechten auch vegetativ auskeimen können; indessen kann solches Verhalten nicht als Beweis gegen die ursprünglich sexuelle Natur dieser Gebilde gelten.

2. Basidiolichenes (Hymenolichenes)⁽⁹¹⁾. Die *Hymenolichenes* werden durch die in den Tropen weitverbreitete, auf dem Erdboden oder an Bäumen lebende *Cora pavonia* vertreten, zu welcher auch die Gattungen *Dictyonema* und *Laudalea* als besondere Wuchsformen zu rechnen sind. Der Pilz der *Cora* ist eine Thelephoree (vgl. S. 343), deren halbkreisförmige, gelappte, flache, dachziegelartig gruppierte Fruchtkörper auch ganz ohne Algen gefunden werden. Tritt der Pilz in Symbiose mit einzelligen Chroococcusalgen, so resultiert als Fruchtkörper die *Cora pavonia* (Fig. 374), 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 Baumstäben abstehenden Scheiben mit dem Hymenium auf der Unterseite aus (*Dictyonema*-Form), und wenn die Alge formbestimmend ist, in Form von feinfädigen filzigen Überzügen auf Baumrinde mit unregelmäßigen, an dem Lichte abgewandten Stellen des Thallus erscheinenden Hymenien (*Laudalea*-Form).

Offizinell ist unter den Flechten *Cetraria islandica*, Lichen islandicus (Pharm. germ., austr., helv.). Als Volksmittel wird auch noch die Lungenflechte, *Sticta pulmonaria*, (*Muscus pulmonarius*), gebraucht.

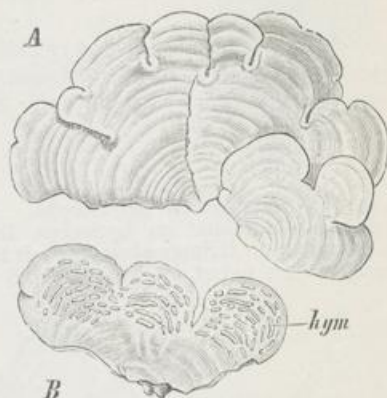


Fig. 374. *Cora pavonia*. A Von oben. B Von unten. hym Hymenium. Nat. Gr.

II.

Bryophyta, Moospflanzen^(92, 93, 94).

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 Kryptogamen, 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.

Die Antheridien oder männlichen Organe sind auf einem mehrzelligen Stiele sitzende ovale, kugelige oder keulenförmige Gebilde, deren dünne Wandung aus einer einzigen Zellschicht besteht und zahlreiche kleine kubische Zellen umschließt, von denen jede sich nochmals diagonal in zwei Spermatozoidmutterzellen teilt⁽⁹⁵⁾. Bei der Reife des Antheridiums platzt die Wandung am Scheitel auf, und nun werden die Spermatozoidmutterzellen

entleert, aus welchen durch Verquellung der Wandung die Spermatozoiden als kurze, etwas gewundene, nahe am Vorderende zwei lange feine Cilien tragende Fäden frei werden (Fig. 375).

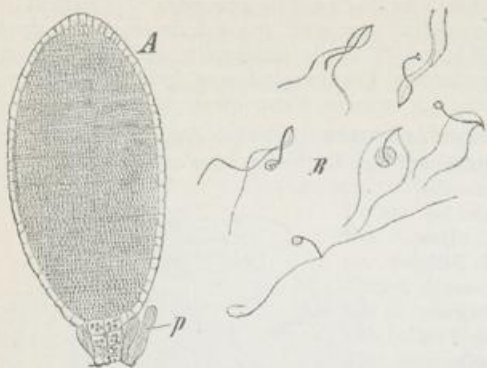


Fig. 375. *Marchantia polymorpha*. A Ein fast reifes Antheridium im optischen Durchschnitt, *p* Paraphysen. B Spermatozoiden mit 1proz. Übersmiumsäure fixiert. A Vergr. 90. B Vergr. 600.

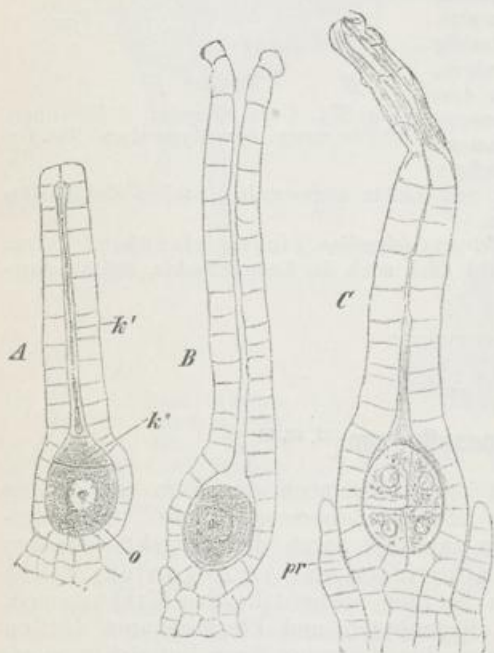


Fig. 376. *Marchantia polymorpha*. A Junges, B geöffnetes, C befruchtetes Archegonium nach erfolgtem Beginn der Keimbildung, *k'* Halskanalzellen, *k''* Bauchkanalzelle, *o* Ei, *pr* Pseudoperianth. Vergr. 540.

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

Die Archegonien stellen kurzgestielte, zuweilen auch in das Gewebe eingesenkte flaschenförmige Organe vor, deren Wandung ebenfalls einschichtig ist und einen Bauchteil und einen Hals unterscheiden läßt. Der Bauchteil umschließt eine große Zentralzelle, deren Inhalt kurz vor der Reife in die Eizelle (Fig. 376 A, *o*) und in eine am Grunde des Halses gelegene sog. Bauchkanalzelle (*k''*) zerfällt. An diese schließt im Halse selbst eine zentrale Reihe von Halskanalzellen (*k'*) an. Bauch- und Kanalzellen wandeln sich bei der Reife in Schleim um. Bei Wasserzutritt weichen die Zellen am Scheitel des Halses auseinander (B) und der Schleim wird aus dem Archegonium entleert. Bestimmte in diesem vertretene Stoffe, Proteinstoffe bei *Marchantia*, Rohrzucker bei Laubmoosen⁽⁹⁶⁾, diffundieren in das umgebende Wasser und bestimmen die Bewegungsrichtung der Spermatozoiden, die auf den Archegoniumhals zusteuern. Sie gelangen in den Hals und durch diesen bis zum Ei, in welches ein Spermatozoid eindringt. Da der Befruchtungsvorgang sich nur im Wasser vollziehen kann, so erfolgt er bei den Landformen nur nach Benetzung durch Regen oder Tau. Nach der Befruchtung stellen sich Teilungen in der Eizelle ein und sie entwickelt sich sofort weiter zum Embryo (C), ohne erst als Oospore einen Dauerzustand durchzumachen.

Sporen statt. Beide Fortpflanzungsweisen wechseln in regelmäßigster Weise miteinander ab und sind auf zwei scharf geschiedene Generationen, eine geschlechtliche (Gametophyt), welche die Sexualorgane erzeugt, und eine ungeschlechtliche (Sporophyt), welche die Sporen hervorbringt, verteilt. Die geschlechtliche Generation geht aus den Sporen hervor, die ungeschlechtliche aus der befruchteten Eizelle. Die Zahl der Chromosomen der Zellkerne ist beim Sporophyt doppelt so groß als beim Gametophyt. Bei der Vereinigung der Sexualkerne wird die doppelte Chromosomenzahl gewonnen, bei der Teilung der Sporenmutterzellen dagegen die Reduktion auf die Hälfte vollzogen. Dieser regelmäßige Generationswechsel ist charakteristisch für alle Archegoniaten.

Was zunächst die geschlechtliche Generation anbelangt, so keimt die einzellige Spore unter Sprengung ihrer äußeren cutinisierten, als Exine bezeichneten Haut zu einem Schlauche aus, der bei den Lebermoosen als-

bald zur Ausbildung der definitiven Pflanze schreitet, während er bei den meisten Laubmoosen zunächst ein fädiges verzweigtes Protonema erzeugt (Fig. 377 A, B). Die Protonemazellen enthalten Chlorophyllkörner. Von den grünen Fäden gehen farblose verzweigte Zellfäden, Rhizoiden, ab und dringen in den Boden ein (Fig. 377 r). An dem Protonema entstehen nunmehr die Knospen (kn) der beblätterten Moospflanzen. Protonema und Moospflanze stellen aber,

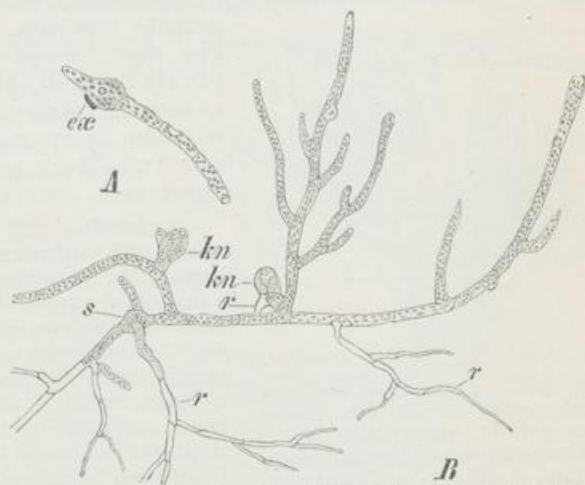


Fig. 377. *Funaria hygrometrica*. A Keimende Spore, ex Exine. B Protonema mit Knospen kn und Rhizoiden r, s Spore. Vergrößert. (Nach MÜLLER-THURGAU.)

auch wo sie in solcher Weise voneinander 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 Rhizoïden festgeheftet ist, und wiederholen somit den vegetativen Aufbau mancher Algen (Fig. 379). Bei anderen Lebermoosen und bei allen Laubmoosen dagegen ist eine scharfe Gliederung in Stengel und Blätter durchgeführt (Fig. 385, Fig. 392), indessen sind noch keine echten, aus Gewebe bestehenden Wurzeln vorhanden, deren Stelle überall Rhizoïden, also verzweigte farblose Zellfäden, die hauptsächlich die Funktion 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 Struktur, 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 kormophyten auf den Scheitel des Stämmchens oder dessen Äste rücken (Fig. 378).

Aus der befruchteten Eizelle (Fig. 376 C) geht durch Teilung ein vielzelliger Embryo hervor, welcher heranwächst und die zweite oder ungeschlechtliche Generation, die hier als Sporogon oder gestielte Mooskapsel sich ausbildet, liefert. Das Sporogon besteht aus einem meist rundlichen oder ovalen, kapselartigen Sporenbehälter, in welchem zahlreiche Sporen erzeugt werden. Allgemein entstehen die Sporen bei den Bryophyten wie auch bei allen Pteridophyten zu vier, in Tetraden, durch zweimalige Teilung aus den Sporenmutterzellen, welche sich vorher voneinander lösen und abrunden und den eigentlichen Ausgangspunkt der geschlechtlichen Generation vorstellen. Die Sporenkapsel sitzt meist auf einem kürzeren oder längeren Stiel, dessen unteres Ende, der sog. Fuß, in dem erweiterten Archegoniumbauch stecken bleibt und von dem darunterliegenden 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 wie eine halbparasitische Pflanze von dieser zum Teil die zu seiner Entwicklung nötigen Substanzen.

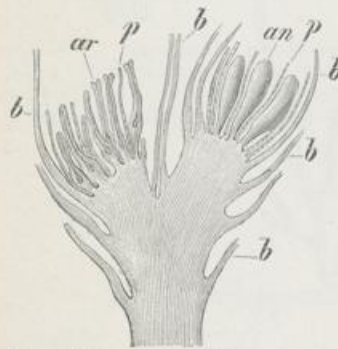


Fig. 378. Antheridien *an* und Archegonien *ar* an den Enden des gabelig verzweigten Moosstämmchens von *Phascum cuspidatum*, *b* Blätter, *p* Paraphysen. Vergr. 45. (Nach HOFMEISTER.)

stimmende Gliederung auf. Die niedersten Lebermoose zeigen in der Gestalt des Thallus ihres Gametophyten am meisten Übereinstimmung mit Braunalgen, während der Sporophyt der Bryophyten andere Entwicklungsbahnen eingeschlagen hat, indessen noch in der Tetradenteilung der Sporenmutterzellen an die ungeschlechtliche Sporenbildung in Tetrasporangien bei *Dictyota* erinnert.

Die beiden scharf geschiedenen Klassen der Bryophyten charakterisieren sich kurz folgendermaßen:

1. *Hepaticae*, Lebermoose. Geschlechtliche Generation mit schwach entwickeltem und meist nicht scharf abgesetztem Protonema, ist entweder als gabelteiliger Thallus oder als beblätterter, dorsiventraler Stengel, mit Ausnahme einiger wenigen radiär gebauten Formen, 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. 382 F), anfangs die Stoffzufuhr zu den sporogenen Zellen vermitteln und nach dem Öffnen 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.
kräfti
geglic
ordnu
stets

D
derun
Ricci
Form
Calob

1
fachst
dicho
boden
feuch
Ricci
Thall
Wass
fluita
getau
Thall
Schla
bilde
seite
sitzen
querg
die
sich
mers

Aus
mit
Spor
baue

und
Quel
sich
prägi
Teil
aber
Was
Dors
gelte
ziert
schie
Luf
führ
mehr
der
wel

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, Lebermosse⁽⁹⁷⁾.

Die Lebermoose zerfallen nach dem Bau der Sporogone und der Gliederung der geschlechtlichen Generation in fünf Ordnungen, von denen die *Ricciaceen*, *Marchantiaceen* und *Anthocerotaceen* ausschließlich thallöse Formen, die *Jungermanniaceen* teils thallöse, teils dorsiventral foliose, die *Calobryaceen* die radiär gebauten foliosen Formen umfassen.

1. **Ordnung. Die Ricciaceen**⁽⁹⁸⁾ weisen unter allen Hepaticae die einfachste Ausbildung auf. Es gehören zu ihnen die Arten der Gattung *Riccia*, deren dichotomisch gelappter Thallus auf Schlamm- oder am Ufer der Gewässer oder auf feuchten Äckern kleine Rosetten bildet. *Riccia natans* schwimmt mit ihren breiten Thalluslappen frei auf der Oberfläche des Wassers nach Art der Lemnaceen. *Riccia fluitans* (Fig. 379) lebt dagegen ganz untergetaucht und hat schmale, reicher verästelte Thalluslappen, sie kann aber auch auf Schlamm- oder auf niedrigeren Rosetten bilden. Die Ricceen tragen auf der Unterseite des Thallus feine Rhizoiden und besitzen außerdem daselbst eine Reihe von quergestellten einschichtigen Zelllamellen, die Ventralschuppen, welche wie erstere sich an der Nährstoffaufnahme beteiligen. Beide Organe fehlen vollständig der submersen Form von *Riccia fluitans*.

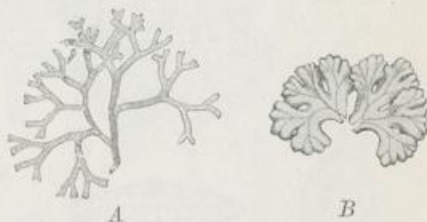


Fig. 379. *Riccia fluitans*. A Untergetaucht schwimmende Form. B Landform. Nat. Gr. B nach GÖBEL.

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. Die Wandung wird vor der Sporenreife aufgelöst und die Sporen werden durch Verwitterung und Zerreißen des sie umgebenden Archegoniumbauches und der umgebenden Zellen des Thallus frei.

2. **Ordnung. Die Marchantiaceen**⁽⁹⁹⁾ sind weit höher organisiert und in manchen Gattungen von recht kompliziertem Aufbau. Als Beispiel sei die an Quellen bei uns häufige *Marchantia polymorpha* geschildert. Sie bildet bis 2 cm breite, sich gabelig verzweigende Thalluslappen (Fig. 381 A, Fig. 382 A) mit undeutlich ausgeprägten Mittellinien. An der Unterseite entspringen einzellige Rhizoiden, welche zum Teil glattwandig sind und vorzugsweise der Befestigung des Thallus dienen, zum Teil 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 komplizierten 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 Atemöffnung in der Mitte des Feldes nach außen führt (Fig. 160 A, B). Die Öffnung besteht aus einem kurzen Kanal mit einer aus mehreren ringförmigen Etagen von je vier Zellen gebildeten Wandung. Vom Boden der Kammer erheben sich zahlreiche kurze, aus runden 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 übrigen besteht der Thallus unter den als grübenartige Einsenkungen angelegten und dann durch Wachstum bestimmter Epidermiszellen überdachten Luftkammern aus großen chlorophyllarmen, als Speicherzellen fungierenden 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.

