









# Cryptogamen.

Von

**Dr. Heinrich Schenck.**

Abdruck

aus dem

## Lehrbuch der Botanik

für Hochschulen

von

**Dr. Eduard Strasburger**

Professor an der Universität Bonn

**Dr. Fritz Solt**

Professor an der Universität Bonn, Privatdozent an der Universität Halle

**Dr. Heinrich Schenck**

Professor an der Universität Bonn, Privatdozent an der Universität Halle

**Dr. A. E. W. Schimper**

Professor an der Universität Bonn

5. verbesserte Auflage

•••

Verlag von GUSTAV FISCHER in JENA

1902.

\*

Preis 1 Mark 50 Pfennig (gebunden)



ZWEITER THEIL.  
**Specielle Botanik.**

Die specielle Botanik ist die specielle Morphologie und Physiologie der Gewächse. Während der allgemeinen Botanik die Aufgabe zufiel, uns mit den Gesetzen bekannt zu machen, welche die Gestaltung und die Lebensvorgänge im ganzen Pflanzenreich beherrschen, soll uns die specielle Botanik in die Gestaltung und die Lebensvorgänge der einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreiches einführen. In der allgemeinen Morphologie waren wir bestrebt, die äussere und innere Gliederung des Pflanzenkörpers phylogenetisch abzuleiten und die Mannichfaltigkeit der Gestalten auf die Grundformen zurückzuführen, aus welchen sie hervorgingen. In der speciellen Morphologie wird es unsere Aufgabe vor Allem sein, der Ausbildung zu folgen, welche die Gestalt in den einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreichs erlangte und die Form bestimmter Pflanzen zu begreifen, indem wir sie in Verbindung mit anderen Formen bringen. So ist auch die Aufgabe der speciellen Morphologie eine phylogenetische und liefert uns den Schlüssel zur Aufstellung eines natürlichen Systems der Organismen; denn als ein natürliches System der Organismen kann nur jenes gelten, das auf der wirklichen Verwandtschaft der Organismen fusst. Freilich wird jedes von uns aufgestellte natürliche System der Organismen nur ein sehr unvollkommenes sein, da wir den phylogenetischen Zusammenhang nicht direct feststellen, sondern nur indirect aus dem morphologischen Vergleich erschliessen müssen. Die Aufgabe, die wir uns stellen, ist aber an sich eben so richtig als berechtigt.

Einem solchen natürlichen System der Organismen, welches nach dem wirklichen Zusammenhang zwischen den Wesen sucht, stehen die künstlichen Systeme gegenüber, welche von vorne herein nur ein praktisches Ziel in's Auge fassen und die Wesen so gruppieren wollen, dass man jedes derselben möglichst leicht auffinden oder bestimmen könne. Von allen künstlichen Systemen früherer Zeiten kommt für uns nur noch das von CARL LINNÉ im Jahre 1735 aufgestellte sogen. Sexualsystem in Betracht.

LINNÉ verwerthete ausschliesslich Merkmale, welche sich auf die Verhältnisse der Geschlechtsorgane beziehen und unterschied danach in seinem Sexualsystem im Ganzen 24 Klassen von Pflanzen. In der letzten 21. Klasse vereinigte er alle Gewächse ohne deutlich sichtbare Geschlechtsorgane und nannte sie Cryptogamen; es waren von denselben damals nur relativ wenige Formen bekannt und die complicirten Fortpflanzungsverhältnisse dieser grossen Gewächsgruppe lagen noch in tiefem Dunkel. Den Cryptogamen stehen die übrigen 23 Klassen als Phanerogamen oder Pflanzen mit deutlich sichtbaren Geschlechtsorganen in Blüthen gegenüber. Die Phanerogamenklassen unterschied LINNÉ zunächst nach der Vertheilung der Geschlechter in den Blüthen in solche mit Zwitterblüthen Klasse I—XX und solche mit eingeschlechtigen oder polygamen Blüthen XXI—XXIII. Die zwitterblüthigen theilte er weiter in drei Gruppen ein. Pflanzen mit freien Staubgefässen I—XV, solche mit verwachsenen Staubgefässen XVI—XIX und solche, deren Staubgefässe mit dem Fruchtknoten verwachsen sind (XX: die erste dieser drei Gruppen weiterhin nach der Zahl, der Insertion und den Längen-

Allgemein verbreiten und vermehren sich die Thallophyten durch ungeschlechtlich erzeugte Sporen von verschiedener Ausbildungsweise bei den einzelnen Gruppen; daneben tritt aber auch, allerdings nicht bei sämtlichen Klassen, geschlechtliche Fortpflanzung auf. Diese Fortpflanzung besteht im einfachsten Fall in der Vereinigung oder Copulation oder Conjugation zweier gleichgestalteter Sexualzellen oder Gameten zu einer einzigen Zelle, der Zygospore oder Zygote. Bei manchen höher stehenden Formen aber erscheinen die Gameten differenziert in kleine männliche Zellen, Spermatozoiden und grössere weibliche Zellen, Eier oder Oosphären, und aus der Verschmelzung eines Eies mit einem Spermatozoid geht eine sogen. Oospore hervor. Die erstere Form der sexuellen Fortpflanzung oder Befruchtung wird Isogamie, die letztere Oogamie genannt; beide sind durch Uebergangsformen mit einander verbunden. Man nimmt an, dass die Sexualzellen aus ungeschlechtlichen Sporen phylogenetisch hervorgegangen sind, und dass die ungeschlechtliche Vermehrung aus der einfachen Zelltheilung entstanden ist.

Während bei gewissen Thallophyten ausschliesslich ungeschlechtliche, bei anderen nur geschlechtliche Fortpflanzung stattfindet, kommen bei vielen beide Formen der Fortpflanzung vor, sei es an derselben Pflanze neben oder nach einander, oder sei es in aufeinanderfolgenden getrennten Generationen. Im Allgemeinen ist aber bei den Thallophyten keine regelmässige Aufeinanderfolge von ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Generationen vorhanden, da äussere Factoren für die Art der Fortpflanzung von wichtigem Einfluss sind<sup>1</sup>. Nur bei einigen wenigen Gruppen, den Rothalgen und gewissen Fadenpilzen, folgt regelmässig auf eine geschlechtliche Generation (Gametophyt) eine ungeschlechtliche Sporophyt in ähnlicher Weise wie bei allen Bryophyten und Pteridophyten ein solcher Generationswechsel vorhanden ist.

## Klasse I.

### Flagellata, Flagellaten<sup>(2)</sup>.

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

Der contractile oder amöboid sich bewegende Protoplast dieser Organismen ist nach aussen durch eine dichtere Plasmamembran, nicht durch eine feste abgeschiedene Zellhaut, abgegrenzt. Er besitzt eine oder mehrere Cilien Geisseln, Flagellen als Bewegungsorgane, führt einen Zellkern, pulsirende Vacuolen und bei vielen Arten wohl ausgebildete grüne, gelbe oder gelbbraune Chromatophoren, vermag also dann selbstständig zu assimiliren, ist aber gleichzeitig zu saprophytischer oder auch animalischer Lebensweise, die den farblosen Arten ausschliesslich zukommt, befähigt. Die Aufnahme fester Nahrungspartikelchen kann entweder an jeder Stelle der Körperoberfläche oder nur an besonderen in Ein- oder Zweizahl vorhandenen Mundstellen erfolgen.

Für gewisse Arten ist festgestellt, dass sie sowohl in chlorophyllführenden als auch in farblosen Formen mit reducirten Chromatophoren je nach dem Wechsel der Ernährungsbedingungen auftreten, so z. B. für die grüne *Euglena gracilis*<sup>3</sup>.

Die Vermehrung geschieht auf rein vegetativem Wege durch Längstheilung. Bei vielen werden dickwandige Dauereysten als ruhende Sporen erzeugt, während sexuelle Fortpflanzung fehlt.

## Klasse II.

### Myxomycetes, Schleimpilze<sup>(4)</sup>.

Die Schleimpilze bilden eine selbstständige Gruppe von niederen Thallophyten; sie nehmen ebenfalls eine Mittelstellung zwischen Pflanzen und

Thieren ein und wurden daher auch als *Myxetozoa* oder *Pilzthiere* bezeichnet. Sie sind in zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet. Im vegetativen Zustande bestehen die Schleimpilze aus nackten, saprophytisch sich ernährenden Protoplasmamassen, den Plasmodien, welche zahlreiche kleine Zellkerne enthalten, des Chlorophylls vollständig ermangeln und als Reservestoff keine Stärke, sondern Glukogen führen. Die Plasmodien (S. 46) finden sich mit Vorliebe auf dem Boden der Wälder, auf abgefallenen Blättern, auf und in faulendem Holz. Sie kriechen unter Formänderung im Substrat umher, indem sie Pseudopodien oder Fortsätze an ihrer Peripherie aussenden, die wieder mit einander verschmelzen können. Ihre Bewegungen werden ausgelöst durch das Licht, die Wärme, die Feuchtigkeitsverhältnisse und die Nahrungszufuhr im Substrat. Während sie im vegetativen Zustand negativ heliotropisch und positiv hydrotropisch sind, ändern sich diese Eigenschaften, wenn sie zur Sporenbildung übergehen. Dann kriecht das Plasmodium aus dem Substrat zu Licht und Luft empor, kommt zur Ruhe und wandelt sich je nach den Gattungen in einen einzigen oder in zahlreiche, dicht neben einander stehende Fruchtkörper um. Jeder Fruchtkörper bildet an der Peripherie eine Hülle, Peridium; sein vielkerniges Protoplasma theilt sich durch Zerklüftung in zahlreiche kleine, mit Membran umkleidete und je einen Zellkern führende Sporen, entweder erst nach Abschluss der 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. 224 B) d. h. isolirter oder netzförmig verbundener feiner Röhren oder Fasern, die neben den Sporen aus dem Plasma entstehen. Bei der Fruchtreife bricht das Peridium des Sporangiums auf, das Capillitium streckt sich hervor (Fig. 223 B) und die Sporen werden durch den Wind ausgestäubt. Die Gattung *Ceratiumyxa* verhält sich in so fern einfacher, als die Fruchtkörper hier nicht mit einer Hülle bedeckt sind, sondern ihre Sporen frei auf kleinen Stielchen sitzend erzeugt werden. Sexuelle Fortpflanzung fehlt den Schleimpilzen vollständig.

Die Entwicklung der Plasmodien aus den Sporen sei an dem Beispiel von *Chondriodermis difforme* erläutert, einem sehr häufigen, auf faulenden Blättern, Mist u. s. w. lebenden Schleimpilz. Die Sporen (Fig. 59 a) können in einem Decoct von Kohlblättern oder anderen Pflanzentheilen zur Keimung gebracht werden. Der aus der Sporenhaut austretende Protoplast erzeugt an seinem vorderen Ende eine lange Cilie oder Geissel als Bewegungsorgan und wird so zu einer Schwärmspore (Fig. 59 c—g), welche einen deutlichen Zellkern am vorderen Ende, am hinteren Ende eine pulsirende Vacuole erkennen lässt und im Wasser umher schwimmt. Nach einiger Zeit wird die Cilie eingezogen und die Schwärmspore geht in den Zustand der Myxamöbe über. Die Amöben können sich durch Theilung vermehren. Unter ungünstigen Entwicklungsbedingungen umgeben sie sich mit Membran und bilden Ruhezustände, sogen. Microcysten, welche unter günstigen Bedingungen wieder Schwärmsporen austreten lassen. Die Myxamöben treten nach einiger Zeit zu mehreren dicht zusammen (Fig. 59 l) und verschmelzen so zu kleinen Plasmodien (Fig. 59 m), diese zu grösseren (Fig. 59 n), wobei aber die Kerne nicht mit einander copuliren. Amöben und Plasmodien ernähren sich aus aufgenommenen Nahrungskörperchen und zeigen lebhafteste Plasmaströmungen. Nach einigen Tagen kommt das Plasmodium zur Ruhe und wandelt sich in die kleinen weissen Fruchtkörper um, deren doppelte Wandung aus einem äusseren kalkhaltigen, brüchigen Peridium und einer inneren dünnen Haut besteht und ausser den zahlreichen Sporen ein schwach entwickeltes Capillitium umschliesst.

In ähnlicher Weise verläuft auch die Entwicklung der übrigen Schleimpilze. Die stattlichsten Plasmodien, oft von über einen Fuss Durchmesser von lebhaft gelber Farbe

und rahmartiger Beschaffenheit, bildet *Fuligo varians* (*Aethalium septicum*), die als sogen. Lohblütche im Sommer auf feuchter Gerberlohe sehr verbreitet ist. Auf trockenem Substrat können die Plasmodien dieses Schleimpilzes zu kugeligen oder strangartigen Dauerzuständen, sogen. Sclerotien sich umwandeln, um bei Zutritt von Feuchtigkeit aus diesen wieder in Plasmodienform auszutreten. Schliesslich wird das ganze Plasmodium zu einem weisslichen, gelblichen oder braunen, kuchenförmigen, trockenen Fruchtkörper, welcher eine stark kalkhaltige Hülle besitzt, im Innern durch zahlreiche Wandungen gefächert ist, von einem fädigen Capillitium mit unregelmässigen, Kalkkörnchen enthaltenden Blasen durchzogen wird und zahlreiche violett-schwarze Sporen umschliesst. Dieses sogen. Aethalium ist somit ein aus zahlreichen verschmolzenen Einzelsporangien zusammengesetzter Fruchtkörper, während bei den meisten übrigen Schleimpilzen die Sporangien getrennt ausgebildet werden.