Auf den Mittelrippen der Oberseite des Thallus treten in der Regel zierliche becherförmige Auswüchse mit gezähntem Rand, die Brutbecher oder Brutkörbchen (Fig. 381 *b*), auf, in deren Mitte eine Anzahl von flachen Brutkörperchen von biskuitförmigem Umriss sich befinden. Sie entstehen, wie Fig. 380 zeigt, durch Hervorwölbung und weitere Teilung einzelner Epidermiszellen und sitzen mit einer Stielzelle (*st*) fest, von der sie sich (*D* bei *x*) ablösen. Sie haben an den beiden Einschnürungsstellen zwei Vegetationspunkte und bestehen aus mehreren Schichten von Zellen, unter denen eine Anzahl mit Ölkörpern erfüllt sind (*D*, *o*), andere, farblose, als Anlagen der späteren Rhizoïden dienen. Ölhaltige Zellen treten auch im fertigen Thallus zerstreut auf und

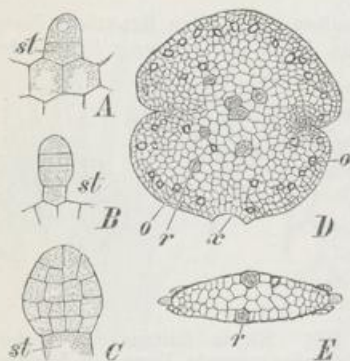


Fig. 380. *Marchantia polymorpha*. A bis C Brutkörperentwicklung, *st* Stielzelle. D Brutkörper von der Fläche, E im Querschnitt, *x* Ablösungsstelle, *o* Ölzellen, *r* Rhizoïdenanlagen. A—C Vergr. 275. D—E Vergr. 65. (Nach KNY.)

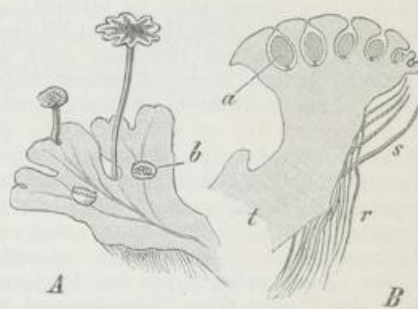


Fig. 381. A Männliche Pflanze von *Marchantia polymorpha*, *b* Brutkörbchen. Nat. Gr. B Antheridiumstand mit den eingesenkten Antheridien *a* vergrößert. *t* Thallus, *s* Ventralschuppen, *r* Rhizoïden. Etwas vergr.

sind überhaupt bei Lebermoosen sehr verbreitet. Mit Hilfe der Brutkörperchen kann sich *Marchantia* in reichlichem Maße vegetativ vermehren.

Die Sexualorgane, Antheridien und Archegonien, werden von besonderen aufstrebenden Zweigen des Thallus getragen. Im unteren Teile sind diese Zweige stielartig zusammengeworfen, im oberen Teile verzweigen sie sich reichlich und breiten sich wieder aus. Antheridien und Archegonien sind diöcisch verteilt. 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 Öffnung nach außen mündet (Fig. 381 *B*). Diese Behälter werden von Luftkammern führendem Gewebe getrennt. Gestalt der Antheridien und Spermatozoiden ist aus Fig. 375 ersichtlich.

Die weiblichen Zweige (Fig. 382 *A*) schließen mit einem neunstrahligen Schirm ab. Die Oberseite des Schirmes ist zwischen den Strahlen umgeschlagen und trägt hier die Archegonien, welche somit der Unterseite des Schirmes zu entspringen scheinen. Sie bilden radiale Reihen zwischen den Strahlen. Jede dieser Reihen wird von einer zierlich gezähnten Lamelle oder Hülle (*B*, *C*, *h*) umgeben. Die Gestalt der Archegonien ist aus Fig. 376 ersichtlich.

Nach der Befruchtung entwickelt sich die Eizelle zu einem vielzelligen Embryo (Fig. 376 *C*), dieser zu einem gestielten ovalen Sporogon. Die Kapsel desselben hat eine einschichtige Wandung, deren Zellen Ringfaserverdickungen aufweisen. Nur am

Scheit
indem
krümmt
Ausnah
sind die
Schleud
mit zw
dickung
Faserze
Sporen
Kapsel
bestimm
Die El
Sporen
aus de
dienen
Sporen
Capilli
(Fig. 38
Kapsel
Streck
einges
Zeitlan
chegon
der so
der S
durch
der Ba
bleibt
die K
bis fi
tigen
perian
schon
aus d
Arche
sackan
(Fig. 3
M
als M
heiten
die Be
3
Ant
fassen
deren
stalt
Bode
gewa
Seine
Unter
deren
zigen
körpe
stehe
Teilu
unter
der

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, mit Ausnahme der Ricciaceen, sind die sog. 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 als flockige Masse aus der Kapsel hervor und dienen zur Auflockerung der Sporenmasse, ähnlich wie das Capillitium der Myxomyceten (Fig. 382 E, F, G). Die reife Kapselfrucht ist vor der Streckung des Stieles noch eingeschlossen von der eine Zeitlang mitwachsenden Archegoniumwandung (D, aw, h), der sog. 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. 376 C, pr, 382 D, E, p).

Marchantia war früher als Mittel gegen Leberkrankheiten officinell, daher auch die Bezeichnung Lebermoose.

3. Ordnung. Die Anthocerotaceen umfassen nur wenige Formen, deren Thallus meist die Gestalt einer krausen, auf dem Boden mittels Rhizoïden festgewachsenen Scheibe zeigt. Seine Zellen enthalten im Unterschied von allen anderen Moosen nur einen einzigen großen Chlorophyllkörper. Die Antheridien entstehen zu zwei bis vier durch Teilung einer unter der Epidermis liegenden Zelle im Innern geschlossener Höhlungen unter der Oberseite des Thallus. Die Decke der Höhlung wird erst bei der Reife der Antheridien gesprengt. Die Archegonien sind in die Oberseite des Thallus ein-

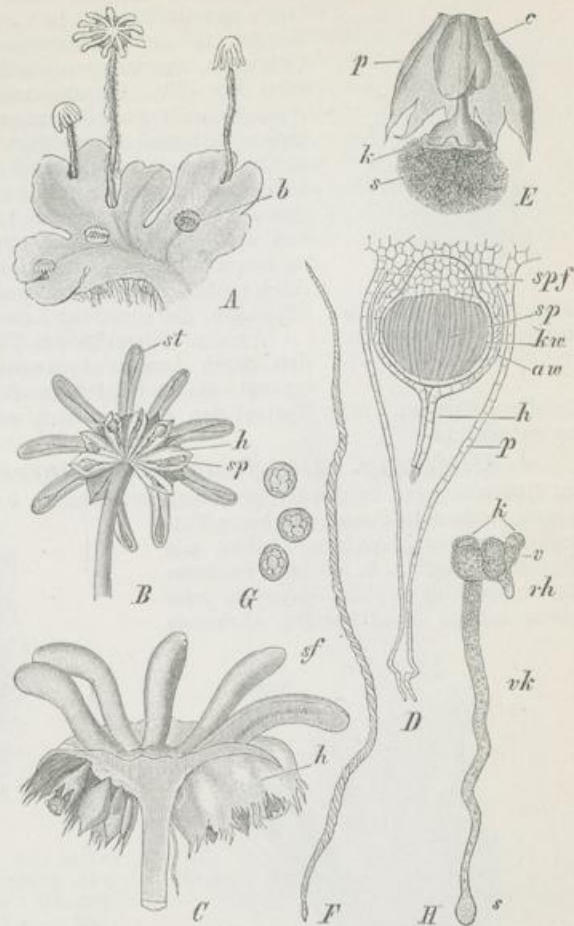


Fig. 382. *Marchantia polymorpha*. A Weibliche Pflanze mit vier verschiedenalterigen Archegoniumstadien. B Brutkörbchen. Nat. Gr. C Receptaculum von unten, st Strahlen, h Hülle, sp vortretende Sporogone. Vergr. 3. D Receptaculum halb durchschnitten. Vergr. 5. E Junges Sporogon im Längsschnitt, mit dem Fuß spf, dem sporenbildenden Gewebe sp, der Kapselwandung kw, der Archegoniumwandung aw, dem Archegoniumhals h, dem Pseudoperianth p. Vergr. 70. F Aufgesprungenes Sporogon mit Kapsel k, Sporen mit Elaterenmasse s, Pseudoperianth p, Archegoniumwand c. Vergr. 10. G Elateren. Vergr. 315. H Gekeimte Spore s mit Vorkeim vk und Keimscheibe k, letztere mit der Scheitelzelle v und dem Rhizoïd rh. Vergr. 100. C, E nach BISCHOFF. B, D, F—H nach KNY.

gesenkt 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 rhizoïden-ähnlichen Schläuchen im Thallus befestigten Fuß und eine ungestielte,



Fig. 383. *Anthoceros laevis*. sp Sporogon, c Columella. Nat. Gr.

lange schotenförmige, mit zwei Längsklappen aufspringende Kapsel, in deren Längsachse ein haarfeines Mittelsäulchen, Columella, aus wenigen sterilen Zellreihen bestehend, gebildet wird (Fig. 383). 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, die sonst bei Lebermoosen noch nicht auftreten.

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 Kolonien zu entwickeln.

4. Ordnung. Die Jungermanniaceen, meist kleine, auf Erde oder an Baumstämmen, in den Tropen auch auf Blättern von Waldpflanzen lebende Lebermoose, weisen in ihren einfacheren Formen einen breittlappigen Thallus wie *Marchantia* auf, z. B. die auf feuchtem Erdboden häufige *Pellia epiphylla*, oder einen schmal bandförmigen dichotom



Fig. 384. *Blasia pusilla*. s Sporogon, r Rhizoiden. Vergr. 2.

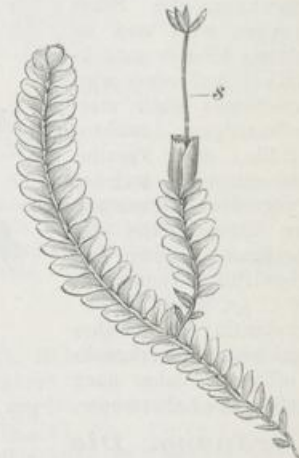


Fig. 385. *Plagiochila asplenoides*. s Sporogon. Nat. Gr.

verzweigten, ähnlich wie *Riccia fluitans*, so die an Baumstämmen oder Felsen lebende *Metzgeria furcata* (vgl. Fig. 163). Sodann gibt es Formen, deren breittlappiger, mit Mittelrippe versehener Thallus bereits eine schwache Ausbildung von blattähnlichen Gliedern am Rande aufweist, so die erdbewohnende *Blasia pusilla* (Fig. 384). 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 Rückenblättern auch noch eine bauchständige Reihe von kleineren und anders beschaffenen Blättchen, Amphigastrien oder Bauchblättern, hinzu, so bei *Frullania Tamarisci* (Fig. 386), 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 kapillarer Wasserbehälter, so bei *Frullania Tamarisci*. Die Rückenblätter sind entweder ober-schlächtig, wenn der Hinterrand eines Blattes von dem Vorderrand des nächstunteren überdeckt wird (Fig. 386 *Frullania*) oder unterschlächtig, wenn der Hinterrand eines Blattes über dem Vorderrand des nächstunteren liegt (Fig. 385).

Der sich verzweigende Stengel der beblätterten Jungermanniaceen ist niederliegend oder aufstrebend und infolge 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. 384, 385) 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 Kohäsion des schwindenden Füllwassers unter Einbiegung der dünnen Außenwände.

Nach der Stellung der Sexualorgane oder der Sporogone gliedern sich die



Fig. 386. *Frullania Tamarisci*, von unten. *r* Rückenblatt, *ws* als Wassersack ausgebildeter Unterlappen des Rückenblattes, *a* Amphigastrien. Vergr. 36.



Fig. 387. *Haplomitrium Hookeri*. *a* Anlagen neuer Sprosse, *r* Rhizome, *o* untere Grenze des oberirdischen Sprosses. (Nach GOTTSCHKE.)

Jungermanniaceen in zwei Gruppen. Bei den *Anakrogynae* wird der Scheitel zur Archegoniumbildung nicht mit verwendet, die Sporogone stehen rückenständig und sind an ihrer Basis von einem scheidenartigen Auswuchs des Thallus, einem Involucrum umgeben. Hierher gehören die thallösen Formen (*Pellia*, *Metzgeria*) und die Übergangsformen zu den frondösen Formen (*Blasia*). Bei den *Akrogynae* dagegen stehen die Archegonien und somit auch die Sporogone am Ende des Stengels oder seiner Äste und sind von einem aus besonders gestalteten Blättchen gebildeten Perianth umhüllt. Hierher die dorsiventral beblätterten Formen (z. B. *Plagiochila* [Fig. 385], *Frullania* und die artenreiche Gattung *Jungermannia*).

5. Ordnung. Die Calobryaceen⁽¹⁰⁰⁾ werden nur durch zwei Gattungen vertreten, wovon *Calobryum* in den Tropen, *Haplomitrium Hookeri* (Fig. 387) als einzige Art in Europa, vielleicht als Überbleibsel praeglacialer Lebermoose, vorkommt. Sie weichen von allen übrigen Lebermoosen ab durch radiären Bau ihrer dreizeilig beblätterten Sprosse. Die Sexualorgane sind bei ersterer Gattung in terminalen Ständen vereinigt, bei letzterer zwischen den oberen Blättern verteilt.

Klasse II.

Musci, Laubmoose ⁽¹⁰¹⁾.

Das reich verzweigte Protonema der Laubmoose erscheint dem bloßen Auge als ein feiner grüner Filz (Fig. 377). An ihm entstehen die Knospen der Moospflänzchen als seitliche Ausstülpungen einzelner Zellen des Hauptfadens, meistens aber der Anfangszellen der Protonemazweige. Diese Ausstülpungen werden durch eine Querwand abgetrennt, teilen sich weiter in eine oder auch zwei Stielzellen und eine anschwellende Endzelle, die bei ihrer weiteren Teilung die dreiseitig pyramidale Scheitelzelle des Moospflänzchens liefert⁽¹⁰²⁾. Letzteres ist stets in Stengel und Blätter gegliedert. Die Laubmoose unterscheiden sich habituell leicht von den beblätterten Jungermanniaceen durch die spiralige Anordnung ihrer Blättchen. Nur selten zeigen diese zweizeilige Anordnung. Bei solchen Laubmoosen, welche niederliegende Stengel haben, sind die Blättchen bei spiraliger Anordnung häufig einseitswendig oder gescheitelt, so daß 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. 161), findet sich in der Achse des Stengels ein zentrales Leitbündel aus englumigen langgestreckten Zellen vor. Diese Leitbündel stehen noch nicht auf derselben Stufe der Differenzierung wie die Gefäßbündel der Farnpflanzen (vgl. S. 97). Sie fehlen ganz den *Sphagnaceen* oder Torfmoosen, welche an sumpfigen Standorten leben. Der Stengel derselben zeigt eine eigentümliche Ausbildung der peripherischen Zellschichten, welche plasmaleer sind, mit großen offenen Poren untereinander und mit der Atmosphäre in Verbindung stehen und spiralige Verdickungsleisten als Aussteifungen auf ihrer Wandung besitzen, somit Strukturen aufweisen, welche sie befähigen, Wasser mit Leichtigkeit aufzusaugen und als kapillare Wasserbehälter und Leitungsbahnen zu dienen (Fig. 388).

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. 100 *Funaria*) und werden in der Regel in der Mediane von einem Leitbündel aus langgestreckten Zellen durchzogen. Den Torfmoosblättern geht letzteres ab, dagegen sind sie eigenartig differenziert, indem ihre einschichtige Blattfläche ähnliche plasmaleere wasserspeichernde Zellen führt wie die Stengelperipherie. Diese Zellen sind hier groß, langgestreckt und ebenfalls mit queren Verdickungsleisten und offenen Poren versehen (Fig. 388 A und B). Zwischen ihnen bilden die chlorophyllhaltigen, entsprechend gestreckten Zellen ein zusammenhängendes Netz. Außer den Torfmoosen zeigen auch noch einige Laubmoose eine ähnliche Differenzierung der Blattzellen (z. B. *Leucobryum vulgare*).

Komplizierteren Blattbau, welcher sich als Anpassung an die Wasseraufnahme darstellt, besitzt unter den Laubmoosen *Polytrichum commune*, der gemeine Widerton, u. a., dessen mehrschichtige Blätter auf der Innenseite zahlreiche einschichtige dichtstehende Längslamellen aus chlorophyllhaltigen Zellen entwickeln, welche das assimilierende Gewebe vorstellen und in den Zwischenräumen Wasser leiten und festhalten. Bei Trockenheit faltet sich das Blatt rinnig zusammen und bringt die zarten Lamellen dadurch in eine vor übermäßiger Transpiration geschützte Lage.

Am Grunde des Stengels entspringen die fadenförmigen, verzweigten Rhizoïden (Fig. 395), 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 stehen bei den Laubmoosen in Gruppen 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 Moosblüten, und nennt die oft

besonders ausgestalteten Hüllblättchen Perichaetium (Fig. 395). Zwischen den Sexualorganen steht gewöhnlich eine Anzahl von mehrzelligen Safthaaren oder Paraphysen. Die Stände sind entweder zwittrig oder einhäusig oder zweihäusig.

Das Sporogon der Laubmoose⁽¹⁰³⁾ weist in seiner Kapsel ein zentrales Säulchen oder Columella aus sterilem Gewebe auf, in deren Umkreis der Sporensack mit den Sporen liegt (Fig. 396). Die Columella fungiert als Nährstoff- und Wasserspeicher für die sich bildenden Sporen. Elateren werden nie gebildet. Im jungen Sporogon liegt außerhalb des Sporensackes ein wohlentwickeltes Assimilationsgewebe, das von Epidermis und Wassergewebe bedeckt wird. Bei den meisten Laubmoosen finden sich im unteren Teile der Kapselwandung Spaltöffnungen ausgebildet. Im einzelnen weist die Gestaltung des Laubmoosporogons bei den vier Ordnungen der Laubmoose, nämlich den *Sphagnaceen*, den *Andreaeaceen*, den *Phascaceen*

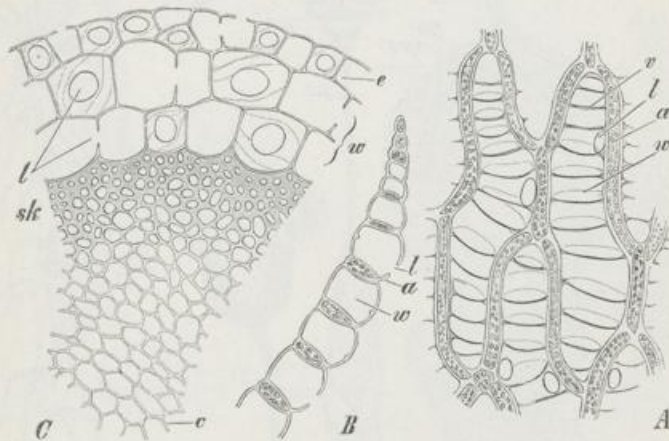


Fig. 388. A Aus dem Blatt von *Sphagnum cymbifolium*, *a* chlorophyllhaltige Zellen, *w* Wasserzellen mit Verdickungsleisten *v* und Löchern *l*, von der Fläche. Vergr. 300. B Querschnitt durch das Blatt von *Sph. fimbriatum*. C Teil eines Querschnittes durch den Stengel von *Sph. cymbifolium*, *e* Mitte, *sk* sklerenchymatische Rindenzellen, *w* Wasserzellen mit Löchern und Verdickungsleisten, *e* Epidermis. Vergr. 120.

und den *Bryinen* mancherlei Verschiedenheiten auf. Am nächsten stehen den Lebermoosen die *Sphagnaceen* und *Andreaeaceen*.

1. Ordnung. Sphagnaceae⁽¹⁰⁴⁾. Die *Sphagnaceen* oder Torfmoose enthalten nur eine, allerdings sehr formenreiche Gattung, *Sphagnum*. Die Torfmoose leben an sumpfigen Orten 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 Teil ihrer Zweige wächst aufwärts und bildet das gipfelständige Köpfchen, ein anderer abwärts und umhüllt den unteren Teil des Stämmchens (Fig. 389 A). Diese abwärts wachsenden Zweige sind peitschenförmig gestreckt. Ein Zweig unter dem Gipfel entwickelt sich alljährlich ebenso stark wie der Muttersproß, der damit eine falsche Gabelung erhält. Indem nun die Stämmchen von unten her allmählich absterben, werden die successive erzeugten Tochter sprosse zu selbständigen 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. 389 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 Kalyptra 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 zentrale halbkugelige Columella ausgebildet, die von dem sporenbildenden Gewebe (*spo*) überlagert wird. Die Kapsel öffnet sich mittels eines abspringenden Deckels. Das reife Sporogon erscheint wie bei *Andreaea* auf dem Pseudopodium, der Verlängerung des Zweiges, emporgehoben und ist mit dem Fuß in das angeschwollene obere Ende desselben eingesenkt. Auf den eigentümlichen Bau der Blätter und der Stengelrinde ist bereits oben hingewiesen. Eigenartig sind die Vorkeime der Torfmoose gestaltet. Die Sporen keimen zunächst zu kurzen Füden aus, welche sich zu fächerförmigen Vorkeimen, auf denen die Stammknospen entstehen, verbreitern.

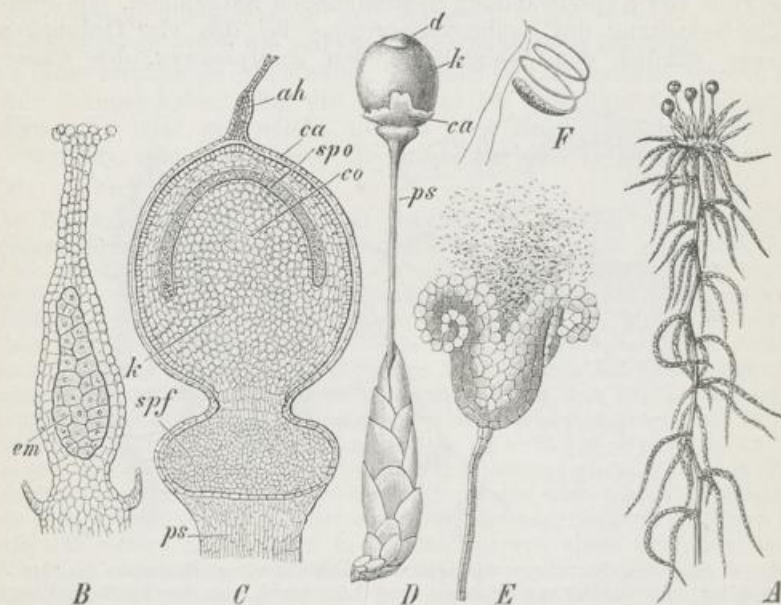


Fig. 389. *Sphagnum fimbriatum*. A Mit vier reifen Sporogonen. Nat. Gr. — *Sphagnum acutifolium*. B Archegonium mit dem mehrzelligen Embryo des Sporogons *em*. C Junges Sporogon im Längsschnitt, *ps* Pseudopodium, *ca* Archegoniumwand oder Kalyptra, *ah* Archegoniumhals, *spf* Sporogonfuß, *k* Kapsel, *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 Kalyptra, *d* Deckel. Vergr. (Nach W. P. SCHIMPER.)

2. Ordnung. Andreaeaceae. Die Andreaeaceen oder spaltfrüchtigen Laubmoose (Schizocarpae) umfassen nur die Gattung *Andreaea*, deren Arten kleine bräunliche Moospolster an Felsen vorstellen. Die Sporogone stehen an der Spitze des Stengels; ihre anfangs von einer mützenförmigen, aus der Wandung und dem Hals des Archegoniums hervorgegangenen Kalyptra bedeckte Kapsel öffnet sich in eigentümlicher Weise mittels vier an der Spitze und Basis verbundenen Klappen (Fig. 390) und besitzt nur einen kurzen Stiel mit einem basalen erweiterten Fuß *Spf*, welcher in das obere Ende einer nach der Befruchtung der Archegonien sich emporstreckenden stielförmigen Verlängerung der Stengelspitze, des 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. 391). Die mit der Haube bedeckte endständige Kapsel ist nur kurzgestielt und öffnet sich nicht

mittels eines Deckels, sondern die Sporen werden durch Verwesung der Kapselwand frei. Die Phascaceen stellen sehr einfach gebaute Laubmoose dar.

4. Ordnung. Bryinae⁽¹⁰³⁾. Bei den Bryinen oder deckelfrüchtigen Laubmoosen (auch Stegocarpae genannt), zu denen die überwiegende Mehrzahl der zahlreichen Gattungen und Arten gehört, erreicht die Moosfrucht ihre komplizierteste Ausbildung. Das reife, nach der Befruchtung aus der Eizelle hervorgegangene Sporogon besteht aus einem langen Stiel, der Seta (Fig. 392 *s*), die am Grunde mit ihrem Fuß in das

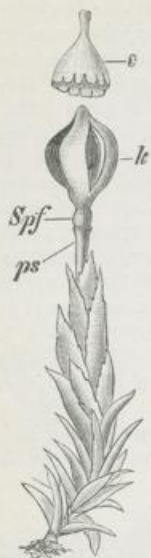


Fig. 390. *Andreaea petrophila*. *ps* Pseudopodium, *Spf* Sporogoniumfuß, *k* Kapsel, *c* Kalyptra. Vergr. 12.

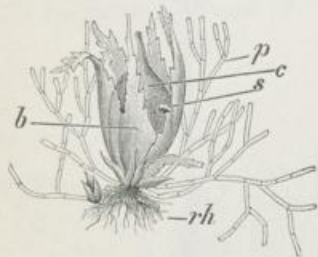


Fig. 391. *Ephemerum serratum*. *p* Protoneuma, *b* Laubblatt, *s* Sporogon, *c* Kalyptra, *rh* Rhizoïden. Vergr. 200. (Nach W. P. SCHIMPER.)



Fig. 392. *Polytrichum commune*. *rh* Rhizoïden, *s* Seta, *c* Kalyptra, *ap* Apophyse, *d* Deckel. Nat. Gr.

Gewebe der Mutterpflanze eingesenkt ist, und aus der Kapsel, die im jugendlichen Zustand von der Haube oder Kalyptra bedeckt wird. Die Kalyptra 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 Teil der Seta unter der Kapsel wird als

Apophyse bezeichnet. Sie ist bei *Mnium* klein und nur durch eine ganz schwache Einschnürung von der Kapsel abgesetzt (Fig. 398 A, ap), dagegen bei *Polytrichum commune* in Form eines Ringwulstes (Fig. 392 ap) und am auffälligsten, als rot oder gelb gefärbter Kragen, bei den nordischen *Splachnum*-Arten entwickelt. Der obere Teil der Kapselwandung ist in Form eines Deckels mit oder ohne schnabelartige Spitze ausgebildet. Unterhalb des Deckelrandes ist eine schmale Zone der Kapselwandungszellen als sog. Ring differenziert. 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.



Fig. 393. *Schistostega osmundacea*. A Sterile, B fertile Pflanze. Vgr. 5.

Bei *Mnium hornum* (Fig. 398) ist das Peristom doppelt, das äußere besteht aus 16, am Innenrande der Kapselwandung inserierten, keilförmig zugespitzten und quergestreiften Zähnen. 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 Teile aber zu einer kontinuierlichen Membran verschmolzen sind. Zwischen zwei äußeren Peristomzähnen stehen jedesmal zwei Wimpern des inneren Peristoms. Die Wimpern vermitteln hier durch ihre hygroskopischen Bewegungen das Wegschlendern der Sporen.

Verfolgt man die Entwicklungsgeschichte dieses Peristoms, so ergibt sich, daß die Zähne und Wimpern aus einer der an die Innenseite des Deckels anschließenden Zell-



Fig. 394. *Hypnum purum*. Nat. Gr.

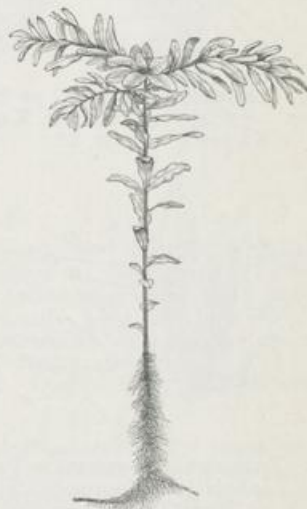


Fig. 395. *Mnium undulatum*. Orthotroper Sproß mit endständigem, von Hüllblättchen umgebenem Antheridiumstand. Seitensprosse plagiotrop. (Nach GÖBEL.)

schichten durch stellenweise Verdickung der gegenüberstehenden Wände angelegt werden (Fig. 397) und zwar die Zähne aus den Außenwänden, die Wimpern aus den inneren Wänden dieser Zellschicht. Die Querleisten entsprechen den Ansatzstellen der Querwände. Bei dem Öffnen der Kapsel trennen sich die Zähne und Wimpern in den dünnbleibenden Wandungsstellen.

In der Ausgestaltung des Peristoms herrscht bei den Bryinen eine große Mannigfaltigkeit. Durch seine Form und seine hygroskopischen Bewegungen bewirkt es ein allmähliches Ausstreuen der Sporen aus der Kapsel.

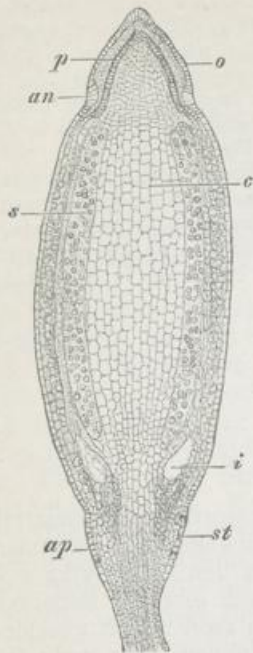


Fig. 396. *Mnium hornum*. Medianer Längsschnitt durch ein halbreifes Sporogon. *o* Deckel, *p* Peristom, *c* Columella, *s* Sporensack mit Sporen, *i* ringförmiger Hohlraum, *ap* Apophyse, *st* Spaltöffnung. Vergr. 18.

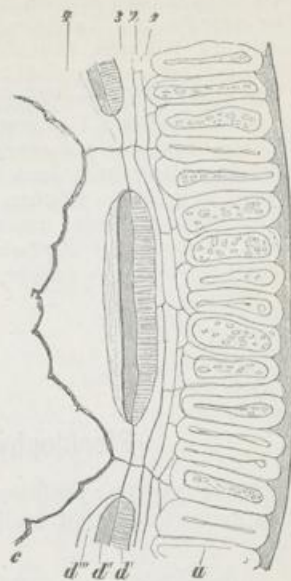


Fig. 397. *Mnium hornum*. Querschnitt durch den Kapselrand. *a* Zellen des Ringes, 1 bis 4 aufeinanderfolgende Zellschichten, *d'* die in der dritten, *d''* die in der vierten Zellschicht entstandene Verdickungsmasse der Zähne, *d'''* vorspringende Querleisten, *e* verschmolzene Wimpern. Vergr. 240.

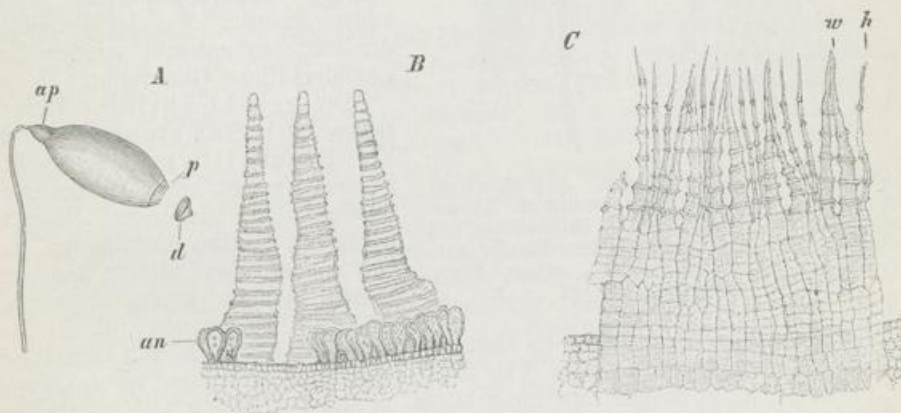


Fig. 398. *Mnium hornum*. *A* Kapsel mit einem Stücke der Seta, *ap* Apophyse, *p* Peristom, *d* abgesprengter Deckel. *B* Drei Zähne des äußeren Peristoms von außen gesehen, *an* Ring. *C* Inneres Peristom, *w* die breiteren, *h* die schmäleren Wimpern, von innen gesehen. *A* Vergr. ca. 4. *B*, *C* Vergr. 60.

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 bzw. 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 undulatum* (Fig. 395) und *hornum*, *Polytrichum commune* (Fig. 392), *Funaria hygrometrica*. Eine sehr eigentümliche Ausbildung des Protonema treffen wir bei dem in Erdlöchern oder in Höhlen lebenden Leuchtmoos *Schistostega osmundacea*. Die fertilen Sprosse dieses Moores sind spiralig beblättert und tragen auf langer Seta eine peristomlose Kapsel, die sterilen Sprosse dagegen sind zweizeilig beblättert (Fig. 393 A, B). Der Vorkeim allein leuchtet mit smaragdgrünem Licht (vgl. Fig. 172, Fig. 214).

b) Bei den *Bryinae pleurocarpae* wachsen die Hauptachsen unbegrenzt weiter und die Archegonien, somit auch die Sporogone, stehen auf besonderen, ganz kurzen Seitenzweigen (Fig. 394). 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 flutende *Fontinalis antipyretica*.

III.

Pteridophyta, Farnpflanzen^(93, 166).

Die Pteridophyten umfassen die Farne, Wasserfarne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse und stellen die höchstentwickelten Kryptogamen vor.