Bau und Beschaffenheit der Sporangien geben die wichtigsten Merkmale zur Unterscheidung der einzelnen Formen ab. Die meist braunen oder ockergelben Sporangien sind kugelig, oval oder auch cylindrisch, gestielt Fig. 223, 225 oder ungestielt Fig. 224. Gewöhnlich öffnen sie sich durch Abspaltung oder Zerfall des oberen Theiles der Wandung, während der untere als Becher zurückbleibt Fig. 223 B.

Fig. 224 A; bei *Cribraria* (Fig. 223 C), deren Fruchtkörper kein Capillitium enthält, wird der obere

Theil gitterartig durchbrochen, bei *Stemonitis* Fig. 223 A hingegen zerfällt das ganze Peridium und das stehen bleibende Capillitium entspringt einer Columella, der Fortsetzung des Stiels.

Zu den wenigen parasitären Myxomyceten gehört die *Plasmodiophora Brassicae* (?), welche die sogen. Kohlhernie an Brassica-Arten, knollenartige Verdickungen am Strunk und an den Nebenwurzeln der befallenen Kohlpflanzen verursacht. Ihre mehrkernigen Myxamöben leben in grösserer Anzahl in den Zellen dieser Wucherungen und zwar in den Vacuolen des lebendigen Plasmas derselben, verschmelzen schliesslich nach Aufzehrung des Inhalts der Wirthszellen zu Plasmodien. Diese theilen sich dann nach wiederholter Kerntheilung in zahlreiche behütete Sporen, die bei der Verwesung der Pflanzen frei werden. Die Sporen keimen wie bei Chondrioderma, die Myxamöben dringen wieder in die Wurzeln junger Pflanzen ein. Eine Peridymbildung findet also nicht statt, so dass der Pilz einen einfacher organisirten oder in Folge der parasitären Lebensweise in der Sporangienbildung reducirten Schleimpilz vorstellt.

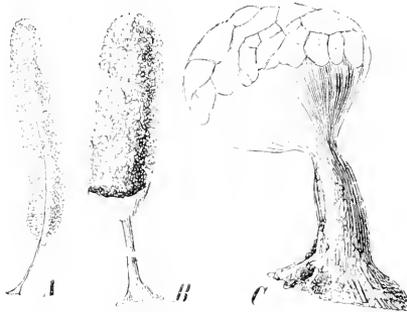


Fig. 223. Reife geöffnete Fruchtkörper nach Entleerung der Sporen A von *Stemonitis fusca*. Vergr. 10. B von *Arcyria punicea*. Vergr. 12. C von *Cribraria rufa*. Vergr. 32.



Fig. 224. *Trichia varia*. A Geschlossenes und geöffnetes Sporangium. Vergr. 6. B Capillitiumfaser. Vergr. 240. C Sporen. Vergr. 240.



Fig. 225. *Leocarpus fragilis*. Gesellige Einzelsporangien auf Moos. Nat. Gr.

## Klasse III.

**Bacteria, Bacterien** <sup>6</sup>.

Die Bacterien stellen sehr einfach gebaute, einzellige oder fadenförmige niedere Organismen dar, welche im Allgemeinen wie die Schleimpilze des grünen Farbstoffes ermangeln und meist saprophytische oder parasitische Lebensweise führen. Sie sind in enormer Arten- und Individuenzahl über die ganze Erde, in der Atmosphäre, im Wasser, im Boden, ferner auf und in toten oder lebenden Pflanzen und Thieren verbreitet. Man bezeichnet sie auch als Spaltpilze oder Schizomyceetes, weil die Vermehrung ihrer einzelligen Formen nur durch Zweitheilung oder Spaltung der Zellen sich vollzieht, eine Vermehrungsweise, die übrigens auch bei den anderen einzelligen Pflanzen wiederkehrt.

Die Zellen der Bacterien sind von einer dünnen Membran umgeben und enthalten ein meist farbloses Protoplasma, welches bei Plasmolyse sich von der Wand ganz oder theilweise zurückzieht, und im Innern des Wandbelegs einen einzigen Safttrann oder auch mehrere Vacuolen umschliessen kann. In den Protoplasten sind zwar körnige Gebilde in Ein- oder Mehrzahl, sogen. Chromatinkörner, die sich durch Farbstoffe intensiv färben lassen, und von verschiedenen Autoren als Zellkerne gedeutet werden, beobachtet, indessen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, unzweifelhafte Karyokinese an ihnen nachzuweisen, so dass das Vorhandensein von Kernen noch nicht sicher gestellt ist.

Die Bacterien sind zum grössten Theil ausserordentlich winzige Organismen und es gehören zu ihnen überhaupt die kleinsten bekannten Lebewesen. So messen die kugelförmigen Zellen der kleinsten Micrococcus-Arten im Durchmesser nur 0,0005 mm, die stäbchenförmigen Zellen des Tuberkelbacillus nur 0,002—0,004 mm Länge, der Querdurchmesser der meisten Arten etwa 0,001 mm.

Die einfachste Form der Spaltpilze wird durch winzige kugelförmige Zellen, Coccen, repräsentirt. Formen mit stäbchenförmigen Zellen werden als Bacterium oder als Bacillus bezeichnet, Stäbchen mit schwach schraubiger Krümmung heissen Vibrio, stärker gekrümmte Spirillum, längere Schraubenfäden Spirochaete, gerade Zellfäden Leptothrix. Die höchste Entwicklungsstufe der Spaltpilze stellen Zellfäden dar, welche eine unechte Verzweigung aufweisen. Die einzelligen Coccen, Stäbchen, Vibriolen können nach der Theilung in Zellketten vereinigt bleiben. Häufig kommt es vor, dass die Zellmembranen gallertartig aufquellen und dass so die Zellen oder Zellketten in Gallerte eingebettet erscheinen. Solche Entwicklungszustände heissen Zoogloea.

Viele Bacterien sind durch Eigenbewegung ausgezeichnet, welche durch Schwingungen und Contractionen von feinen Plasmacilien vermittelt wird. Diese Geisseln sind nach A. Fischer entweder peritrich über die Oberfläche vertheilt Heubacillus Fig. 228 a, d; Typhusbacillus 226 c; Tetanusbacillus 231 c, oder sie entspringen von einem Punkte aus, entweder als Einzelgeissel, monotrich, oder als Geisselbüschel, lophotrich. Polare Einzelgeissel hat der Cholera-bacillus Fig. 226 a, ein polares Geisselbüschel Spirillum undula Fig. 226 b, d, ein seitenständiges Geisselbüschel die Schwärmzellen von Cladothrix (Fig. 227). Die Geisselbüschel können sich zu zöpfchenartigen Gebilden zusammendrehen, sie werden niemals eingezogen, sondern gehen vor der Sporenbildung oder durch ungünstige Einflüsse, oft unter vorheriger Einrollung (Fig. 226 c) zu Grunde.

Die Vermehrung geschieht auf vegetativem Wege durch eine sehr ausgiebige Zweitheilung der Zellen, die Erhaltung der Art und die Verbreitung durch ungeschlechtliche Bildung von Dauersporen, welche als Endosporen Fig. 228 *c*; 230 *e, f* entstehen, wohl überall in der Weise, dass im Innern des Protoplasmas in der Mitte oder an einem Ende der Zelle die Spore von dem peripherischen, unverbrauchten Plasma sich abgrenzt

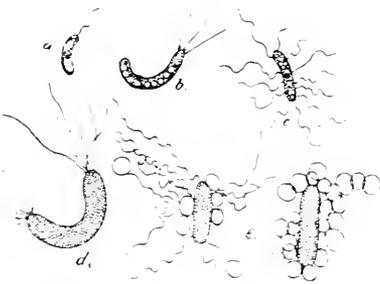


Fig. 226. Geisseltypen. *a* *Vibrio cholerae*, *b, d* *Spirillum undula*, *d* Entwicklung eines neuen Geißelbüschels bei der Theilung, *c* *Bacillus Typhi*, *e* *Bacillus subtilis*. Vergr. 2250. Nach A. FISCHER.

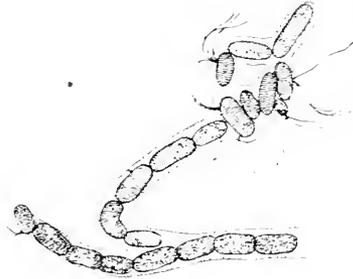


Fig. 227. *Cladotrix dichotoma*. Bildung der Schwärmstäbchen aus den Fadenzellen. Vergr. 1000. Nach A. FISCHER.

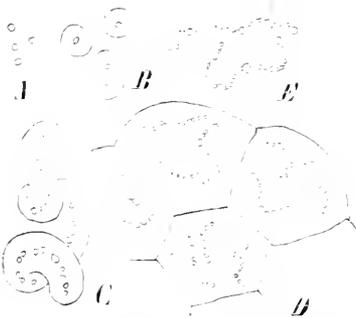


Fig. 229. *Leuconostoc mesenterioides*. *A* Zellen ohne Gallertthülle, *B, C* Bildung der Gallertkörper, *D* Theil einer erwachsenen Zoogloea, *E* Rosenkranzartige Fäden der Zoogloea. Vergr. 520. Nach VAN TIEGHEM.



Fig. 228. *Bacillus subtilis*. *a, d* Bewegliches Stäbchen und Kette, *b* unbewegliche Stäbchen und Kette, *c* Sporen aus der Kahlhaut *c*. Vergr. *a, d* 1500, *c* 250. Aus A. FISCHER, Vorles. über Bacterien.

und mit derber Membran umgeben. Die Mutterzellmembran geht nach der Reife der Sporen durch Verquellen zu Grunde. Sporen sind aber nicht bei allen Arten nachgewiesen.

Als Beispiel für den Entwicklungsengang einer Bacterie sei der Heubacillus, *Bacillus subtilis* Fig. 228, gewählt, welcher sich in dem Extract, den man durch Kochen von Heu gewinnt, in der Regel einstellt. Die Sporen bleiben trotz des Kochens lebensfähig und keimen zunächst zu peritrich begeißelten schwärmenden Stäbchen, die sich theilen und auch in kurzen Ketten zusammenhaften. An der Oberfläche der Flüssigkeit gehen

die schwärmenden Stäbchen über in ruhende geissellose, die sich in lange geschlängelte Ketten weitertheilen. Die Zellketten legen sich zu einer sogen. Kahnhaut, eine besondere Form von Zoogloeabildung, zusammen. Nach Erschöpfung der Nährstoffe tritt dann die Sporenbildung ein.

Obwohl der Formenkreis der Bacterien ein sehr einfacher ist, weisen die einzelnen, morphologisch oft kaum zu unterscheidenden Arten eine ungemeine Mannichfaltigkeit in ihrem Stoffwechsel, in ihrer Ernährungsweise auf. Die meisten Bacterien haben Sauerstoff zu ihrer Athmung nöthig wie die übrigen Pflanzen, sind also aërob; manche können aber auch ohne Sauerstoff sich weiterentwickeln, während gewisse Arten, wie z. B. die Buttersäurebacterien, der Starrkrampfbacillus streng anaërob nur bei Abschluss von Sauerstoff gedeihen (vgl. S. 185).

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

Zu den saprophytischen Bacterien gehören zunächst die wasserbewohnenden Formen, an deren Spitze die überall verbreitete morphologisch am höchsten stehende *Chloothrix dichotoma* zu nennen ist. Ihre feinen aus stäbchenförmigen Zellen bestehenden,

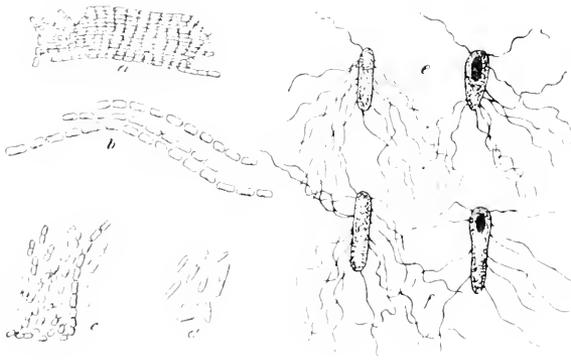


Fig. 230. Gährungs-bacterien. *a-c* Essigbacterien. *a* *Bacillus aceti*. *b* *Bac. pasteurianus*. *c* *Bac. Kützigianus*. *d* *Bac. acidilactici*, Milchsäurebacillus. *e* *Clostridium butyricum*, Buttersäurebacterie. *f* *Plectridium paludosum*, Gährungsbacterie aus Sumpfwasser. Vergr. 1000.

Aus A. FISCHER, Vorles. üb. Bact.

mehrt verzweigten festsitzenden Fäden bilden schleimige Ueberzüge an Algen, Steinen, Holzwerk in unreinen Gewässern. Die Vermehrung geschieht durch cilientragende Schwärmzellen, die durch Theilung ans den Fadenzellen entstehen und durch Verquellen der Fadenseide frei werden (Fig. 227). Nach dem Schwärmen setzen sich die Zellen fest und wachsen zu neuen Fäden heran.

Sehr häufig ist ferner der Braunenfadens, *Crenothrix Kühniana*, aus unverzweigten festsitzenden, aber leicht zerbrechlichen Fäden bestehend. Er entwickelt sich oft in solchen Massen in Wasserleitungen, dass die Röhren sich verstopfen und das Trinkwasser ungenießbar wird. Bei *Crenothrix* zerfallen die Fadenzellen in der Scheide durch Theilung in zahlreiche geissellose ründliche Zellen, welche die Vermehrung besorgen.

In Schwefelquellen und am Boden von Gewässern, wo durch Fäulniss organischer Stoffe Schwefelwasserstoff auftritt, siedeln sich die zahlreichen Schwefelbacterien an, unter denen die fadenförmige *Beeggiatoa alba* am verbreitetsten ist. Die Schwefelbacterien oxydiren den Schwefelwasserstoff zu Schwefel und speichern diesen in Form von ründlichen Körnchen in ihren Zellen.

Die in Wiesensümpfen und Bächen häufige fadenförmige *Leptothrix ochracea* oxydirt dagegen als sogen. Eisenbacterie kohlenensaures Eisenoxydul zu Eisenoxydhydrat, das in den Fadenseiden aufgespeichert wird.

Zu den saprophytischen Bacterien gehören ferner die zymogenen oder Gährungsbacterien und die saprogenen oder Fäulnissbacterien. Erstere oxydiren oder vergären hauptsächlich Kohlehydrate, letztere dagegen spalten stickstoffhaltige thierische und pflanzliche Substanzen, Eiweiss, Fleisch etc. unter Abscheidung übbriechender Gase.

So vermittelt *Leuconostoc mesenterioïdes* Fig. 229 die Schleimgährung des Ribenzuckers. Es bildet grosse Froeschläich ähnliche Schleimklumpen, indem die rosenkranzartigen Zellketten sich mit Gallertthüllen umgeben. Die *Essigbacterien* Fig. 230 *a, b, c* oxydiren den Alkohol zu Essigsäure. Die Vergährung von Zucker zu Milchsäure wird durch die Stäbchen des *Bacillus acidilactici* Fig. 230 *d* bewirkt, die Bildung von

Buttersäure aus verschiedenen Kohlehydraten bei Abschluss von Sauerstoff durch *Clostridium butyricum* Fig. 230 *e* vermittelt, während gewisse Sumpfbakterien Fig. 230 *f*) die Vergärung der Cellulose bei Sauerstoffabschluss zu Methan besorgen. Der häufigste Fäulnisserreger auf Fleisch, Eiweiss etc. ist *Bacillus vulgaris*.

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

*Staphylococcus pyogenus* Fig. 231 *a*, regellose oder traubenförmige Haufen von runden Coccen bildend, ist der häufigste Eitererreger, ebenso der regelmässig bei Wundrose oder Erysipel und anderen Eiterungen auftretende, in Ketten wachsende *Streptococcus pyogenus* Fig. 231 *b*, während *Micrococcus Diplococcus Gonorrhoeae* Fig. 231 *c* u. 232 *a*, dessen semmelartige Coccen paarweise neben einander liegen, den Tripper verursacht. Im Blut und in den Organen milzbrandiger Thiere findet sich der durch R. Koch bekannt gewordene *Bacillus Anthracis* Fig. 231 *d*, 232 *c*, dessen relativ grosse Stäbchen auch in kurzen Ketten vor-



Fig. 231. Pathogene Bakterien. *a* Eitercoccen. *b* Erysipelcoccen. *c* Trippercoccen. *d* Milzbrandbacillen. *e* Starrkrampfbacillen. *f* Diphtheriebacillen. *g* Tuberkelbacillen. *h* Typhusbacillen. *i* Colonbacillen. *k* Cholerabacillen. Vergr. ca. 1500. Aus A. FISCHER, Vorles. üb. Bact.



Fig. 232. Färbungspräparate aus ZIEGLER'S Lehrbuch d. allg. Pathologie.

*a* Trippercoccen im Tripper-secret, Schleim und Eiterkörperchen mit Coccen Methylenblau-Eosin. Vergr. 700. — *b* Tuberkelbacillen im Sputum eines Lungenkranken Fuchsin-Methylenblau. Vergr. 400. — *c* Milzbrandbacillen in Milzbrandpastel Methylenblau-Vesuvium. Vergr. 350. Aus A. FISCHER, Vorles. üb. Bact.

kommen und in Culturen reichlich Endosporen ähnlich wie der Henbacillus bilden. Der im Erdboden verbreitete *Bacillus Tetani* Fig. 231 *e* ist der Erreger des Wundstarrkrampfes. Seine geraden peritrich begeißelten Stäbchen wachsen nur in den Wunden selbst; sie bilden die Sporen in ihren keutig angeschwollenen Enden.

Der LÖFFLER'sche *Bacillus Diphtheriae* Fig. 231 *f* besteht aus kleinen zuweilen kolbig an den Enden verdickten Stäbchen, der KOCH'sche *Bacillus tuberculosis* Fig. 231 *g*, 232 *b*, der sich in allen tuberculösen Organen und Secreten, im Sputum, findet, ist ein schlankes, leicht gekrümmtes Stäbchen. Der Unterleibtryphus wird durch die peritrich begeißelten Stäbchen des *Bacillus typhi* Fig. 231 *h* verursacht. Die grösste Aehnlichkeit mit letzteren hat der meist unschädliche, stets im Darm des Menschen anwesende Kolonbacillus, *Bacillus coli* Fig. 231 *i*. Ebenfalls durch R. Koch entdeckt wurde der Kommabacillus der asiatischen Cholera, *Vibrio cholerae* Fig. 231 *k*. Derselbe findet



Fig. 233. Salpeterbakterien nach WINOGRADSKY. *a* Nitrosomonas europaea von Zürich. *b* Nitrosomonas javanensis von Java. *c* Nitrobacter aus Quito. Vergr. 1000. Aus FISCHER, Vorles. üb. Bakterien.

in den Wurzelknöllchen der Leguminosen leben und wie auch gewisse Bodenbakterien den freien Stickstoff assimiliren (vgl. S. 177).

Ausser den saprophytischen und parasitischen Formen giebt es aber auch gewisse Bakterien, welche, trotzdem sie kein Chlorophyll enthalten, ganz selbstständige Ernährung aus anorganischen Verbindungen aufweisen. Es sind dies die im Boden lebenden Nitritbakterien (*Nitrosomonas*) und Nitratbakterien (*Nitrobacter*), die Ammoniak zu salpetriger Säure und diese zu Salpetersäure oxydiren und als Kohlenstoffquelle die Kohlensäure benutzen, also gänzlich ohne organische Substanzen auskommen (Fig. 233, vgl. S. 166).

#### Klasse IV.

### Cyanophyceae, Blaugrüne Algen (<sup>5</sup>).

Die Cyanophyceen sind einfach organisirte, theils einzellige, theils fadenförmige, blaugrün gefärbte Thallophyten, deren Zellen oder Fäden häufig durch Gallerte zu Colonien vereinigt erscheinen. In zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet, bewohnen sie die Gewässer oder vegetiren auf feuchtem Schlamm Boden, an feuchten Felsen, Baumrinden in gallertartigen oder feinfädigen Ueberzügen.

Ihre Zellen enthalten innerhalb der Zellwand einen Protoplasten, welcher in seiner Differenzirung sich abweichend von demjenigen der übrigen Algen verhält. Man kann in demselben eine peripherische gefärbte Rindenschicht unterscheiden, die als Chromatophor fungirt und ausser Chlorophyll auch einen blaugrünen Farbstoff, das Phycocyan, nach welchem die Gruppe ihren Namen erhalten hat, enthält. Innerhalb der gefärbten Zone liegt der farblose Centalkörper, der vielleicht einem Zellkern entspricht. Indessen sind die für typische Kerne charakteristischen Structuren und Theilungsfiguren, mit Sicherheit wenigstens, nicht nachzuweisen. In der Zelle, namentlich in der peripherischen Zone treten verschiedenartige Granulationen auf Cyanophyceinkörner, Centalkörper, denen wohl die Rolle als Reservestoff zukommt.

Die Vermehrung geschieht ausschliesslich auf rein vegetativem Wege durch Zelltheilung. Bei vielen werden Sporen als Dauerzustände gebildet durch Vergrösserung und starke Wandverdickung einzelner Zellen (Fig. 236).

Wie die Bacterien als Spaltpilze, Schizomyceeten, so wurden die blaugrünen Algen als Spaltalgen, Schizophyceen, in Folge ihrer Vermehrung durch Theilung oder Spaltung bezeichnet. Beide Gruppen wurden zu einer Klasse der Spaltpflanzen, Schizophyta, vereinigt; indessen ist die Ableitung der Bacterien von den Spaltalgen zweifelhaft, die Geisseln und Endosporen der ersteren fehlen den letzteren.

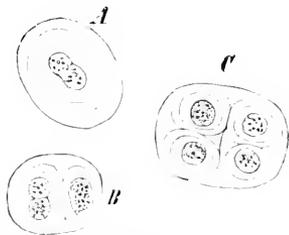


Fig. 234. *Gloeocapsa polydermatica*. A Beginn der Theilung, B links kurz nach der Theilung. Vergr. 540.

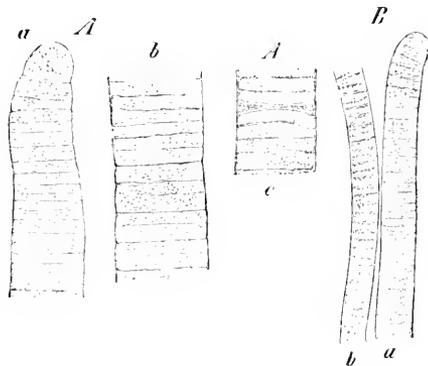


Fig. 235. A *Oscillaria princeps*, a Endzelle, b, c Stücke aus dem Innern des Fadens. In c ist eine abgestorbene Zelle zwischen den lebenden zu sehen. B *Osc. Froelichii*. Vergr. 540.

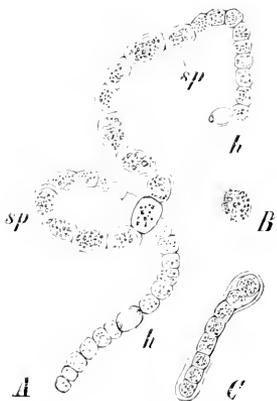


Fig. 236. *Nostoc* Linckii. Im Wasser freischwimmende Art. A Fadenstück mit zwei Heterocysten *h* und einer grösseren Zahl von Sporen *sp*. B isolirte Spore, die Keimung beginnend. C junger Faden aus der Spore hervorgegangen. Vergr. 650. Nach BOURNET.

Die einfachsten Cyanophyceen bestehen aus blaugrünen rundlichen Zellen, so die Arten der Gattung *Chroococcus*. Bei *Gloeocapsa* (Fig. 234), deren Arten meist in gallertigem blaugrünem Ueberzuge an feuchten Felsen und Mauern auftreten, bleiben die Zellen nach der Theilung durch geschichtete Gallerthüllen zu mehrzelligen Colonien verbunden.

Unter den fadenförmigen Arten sind die überall im Wasser oder auf Schlamm Boden hütigen *Oscillaria*-Arten die einfachsten, da sich hier die meist von einer dicken Scheide eingeschlossnen Fäden aus gleichartigen scheibenförmigen Zellen zusammensetzen (Fig. 235). Die Fäden zergliedern sich in kurze Fadenstücke, Hormogonien, die durch den Druck der Scheide nach aussen gelangen und zu neuen Fäden heranwachsen.

Bei anderen fadenförmigen Cyanophyceen kommt es zur Ausbildung von besonderen Zellen, Grenzzellen oder Heterocysten, mit degenerirtem Zellinhalt, deren Bedeutung nicht aufgeklärt ist, so z. B. bei den *Nostoc*-Arten (Fig. 236), deren rosenkranzförmige Fäden durch Gallerte in rundlichen oder unregelmässigen Colonien, auf feuchtem Boden oder im Wasser lebend, verbunden bleiben.

Manche Cyanophyceen betheiligen sich an der Zusammensetzung der aus Pilzen und Algen bestehenden Flechten. Einige Arten leben endophytisch in Gewebeföhlungen anderer Pflanzen, so *Anabaena* in *Azolla*, *Nostoc*-Arten in gewissen *Lebermoosen*, in *Wasserlinsen* *Lemna*, in den Wurzeln von *Cycas* und *Ginnera*.

## Klasse V.

## Diatomeae, Kieselalgen.

Die Diatomeen bilden eine ungemein reichhaltige Klasse von einzelligen Algen, welche theils im süßsen Wasser, theils im Meere, theils auf nassem Boden vegetiren und meist in grosser Individuenzahl gesellig auftreten.