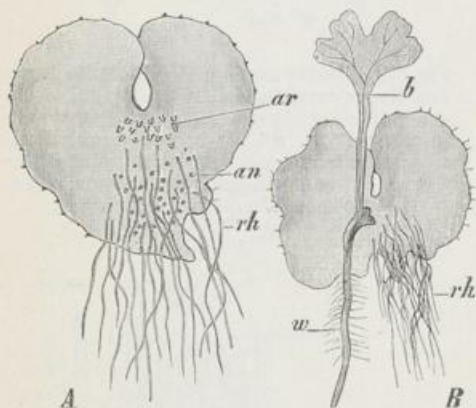


Fig. 399. *Aspidium filix mas*. A Prothallium von der Unterseite mit Archegonien *ar*, Antheridien *an*, Rhizoïden *rh*. B Prothallium mit jungem, aus einer befruchteten Eizelle entstandenem Farnpflänzchen, *b* erstes Blatt, *w* Wurzel desselben. Vergr. ca. 8.

besteht aus einem kleinen grünen blattartigen, auf der Unterseite mit Rhizoïden am Boden befestigten Thallus (Fig. 399 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 Abteilungen der Pteridophyten endlich erleidet es eine Reduktion und bleibt in der Spore mehr oder weniger eingeschlossen. An dem Prothallium entstehen die Geschlechts-

Wie bei den Bryophyten vollzieht sich auch hier der Entwicklungsgang in zwei scharf geschiedenen Generationen. Die erste Generation ist die geschlechtliche, sie trägt Antheridien und Archegonien, die zweite ist die ungeschlechtliche, sie geht aus der befruchteten Eizelle hervor und erzeugt ungeschlechtliche einzellige Sporen. Aus der Keimung der letzteren entsteht wieder die geschlechtliche Generation.

Die geschlechtliche Generation, der Gametophyt, wird als Prothallium bezeichnet. Dieses erreicht keine bedeutende Größe, bei einzelnen Farnen höchstens einige Centimeter im Durchmesser, und gleicht dann in seinem Aufbau einem einfachen thallösen Lebermoos, d. h. es

organe, Antheridien (Fig. 404, 411), in denen zahlreiche, meist schraubig gewundene vielcillige oder nur zweicillige Spermatozoiden erzeugt werden, und Archegonien (Fig. 405, 412), die nur je eine Eizelle ausbilden. Die Befruchtung ist wie bei den Moosen nur in Wasser, also bei Benetzung der Prothallien möglich. Eine aus dem Archegonium in das umgebende Wasser ausgeschiedene Substanz (Äpfelsäure oder deren Salze bei Farnen, *Salvinia*, *Equisetum*, *Selaginella* und *Isoetes*) induziert den Spermatozoiden die Bewegungsrichtung nach der Eizelle⁽¹⁰⁷⁾.

Nach der Befruchtung der Eizelle durch ein Spermatozoid entwickelt sich aus ihr, wie bei den Bryophyten, zunächst ein mehrzelliger Embryo, welcher zur ungeschlechtlichen Generation heranwächst. Bryophyten und Pteridophyten werden daher von ENGLER als Embryophyta bezeichnet, und zwar als Embryophyta zoidiogama, weil die männlichen Zellen als Spermatozoiden ausgebildet sind.

Die ungeschlechtliche Generation, die auch als Sporophyt bezeichnet wird, ist bei den Pteridophyten eine in der äußeren Gliederung und inneren Struktur hochdifferenzierte Pflanze mit Stengel, Blättern und Wurzeln. Bei der Mehrzahl der Pteridophyten, so bei den Farnen und Schachtelhalmen, teilt 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 Oktanten. Unter weiterer Teilung dieser acht Zellen entsteht

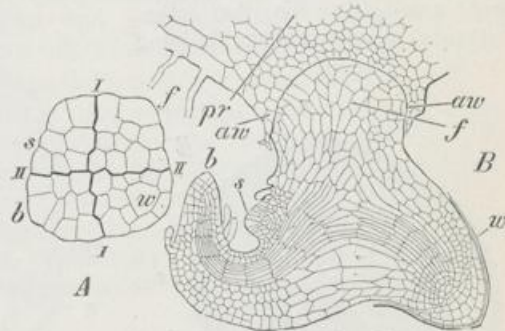


Fig. 400. A *Pteris serrulata*. Aus dem Archegonium befreiter Embryo im Längsschnitt. I Basalwand, II senkrecht zu dieser stehende Quadrantenwand, f Anlage des Fußes, s des Stammscheitels, b des ersten Blattes, w der Wurzel. (Nach KIENTZGERLOFF.) B *Pteris aquilina*. Weiterentwickelter Embryo, mit dem Fuß f noch im erweiterten Archegoniumbauch, aw, steckend, pr Prothallium. Vergr. (Nach HOFMEISTER.)

ein Gewebekörper, an welchem der Stammscheitel, das erste Blatt, die erste Wurzel und neben dieser ein der Keimpflanze der Pteridophyten eigentümliches Organ, der sog. Fuß angelegt werden (Fig. 400f). 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 Sanguorgan für ihre Ernährung, bis die Wurzel in den Boden gedrungen ist, die ersten Blätter sich entfaltet haben und die Keimpflanze somit selbständig sich ernähren kann. Das Prothallium geht dann in der Regel bald zugrunde. 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 trägt. Statt Rhizoïden, wie bei Moosen, werden echte, aus Geweben aufgebaute Wurzeln, wie wir sie auch bei den Phanerogamen vorfinden, gebildet (vgl. Fig. 167). Auch die Blätter stimmen im wesentlichen in ihrer Struktur mit denen der Phanerogamen überein. Stämme, Wurzeln und Blätter werden von wohldifferenzierten Gefäßbündeln durchzogen und daher bezeichnet man die Pteridophyten auch als Gefäßkryptogamen. Die

Gefäßbündel der Pteridophyten sind überwiegend nach dem konzentrischen Typus gebaut (vgl. Fig. 401 und S. 98, Fig. 125). Sekundäres Dickenwachstum durch Cambiumtätigkeit kommt bei den jetzt lebenden Familien nur ganz vereinzelt vor, zeichnete aber die Stämme von gewissen fossilen Pteridophytengruppen aus.

An den Blättern, in einzelnen Fällen an den Stengeln in den Blattachseln, werden auf ungeschlechtlichem Wege die Sporen in besonderen Behältern oder Sporangien erzeugt. Die sporangientragenden Blätter heißen Sporophylle. Die Sporangien umschließen das sporogene Gewebe, dessen Zellen sich abrunden, voneinander lösen und die Sporenmutterzellen darstellen, die sich in je vier tetraëdrisch angeordnete Sporen (Sporentetraden) teilen. Die innerste Schicht der Sporangiumwandung besteht aus plasmareichen Zellen, sog. Tapetenzellen, die bei den Lycopodineen erhalten bleiben,

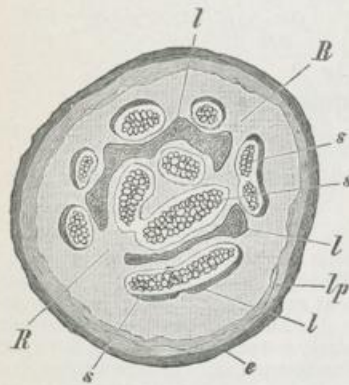


Fig. 401. Querschnitt durch das Rhizom von *Pteris aquilina*. *s* Konzentrische Gefäßbündel, *l* Sklerenchymplatten, *lp* peripherischer Sklerenchymfaserring, *R* Rinde, *e* Epidermis. Vergr. 7.

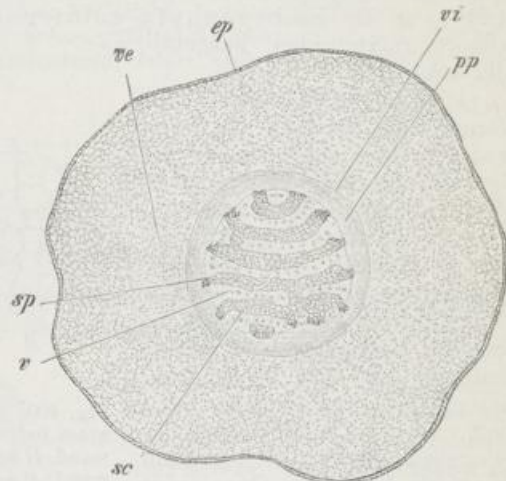


Fig. 402. Querschnitt durch den Stengel von *Lycopodium complanatum*. *ep* Epidermis, *ec*, *vi* und *pp* äußere, innere und innerste Partie der primären Rinde. Diese umgibt den von verschmolzenen konzentrischen Gefäßbündeln gebildeten zentralen Gefäßbündelzylinder, in welchem *sc* Treppengefäßstracheiden, *sp* Ring- und Schraubengefäßstracheiden, *v* Siebteile sind. Vergr. 26.

bei Farnen und Schachtelhalmen aber ihre Selbständigkeit alsbald aufgeben, ihre Membranen auflösen und zwischen die Sporenmutterzellen einwandern, so daß die Sporen dann in eine sie ernährende Plasmamasse, das Periplasma, eingebettet erscheinen. Die Wand der reifen Sporangien ist entweder einschichtig oder mehrschichtig. Die einzelligen Sporen besitzen eine aus mehreren Häuten bestehende Wandung.

Bei der Mehrzahl der Pteridophyten sind die Sporen von gleicher Beschaffenheit und bei der Keimung geht aus ihnen ein Prothallium hervor, an welchem sowohl Antheridien als auch 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, Makrosporen, welche in Makrosporangien entstehen und bei der Keimung nur weibliche Prothallien liefern, und Mikrosporen, welche in Mikrosporangien erzeugt werden und männlichen Prothallien

den Ursprung geben. Danach hat man also zwischen gleichsporigen oder homosporen und verschiedensporigen oder heterosporen Gefäßkryptogamen zu unterscheiden, ein Unterschied, der aber nicht zur Gesamteinteilung verwertet werden kann, da er sich in gleicher Weise in systematisch getrennten Gruppen, also mehrmals, herausgebildet hat.

Vergleichen wir den Entwicklungsgang der Pteridophyten mit dem der Bryophyten, so entspricht die ungeschlechtliche kormophyte Generation der Farnpflanzen dem Sporogon, das Prothallium dagegen der Moospflanze samt dem vorausgehenden Protonema. Obwohl beide Gruppen gemeinsamen phylogenetischen Ausgangspunkt besitzen mögen, haben sie sich nach ganz verschiedenen Richtungen weiterentwickelt. Auf ihre Verwandtschaft weist vor allem die Übereinstimmung im Bau der Geschlechtsorgane hin, während dagegen die ungeschlechtliche Generation auffallende Unterschiede darbietet, so daß es nicht statthaft erscheint, die Farnpflanze von dem Moosporogon direkt abzuleiten. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Generation der Archegoniaten können aber als ursprünglich homolog betrachtet werden.

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 sog. Sori vereinigt, oder zu vielen frei auf der Unterseite der Sporophylle, oder in besonderen Blattabschnitten eingeschlossen.

1. Unterklasse *Filicinae eusporangiatae*. Reife Sporangien mit derber mehrschichtiger Wandung. Homospor.

2. Unterklasse *Filicinae leptosporangiatae*. Reife Sporangien mit einschichtiger Wandung.

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.

1. 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 reduzierten Blättchen, selten gestaucht knollig mit pfriemlichen Blättern. Sporangien derbwandige Kapseln, einzeln in den Blattachsen am Stengel oder auf dem Blattgrund entpringend. Tapetenzellen bleiben erhalten.

1. Ordnung. *Lycopodiaceae*, Bärlappe. Homospor.

2. Ordnung. *Selaginellaceae*, Selaginellen. Heterospor.

3. Ordnung. *Isoëtaceae*, Brachsenkräuter. Heterospor.

Im fossilen Zustande bekannt sind außerdem verschiedene Gruppen, welche teils zu den drei genannten Klassen gezählt werden, teils besondere Klassen bilden.

Klasse I.

Filicinae, Farne⁽¹⁰⁸⁾.

Zu den Farnen im weiteren Sinne gehört die Hauptmasse der heute existierenden Pteridophyten. Nach dem Bau ihrer Sporangien werden sie

in zwei Unterklassen unterschieden. Die Eusporangiaten zeichnen sich aus durch Sporangien, deren derbe Wandung aus mehreren Zellschichten besteht, die mit Querriß sich öffnen, und die ihren Ursprung aus Gruppen von Epidermiszellen nebst darunter gelegenen Zellen nehmen, die Leptosporangiaten dagegen durch Sporangien, die im reifen Zustand nur eine dünne einschichtige Wandung aufweisen und die aus je einer einzigen Epidermiszelle hervorgehen. Erstere haben am Grunde der Wedel Nebenblätter, die den letzteren fehlen. Auch in der Beschaffenheit der Prothallien und im Bau der Sexualorgane zeigen sich Unterschiede.

In früheren Erdperioden waren die Eusporangiaten reich vertreten, heute umfassen sie nur 2 Familien mit wenigen Gattungen. Allem Anschein nach stellen sie die älteren Farntypen dar, die den Ausgangsformen der Filicineen und auch den Lycopodinen noch am nächsten zu stehen scheinen. Aus ihnen dürften die Leptosporangiaten hervorgegangen sein, unter denen die Hydropteriden als kleine Gruppe sumpf- und wasserbewohnender Farne sich abzweigten. Bei letzteren haben sich die bei allen übrigen Farnen noch gleichartigen Sporen in Mikro- und Makrosporen differenziert.

1. Unterklasse. Eusporangiatæ.

1. Ordnung. An den Beginn stellen wir die Familie der *Ophioglossaceen*⁽¹⁰⁹⁾ als anscheinend den primitiven Farnen noch am nächsten stehende Formen. Bei uns

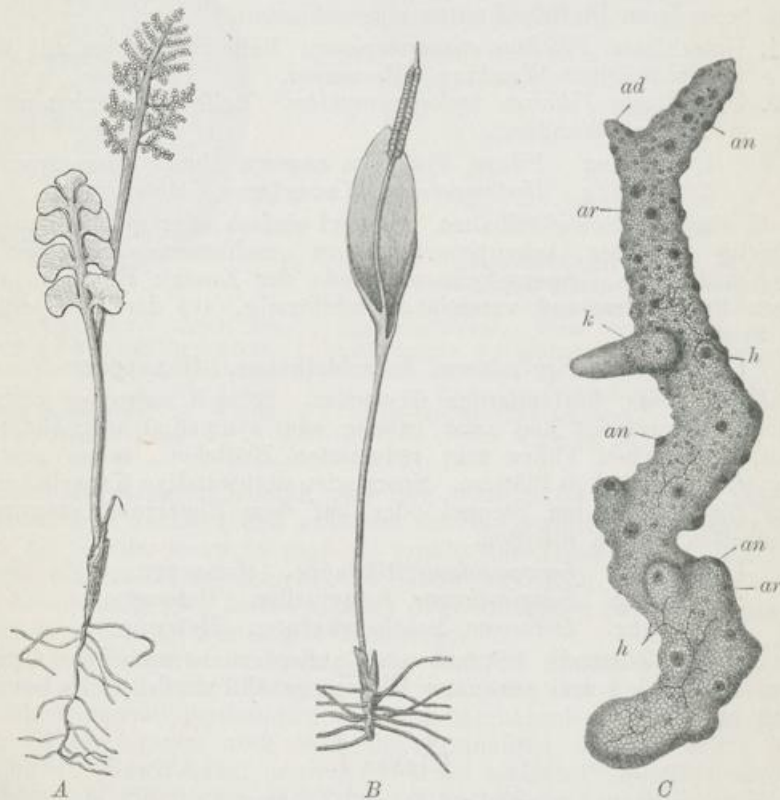


Fig. 403. A *Botrychium Lunaria*, Sporophyt. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. B *Ophioglossum vulgatum*, Sporophyt mit Knospe für das nächste Jahr. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. C *Ophioglossum vulgatum* (nach BRUCHMANN), Prothallium. an Antheridien, ar Archegonien, k junge Keimpflanze mit erster Wurzel, ad Adventivproß, h Pilzhyphe. Vergr. 15.

einheimisch sind die Natterzunge, *Ophioglossum vulgatum* (Fig. 403 B) und verschiedene Arten der Mondraute, *Botrychium* (Fig. 403 A). Beide haben einen kurzen Stamm, an dem jedes Jahr meist nur ein einziges, mit Blattscheide versehenes Blatt sich entfaltet, das bei ersterer Gattung zungenförmig, bei letzterer gefiedert ist. Diese Blätter tragen auf ihrer Oberseite einen am oberen Teile des Stieles entspringenden fertilen Blattabschnitt, der bei *Ophioglossum* einfach zylindrisch ist und die Sporangien in zwei Reihen in das Gewebe eingesenkt trägt, bei *Botrychium* dagegen im oberen Teile fiederartig verzweigt und daselbst mit großen rundlichen Sporangien auf der Innenseite dicht besetzt ist.

Sehr eigenartige Beschaffenheit zeigen die besonders durch BRUCHMANN bekannt gewordenen monoecischen Prothallien, unterirdische, chlorophyllfreie, saprophytische, nach Art der Mykorrhizen von Pilzfäden durchzogene, langlebige Knöllchen, bei *Ophioglossum* (Fig. 403 C) zylindrisch einfach oder verzweigt und radiär gebaut, bei *Botrychium* oval oder herzförmig und dorsiventral. Antheridien (Fig. 404) und Archegonien (Fig. 405) sind in das Gewebe eingesenkt; erstere umschließen einen großen runden Komplex von Spermatozoidmutterzellen, die bei der Reife unter Quellung des Inhaltes und nach Durchbrechung einer mittleren Deckzelle nach außen entlassen werden. Die Spermato-

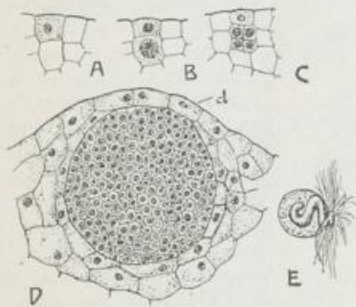


Fig. 404. *Ophioglossum vulgatum*. A bis C Entwicklung des Antheridiums aus einer oberflächlichen Zelle, die obere Zelle in C liefert die Deckzellen, die untere die Spermatozoidmutterzellen. D Antheridium noch geschlossen, d Deckzellen. E Spermatozoid. (Nach BRUCHMANN.)

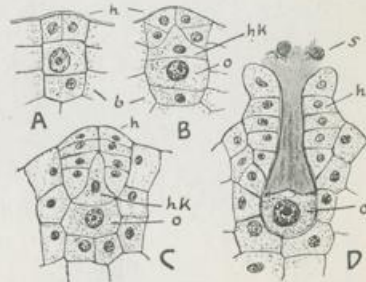


Fig. 405. *Ophioglossum vulgatum*. A bis C Entwicklung des Archegoniums. D Reifes Archegonium geöffnet mit 2 Spermatozoiden s vor der Mündung. h Halszellen, hk Halskanalzelle, o Eizelle, b Basalzelle. (Nach BRUCHMANN.)

zoiden besitzen einen spiralig gewundenen Körper mit anhaftendem Bläschen und zahlreiche Cilien (Fig. 404 E). Die Antheridien gehen aus oberflächlich gelegenen Zellen (Fig. 404 A—C) hervor, ebenso auch die Archegonien (Fig. 405 A—C), deren Halsteil sich etwas hervorstreckt und nach Verquellung der Halskanalzelle (hk) sich öffnet, während der Bauchteil eingesenkt bleibt und die Eizelle (o) umschließt. Der Embryo führt bei manchen Arten eine Reihe von Jahren hindurch ein unterirdisches Dasein, seine erste Wurzel wird zunächst angelegt und tritt bald aus dem Archegonium hervor (Fig. 403 C, K), wohingegen erst viel später das erste Blatt und die Scheitelzelle des Stammes zur Differenzierung kommen. Bei einigen *Botrychium*-Arten bildet die sich teilende Eizelle einen langen mehrzelligen Embryoträger oder Suspensor, an dessen Spitze der eigentliche Embryokörper gebildet wird⁽¹⁰⁾. In dieser Eigentümlichkeit zeigt sich eine Übereinstimmung mit den Lycopodinen (vgl. Fig. 428).

Die 2. Ordnung der *Marattiaceen* umfaßt stattliche tropische Farne mit dicken Stammknollen und meist sehr großen, an der Basis mit 2 Nebenblättern versehenen Wedeln. Die Sporangien stehen an der Unterseite der letzteren in Gruppen, Sori, entweder frei (*Angiopteris*) oder zu einem in ebensovielen Fächern aufspringenden, kapselartigen, ovalen Gebilde verwachsen. Das Prothallium hat im Gegensatz zu den *Ophioglossaceen* die Form eines oberirdischen, grünen, lebermoosartigen, herzförmigen, zuweilen gegabelten mehrschichtigen Thallus, dessen auf der Unterseite entspringende Sexualorgane indessen wie bei ersterer Ordnung beschaffen sind.

2. Unterklasse. Leptosporangiatæ.

1. Ordnung. Filices.

Die Filices oder Farne im engeren Sinne sind in außerordentlicher Fülle von Gattungen und Arten in allen Erdteilen 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. 406) ist unverzweigt und trägt an seinem Ende eine Rosette von riesigen, mehrfach gefiederten Blättern oder Wedeln, die successive von der Stammknospe erzeugt werden

und nach dem Absterben große Blattstielnarben hinterlassen. 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 reichgefeederter Blätter. So verhält sich u. a. der in unseren Wäldern sehr häufige Wurmfarne, *Aspidium filix mas*, dessen Rhizom als wurmtreibendes Mittel officinell ist. Bei dem gewöhnlichsten einheimischen Farnkraut, dem Engelsfuß, *Polypodium vulgare*, sind die Blätter einfach gefiedert und entspringen einzeln auf der Oberseite des zwischen Moos oder an Felsen kriechenden verzweigten Rhizoms. Auch gibt es manche Farne, welche ungeteilte Blätter aufweisen, so die Hirschzunge, *Scolopendrium vulgare* (Fig. 408). In den Tropen wachsen zahlreiche krautartige Farne als Epiphyten auf den Waldbäumen.

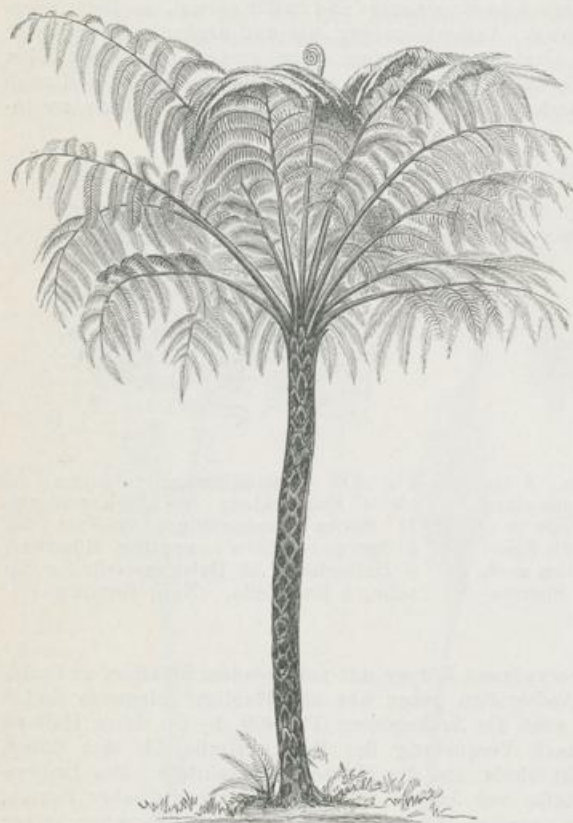


Fig. 406. *Alsophila crinita*, Baumfarne von Ceylon. Verkl.

Wie Fig. 407 zeigt, sind die Blätter in der Jugend mit der Spitze eingerollt, eine Eigentümlichkeit, welche sämtlichen Blättern der Farne und auch der Wasserfarne zukommt. Im Gegensatz zu typischen Phanerogamenblättern vollzieht sich bei Farnblättern das Wachstum an der Spitze bis zur vollen Größe.

Die meisten Farne sind an ihren Stämmen, Blattstielen und zum Teil auch den Blättern mit bräunlichen, einschichtigen, oft gefransten 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 Straußfarne, *Struthiopteris*

germanica (*Onoclea Struthiopteris*), 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.

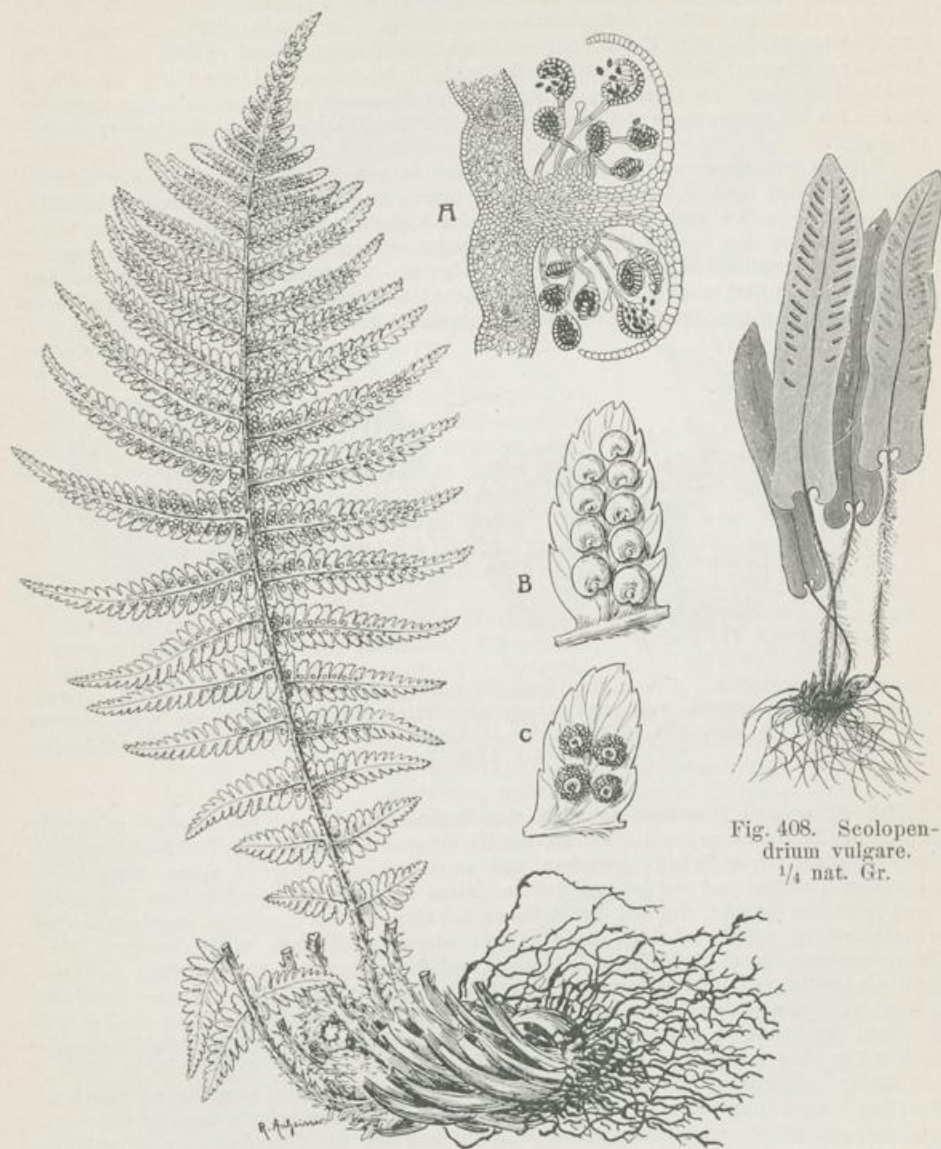


Fig. 408. *Scolopendrium vulgare*.
1/4 nat. Gr.

Fig. 407. *Aspidium filix mas*. 2/5 nat. Gr. A Sorus, quer durchschnitten. Vergr. 20. (Nach KNY.) B Fiederchen mit jungen, noch vom Schleier bedeckten Sori. C Derselben in älterem Stadium mit geschrumpftem Schleier. Schwach vergrößert. — Offizinell.

Es sei zunächst das Verhalten der Mehrzahl unserer einheimischen Farne, welche zu der umfangreichen Familie der *Polypodiaceen* gehören, dargestellt. Die Spo-

rangien erscheinen hier in verschiedenen gestalteten Häufchen, sog. Sori, vereinigt. Sie entspringen auf einem hervortretenden Blattgewebepolster, dem Receptaculum (Fig. 407 A), und werden bei vielen Arten von einem häutigen Auswuchs der Blattfläche, dem sog. Schleier, Indusium, vor der Reife bedeckt und geschützt (Fig. 407 B, C). Das einzelne Sporangium (Fig. 409) geht aus einer einzigen Epidermiszelle durch Teilung hervor, besteht im reifen Zustand aus einer kleinen, mit mehrzelligem dünnem Stiel dem Polster aufsitzenden Kapsel mit einschichtiger Wandung und enthält eine größere Anzahl von Sporen. 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 Kohäsionszug des schwindenden Wassers in den Annuluszellen deren dünne Außenwände nach innen eingestülpt, der Ring also außen verkürzt und dadurch das Aufreißen der Sporangien in einer Querspalte zwischen den breiten Endzellen des Ringes verursacht. Ist der Kohäsionszug des Wasserrestes schließlich überwunden, so erfolgt ein elastisches, die Sporenausstreuerung beförderndes Zurückschnellen des Ringes, worauf das Sporangium infolge Austrocknens und Kontraktion der dünnen Membranteile dauernd geöffnet bleibt.

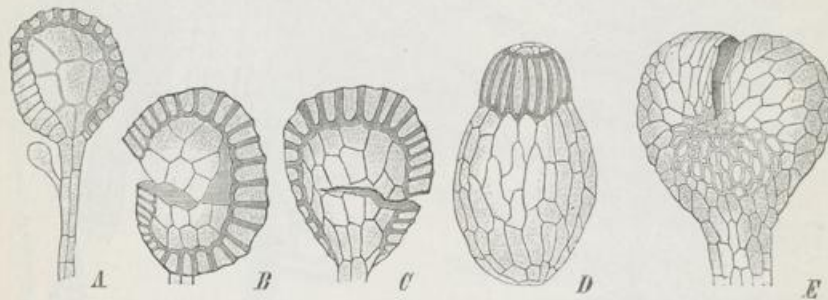


Fig. 409. Sporangien. A Von *Aspidium Filix mas.* Am Stiel ein Drüsenhaar. B und C von *Alsophila armata*, von zwei entgegengesetzten Seiten gesehen. D Von *Aneimia caudata*. E Von *Osmunda regalis*. A—D Vergr. 70, nach der Natur. E Vergr. 40. (Nach LÜRSSEN.)

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, bestehen aus zwei parallel 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 Blatthiedern in kontinuierlicher 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 und dementsprechend auch im Öffnungsmechanismus⁽¹¹⁾ Verschiedenheiten zeigen. So besitzen die *Cyatheaceen* oder Baumfarne Sporangien mit vollständigem, in schiefer Verlauf über den Scheitel ziehenden Ring (Fig. 409 B, C), ebenso haben die *Hymenophyllaceen*, deren zierliche kleine mit dünnhäutigen Wedeln versehene Formen vielfach als Epiphyten an Baumfarne angetroffen werden, einen vollständigen schiefer über das Sporangium laufenden Ring, die tropischen *Schizaeaceen* dagegen einen scheitelständigen Ring (Fig. 409 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. 409 E).

Alle Filices sind homospor. Ihr Prothallium hat meist die Gestalt eines flachen, herzförmigen, kleinen Thallus von der für *Aspidium* in Fig. 399 dargestellten Form. Antheridien und Archegonien entstehen an der Unterseite.

Bei gewissen *Hymenophyllaceen* (*Trichomanes*) aber ist das Prothallium fädig verzweigt und trägt an seinen Ästen die Antheridien und auf besonderen mehrzelligen Seitenästen die Archegonien (Fig. 410). Im Aufbau erinnern diese Prothallien ganz an das Protonema der Laubmoose.

Die Antheridien und Archegonien⁽¹¹²⁾ zeigen denjenigen der Eusporangiaten gegenüber einige Unterschiede (Fig. 411, 412). Die Antheridien werden an jungen Prothallien angelegt und sind kugelig vorgewölbte Gebilde, die mitten auf einer Prothalliumzelle sitzen und aus derselben durch papillenartige Vorwölbung, Abgrenzung durch eine Querwand und weitere Teilung hervorgegangen sind. Ihre Wandzellen bestehen aus zwei ringförmigen Zellen und einer Deckelzelle. Die Spermatozoidmutterzellen gehen aus der zentralen Zelle durch Teilung hervor. Die Entleerung der Antheridien geschieht durch den Druck der anschwellenden Ringzellen, welche die Deckelzelle sprengen. So gelangen die rundlichen Spermatozoidmutterzellen ins Wasser und entlassen nach einiger Zeit die pfropfzieherartig gewundenen, mit zahlreichen Cilien an den vorderen Windungen besetzten Samen-fäden, an deren Hinterende ein Bläschen befestigt ist, das einige kleine Körnchen führt und einen unverbrauchten Rest des Inhaltes der Mutterzelle darstellt (Fig. 411, D, C, Fig. 98 B).

Die Archegonien entstehen an älteren Prothallien, in der mehrschichtigen Mediane derselben. Sie gehen aus einzelnen Prothalliumzellen hervor. Ihr Halsteil ragt hervor, besteht aus einer einschichtigen Wandung, die von vier Zellreihen gebildet wird (Fig. 412) und schließt eine zentrale langgestreckte Halskanalzelle ein. Im Bauteile befindet sich die große Eizelle, über ihr die Bauchkanalzelle. Die Kanalzellen werden aufgelöst und erfüllen den Kanal mit einer stark lichtbrechenden quellbaren Substanz. Diese quillt bei



Fig. 410. *Trichomanes rigidum*. Teil eines Prothalliums mit Archegonienträgern A, wovon einer mit Keimpflanze. (Nach GÖBEL.)

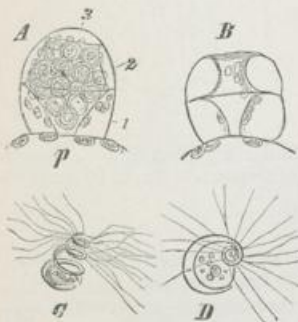


Fig. 411. *Polypodium vulgare*. A Reifes, B entleertes Antheridium, p Prothalliumzelle, 1 und 2 Ringzellen, 3 Deckelzelle. A und B Vergr. 240. C und D Spermatozoiden. Vergr. 540.