Die Zellen leben entweder einzeln oder in Colonien, entweder frei schwimmend oder auf dünnen, aus Poren ausgeschiedenen Gallertstielechen fest sitzend (Fig. 237). Bei anderen Formen



Fig. 237. *Liemophora flabellata*. Diatomeen-Kolonie mit verzweigten Gallertstielen. Nach SMITH. an: GOEBEL, Organographie.

bleiben die Zellen in Bändern oder Zickzackketten durch kurze Gallertstiele oder Polster vereinigt oder sie sind in fest sitzende schlauchförmige Gallertröhren eingeschlossen; bei der im Meere lebenden Gattung *Schizouema* endlich sind die zahlreichen Zellen eingebettet in ein oft über 1 dm grosses Gallertlager von zierlicher büschelig verzweigter Form. Die äussere Gestalt der Zellen ist höchst mannichfaltig, kreisrund, elliptisch, stabförmig, keilförmig, gerade oder gebogen, meist regelmässig bilateral symmetrisch. In hohem Maasse charakteristisch ist die Beschaffenheit der Zellwand, die aus zwei Schalen besteht, von denen die eine wie der Deckel einer Schachtel über die andere übergreift (Fig. 3 B). Die Zelle bietet daher zwei verschiedene Ansichten dar, je nachdem man sie von der Schalenseite (Fig. 3 A) oder von der Gürtelseite (Fig. 3 B) betrachtet. Beide Schalenseiten enthalten meist viel Kieselsäure, die beim Glühen der Zelle auf einem Glimmerplättchen als Skelet zurück bleibt und dabei die äussere Form und Skulptur der Membran vollkommen beibehält. Häufig ist die Membran, besonders auf den Schalenseiten in zierlicher Weise mit feinen Querrippen, Leisten, Warzen oder Gruben besetzt oder auch mit Höhlungen oder mit offenen Porencanälen durchsetzt, und bei manchen (Fig. 3) verläuft über die Schalenseite eine von zwei Endknoten ausgehende und in der Mitte zu einem Mittelknoten anschwellende Längslinie, welche einem feinen Spalt in der Membran entspricht. Die Formen mit solcher Mittelnaht (Raphe) zeichnen sich durch eine eigenthümliche ruckweise kriechende Fortbewegung aus, deren Zustandekommen auf ein aus der Raphe hervortretendes rückwärts strömendes Plasmaband zurückgeführt wird (vgl. S. 207). Was den Zellinhalt anbelangt, so befindet sich in der Mitte stets ein deutlicher Zellkern und in dem wandständigen Plasma entweder ein (Fig. 3) oder zwei grosse, flache, oft gelappte oder bei anderen Gattungen zahlreiche kleinere Chromatophoren

Die Zellen leben entweder einzeln oder in Colonien, entweder frei schwimmend oder auf dünnen, aus Poren ausgeschiedenen Gallertstielechen fest sitzend (vgl. S. 207). Bei anderen Formen bleiben die Zellen in Bändern oder Zickzackketten durch kurze Gallertstiele oder Polster vereinigt oder sie sind in fest sitzende schlauchförmige Gallertröhren eingeschlossen; bei der im Meere lebenden Gattung *Schizouema* endlich sind die zahlreichen Zellen eingebettet in ein oft über 1 dm grosses Gallertlager von zierlicher büschelig verzweigter Form. Die äussere Gestalt der Zellen ist höchst mannichfaltig, kreisrund, elliptisch, stabförmig, keilförmig, gerade oder gebogen, meist regelmässig bilateral symmetrisch. In hohem Maasse charakteristisch ist die Beschaffenheit der Zellwand, die aus zwei Schalen besteht, von denen die eine wie der Deckel einer Schachtel über die andere übergreift (Fig. 3 B). Die Zelle bietet daher zwei verschiedene Ansichten dar, je nachdem man sie von der Schalenseite (Fig. 3 A) oder von der Gürtelseite (Fig. 3 B) betrachtet. Beide Schalenseiten enthalten meist viel Kieselsäure, die beim Glühen der Zelle auf einem Glimmerplättchen als Skelet zurück bleibt und dabei die äussere Form und Skulptur der Membran vollkommen beibehält. Häufig ist die Membran, besonders auf den Schalenseiten in zierlicher Weise mit feinen Querrippen, Leisten, Warzen oder Gruben besetzt oder auch mit Höhlungen oder mit offenen Porencanälen durchsetzt, und bei manchen (Fig. 3) verläuft über die Schalenseite eine von zwei Endknoten ausgehende und in der Mitte zu einem Mittelknoten anschwellende Längslinie, welche einem feinen Spalt in der Membran entspricht. Die Formen mit solcher Mittelnaht (Raphe) zeichnen sich durch eine eigenthümliche ruckweise kriechende Fortbewegung aus, deren Zustandekommen auf ein aus der Raphe hervortretendes rückwärts strömendes Plasmaband zurückgeführt wird (vgl. S. 207). Was den Zellinhalt anbelangt, so befindet sich in der Mitte stets ein deutlicher Zellkern und in dem wandständigen Plasma entweder ein (Fig. 3) oder zwei grosse, flache, oft gelappte oder bei anderen Gattungen zahlreiche kleinere Chromatophoren

von braungelber Farbe. Diese sogen. Endochromplatten enthalten ausser dem grünen Chlorophyllfarbstoff das braune Diatomin. Im Zellinhalt finden sich gewöhnlich einige Tropfen von fettem Oel, das an Stelle von Stärke als Assimilationsprodukt auftritt.

Die Diatomeen vermehren sich auf vegetative Weise durch Längstheilung, die sich immer nur nach einer Richtung hin vollzieht. Die beiden Schalen werden dabei durch den sich vergrössernden Plasmakörper an den Gürtelbändern aus einander geschoben; jede der beiden Tochterzellen erzeugt je eine neue Schale, welche unter die von der Mutterzelle übernommene Schale mit ihren Rändern eingreift, und alsdann trennen sich die Tochterzellen von einander. Die beiden Schalen einer Zelle sind somit ungleichalterig. Diese Art der Membranbildung hat, da die verkieselten Wände nicht wachstumsfähig sind, zur Folge, dass die Tochterzellen successive kleiner werden und dies geht so fort bis zur Erreichung eines gewissen Minimum der Zellgrösse. Alsdann findet die Bildung von sogen. Auxosporen statt, die gewöhnlich zwei- bis dreimal grösser sind als die Zellen, aus denen sie hervorgegangen und die bei ihrer Weiterentwicklung somit die Anfangsgrösse der Zellen wieder herstellen.

Die Bildung der Auxosporen vollzieht sich in mannichfaltiger Weise. Nach G. KARSTEN sind 4 Haupttypen zu unterscheiden, welche sich indessen sämmtlich auf den ersten ursprünglichen Typus von *Rhabdonema arcuatum* zurückführen lassen. Bei dieser Art theilt sich eine Mutterzelle in zwei Tochterzellen, welche aus den beiden Schalenhälften heraustreten und direct zu zwei- bis dreifach grösseren Auxosporen auswachsen. Bei vielen Diatomeen herrscht der zweite Typus Fig. 238: zwei Zellen legen sich neben einander, ihr Inhalt theilt sich quer in zwei Tochterzellen, die sich abrunden, aus den Schalen heraustreten und paarweise zu zwei Auxosporen copuliren. Der dritte Typus zeigt Bildung von nur einer Auxospore durch Copulation des Inhalts von zwei Mutterzellen (*Cocconeis*), der vierte Typus endlich Bildung einer Auxospore aus einer Mutterzelle ohne irgend welche Copulation (*Melosira*). Es lässt sich aber in dem letzten Falle noch ein unterdrückter Theilungsvorgang in der Mutterzelle nachweisen und es scheint überhaupt allen Auxosporenbildungsarten eine vorausgehende Zelltheilung ursprünglich zu Grunde zu liegen.

Zahlreiche Diatomeen leben im Meere und betheiligen sich in hervorragendem Maasse an der Zusammensetzung des Plankton<sup>9</sup>, d. h. der an der Meeresoberfläche frei schwimmenden Lebewelt. Die Planktondiatomeen sind mit besonderen Schwimm- und Schwebeeinrichtungen versehen, oft mit hornförmigen Fortsätzen oder Membranflügeln ausgestattet, welche an die Flugvorrichtungen der Samen erinnern. Es sind lauter Formen ohne Mittellinie oder Raphe auf der Schalenenseite.

Viele Diatomeen siedeln sich mit Vorliebe an Stellen an, wo verwesende Substanzen reichlich vorhanden sind. Solche Arten können zu saprophytischer Lebensweise übergehen. Ihre Chromatophoren erleiden dabei eine bedeutende Verkleinerung und eine Entfärbung. Für einige marine farblose Nitzschia-Arten ist sogar ausschliessliche Ernährung von

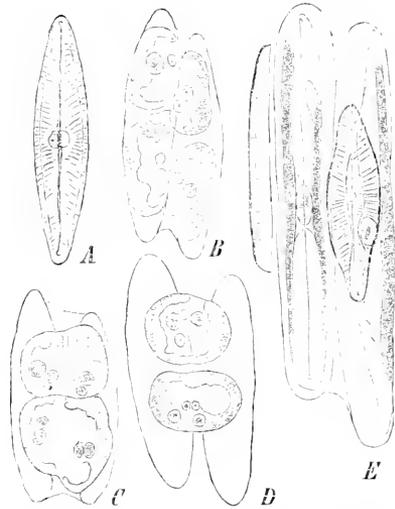


Fig. 238. Auxosporenbildung von *Navicula viridula*. A Zelle von der Schalenenseite. B zwei Zellen neben einander liegend, ihr Inhalt in je zwei Tochterzellen mit zwei Kernen getheilt. C, D paarweise Copulation der Tochterzellen zu zwei anfangs vierkernigen Auxosporen. E Die beiden herangewachsenen Auxosporen. Von den vier Kernen einer jeden sind die zwei grösseren zu einem verschmolzen, die beiden kleineren aufgelöst. Vergr. 500. (Nach KARSTEN.)

organischen Substanzen und vollständige Reduction der Chromatophoren und Farbstoffe nachgewiesen<sup>11)</sup>.

In fossilem Zustande finden sich die Kieselschalen der Diatomeen als Hauptbestandtheil der Kieselguhr, Bergmehl oder Infusorienerde, welche zur Dynamitfabrikation Verwendung findet.

Wegen der oft ausserordentlich feinen Sculptur der Membran dienen gewisse Arten als Festobjecte zur Prüfung von Mikroskopobjectiven, so namentlich *Pleurosigma angulatum*, dessen  $\lambda$ -förmig gekrümmte Schalenseite bei starker Vergrößerung rechts und links von der Mittellinie ein sehr feines Gitterwerk, aus sechsseitigen, aussen und innen wahrscheinlich durch Poren geöffneten Kammern zusammengesetzt, erkennen lässt.

## Klasse VI.

### Peridineae, Peridineen<sup>9), 11)</sup>.

Die Peridineen sind einzellige Thallophyten, welche zum geringeren Theil in Süßwasser, meist aber im Meere leben, wo sie zusammen mit den Diatomeen einen wichtigen Bestandtheil des Plankton abgeben. Ihr Zellplasma enthält einen Zellkern, einen complicirten Vacuolenapparat und zarte gelbe, plattenförmige Chromatophoren. Charakteristisch sind ferner zwei lange Plasmacilien oder Geißeln, die auf der Bauchseite entspringen, sich in zwei zu einander senkrechte Furchen der Oberfläche legen und die Bewegung der Zellen vermitteln (Fig. 239). Nur wenige Peridineen sind nackt, die meisten mit einer eigenthümlich sculptirten, aus Platten bestehenden Cellulosemembran umgeben. Die Vermehrung geschieht durch Theilung. Im Herbst bilden sie dickwandige Cysten als Dauerzustand für den Winter. Conjugation ist nicht beobachtet.

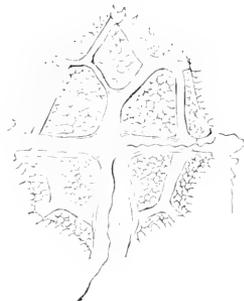


Fig. 239. *Peridinium bipes* von der Bauchseite gesehen. Vergr. 750. Nach SCHILLING.

Ausser den wie Algen sich ernährenden Formen mit assimilirenden gelben Chromatophoren giebt es aber auch farblose Formen, deren Chromatophoren als farblose Leucoplasten ausgebildet sind. Diese Arten, die mit den Farbstoffführenden sehr nahe verwandt sind und sich aus letzteren entwickelt haben mögen, leben somit saprophytisch oder nach Art der Thiere. Bei *Gymnodinium hyalinum*, einer farblosen und nackten Süßwasserform, ist eine den Myxomyceten ähnliche Lebensweise nachgewiesen.

Der Protoplast verliert zum Zwecke der Nahrungsaufnahme seine Geißeln und wird zu einer Amöbe, welche kleine Algenzellen in sich aufnimmt und verdaut.

## Klasse VII.

### Conjugatae, Conjugaten<sup>12)</sup>.

Die Conjugaten bilden eine formenreiche, selbstständige Gruppe von freizelligen oder einfach fadenförmigen, im Süßwasser lebenden grünen Algen. Von den übrigen grünen Algen, den Chlorophyceen, sind sie scharf unterschieden durch ihre eigenartige sexuelle Fortpflanzung, die in der Conjugation zweier gleichwerthiger Zellen zu einer Zygospore besteht und zur Bezeichnung der Gruppe geführt hat, ferner durch den Mangel ungeschlechtlicher Sporenbildung und endlich auch durch ihre complicirt gestalteten grünen Chromatophoren. In den einzelligen Formen zeigen sie gewisse Aehnlichkeiten mit den Diatomeen.

1. Die *Desmidiaceen* umfassen die einzelligen Formen; sie gehören mit zu den zierlichsten Algen und weisen ebenso wie die Diatomeen eine ungemeine Mannichfaltigkeit

der Gestalt auf Fig. 241 u. 242. Ihre Zellen bestehen aus zwei symmetrischen Hälften, die in der Regel durch eine Einschnürung, den Isthmus, sich von einander abgrenzen. Jede Hälfte enthält ein grosses strahliges, unregelmässig umgrenztes oder aus mehreren Platten zusammengesetztes Chromatophor mit einigen Pyrenoiden oder Stärkheerden; in der

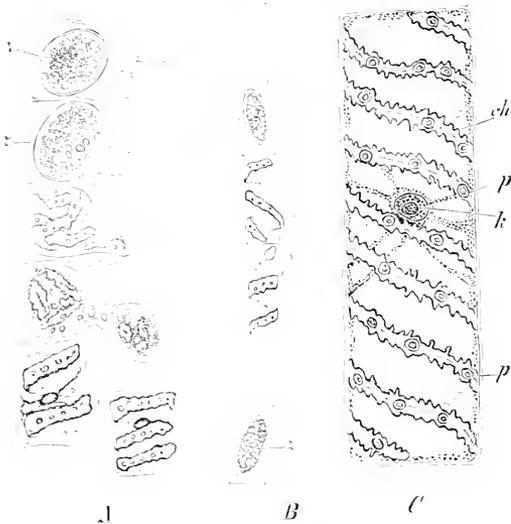


Fig. 240. *A* Copulation von *Spirogyra quinina*. *B* Zygosporen. Vergr. 240. *B* desgl. von *Sp. longata*. Vergr. 150. *C* Zelle von *Sp. jugalis*. *k* Kern, *ch* Chromatophor, *p* Pyrenoide oder Amylumheerde. Vergr. 256.

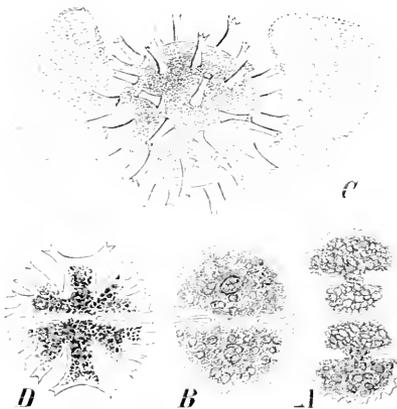


Fig. 241. *A* *Cosmarium coelatum* in Theilung. *B* *Cosmarium Botrytis*. *C* desgl. mit fertiger Zygospore. *D* *Micrasterias Cruces melitensis*. Nach RALES.

Die Vermehrung geschieht durch Theilung, die durch eine in der Mitte der Zelle, in der Einschnürung, auftretende Querwand nach der Kerntheilung vollzogen wird. Jede Tochterzelle wächst sodann zur Grösse und Gestalt der Mutterzelle heran, indem sie nach der Theilungsfläche zu eine neue Zellhälfte ausbildet Fig. 242 *A*. Nach Beendigung dieses „Ergänzungswachstums“ trennen sich die Zellen von einander.

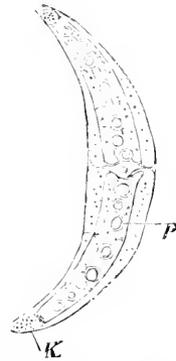


Fig. 242. *Closterium moniliferum*. *p* Pyrenoide der beiden Chromatophoren. *K* krystallführende Endbläschen. Kern in der Mitte. Vergr. 240.

Mitte der Zelle, in der Einschnürung, ist der Kern gelegen. Die Gesamtform ist sehr verschieden, bald abgerundet eckig z. B. *Cosmarium*, Fig. 241 *A, B*, bald sternförmig *Micrasterias*, Fig. 241 *D*. Häufig ist die Membran mit stachel- oder warzenartigen Prominenzen besetzt. Einige Gattungen weisen keine Einschnürung zwischen den beiden Hälften der Zelle auf, so z. B. das mondsichelförmige *Closterium moniliferum* Fig. 242, dessen zwei Chromatophoren aus je sechs mit einander in der Längsachse verbundenen Platten bestehen und an dessen Zellenden je eine Vacuole mit winzigen in Bewegung befindlichen Gipskristallen vorhanden ist. Manche Desmidiaceen zeichnen sich durch heliotaktische Bewegungen aus, sie stossen aus ihren Enden feine Schleimfäden durch die Membran hindurch aus, mittels deren sie sich fortschieben und in die Richtung des einfallenden Lichtstrahles stellen können.

Bei den Desmidiaceen findet die Copulation ausserhalb der Zellhüllen statt, zwei Zellen legen sich neben einander, umgeben sich mit Gallerte, die Zellwand bricht in der Einschnürung auf und beide heraustretende Protoplasten vereinigen sich zur Zygospore, deren Wandung häufig durch Stachelbildungen ausgezeichnet ist (Fig. 241 C). Neben den reifen Sporen liegen die vier leeren Membranhüllen.

2. Unter den fadenförmigen Conjugaten, welche zu der Familie der *Zygnemaceen* vereinigt werden, ist am bekanntesten die Gattung *Spirogyra*, deren zahlreiche Arten als frei schwimmende fädige grüne Matten in stehenden Gewässern häufig auftreten. Die aus längeren oder kürzeren Zellen bestehenden Fäden wachsen in die Länge durch Theilung und Streckung aller Zellen. Jede Zelle führt in der Mitte einen Kern und ein oder mehrere wandständige, bandförmige spiralförmige Chromatophoren (Fig. 240 c). Bei der Gattung *Zygnema* sind zwei sternförmige vielstrahlige Chlorophyllkörper vorhanden.

Wenn *Spirogyra* sich zur Conjugation anschickt, so treiben die Zellen zweier dicht neben einander liegenden Fäden je eine Hervorstülpung nach dem anderen Faden zu, dert, dass die Fortsätze je zweier gegenüber liegender Zellen auf einander stossen (Fig. 240 A). Die Querwand der so entstehenden Verbindungsbrücke wird alsdann resorbirt und der gesammte sich abrundende Inhalt einer Zelle wandert in die gegenüber liegende Zelle hinüber, Plasma und Kerne verschmelzen mit einander, während dagegen die Chlorophyllbänder nicht in Vereinigung treten, sondern in der ruhenden Zelle erhalten bleiben, in der übertretenden aber desorganisirt werden. Aus den conjugirten Protoplasten wird eine sich abrundende, mit dicker Membran umkleidete, dicht mit Fett und rothbraunen Schleimkugeln sich anfüllende Zygospore erzeugt, welche später bei der Keimung zu einem neuen Faden schlauchförmig austreibt. Diese Art der Conjugation bezeichnet man als leiterförmige (Fig. 240 A), sie ist den meisten Arten eigen thümlich, während bei anderen Arten sogen. seitliche Conjugation eintritt, indem an ein und demselben Faden je zwei auf einander folgende Zellen durch Ausstreifen von Fortsätzen in der Nähe der sie trennenden Querwand in Verbindung treten (Fig. 240 B).

## Klasse VIII.

### Chlorophyceae, Grünalgen<sup>(13, 11)</sup>.

Zu den Chlorophyceen gehört die Mehrzahl der mit grünen Chromatophoren versehenen Algen. Nach der Beschaffenheit des Thallus gliedern sie sich naturgemäss in drei Ordnungen, von denen die *Protozoocoidaceen* die einfachsten Formen, einzellige oder Zellcolonien bildende, umfasst; die *Confervoideen* dagegen solche mit einfachen oder verzweigten Zellfäden oder Zellflächen enthält; während die *Siphonaceen* einen sehr verschiedenartig entwickelten Thallus aufweisen, welcher meist aus einer einzigen vielkernigen verzweigten Schlauchzelle besteht.

Die geschlechtliche Fortpflanzung, die übrigens bei manchen Arten bislang noch nicht nachgewiesen worden ist, besteht im einfachsten Fall in der Copulation von gleich gestalteten Gameten, und zwar im Unterschied von den Conjugaten, von sogen. Planogameten, d. h. nackten mit Cilien versehenen beweglichen Protoplasten, bei anderen Gattungen aber findet eine Differenzirung der Gameten statt in ruhende weibliche, Eier oder Oosphären, und eientragende bewegliche männliche oder Spermatozoiden. Innerhalb einer jeden der drei obigen Ordnungen hat dieser Fortschritt von der Isogamie zur Oogamie Eibefruchtung stattgefunden.

Ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung findet ziemlich allgemein auch eine ungeschlechtliche Sporenbildung statt, in Gestalt beweglicher cilientragender, den Planogameten ähnlicher Schwärmosporen (Zoosporen).

Die Zellen, in denen die Schwärmosporen erzeugt werden, heissen Sporangien, die gametenbildenden Gametangien, die Spermatozoiden erzeugenden Antheridien, die Eizellen bildenden Oogonien. Wenn wir

die geschlechtliche Fortpflanzung aus der ungeschlechtlichen ableiten, so müssen alle diese Gebilde, auch die gleichnamigen bei den übrigen Klassen der Thallophyten, als homologe angesehen werden.

Ausser den drei oben genannten Ordnungen der *Chlorophyceen* besitzen auch die Klassen der *Conjugaten* und der *Characeen* grüne Chromatophoren, können also auch als Grünalgen im weiteren Sinne bezeichnet werden. Die Conjugaten sind aber scharf charakterisirt durch ihre besondere Art der sexuellen Fortpflanzung; die Characeen bilden ebenfalls eine scharf abgegrenzte Gruppe, welche sich von den Chlorophyceen durch die viel höher stehende Gliederung des Thallus und den complicirteren Bau der mit Hülle versehenen weiblichen Organe oder Eiknospen und der Antheridien unterscheiden, während bei den Chlorophyceen die Oogonien- und Antheridienzellen stets ohne eine Hülle steriler Zellen sind.

### 1. Ordnung. *Protococcoideae* <sup>(15)</sup>.

Zu den Protococcoideen gehören ausschliesslich einzellige, meist frei im Süsswasser schwimmende, in einigen Arten aber auch an feuchten Stellen sich anhaltende Algen, deren Zellen entweder einzeln leben oder mittels Gallertabscheidung zu Zellfamilien von unbestimmter oder bestimmter Anordnung vereinigt werden. Die Zellen sind von einer Membran umgeben und enthalten ein oder mehrere grüne Chromatophoren und einen Zellkern. Die Vermehrung geschieht bei den einfachsten Formen nur durch Theilung auf vegetativem Wege, bei den meisten aber werden ungeschlechtliche, mit zwei Cilien versehene Schwärmosporen gebildet. Sexuelle Fortpflanzung ist bislang nur bei einem Theil der Gattungen beobachtet worden und besteht in der Copulation zweier gleicher Planogameten zu einer Zygospore oder Zygote; nur bei zwei Gattungen, *Eudorina* und *Volvox*, findet Eibefruchtung statt.

Die einfachsten Formen stellen freilebende Zellen, meist von rundlicher Gestalt, dar, die sich nur durch Theilung vermehren. So verhält sich z. B. die in ökologischer Hinsicht interessante Gattung *Chlorella*, deren kleine grüne Zellen symbiotisch in dem Plasma von Infusionsthierchen, in den Zellen von *Hydra viridis*, *Spongilla fluviatilis* und anderen niederen Thieren leben.

Zellfamilien einfachster Art, aus je vier Zellen zusammengesetzt, sind der Gattung *Scenedesmus* eigenthümlich. Die häufigste in allen Gewässern verbreitete

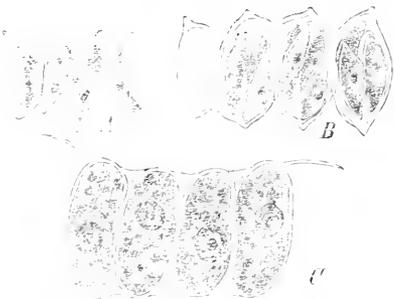


Fig. 243. A *Scenedesmus acutus*. B Desgl. in Theilung. C *Scenedesmus caudatus*. Vergr. 1000. Nach SEIX.



Fig. 244. *Pediatrum granulatum*. A alte Zellfamilie, entleert bis auf die drei Zellen *a*, die Zelle *b* entlässt 16 Schwärmzellen. B Zellfamilie nach der Geburt. C Zellfamilie  $4\frac{1}{2}$  Stunden später. Vergr. 300. Nach AL. BRAN.

Art, *Sc. acutus*, hat spindelförmige Zellen, während *Sc. caudatus* an den Endzellen sich durch vier lange hornförmige Membranfortsätze auszeichnet (Fig. 243). Jede Zelle theilt sich der Länge nach in vier Tochterzellen, welche die alte Membran verlassen und eine neue Familie bilden.

Während *Scenedesmus* sich nur durch Theilung vermehrt, findet dagegen bei *Pediastrum* Fig. 244, dessen Zellen zu zierlichen freischwimmenden tafelförmigen Zellfamilien verbunden sind, Bildung ungeschlechtlicher Schwärmsporen statt, in der Weise dass der Inhalt einer Zelle in eine Anzahl bei dem abgebildeten *P. granulatum* in 16 von je zwei Cilien tragenden nackten Schwärmsporen zerfällt, welche, von einer gemeinsamen Blase umgeben, durch einen Riss in der Wandlung austreten Fig. 244 *A, b*, sodann in der Blase lebhaft sich bewegen und schliesslich zu einer neuen heranwachsenden Zellfamilie sich zusammen legen. Neben der ungeschlechtlichen tritt bei *Pediastrum* auch geschlechtliche Fortpflanzung auf. Die Gameten sind den Schwärmsporen ganz ähnlich, nur kleiner und entstehen in den Zellen in grösserer Zahl, sie schwimmen frei im Wasser und copuliren paarweise zu Zygoten. Beide Gameten sind gleichgestaltet. Die Weiterentwicklung der Zygoten zu den Zellfamilien ist noch nicht ganz lückenlos bekannt.

Während die bisher genannten Typen und ihre Verwandten im vegetativen Zustand ruhende cilienlose Zellen vorstellen, umfasst dagegen die Familie der *Volvocaceae* Formen mit einzeln lebenden oder zu Colonien vereinigten Zellen, die von einer zarten Hülle umgeben werden und aus derselben Plasmacilien meist zwei hervor strecken, mittels deren sie frei umher schwimmen. Sie beharren somit während ihres vegetativen Daseins auf dem Stadium, das die meisten Protozoocoiden einnehmen. Zu den einfachsten Volvocaceen gehört die Gattung *Sphaerella* (= *Haematococcus*), deren wenige

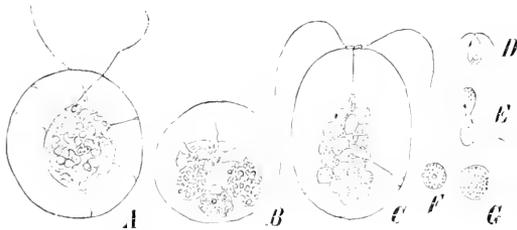


Fig. 245. *A—B* *Sphaerella pluvialis*. *A* schwärmende Zelle. *B* Bildung der Schwärmsporen. Vergr. 360. *C—G* *Sphaerella* Bäutschlii. *C* Gametenbildung. Vergr. 400. *D* Gamet. *E* Copulation zweier Gameten. *F, G* Zygoten. Vergr. 800. *C—G* nach BLOCHMANN.

dagegen durch paarweise Copulation von kleineren zweicilligen Planogameten, welche in grösserer Zahl 32 oder 64 aus einer Zelle durch Theilung entstehen, zu einer dickwandigen Zygote (*C—G*).