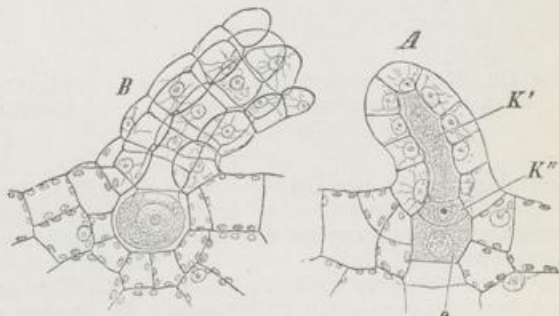


Fig. 412. *Polypodium vulgare*. B Unreifes Archegonium, K' Halskanalzelle, K'' Bauchkanalzelle, o Ei. B Reifes geöffnetes Archegonium. Vergr. 240.

Wasserzutritt, öffnet an der Spitze das empfängnisfähige Archegonium und tritt hervor. Die Embryoentwicklung ist aus Fig. 400 zu ersehen.

Ausnahmsweise kann bei gewissen Farnkräutern der Sporophyt auf dem Prothallium durch vegetative Knospung sich entwickeln, ohne daß Sexualorgane mitwirken oder ausgebildet werden (Apogamie), und umgekehrt kommt es auch vor, daß an den Farnwedeln keine Sporen, sondern direkt Prothallien erzeugt werden (Aposporie)⁽¹¹³⁾.

Offizinell 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 seu 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 Wasserfarne gehören nur wenige Gattungen wasser- oder sumpfbewohnender krautiger Gewächse. Sie sind sämtlich heterospor. Die Makro- und Mikrosporangien

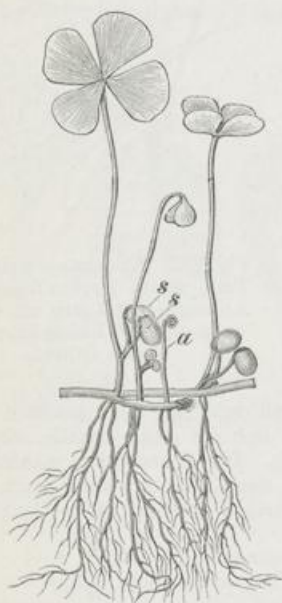


Fig. 413. *Marsilia quadrifoliata*. a Junges Blatt, s Sporokarpium. Verkleinert. (Nach Bischoff.)

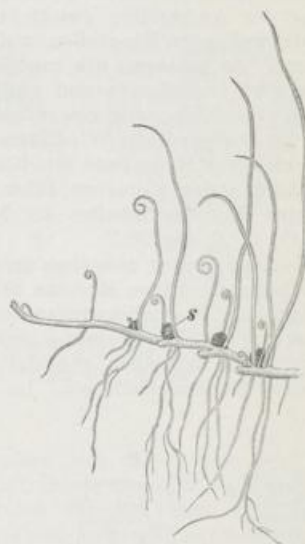


Fig. 414. *Pilularia globulifera*. s Sporokarpium. Verkleinert. (Nach Bischoff.)

entspringen nicht wie die Sporangien der Filices frei an der Unterseite der Blätter, sondern sind in besondere, an der Basis der Blätter sitzende Behälter, sog. Sporangienfrüchte oder Sporokarpium eingeschlossen. Auch besitzt ihre einschichtige Wandung keinen Ring.

Die Wasserfarne umfassen die beiden Familien der *Marsiliaceen* (mit 3 Gattungen) und der *Salvinaceen* (mit 2 Gattungen). Zu ersterer gehört die Gattung *Marsilia*, die bei uns durch *M. quadrifoliata* vertreten ist (Fig. 413). Sie wächst auf sumpfigen Wiesen, hat eine kriechende dünne verzweigte Achse mit einzeln stehenden langgestielten Blättern, deren Spreite aus zwei dicht aneinander gerückten Fiederblattpaaren sich zusammensetzt. Über der Basis des Blattstiels entspringen paarweise, bei anderen Arten in noch größerer Anzahl, die gestielten ovalen Sporokarpium, von denen ein jedes seiner Anlage nach dem assimilierenden vierfiedrigen sterilen, hier aber ungetrennt bleibenden Blattteil entspricht. Die Sporangien finden sich im Innern der Kapseln in zwei

Reihen von Hohlräumen, die eine Zeitlang durch je einen nach der Bauchseite ausmündenden Kanal nach außen führen, zuletzt aber ganz geschlossen sind; es entstehen nämlich die Sporangien wie bei allen übrigen Farnen auch hier ursprünglich aus Oberflächenzellen, die dann durch Umwallung des umgebenden Gewebes in die Hohlräume zu liegen kommen. Wie die Abbildung zeigt, sind die jungen Blätter (*a*) an der Spitze schneckenförmig eingerollt, sie entwickeln sich somit bei den Marsiliaceen in derselben Weise wie bei den Farnen.

Die Gattung *Pitularia*, 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 Blattteil entsprechenden Sporokarprien einzeln entspringen (Fig. 414).

Die zweite Familie, *Salvinia*-*ceen*, 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 geteilt und übernimmt die Funktion der fehlenden Wurzeln. An diesen Wasserblättern sitzen am Grunde der basalen Zipfel zu mehreren die kugeligen Sporokarprien (Fig. 415 A), welche bei den Salviniaceen eine andere Entwicklungsgeschichte zeigen als bei den Marsiliaceen. Die Sporangien entspringen am Grunde des Sporokarps auf einem säulenförmigen Receptaculum, das seiner Anlage nach einem modifizierten Wasser-

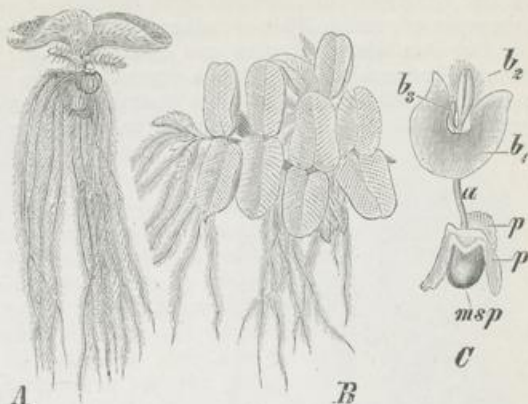


Fig. 415. *Salvinia natans*. A Von der Seite. B Von oben. Verkleinert. (Nach BISCHOFF.) C Keimpflanze, *msp* Makrospore, *p* Prothallium, *a* Stengel, *b*₁ *b*₂ *b*₃ die drei ersten Blätter, *b*₁ das sog. Schildchen. Vergr. 15. (Nach PRINGSHEIM.)

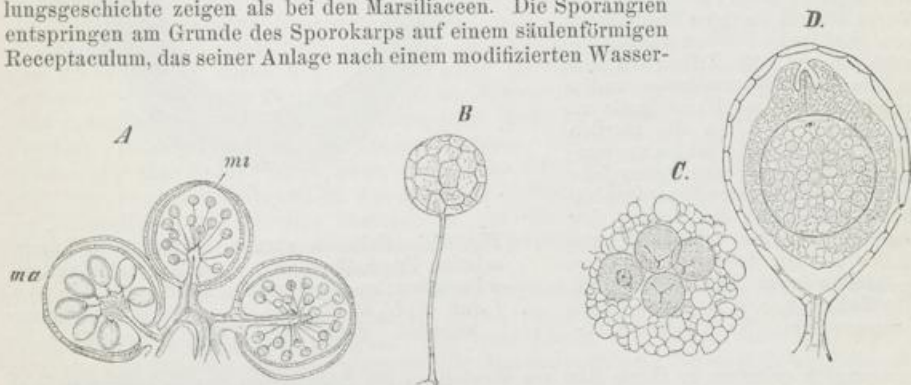


Fig. 416. *Salvinia natans*. A, *ma* Makrosporocarpium, *mi* Mikrosporocarpium in medianem Längsschnitt. Vergr. 8. B Ein Mikrosporangium von außen gesehen. Vergr. 55. C In schaumige Zwischensubstanz eingebettete Mikrosporen. Vergr. 250. D Makrosporangium und Makrospore, in medianem Längsschnitt. Vergr. 55.

blattzipfel entspricht. Die Hülle dagegen ist als Indusium aufzufassen; sie entsteht als Neubildung in Form eines Ringwalles, der krugförmig und schließlich hohlkugelförmig über dem Receptaculum und seinem Sporangiensorus zusammenwächst. Die zweite Gattung *Axolla* ist vorwiegend tropisch und stellt kleine zierliche, reichverzweigte Schwimmpflänzchen vor, mit dicht aufeinander folgenden Blättchen in zweizeiliger Anordnung. Jedes Blatt besteht aus zwei Lappen, von denen der obere schwimmt und

assimiliert, der untere ins Wasser taucht und an der Wasseraufnahme sich beteiligt. Der obere Lappen enthält eine Höhlung, die mit enger Öffnung 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, welche meist zu zweien unterseits am ersten Blatt einzelner Seitenzweige entspringen.

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*⁽¹¹⁴⁾ erläutert werden. Die Sporokarpium enthalten entweder Mikrosporangien in größerer Zahl oder Makrosporangien in geringerer Zahl (Fig. 416 A, *ma*, *mi*). Beiderlei

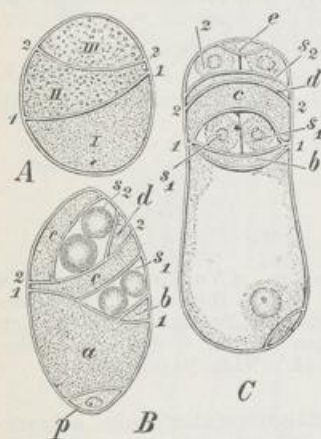


Fig. 417. *Salvinia natans*. Männliche Prothallien. A Teilung der Mikrosporen in drei Zellen, I—III. Vergr. 860. B Fertiges Prothallium von der Flanke. C Von der Bauchseite. Vergr. 640. Zelle I hat sich in die Prothalliumzellen *a* und *p* geteilt, *p* ist als Rhizoidzelle zu deuten. Zelle II in die 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.)

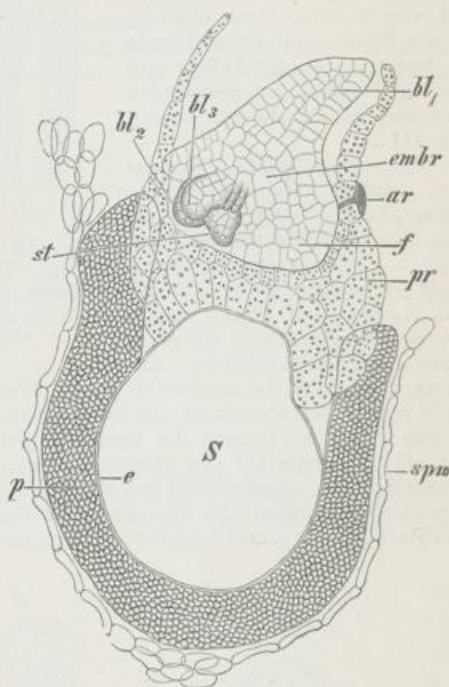


Fig. 418. *Salvinia natans*. Embryo im Längsschnitt, Prothallium *pr*, *s* Sporenzelle, *e* Exin, *p* Perin, *spu* Sporangiumwand, *embr* Embryo, *f* Fuß, *bl*₁ *bl*₂ *bl*₃ die drei ersten Blätter, *st* Stammscheitel. Vergr. 100. (Nach PRINGSHEIM.)

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 Mikrosporangien umschließen eine größere Anzahl von Mikrosporen, 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 Selbständigkeit aufgeben und zwischen die Sporenmutterzellen einwandern.

Die Mikrosporangien platzen nicht auf, die Mikrosporen keimen vielmehr innerhalb derselben und entwickeln nur ein kurzes schlauchförmiges männliches Prothallium, das nach außen durch die Sporangiumwand hervortritt. Durch aufeinander folgende Teilungen werden im Prothallium die Antheridien gebildet (Fig. 417). Jedes Antheridium erzeugt

im ganzen vier Spermatozoidmutterzellen, welche durch Aufbrechen der Zellwände nach außen gelangen. Obwohl somit das ganze männliche Prothallium sehr reduziert erscheint, läßt es sich in seinem Aufbau unschwer auf die Prothallien der Filices zurückführen.

Die Makrosporangien sind größer als die Mikrosporangien und besitzen ebenfalls eine einschichtige Wandung (Fig. 416 D), enthalten aber nur eine einzige große Makrospore, indem nur eine der zahlreich angelegten Sporen auf Kosten der übrigen sich weiter entwickelt. Die Makrospore ist mit großen eckigen Proteinkörnern, mit Öltröpfchen 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 Mikrosporangiums entspricht und wie diese aus den Tapetenzellen hervorgeht, also der Spore aufgelagert wird. Die Makrospore 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 Teilung ein kleinzelliges weibliches Prothallium gebildet, während die darunter gelegene große Zelle mit ihrem Reichtum an Reservestoffen zu dessen Ernährung dient und sich nicht weiter teilt. Die Sporenhaut platzt in drei Klappen auf, ebenso springt die Sporangiumwand auf, und das grüne Prothallium ragt nun als kleines sattelförmiges Gebilde etwas hervor. Es entwickelt drei Archegonien; aber nur die befruchtete Eizelle des einen derselben kommt zur Weiterentwicklung und zur Anlage eines Embryo, welcher mit seinem Fuß im erweiterten und schließlich gesprengten Archegoniumbauch steckt (Fig. 418). Das erste Blatt der Keimpflanze (Fig. 415 C) hat schildförmige Gestalt, es schwimmt auf der Oberfläche des Wassers.

Bei *Azolla*⁽¹¹⁵⁾ verläuft der Entwicklungsgang in ähnlicher Weise, aber die Sporangien und Sporen zeigen eine Reihe von Besonderheiten. In den Mikrosporangien werden die Sporen durch die von dem Plasma der Tapetenzellen stammende Zwischensubstanz zu mehreren rundlichen Ballen, den sog. Massulae, vereinigt. Jede Massula umschließt eine Anzahl von Sporen und ist an der Oberfläche mit gestielten Widerhäkchen, sog. Glochiden, Auswüchsen der Zwischensubstanz, besetzt. Die Sporangiumwand platzt auf und entläßt die Massulae, welche im Wasser zu den Makrosporen gelangen. In den Makrosporangien, welche einzeln in jeder Frucht stehen, wächst nur eine Spore weiter, verdrängt alle anderen Sporenzellen, und preßt schließlich auch die Wandung des Makrosporangiums selbst flach zusammen, so daß diese dicht an die eiförmige Sporenfruchtwandung zu liegen kommt; auch kann die Sporangiumwandung dabei teilweise aufgelöst werden. Das Perinium umgibt die Makrospore 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 Teile auf, ihr Scheitel verbleibt an der frei gewordenen Makrospore in Form eines Schirmes. Die Prothalliumbildung stimmt im wesentlichen mit *Salvinia* überein; an den kleinen wenigzelligen männlichen Prothallien, die aus den Massulae hervorgestreckt werden, entsteht aber nur je ein einziges Antheridium mit acht Spermatozoiden.

Die Sporokarpn der *Marsiliaceen* sind komplizierter gebaut, enthalten bei *Pilularia globulifera* vier Fächer, jedes mit einem Sorus, bei *Marsilia* zahlreiche Sori (14—18) in zwei Reihen übereinander gelagert. Die Sori beider Gattungen enthalten zugleich Makro- und Mikrosporangien, während bei den *Salvinia* 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 reduziert. Die weiblichen kleinen Prothallien, die sich am Scheitel der Makrosporen ausbilden, bringen nur ein einziges Archegonium hervor.

Klasse II.

Equisetinae, Schachtelhalme⁽¹¹⁶⁾.

Die Schachtelhalme stellen eine scharf abgegrenzte Klasse vor und umfassen nur die Gattung *Equisetum*, die mit ihren 20 Arten eine weite Verbreitung auf der Erde

aufweist. Die Arten sind teils Land-, teils Sumpfpflanzen. Sie zeigen einen sehr charakteristischen Habitus und Aufbau ihrer ungeschlechtlichen Generation. Aus einem im Boden kriechenden Rhizom entspringen aufrechte oberirdische Halme von meist nur einjähriger Lebensdauer. Bei *Equisetum arvense* (Fig. 420), dem Ackerschachtelhalm, sowie auch bei anderen Arten werden seitliche kurze Rhizomäste in Form von runden Knollen als Reservestoffbehälter und Überwinterungsorgane ausgebildet. Die oberirdischen Halme bleiben entweder einfach, oder sie verzweigen sich in quirlig gestellte Äste zweiter, dritter usw. Ordnung. Alle Achsen sind aus gestreckten Internodien zusammengesetzt, innen von einem zentralen Luftgang und von peripherischen Luftgängen sowie von einem Kreis von kollateralen Gefäßbündeln durchzogen (Fig. 419).