Bei *Volvocae* <sup>10</sup>, dagegen, die als höchst stehende Form der ganzen Ordnung betrachtet werden kann und freischwimmende hohlkugelförmige Colonien bildet, sind die Geschlechtszellen in Eier und Spermatozoiden differenzirt. Die Eizellen entstehen durch Vergrösserung einzelner Coloniezellen, sind gross, grün, unbeweglich und von Gallerte umgeben, während die viel kleineren langgestreckten, hellgelben Spermatozoiden an ihrem schmalen farblosen Vorderende 2 lange Cilien tragen und durch Theilung von Coloniezellen in zahlreiche Tochterzellen entstehen. Nach der Copulation mit einem Spermatozoid im Innern der Coloniekugel wird die Eizelle zu einer derbwandigen ruhenden Oospore.

## 2. Ordnung. *Confervoideae*.

Die *Confervoideen* bezeichnen den einzelligen Protozoocoiden gegenüber einen Fortschritt in der äusseren Gliederung des Thallus, welcher stets mehrzellig erscheint und in der Mehrzahl der Gattungen aus einfachen oder verzweigten Zellreihen besteht. Die Zellfäden sitzen entweder mit einer farblosen Fusszelle am Substrat unter Wasser fest Fig. 246 *A* oder schwimmen frei. Bei der im Meere lebenden Gattung *Ulea* (*Ulea lactuca*, *Meersalat*) besteht der Thallus aus grossen blattartigen grünen Zellflächen (Fig. 5, Keimpflanze). Die *Confervoideen* leben im Flusswasser oder im Meere. Nur

einige Formen (*Chroolepideen*) wachsen als Luftalgen an Felsen, Baumstämmen, in den Tropen auch auf Blättern. Hierzu gehört die auf Steinen in Gebirgen wachsende *Trentepohlia* oder *Chroolepus Jolithus*, deren Zellfäden in Folge Hämatochromgehalts roth erscheinen und die einen veilehenartigen Geruch besitzt (Veilehenstein).

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung vollzieht sich bei den Confervoideen durch Bildung von eilientragenden Schwärmsporen. Daneben können auch ungeschlechtliche ruhende Dauersporen auftreten.

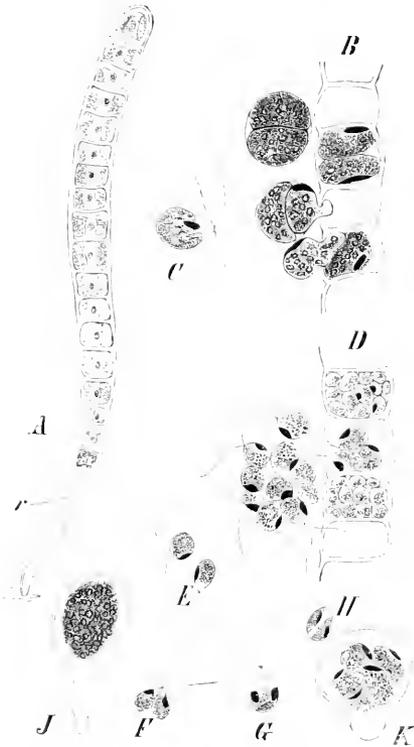


Fig. 246. *Ulothrix zonata*. A junger Faden mit Rhizoidzelle *r*. Vergr. 300. B Fadenstück mit ausschöpfenden Schwärmsporen, zu zwei in jeder Zelle. C einzelne Schwärmspore. D Gametenbildung und Entleerung eines Fadenstücks. E Gameten. F, G Copulation der Gameten. H Zygote. J Zygote nach der Ruheperiode. K Zygote, deren Inhalt in Schwärmsporen sich getheilt hat. B—K Vergr. 482, nach DOBEL.

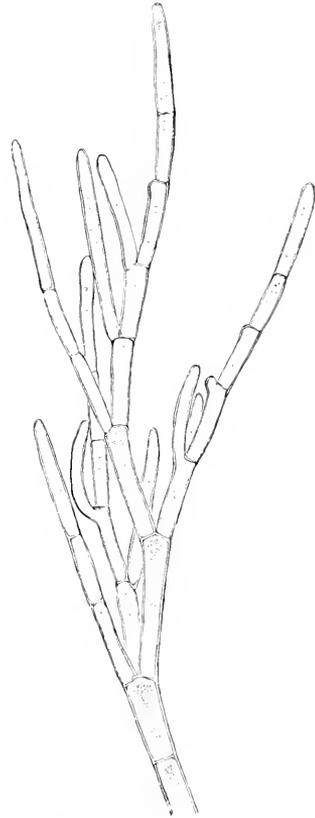


Fig. 247. Stück einer *Cladophora glomerata*. Vergr. 18.

Die geschlechtliche Fortpflanzung besteht entweder in Copulation von Planogameten oder es sind die Geschlechtszellen in ruhende Eizellen und bewegliche Spermatozoiden differenzirt.

*Ulothrix zonata* Fig. 246 A und *Cladophora glomerata* Fig. 247 sind zwei der häufigsten Fadenalgen. Erstere besteht aus unverzweigten, mit einer Rhizoidzelle fest-sitzenden Fäden ohne ausgesprochenes Spitzenwachstum; ihre kurzen Zellen enthalten einen Zellkern und ein bandförmiges, die Zellen fast vollständig auskleidendes Chromatophor. *Cladophora* dagegen bildet bis fußlange fest-sitzende Büschel aus verzweigten Fäden mit Spitzenwachstum. Die Verzweigung vollzieht sich aus den oberen Enden

der langgestreckten, zahlreiche Kerne (Fig. 61) und zahlreiche polygonale Chromatophoren enthaltende Zellen. Beide Arten sind isogam.

Bei *Ulothrix zonata* U. S. (Fig. 246) geschieht die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch viereckige Schwärmsporen *C*, welche zu 1 bis 8, bei grösseren Formen sogar zu 16 bis 32 durch Theilung in einer Fadenzelle gebildet werden und durch ein seitlich entstehendes Loch aus der Zellmembran ausschlüpfen *B*, umher schwärmen und dann zu neuen Fäden auswachsen. Die geschlechtlichen Schwärmsporen, Planogameten, bilden sich in gleicher Weise aus anderen Fadenzellen, aber in viel grösserer Zahl, sie sind kleiner *E* und besitzen nur zwei Cilien, ausserdem einen rothen Augenfleck und ein Chromatophor wie die Schwärmsporen; sie copuliren paarweise zu Zygoten *F—H*, welche die Cilien einziehen, sich abrunden und mit Membran umkleiden. Die Zygote stellt einen Ruhezustand dar, sie wird zu einem kleinen einzelligen Keimpflänzchen *J*, erzeugt dann mehrere Schwärmsporen *K*, aus denen die neuen Ulothrixfäden wieder heranwachsen. Febrigens können die Planogameten unter Umständen sich auch direct parthenogenetisch ohne Copulation weiter entwickeln. Damit ist die Mannichfältigkeit der Schwärmerbildung noch nicht erschöpft, denn die Fäden können ausser den oben genannten Schwärmsporen mit 4 Wimpern auch kleinere ungeschlechtliche, aber gameten-

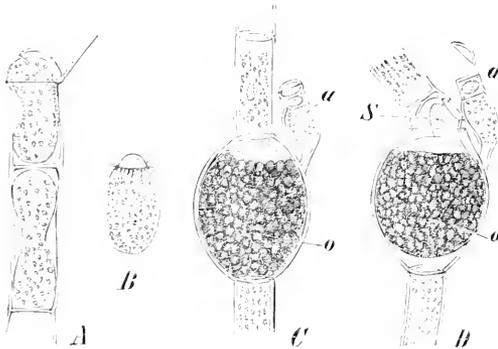


Fig. 248. A, B Oedogonium. A Schwärmsporen beim Ausschlüpfen. B freie Schwärmspore. C, D Oed. ciliatum. C vor der Befruchtung. D während der Befruchtung. o Oogonien, a Zwergmännchen, s Spermatozoid. Vergr. 350. Nach PRINGSHEIM.

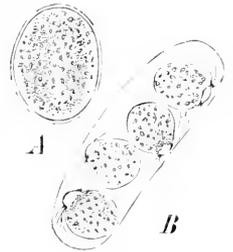


Fig. 249. Bulbochaete intermedia. A Oospore. B Bildung von vier Schwärmsporen aus der keimenden Oospore. Vergr. 250. Nach PRINGSHEIM.

ähnliche Microzoosporen mit 4 oder 2 Wimpern erzeugen, welche bei Temperaturen über  $10^{\circ}$  meist zu Grunde gehen, bei solchen unter  $10^{\circ}$  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.

Als Beispiel oogamer Confervoiden sei die Gattung *Oedogonium*<sup>29)</sup> genannt, an die sich mit ähnlichem Verhalten *Bulbochaete* anschliesst. Während letztere verzweigte Zellfäden aufweist, haben die zahlreichen Arten der ersteren Gattung unverzweigte Fäden, deren Zellen nur je einen Kern und je ein einziges, aus zahlreichen zusammenhängenden Bändern bestehendes wandständiges Chromatophor besitzen. Die ungeschlechtlichen Schwärmsporen (Fig. 248 B) sind bei *Oedogonium* besonders gross, haben ein aus Kinoplasma bestehendes, farbloses Vorderende, an dessen unterm Rande zahlreiche Cilien in Form eines Kranzes entspringen. Sie entstehen in Einzahl aus dem ganzen Inhalt einer Fadenzelle (Fig. 248 A) und schlüpfen unter Aufbrechen dieser Zelle aus. Was die sexuelle Fortpflanzung anbelangt, so werden einzelne Fadenzellen zu Oogonien, indem sie tonnenförmig anschwellen und ihren Inhalt zu einer sich abrundenden grossen Eizelle ausbilden. Am oberen Ende des Oogoniums entsteht in der Membran ein Loch und unter diesem ein farbloses Empfängerstück an der Eizelle. An anderen Stellen desselben oder eines anderen Fadens werden die Spermatozoiden erzeugt und zwar meist zu je zwei in relativ niedrig bleibenden Fadenzellen, den Antheridien. Die Spermatozoiden sind kleiner als die ungeschlechtlichen Schwärmsporen, aber wie diese auch

mit einem Cilienkranz versehen. Sie schlüpfen durch die Oeffnung in das Oogonium und verschmelzen mit der Eizelle, die dann zu einer grossen derbwandigen Oospore wird. Bei der Keimung der Oosporen theilt sich ihr Inhalt in vier grosse Schwärmsporen, welche ausschlüpfen und neue Fäden bilden. Fig. 249 stellt die Bildung dieser Sporen für *Balbochaete* dar, mit welcher Oedogonium nahe verwandt ist.

Bei gewissen Arten von Oedogonium liegen die Verhältnisse complicirter. Die Spermatozoiden werden nämlich bei diesen in besonderen kleinen nur aus wenigen Zellen bestehenden Pflänzchen, sogen. „Zwergmännchen“ erzeugt. Diese Pflänzchen entwickeln sich aus ungeschlechtlichen Schwärmsporen, Androspermen, welche sich nach dem Ausschwärmen auf die weiblichen Fäden, ja sogar auch direct auf die Oogonien festsetzen, zu den wenigzelligen Zwergmännchen heranwachsen, dann aus ihren oberen Zellen die Spermatozoiden erzeugen und sich mit einem Deckel öffnen, um dieselben zu entlassen. Fig. 248 C zeigt ein reifes Zwergmännchen auf einem noch geschlossenen Oogonium, D den Eintritt der Befruchtung, das Spermatozoid auf dem Empfängnisfleck bei *Oedogonium ciliatum*.

Die oogamen Confoveiden sind in Folge der complicirten sexuellen Vorgänge als die höher entwickelten im Vergleich zu den isogamen zu betrachten.

### 3. Ordnung. Siphoneae.

Die Siphoneen oder Schlauchalgen unterscheiden sich von allen übrigen Chlorophyceen und Algen überhaupt durch die besondere Beschaffenheit ihres Thallus, welcher äusserlich mehr oder weniger reich gegliedert ist, aber meist aus einer einzigen grossen Zelle besteht, oder, wenn er mehrzellig ist, wenigstens sich aus grossen vielkernigen Zellen aufbaut. Die Zellhaut umschliesst somit im ersten Falle eine einzige Plasmamasse, in deren Wandbelag zahlreiche Zellkerne und zahlreiche kleine grüne Chromatophoren sich vorfinden. Dieselbe Form des Thallus kehrt unter den Hyphomyceten bei den Phycomyceen oder Algenpilzen wieder, so dass die Letzteren vielleicht als abgeleitete Formen der Siphoneen angesehen werden können.

Die Siphoneen umfassen ca. 40 nicht sehr artenreiche, grösstentheils im Meere lebende Gattungen. Im Süsswasser oder auf feuchtem Erdboden gedeihen die Arten von *Vaucheria*, terrestrisch ferner *Botrydium* und *Protosiphon*, einige Formen endlich leben endophytisch in den Blättern höherer Pflanzen.

Die sexuelle Fortpflanzung besteht meist in Copulation gleicher Gameten und ist nur bei der Gattung *Vaucheria* zu Oogamie vorgeschritten.

Die einfachste Form der Siphoneen wird durch die Gattung *Botrydium* <sup>18</sup> mit einer kosmopolitischen Art *B. granulosum* dargestellt. Diese Alge wächst auf feuchtem Lehmboden an der Luft und bildet heerdenweise grüne etwa 2 mm dicke Bläschen, deren Basis sich in ein chromatophorenreies, im Substrat steckendes verzweigtes fädiges Rhizoidsystem fortsetzt Fig. 250 A. Die Zellwand der Blase und des Rhizoids umschliesst nur einen einzigen Protoplasten mit zahlreichen kleinen Zellkernen und im oberen Theile mit zahlreichen einzelnen Chlorophyllkörnern, die nur in ganz jungen Pflänzchen Pyrenoiden enthalten und keine Stärke, sondern fettes Oel bilden. Die Pflänzchen können sich auf vegetativem Wege durch Sprossung vermehren, indem am oberirdischen Theile eine zur Grösse der Mutterzelle heranwachsende Ausstülpung entsteht, die ein Rhizoid in den Boden treibt und unter Querwandbildung sich schliesslich isolirt. Die Fortpflanzung geschieht durch ungeschlechtliche Schwärmsporen, zu deren Bildung sich die ganze Pflanze in ein einziges Sporangium verwandelt und ihren Inhalt in zahlreiche durch ein Loch am Scheitel anschlüpfende Schwärmsporen zertheilt. Die Schwärmsporen Fig. 250 B, tragen am vorderen farblosen Ende nur eine einzige Cilie. Die Bildung der Schwärmsporen geht nur dann vor sich, wenn das Pflänzchen mit Wasser bedeckt ist. Die ausgeschlüpfen helioforaktischen Schwärmer setzen sich zur Ruhe, umgeben sich mit Membran und keimen auf feuchter Erde zu neuen Pflänzchen. Ob auch sexuelle Planogameten unter Umständen gebildet werden, ist noch nicht nachgewiesen.

Wie KLEBS gezeigt hat, kommt meist in Gemeinschaft mit *Botrydium* und bislang zu diesem gerechnet eine ganz ähnliche kleinere Art, *Protosiphon botrydoides*, vor, mit meist

unverzweigtem Rhizoid und nur einem einzigen netzförmigen Chromatophor. Diese Art erzeugt Planogameten, welche paarweise zu sternförmigen ruhenden Zygoten copulieren (Fig. 250 *c*).

Oogamie tritt unter den Siphonocéen bei der Gattung *Vaucheria* (20), auf, deren Arten einen



Fig. 250. *A* und *B* *Botrydium granulatum*. *A* ein freigelegtes Pflänzchen mittlerer Größe. Vergr. 28. *B* eine Schwärmspore mit Jodlösung fixirt. Vergr. 540. *C* Protosiphon botryoides. Planogameten und zwar bei *a* ein einzelner Planogamete, bei *b* zwei Planogameten in der ersten Berührung, bei *c*, *d* und *e* in seitlicher Verschmelzung, bei *f* die Zygospore. Vergr. 540.



Fig. 252. *Vaucheria sessilis* forma repens. Fadestück mit Oogonium *a*. Antheridium *b*; *ch* Chromatophoren, *n* Zellkerne, *ol* Oeltropfen. Vergr. 240.

unter Drehung um die Längsachse aus der Öffnung heraus. Morphologisch entspricht die *Vaucheria*spore der Gesamtheit der zahlreichen Einzelschwärmsporen eines Botrydiumpflänzchens.

Die sexuelle Fortpflanzung von *Vaucheria* weicht bedeutend von der Gametencopulation der übrigen Siphonocéen ab, ist aber von dieser als der ursprünglichen Befruchtungsart abzuleiten. Oogonien und Antheridien entstehen an den Thallusfäden als Ausstülpungen, die durch eine Scheidewand abgegrenzt werden (Fig. 252 *a* und *b*). Die Oogonium-Anlage

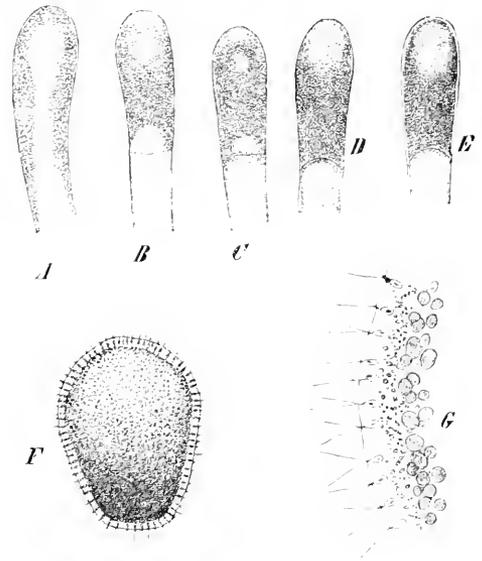


Fig. 251. *Vaucheria sessilis*. *A*, *B* Anlage der Sporangien. *C*, *D*, *E* Ausbildung der Schwärmsporen. Vergr. 95. *F* Schwärmspore. Vergr. 25. *G* ein Stück der äusseren farblosen Plasmaschicht, dem vorderen Ende der Schwärmspore entnommen. Vergr. 950.

rasenartig wachsenden, aus einer einzigen fadenförmigen verästelten Zelle bestehenden und ebenfalls mit farblosen Rhizoiden im Substrat befestigten Thallus aufweisen.

Die Bildung der ungeschlechtlichen Schwärmsporen geschieht hier in anderer Weise als bei *Botrydium*. Einzelne Zweigenden schwellen zur Bildung des Sporangiums etwas an und grenzen dasselbe mit einer Querwand ab (Fig. 251 *A*—*E*). Der ganze Inhalt der Endzelle verwandelt sich nun in eine einzige sehr grosse grüne, mit blossen Auge schon sichtbare Schwärmspore *F*, welche einen farblosen, die zahlreichen Kerne enthaltenden Saum besitzt und vor jedem Kern je zwei Cilien hervorstreckt *G*. Bei der Entleerung reißt der Sporangiumsscheitel auf und die Spore zwingt sich

enthält nach OLTMANNs anfangs zahlreiche Kerne, die aber alle bis auf den zurückbleibenden einzigen Eikern vor der Scheidewandbildung wieder in den Tragfäden zurückwandern. Im reifen Zustand besitzt das Oogon eine schnabelartige, mit farblosem Plasma angefüllte Vorstülpung, an welcher das Oogonium geöffnet wird, während sich die Eizelle abrundet. Das in seiner Anlage ebenfalls vielkernige Antheridium ist mit seinem Tragast ein hornförmig gekrümmtes Gebilde *a*, es öffnet sich bei der Reife an seiner Spitze und entleert seinen schleimigen Inhalt, aus dem die winzigen farblosen Spermatozoiden herausschwärmen, um an dem farblosen Empfängerfleck des Oogoniums sich anzusammeln. Ein Spermatozoid dringt ein und vollzieht die Befruchtung durch Verschmelzung seines Kerns mit dem Eikern. Die befruchtete Eizelle umgibt sich als Oospore mit einer Membran und geht in Ruhezustand über.

Die marinen Siphonocen zeigen meist eine viel complicirtere Gliederung des Thallus und gehören in dieser Hinsicht zu den interessantesten Algentypen. So besitzt die in vielen Arten in wärmeren Meeren vertretene Gattung *Caulerpa* <sup>(2)</sup> eine kriechende, an



Fig. 253. *Caulerpa prolifera*. Die feinen Linien auf den Thallusblättern bezeichnen die Plasmaströmungen. *a* fortwachsende Spitze der Thallusachse. *bb* junge Thalluslappen. *r* Rhizoide. <sup>1</sup>/<sub>2</sub> nat. Gr.

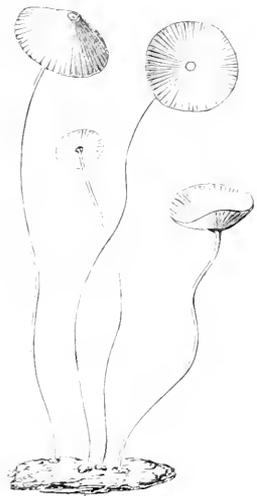


Fig. 254. *Acetabularia mediterranea*, Kalkalge. Nat. Grösse.

der Spitze fortwachsende Hauptachse, welche nach unten reichverzweigte farblose Rhizoide in den Boden entsendet, nach oben dagegen grüne, bei den einzelnen Arten sehr verschieden gestaltete Thalluslappen trägt. Bei der mediterranen *C. prolifera* Fig. 253 sind diese Lappen blattartig, von begrenztem Wachstum und häufig proliferierend. Dabei umschliesst die ganze Pflanze nur einen einzigen Zellraum, welcher von netzförmig verbundenen Zellstoffbalken durchsetzt wird.

Die Gattung *Bryopsis* hat dagegen einen zierlich federförmig verzweigten Thallus, der ursprünglich ebenfalls einzellig ist, schlauchförmige Seitenäste bildet und diese später durch Querwände abgliedert.

Andere marine Siphonocen incrustiren ihre Membranen mit kohlensaurem und oxalsaurem Kalk, so z. B. *Halimeda Opuntia*, welche eine Opuntia im Kleinen nachahmt. Sehr eigenartigen Habitus hat unter den Kalksiphonocen die im Mittelmeer heimische *Acetabularia mediterranea* <sup>2)</sup>, mit gestieltem schirmförmigem Thallus Fig. 254. Der dünne Stiel sitzt im Substrat mittels einiger Rhizoide fest. Der Hut besteht aus dicht zu einer Fläche zusammenschliessenden, von der Stielspitze ausstrahlenden, schlauch-

förmigen Ausstülpungen, in denen unbewegliche Sporen, sogen. Aplanosporen, gebildet werden. Diese werden durch Zerfallen des Schirmes frei, entwickeln sich zu Gametangien und erzeugen zahlreiche copulirende Planogameten.

### Klasse IX.

## Phaeophyceae, Braunalgen<sup>(13, 23)</sup>.

Mit Ausnahme einiger weniger Süßwasserarten sind die zahlreichen Brauntange fest sitzende Meeressalgen, die ihre grösste Entwicklung in den kälteren Ozeanen erreichen. In der Gestalt des Thallus herrscht eine

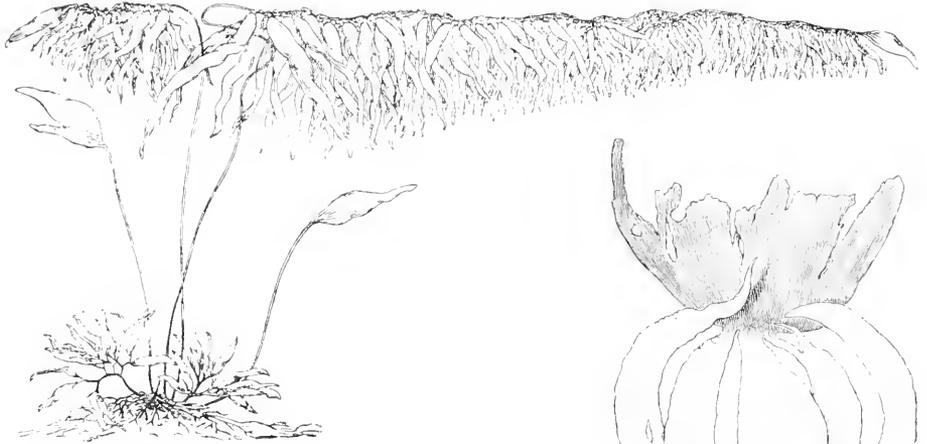


Fig. 256. *Macrocyctis pyrifera*  
Ag. Sehr stark verkleinert.  
Nach HOOKER und HARVEY.

ungemeine Mannichfaltigkeit. Abgesehen von einigen einzelligen Formen gleichen die einfachsten Vertreter (z. B. die Gattung *Ectocarpus*) im Bau des Thallus den Confervoideen, sind unverzweigte oder verzweigte festsitzende Fäden aus einfachen Zellreihen bestehend. Sodann gibt es Formen mit cylindrischem, reich verzweigtem vielzelligem Thallus (z. B. *Cladostephus*, dessen Hauptzweige mit dichtem Filz von kurzen vielzelligen Seitenzweigen bedeckt sind, (Fig. 7), oder mit handförmig abgeplattetem, dichotomisch verzweigtem vielzelligem Thallus (z. B. *Dictyota*, Fig. 8). Diese Vertreter wachsen an ihren Thallusenden vielfach mittels grosser Scheitelzellen weiter (Fig. 7 und Fig. 161). Andere Arten haben scheiben- oder blasenförmigen Thallus.

Die höchste Entwicklung erfahren die Braunalgen in den Familien der *Laminariaceen* und *Fucaceen*. Zu den ersteren gehört die in den nördlichen Meeren verbreitete Gattung *Laminaria*, deren Arten einem grossen gestielten ungetheilten oder handförmig gespaltenen Blatt gleichen, das an seiner Stielbasis mittels eines verzweigten wurzelähnlichen Haftorgans befestigt ist.

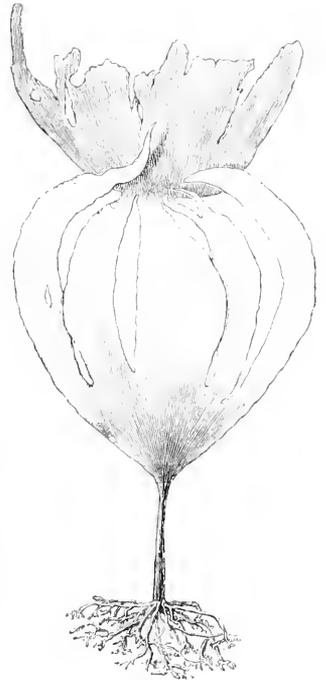


Fig. 255. *Laminaria digitata*,  
forma Cloustoni. Nordsee. Auf  
 $\frac{1}{3}$  verkleinert. Officinell.