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 aufeinander folgenden Quirle wechseln miteinander ab. Die Seitenzweige werden in den Achseln der Quirlscheiden-

blätter angelegt und brechen, da sie aus der engen Scheide nicht nach oben herauswachsen können, durch dieselbe nach außen hervor. Entsprechend der Reduktion der Blattspreiten übernehmen die Halme die Funktion 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 Quirlen am Gipfel der aufrechten Sprosse in Form eines ovalen oder kugeligen Sporangiumstandes oder Sporophyllstandes (Fig. 420), welcher in seinem Aufbau der männlichen Blüte der Koniferen entspricht und demgemäß auch als Blüte 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. 420 B, C). Das sporenbildende Gewebe ist im jüngeren Sporangium von einer mehrschichtigen Wandung umgeben. Während die inneren Lagen als sog. Tapetenzellen aufgelöst werden und mit ihrem Plasma zwischen die sich abrundenden Sporen eindringen, bleibt bei der Reife nur die äußere Zellschicht als definitive

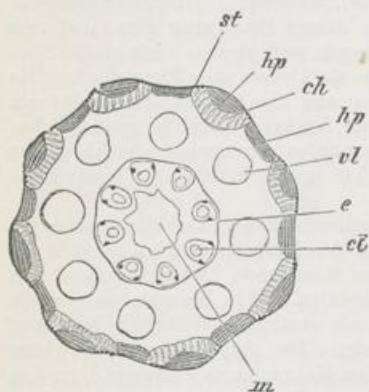


Fig. 419. *Equisetum arvense*. Querschnitt durch den Stengel. *m* lysigene Markhöhle, *e* Endodermis, *cl* Karinalhöhlen in den kollateralen Gefäßbündeln, *vl* Vallekularhöhlen, *hp* Sklerenchymstränge in den Riefen und Rippen, *ch* chlorophyllführendes Gewebe der primären Rinde, *st* Spaltöffnungsreihen. Vergr. 11.

Wandung erhalten; ihre Zellen erhalten Spiral- und Ringfaserverdickungen und die Sporangien gleichen darin den ihnen homologen Pollensäcken der Phanerogamen. Das Aufspringen geschieht durch Kohäsionszug des schwindenden Füllwassers und durch die Kontraktion der dünnen Membranteile beim Austrocknen⁽¹⁷⁾. Das geöffnete Sporangium entleert zahlreiche grüne Sporen mit höchst eigentümlicher Membran. Außer der eigentlichen, aus Intine und Exine bestehenden Sporenmembran ist ein dieser von dem Plasma der Tapetenzellen aufgelagertes Perinium (Epispor) vorhanden. Dasselbe besteht (Fig. 420 D) aus zwei spiralig gewundenen, parallel laufenden 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, gruppenweise zu verketten (Fig. 420 E).

Bei gewissen Schachtelhalmen hat sich ein Unterschied in der Ausgestaltung der oberirdischen Halme herausgebildet. Teils bleiben sie steril, verzweigen sich reichlich, teils tragen sie an ihrem Ende die Blüten 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 Blüte abschließen (Fig. 420) 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.

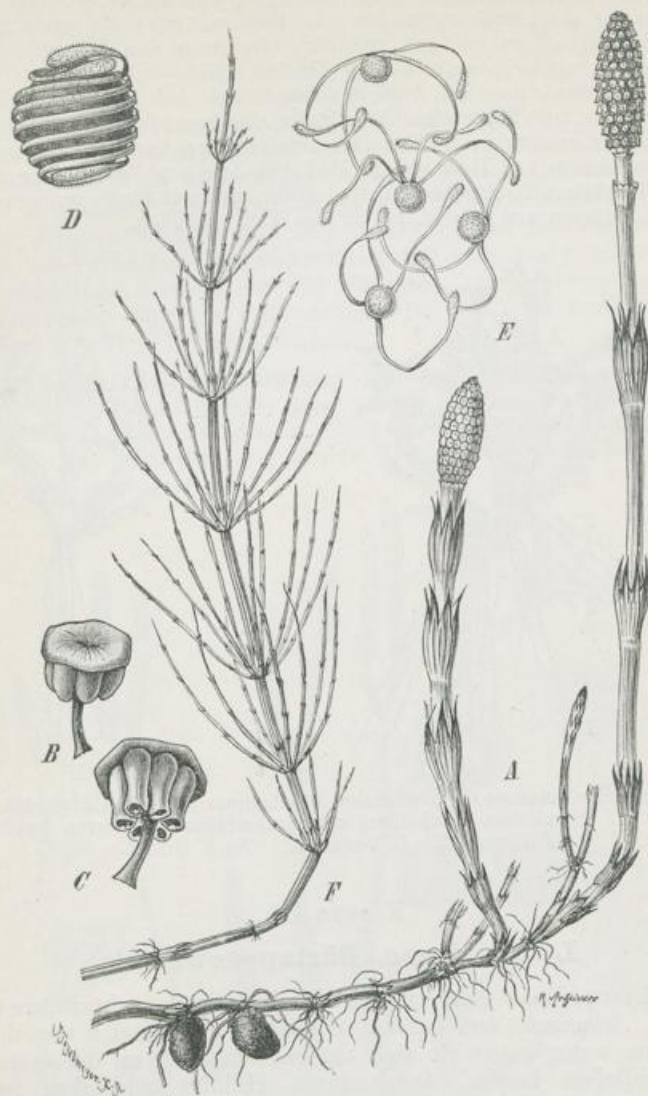


Fig. 420. *Equisetum arvense*. A Fertile Halme, dem knollentragenden Rhizom entspringend, mit vegetativem Halm noch in der Knospe. F Unfruchtbarer vegetativer Halm. B und C Sporophylle mit Sporangien, in C aufgesprungen. D Spore mit den beiden Spiralbändern des Periniums. E Sporen mit den in trockenem Zustand ausgebreiteten Spiralbändern. A F $\frac{1}{2}$ nat. Gr. B C D E Vergr.

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.

Die Sporen sind sämtlich von gleicher Beschaffenheit und keimen zu thallösen Prothallien aus. Die Prothallien sind meist diöcisch (Fig. 421). Die weiblichen

Prothallien erreichen bedeutendere Größe als die männlichen 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 Öffnung des Archegoniums stark nach außen um. Am Embryo treten die ersten Blätter gleich in einem Quirl angeordnet auf und umwallen ringförmig den Stammscheitel, welcher mit dreiseitiger Scheitelzelle weiterwächst (Fig. 164, 165).

Die äußeren Membranen der Stengelepidermis sind bei den Schachtelhalmen mehr oder weniger stark mit Kieselsäure imprägniert, in besonderem Maße bei *Equisetum hiemale*, welches ebenso wie auch *E. arvense* infolgedessen zum Scheuern von metallenen Gefäßen, zum Polieren von Holz und zu ähnlichen Zwecken Verwendung findet.

Giftig: In einigen Equisetumarten sind giftig wirkende Stoffe nachgewiesen. Heu, mit viel Schachtelhalm untermischt, ist für das Vieh schädlich.



Fig. 421. *Equisetum pratense*. I Weibliches Prothallium von der Unterseite, mit Archegonien A. II Männliches Prothallium mit Antheridien A, d deren Deckelzellen.
I Vergr. 17. II Vergr. 12. (Nach GÖBEL.)

Klasse III.

Lycopodinae, Bärlappgewächse.

Zu den Lycopodinae gehören als wichtigste und verbreitetste Gattungen *Lycopodium*, *Selaginella* und *Isoetes*. Sie unterscheiden sich von den übrigen Pteridophyten, unter denen sie sich am ehesten noch an die eusporangiaten Filices anschließen lassen, durch ihren Habitus und ihre Sporangienentwicklung.

Während bei Filicineen 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 Blüten, ähnlich wie bei *Equisetum*, vereinigt. Die Sporangien der Lycopodiaceen sind im Verhältnis 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 Filicineen 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 mit zwei Klappen, die in einer über den Scheitel laufenden Spalte sich von einander trennen⁽¹¹⁷⁾. 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 Heterospore an und zugleich eine weitgehende Reduktion und sehr eigenartige Ausbildung des Prothalliums; bei *Lycopodium* dagegen sind die Prothallien wohl entwickelt und zeigen Ähnlichkeit mit denen der Ophioglossaceen. 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) und Wurzeln.

1. Ordnung. Lycopodiaceae⁽¹¹⁸⁾. Die zahlreichen Arten der Gattung *Lycopodium*, Bärlapp, sind krautige, meist erdbewohnende Gewächse; in den Tropen gibt es aber auch epiphytische Formen. Eine der häufigsten Arten unserer Flora ist *Lycopodium clavatum* (Fig. 422). Der Stengel dieser wie auch anderer Arten kriecht

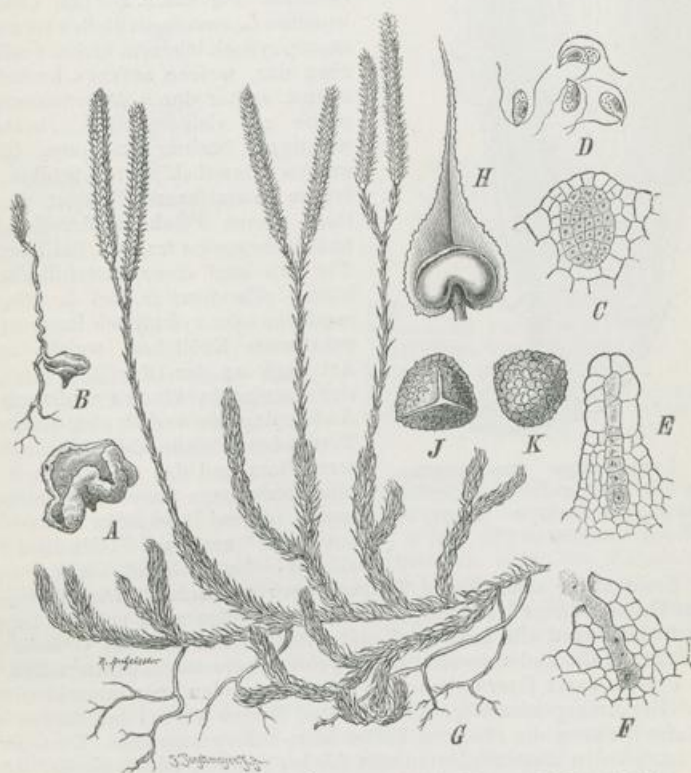


Fig. 422. *Lycopodium clavatum*. A Älteres Prothallium. B Prothallium mit junger Pflanze. C Antheridium, noch geschlossen, quer. D Spermatozoiden. E und F Jüngerer, noch geschlossenes und befruchtungsreifes geöffnetes Archegonium. G Sporangientragende Pflanze, $\frac{1}{2}$ nat. Gr. H Ein Sporophyll mit aufgesprungenem Sporangium. I und K Sporen in zwei Ansichten. A—F nach BRUCHMANN.

weit über den Boden hin, verzweigt sich gabelig in aufsteigende Seitenäste und ist dicht mit linealpfriemlichen kleinen Blättchen besetzt. Auf der Unterseite der Stengele entspringen dichotom verzweigte Wurzeln. Die ährenförmigen Blüten stehen zu zwei oder mehreren an den Enden von aufrechten, dichotom verzweigten Stengeln und setzen sich aus dicht aufeinander folgenden Sporophyllen zusammen. Die letzteren 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. 422 H). 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.

Alle *Lycopodium*sporen sind gleichgestaltet. Da sie bis zu ihrer Reife in Tetraden verbunden bleiben, behalten sie ihre kugeltetraëdrischer Gestalt bei. Ihre Exine ist mit netzförmigen Verdickungsleisten versehen (Fig. 422 I, K).

Die aus den Sporen hervorgehenden Prothallien sind erst für eine kleinere Anzahl von Arten bekannt geworden und zeigen bemerkenswerte Verschiedenheiten. Bei *L. clavatum* (Fig. 422 A, B) 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* (Fig. 423) sind diese unterirdischen Gewebekörper rübenförmige, bei *L. Selago* dagegen rundliche oder zylindrisch 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*, deren Prothallien kleine im Boden steckende und mit Rhizoiden befestigte chlorophyllarme Gewebekörper vorstellen, die

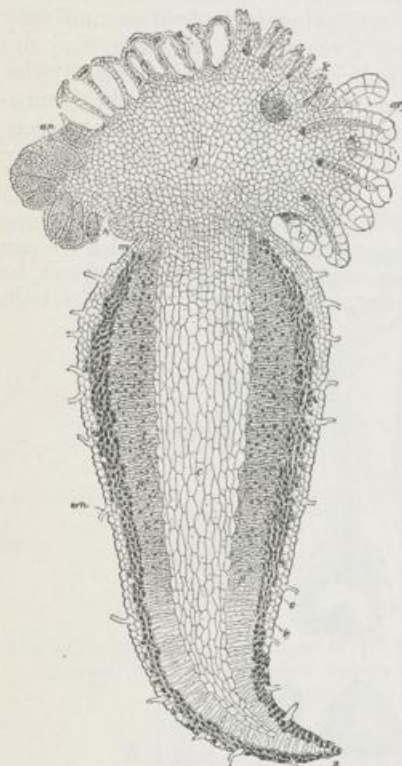


Fig. 423. *Lycopodium complanatum*. Prothallium mit Antheridien aa, Archegonien ar, k junger Embryo. Vergr. 26. (Nach BRUCHMANN.)

am oberen Ende grüne oberirdische Thalluslappen entsenden. Die Archegonien entspringen am Grunde dieser Thalluslappen, die Antheridien auch auf den Lappen selbst.

Die Prothallien sind alle monöisch. Die Antheridien (Fig. 422 C) sind in das Gewebe etwas eingesenkt und umschließen zahlreiche Spermatozoidmutterzellen, aus denen die kleinen ovalen, unter ihrer Spitze zwei Cilien tragenden Spermatozoiden (Fig. 422 D) frei werden. Die Archegonien (Fig. 422 E, F) sind ähnlich wie bei den Farnen beschaffen; an ihrem Halsteil gehen die obersten Zellen beim Öffnen zugrunde. Die Zahl der Halskanalzellen ist bei den einzelnen Arten verschieden (1, 3–5, oder 6 bis 10). Die Embryoentwicklung verläuft in ähnlicher Weise wie bei *Selaginella* (Fig. 428). Es wird ein Embryoträger oder Suspensor gebildet, der aber auf dem Fußende des Embryos oder zwischen Fuß und Stammknospe steht.

Offizinell sind die Sporen von *Lycopodium clavatum* und anderen

Arten (*Lycopodium*, *Pharm. germ.*, *austr.*, *helv.*). Sie werden als Hexenmehl bezeichnet.

2. Ordnung. Selaginellaceae⁽¹¹⁹⁾. Die Gattung *Selaginella* ist bei uns nur durch wenige, in den Tropen dagegen durch zahlreiche Formen vertreten. Sie besitzen teils niederliegende, am Boden kriechende, reich gabelig, mit sympodialer Ausbildung verzweigte, teils aufrechte verzweigte Stengel; einige sind rasenbildend, andere klettern sogar mit mehrere Meter langem Stengel im Gesträuch empor. Im allgemeinen haben die Selaginellen ähnlichen Habitus wie die *Lycopodien*, ihr Stengel ist mit kleinen schuppenartigen Blättchen und zwar meist in dorsiventraler Anordnung besetzt, so bei der in den Alpen einheimischen *Selaginella helvetica* (Fig. 424), deren Stengel zwei Reihen kleiner, sog. Oberblätter, und zwei Reihen diesen gegenüberstehender größerer Unterblätter trägt. Eigentümlich sind den Selaginellen die Wurzelträger⁽¹²⁰⁾, blattlose, zylindrische, an den Gabelungsstellen der Stengel meist paarweise exogen entspringende

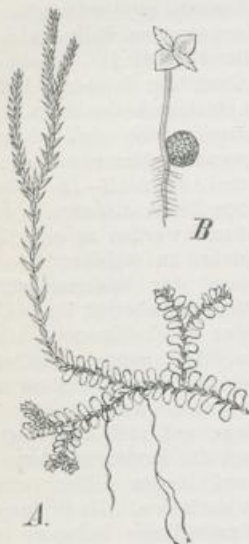


Fig. 424. A *Selaginella helvetica*. Nat. Gr. (Nach der Natur.) B *S. denticulata*, Keimpflänzchen mit der Makrospore. Vergr. (Nach BISCHOFF.)

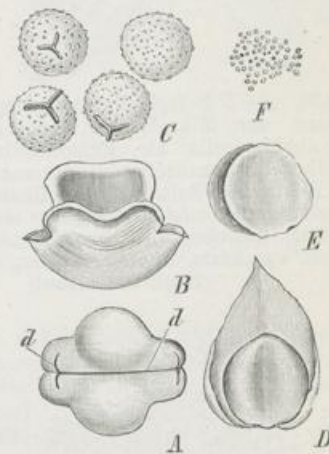


Fig. 425. *Selaginella helvetica*. A Makrosporangien von oben mit Dehiscenzlinie *d*. B Geöffnet von der Seite, die vier Makrosporen *C* ausgeschleudert. D Mikrosporangien in der Achsel des Schuppenblattes von innen. E Geöffnet. F Mikrosporen. Vergr. ca. 15.

und nach unten wachsende sproßartige Sondergebilde (vgl. S. 42), die nahe an ihrer Spitze je eine oder mehrere Wurzeln endogen erzeugen, übrigens aber auch befähigt sind, zu beblätterten Sprossen weiterzuwachsen, wenn die normalen Sprosse zurückgeschnitten werden. Schon an dem Keimling entstehen unter den Keimblättern ganz kurze Wurzelträger, aus deren Spitzen die ersten Wurzeln endogen sich bilden. Die Blätter der Selaginellen sind ausgezeichnet durch eine der Blattoberseite am Grunde entspringende kleine häutige Ligula. Ihre epidermalen Assimilationszellen führen bei manchen Arten, ähnlich wie bei *Anthoceros*, nur je einen großen muldenförmigen Chloroplasten⁽¹²¹⁾.

Die Sporophyllstände oder Blüten 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 ein und derselben Blüte treten sowohl Makro- als auch Mikrosporangien auf. In den ersteren (Fig. 425 A—C) gehen die angelegten Sporenmutterzellen alle zugrunde bis auf eine, welche die vier großen paarweise gekreuzten und die Sporangienwand buckelig vorwölbenden Sporen liefert. Das Aufspringen vollzieht sich auf vorgezeichneten Dehiscenzlinien mit zwei auf einem basalen kahnförmigen Teile stehenden, sich zurückkrümmenden Klappen; durch

den Druck des sich verengenden Kahnteils und der Klappen werden die Sporen herausgeschleudert. In den flachen Mikrosporangien sind zahlreiche kleine Sporen vorhanden.

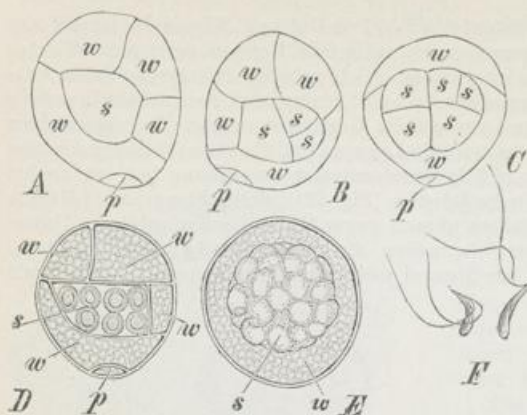


Fig. 426. A—E *Selaginella stolonifera*. Vergr. 640. Keimung der Mikrosporen, successive Stadien, *p* Prothalliumzelle als Rhizoidzelle aufzufassen, *w* Antheridiumwandzellen, *s* spermogene Zellen, A, B, D Von der Seite, C vom Rücken. In E die Prothalliumzelle nicht sichtbar, die Wandzellen aufgelöst, umgeben die Spermatozoidmutterzellen. F *Sel. cuspidata*. Spermatozoiden. Vergr. 780. (Nach BELAJEFF.)

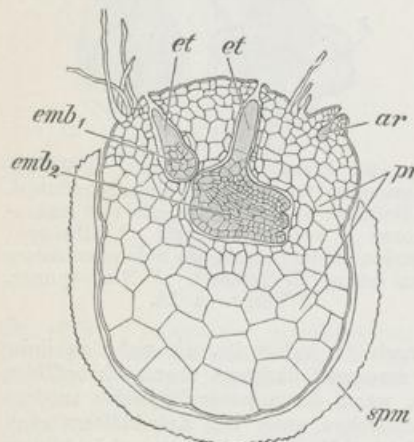


Fig. 427. *Selaginella Martensii*. Weibliches Prothallium, aus der am Scheitel geöffneten Makrosporenmembran *spm* hervortretend, *ar* unbefruchtet gebliebenes Archegonium, *emb1*, *emb2* zwei in das Prothalliumgewebe eingesenkte Embryonen mit den Embryoträgern *et*. Vergr. 124. (Kombiniert nach PFEFFER.)

bildenden Sporenraum abgrenzen. In dem kleinzelligen Gewebe am Scheitel werden 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 Öffnung geschieht hier in ähnlicher Weise, nur ist der kahnförmige Teil viel kürzer, die Klappen reichen fast bis zur Basis.

Die Mikrosporen beginnen ihre Weiterentwicklung schon innerhalb des Sporangiums. Die Sporenzelle teilt sich zunächst in eine kleine linsenförmige, der Rhizoidzelle von *Salvinia* entsprechende Zelle und in eine große Zelle, welche successive in acht sterile Prothallien- oder Wandzellen und zwei oder vier zentrale spermogene Zellen sich weiter teilt (Fig. 426 A). Durch weitere Teilung 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 zentrale Masse der Spermatozoidmutterzellen eingebettet liegt (E). Die kleine Prothalliumzelle bleibt hin-

gegen erhalten. Das ganze männliche Prothallium ist bis zu diesem Stadium von der Mikrosporenhaut 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 reduzierten Prothalliums erinnert an die gleichartigen Vorgänge bei den Hydropteriden.

Auch die Makrosporen beginnen, allerdings nicht bei allen Arten, ihre Weiterentwicklung schon, wenn sie noch im Sporangium eingeschlossen liegen. Der Zellkern teilt sich in Tochterkerne, die in dem Wandplasma am Scheitel sich verteilen, und nun erfolgt hier die Ausbildung von Zellwänden. So wird vom Scheitel bis zur Basis fortschreitend die Spore durch Vielzellbildung ganz mit großen Prothalliumzellen angefüllt; zugleich beginnt aber auch in derselben Richtung die weitere Teilung dieser Zellen in kleinzelliges Gewebe. Bei einigen Arten wird zunächst nur am Scheitel eine kleinzellige Scheibe von Zellen angelegt, welche durch verdickte Innenwände (Diaphragma) sich von dem erst später die Zellwände aus-

Die Sporenwand platzt schließlich am Scheitel auf und das kleinzellige farblose Prothallium tritt etwas hervor und bildet auch einige Rhizoïden. Es erfolgt dann die Befruchtung von einem oder zwei Archegonien und die direkte Weiterentwicklung der befruchteten Eizellen zum Embryo (Fig. 427).

In der Entwicklung des Embryo erinnert *Selaginella* mit einigen Unterschieden am meisten an *Lycopodium*. Das Ei teilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen und die obere derselben vergrößert sich stark, geht in ihrer unteren Partie noch einige Teilungen ein und wird auch hier zu dem Embryoträger oder Suspensor (Fig. 428 *et*), während aus der unteren Zelle durch weitere Teilungen der sich in das erste Blattpaar, den Stammscheitel, den ersten Wurzelträger und den 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 Ausprossungen 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 Makrospore hervor; die junge Keimpflanze bleibt mit dem Fuß in dem Prothalliumgewebe stecken, so daß das Ganze den Eindruck eines keimenden Phanerogamensamens hervorruft (Fig. 424 B).

3. Ordnung. Isoëtaceae⁽¹²²⁾. Hierher gehört nur die isoliert stehende Gattung *Isoëtes*, Brachsenkraut, die als selbständiger Zweig der in früheren Erdperioden viel formenreicheren Klasse anzusehen ist, übrigens auch einige Beziehungen zu den eusporangiaten Filices aufweist. Die *Isoëtes*-Arten sind teils untergetauchte, teils auf feuchtem Boden lebende perennierende Kräuter mit knolliger gestauchter, selten dichotom gegabelter Achse, die nach unten ein Büschel von dichotom sich gabelnden Wurzeln, nach oben eine dichte Rosette von langen pfriemförmigen, steifen, von vier Luftkanälen durchzogenen Blättern trägt (Fig. 429). 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. Über der Fovea ist die Ligula als dreieckiges Häutchen mit eingesenkter Basis inseriert. Im Habitus weicht also

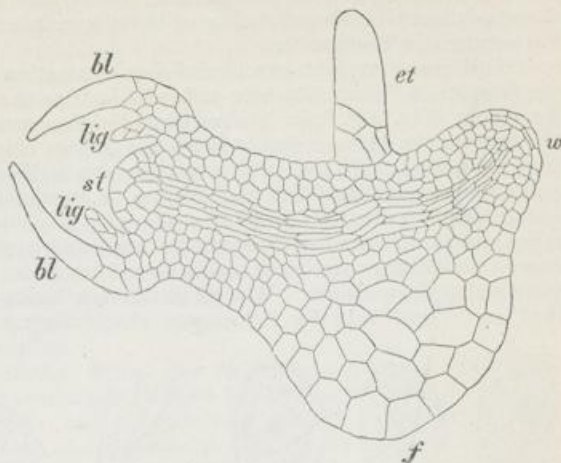


Fig. 428. *Selaginella Martensii*. Längsschnitt durch einen noch nicht aus der Spore hervorgebrochenen Embryo. *et* Embryoträger, *w* Wurzelanlage, *f* Fuß, *bl* Blätter, *lig* Ligula, *st* Stammscheitel. Vergr. 165. (Nach PFEFFER.)

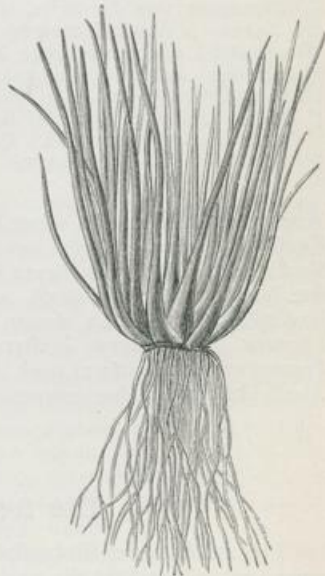


Fig. 429. *Isoëtes lacustris*. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.

Isoëtes von den übrigen Gattungen bedeutend ab, mit Selaginella ist ihr die Ligula gemeinsam.

Die Makrosporangien sitzen an den äußeren Blättern der Rosette, die ihnen ähnlichen Mikrosporangien 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 reduzierte männliche Prothallium entwickelt sich bereits in der Spore (Fig. 430). Auch hier wird die Sporenzelle in eine kleine linsenförmige Prothalliumzelle (*p*) und eine größere, als Anlage eines einzigen Antheridiums, zerlegt. Die große Zelle teilt sich weiter in vier sterile Wandzellen (*w*), welche allseitig zwei zentrale spermatogene Zellen umschließen. Aus jeder der letzteren entstehen zwei Spermatozoidmutterzellen (*E*), im ganzen also vier, die nun nach dem Auflösen der Wandzellen und Aufplatzen der Sporenhülle nach außen gelangen und die spiralig gewundenen, mit Anhang versehenen und am vorderen Ende mit einem Cilienbüschel besetzten Samenfäden (*G*) entlassen. Wie bei Selaginella bleibt auch hier das weibliche Prothallium (Fig. 431) in der Makrospore eingeschlossen und ist nicht zu selbständigem

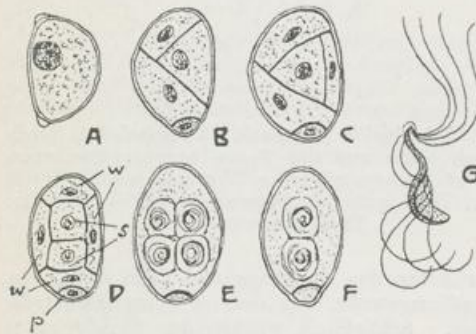


Fig. 430. A—F *Isoetes setacea*. Vergr. 640. A Mikrospore von der Seite. B—D Teilung der Spore, *p* Prothalliumzelle, *w* die vier Wandzellen, *s* spermatogene Zelle. E Die Wandzellen aufgelöst, umgeben die vier Spermatozoidmutterzellen, Flächenansicht. F Desgl., Seitenansicht. G *Isoetes Malinverniana*, Spermatozoid. Vergr. 780. (Nach BELAJEFF.)

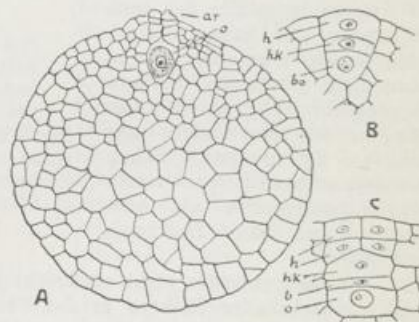


Fig. 431. *Isoetes echinospora*. A Weibliches Prothallium mit Archegonium *ar*, Eizelle *o*. B C Entwicklung des Archegoniums aus einer oberflächlichen Zelle, *h* Halszellen, *hk* Halskanalzelle, *b* Bauchkanalzelle, *o* Eizelle. Vergr. 250. (Nach CAMPBELL.)

Wachstum befähigt. In seiner Bildung zeigt es wie bei Selaginella Annäherung an die Koniferen, indem zunächst der Kern der Makrospore in zahlreiche freie wandständige Tochterkerne sich teilt, 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 einige wenige Archegonien zur Entwicklung kommen. Der Embryo besitzt keinen Embryoträger. Im Bau des Embryos und der Spermatozoiden entfernt sich *Isoetes* von den übrigen Lycopodinen, zeigt vielmehr Ähnlichkeiten mit den eusporangiaten Farnen.

Die fossilen Kryptogamen⁽¹²³⁾.

Die aus früheren Erdperioden in fossiltem Zustand erhaltenen Reste von Kryptogamen 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 Teil auch den Übergang von den Farnen zu den Gymnospermen vermitteln.

I. Weitaus die meisten *Thallophyten* sind infolge ihrer zarten Struktur 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 *Siphonales* gehörigen Kalkalgen bestimmen, von denen man zahlreiche Formen aus dem Tertiär, bis hinab zum Silur, nachgewiesen hat, während die mit Kalk inkrustierten *Corallineen*, zu den Rotalgen gehörend, vom oberen 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 Kieselgur vertreten, und sämtlich 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.

Bakterien dürften seit den ältesten Zeiten ihre Zersetzungsarbeit an organischen Substanzen verrichtet haben und konnten zum Beispiel in Pflanzenresten aus dem Karbon erkannt werden. Auch die *Eumyceten* und wahrscheinlich auch die *Myxomyceten* waren im Karbon schon vertreten; so sind *Aseomyceten* an Blättern und Stämmen in allen Schichten vom Karbon an gefunden. Reste von *Lichenen*, 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 Ähnlichkeit mit rezenten 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, herrschten im Karbon vor, indem sie die Hauptmasse der Landvegetation der Steinkohlenflora lieferten, und traten dann weiterhin zurück gegenüber den höheren Stufen der Gymnospermen und schließlich der Angiospermen.

1. Die Klasse der *Filicinae* ist in ihren beiden Unterklassen schon vor dem Ende des Silurs und besonders reich im Karbon vertreten. Die Farne zeigten in den paläozoischen Schichten bereits im wesentlichen dieselbe Organisation; manche der heute lebenden Familien waren vertreten, und einzelne derselben (z. B. die *Marattiaceen*) sogar in größerem Artenreichtum. Aus den Filicineen, welche gegen die übrigen Klassen scharf abgesetzt sind, dürften durch Vermittlung der *Cycadofilices*, die zwar noch farnartigen Habitus aufwiesen, aber bereits Samen trugen, 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 zurückreichenden Gattung *Equisetum* vertreten, war im Paläozoicum sehr reich entwickelt in der großen, besonders im Karbon sehr häufigen Ordnung der *Calamarien*, habituell den Schachtelhalmen ähnliche, in einzelnen Arten wohl bis 30 m hohe baumartige Gewächse, deren mit Periderm bedeckte, hohle, monopodial quirlig verzweigte Stämme (*Calamites*) sekundäres Dickenwachstum 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 geteilt. Die Sporangienstände oder Blüten (*Calamostachys*) hatten teils denselben Bau wie *Equisetum*, bei den meisten aber komplizierteren, indem sie sich aus abwechselnden Quirlen von Schuppenblättern und Sporophyllen zusammensetzten. Interessant ist die Tatsache, daß die *Calamarien*, z. T. 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 *Sigillarien* und der *Lepidodendreen*. Die *Sigillarien* sind vom Kulm ab gefunden, im Karbon 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 Längsreihen sechseckiger Blattnarben, mit stammbürtigen, langgestielten zapfenförmigen Blüten, deren Sporangien nur einerlei Sporen enthielten.

Die *Lepidodendreen*, vom Unterdevon bis in das Rotliegende, besonders aber im Karbon 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 Blüten (*Lepidostrobus*) entsprangen endständig oder am Stamme selbst und enthielten Makro- und Mikrosporangien, je eins auf jedem Sporophyll.

Schon im Karbon waren aber auch krautige Lycopodiaceen vorhanden, die Vorläufer der heutigen *Lycopodium*-Arten, während *Isoetes* 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 einnahm und vielleicht den gemeinsamen Ausgangsformen dieser drei Gruppen am meisten sich näherte, besonders in dem ältesten Typus *Cheirostrobos* aus den untersten Karbonschichten, deren Blüten sehr komplizierten Bau besaßen und am ehesten an Kalamarienblüten erinnern, während im anatomischen Verhalten dieser Gattung eine Annäherung an *Lepidodendron* zu konstatieren ist.

Die *Sphenophyllum*-Arten waren langstengelige Pflanzen mit superponierten Quirlen keilförmiger oder gabelig geteilter Blätter, mit ziemlich großen ährenförmigen endständigen, Equisetum-ähnlichen Blüten, deren Sporophylle zwei oder drei homospore Sporangien trugen. Man hat diese Gewächse als schwimmende Wasserpflanzen betrachtet, indessen weist die Struktur des dünnen langen Stengels mit seinem axilen dreistrahligen, sekundär verdickten Xylem eher auf kletternde Landpflanzen hin.