Bei *Laminaria digitata* Fig. 255 besitzt das handförmig getheilte Thallusblatt ein sehr eigenartiges Wachsthum, indem es an seiner Basis eine intercalare wachstums-

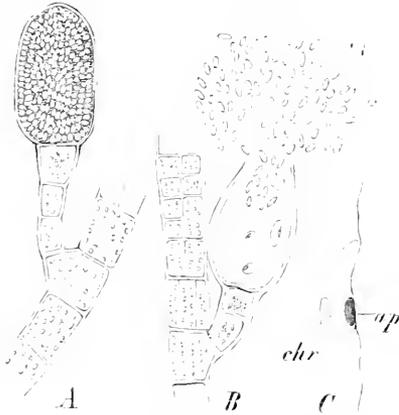


Fig. 257. *Cladostephus verticillatus*. Schwärmersporenbildung. A geschlossenes Sporangium. Vergr. 280. B Entleerung der Sporen. Vergr. 280. C einzelne Schwärmerspoie mit rothem Augenpunkt *ap* und gelbem Chromatophor *chr*. Vergr. ca. 2000. Nach PRINGSHEIM.



Fig. 258. *Cladostephus verticillatus*. Theilweise entleertes Gametangium. Vergr. 500. Nach PRINGSHEIM.

fähige Zone besitzt, die nach einander neue Thallusblätter erzeugt. Das alte wird dann jedesmal emporgehoben und stirbt allmählich ab, das neue spaltet sich aber in mehrere zugespitzte Lappen. Die Laminarien erreichen riesige Dimensionen, so wird der Zuckertang *L. saccharina* Nordsee, mit ungetheiltem ebenfalls sich jährlich 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. 256; der Aehsentheil derselben erhebt sich an den Küsten vom Meeresboden bis zur Oberfläche und erreicht flottirend eine Länge von 200—300 m; er ist, abgesehen von einem nackten unteren Theile, dicht mit grossen langen herabhängenden, an der Basis mit je einer grossen luftführenden Schwimmblase versehenen Thalluslappen besetzt. Sehr bemerkenswerth sind ferner die antarktischen *Lessonia*-Arten, welche eine schenkeldicke verzweigte Hauptachse mit überhängenden langen Thallusblättern an den Zweigen entwickeln und mehrere Meter Höhe erreichen, also Algen mit baumartigem Habitus vorstellen.

Die *Fucus* sind ebenfalls stattliche Meeresalgen, bleiben aber hinter den Laminarien an Grösse zurück. Am bekanntesten sind von nordeuropäischen Formen die *Fucus*-Arten, *Fucus vesiculosus*, der Blausentang, mit rundlichen luftführenden Blasen in dem schwarzbraunen bandförmigen, sich gablig verzweigenden Thallus Fig. 260 und *F. platycarpus* ohne Blasen. Beide sitzen mit Haft-

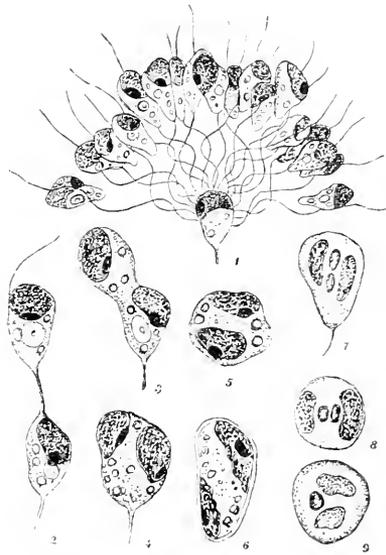


Fig. 259. *Ectocarpus siliculosus*. 1 Weiblicher Gamet von vielen männlichen Gameten umgeben, von der Seite gesehen. 2—5 Verschmelzung der Gameten. 6 Keimling nach 24 Stunden. 7—9 Vereinigung der Zellkerne bei der Copulation, nach fixirtem und gefärbtem Material. 1—5 nach BERTHOLD. 6—9 nach OLTMAXNS.



Fig. 260. *Fucus vesiculosus*, Blasen tang. *b* Blasen, *f* Conceptakelstände. Auf  $\frac{1}{3}$  verkleinert.

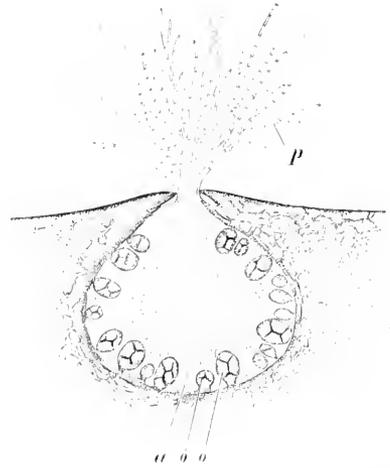


Fig. 261. *Fucus platycarpus*. Monoisches Conceptaculum mit Oogonien verschiedenen Alters *o* und Antheridienbüscheln *a*. Paraphysen *p*. Vergr. ca. 25. Nach TURRET.

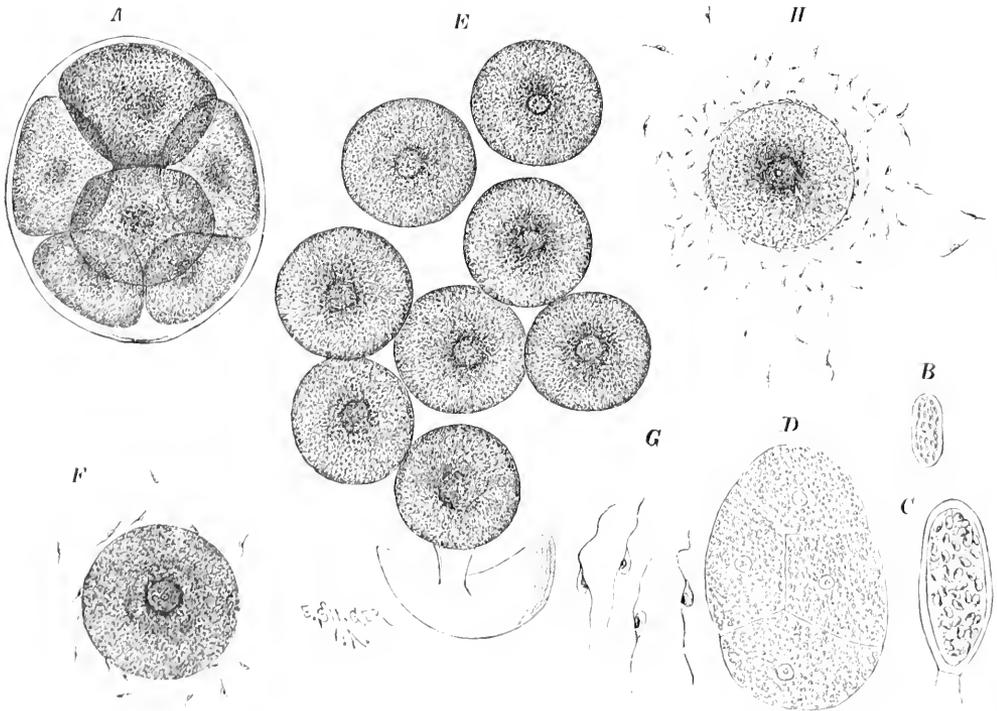


Fig. 262. *A-F* *Fucus platycarpus*. *A* der entleerte Inhalt des Oogoniums, *B* des Antheridiums, von der inneren Membranschicht umgeben. *C* ein Antheridium. *D* Schnitt durch ein Oogonium. *E* entleerte Eier und der Rest der Oogoniumhülle. *F* ein Ei mit anhaftenden Spermatozoiden. *G* und *H* *Fucus vesiculosus*. *G* Spermatozoiden. *H* ein Ei mit Spermatozoiden. *C* und *G* Vergr. 540, die übrigen Vergr. 240.

scheiben an dem Substrat fest, wachsen gesellig in der Brandungszone; ihr Thallus erreicht über 1 m Länge. Die höchste Gliederung erlangt der Thallus bei den Braunalgen, ja den Algen überhaupt, in der verwandten Gattung *Sargassum* durch eine scharfe Sonderung in verzweigte dünne cylindrische Achsen und in Seitenäste, die je nach ihrer Function als laubblattartige, als hochblattartige oder als fructificirende Seitenäste oder endlich als Schwimmblasen ausgebildet erscheinen. Bemerkenswerth sind gewisse *Sargassum*-Arten dadurch, dass sie von den Küsten durch Meeresströmungen weggeführt und an ruhigen Stellen des Oceans zu grossen fluthenden Massen (*Sargassomeer*) zusammengetrieben werden.

Die Zellen der Phaeophyceen enthalten meist nur einen Zellkern und mehrere oder viele flache scheibenförmige gelbbraune Chromatophoren, welche ausser Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das Phycophaein enthalten und den Algen eine gelbbraune oder dunkelbraune Gesamtfärbung verleihen. Als Assimilationsproduct sind zahlreiche halbflüssige sogen. Fucosankörner nachweisbar, welche wohl zu den Kohlehydraten gehören und nach HANSTEEN<sup>(24)</sup> ihren Bildungsheerd an den Chromatophoren haben. Bei den höheren Formen zeigt sich bereits eine ziemlich weitgehende anatomische Differenzirung des Thallus. Die äusseren Zellschichten sind in der Regel als Assimilationsgewebe ausgebildet, die inneren als Speicherzellen. Bei gewissen Arten finden sich axile Zellstränge mit siebröhrenähnlichen Elementen und auch mit echten Siebröhren<sup>(25)</sup>.

Nach der Art der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fortpflanzung zerfallen die Phaeophyceen in drei Ordnungen.

### 1. Ordnung. *Phaeosporae*<sup>(26)</sup>.

Hierher gehört die Mehrzahl der Formen, n. a. auch die Laminarien. Sie vermehren sich durch ungeschlechtliche Schwärmsporen, die in grosser Anzahl in einfächerigen oder multiloculären Sporangien erzeugt werden, einen rothen Augenpunkt, ein Chromatophor und zwei seitlich inserirte Cilien aufweisen (Fig. 257).

Ausser den einfächerigen Sporangien werden von den Phaeosporaeen auch viel-fächerige oder multiloculäre Sporangien erzeugt (Fig. 258). Jede Zelle derselben bildet nur eine, selten mehrere ausschlüpfende Schwärmsporen. Bei einigen Gattungen ist Copulation dieser Schwärmsporen beobachtet worden. Wir haben dieselben demnach als Planogameten und ihre Sporangien als Gametangien zu bezeichnen. Allerdings ist die Sexualität verschieden stark ausgeprägt und unter Umständen keimen die Gameten auch ohne Copulation zu neuen Pflanzen, wie dies unter den Chlorophyceen auch für *Cladrix* bemerkt wurde.

Als Beispiel für Copulation sei *Ectocarpus siliculosus* (Fig. 259) genannt, bei welchem bereits ein Unterschied in dem Verhalten der im übrigen gleichgestalteten Gameten zu constatiren ist, derart dass männliche und weibliche, beide in besonderen düeisch oder monöisch vertheilten Gametangien erzeugt, zu unterscheiden sind. Die weiblichen Gameten setzen sich fest und zahlreiche männliche Gameten berühren dieselben mit ihren Cilien (Fig. 259, 1). Schliesslich verschmilzt ein männlicher Gamet mit dem weiblichen zu einer Zygote (Fig. 259, 2—9), welche zuletzt nur einen Kern, aber zwei Chromatophoren enthält, sich festsetzt, mit einer Membran sich umgibt und zu einer neuen Pflanze heranzwächst.

Bei anderen Phaeophyceen ist der Unterschied zwischen den zweierlei Gameten auch in Form und Grösse ausgeprägt und besonders in der Familie der *Catellariaceen* ist ein entschiedener Uebergang von Isogamie zu Oogamie festzustellen<sup>(27)</sup>.

### 2. Ordnung. *Fucaceae*<sup>(28)</sup>.

Bei den Fucaceen fehlt die ungeschlechtliche Schwärmsporenbildung gänzlich, dagegen ist die sexuelle Fortpflanzung als Oogamie scharf ausgeprägt. Bei *Fucus vesiculosus* und *platycarpus* sitzen die Oogonien und Antheridien in besonderen krugförmigen Vertiefungen, sogen. Conceptacula, die zu vielen in die letzten angeschwollenen Auszweigungen des Thallus eingesenkt sind (Fig. 260 f.). Bei *F. platycarpus* enthalten die Conceptakeln (Fig. 261) sowohl Oogonien als Antheridien, bei *F. vesiculosus* dagegen herrscht Dioecie,

Der Innenwand der Conceptacula entspringen zahlreiche unverzweigte sterile Haare, sogen. Saftfäden oder Paraphysen, die zum Theil als Büschel nach aussen vortreten (Fig. 261 *p*). Zwischen denselben befinden sich die Oogonien und Antheridien. Die Letzteren sitzen als ovale Zellen in büscheliger Anordnung an besonderen reich verzweigten kurzen Fäden (Fig. 261 *a* und 262 *C*). Der Inhalt des Antheridiums zerfällt in zahlreiche Spermatozoiden, er wird als Ganzes, von der dünnen inneren Wandschicht umgeben, entleert (Fig. 262 *B*) und entlässt dann die gestreckt eiförmigen, mit zwei verschieden langen seitlichen Cilien und rothem Augenfleck versehenen Spermatozoiden (Fig. 262 *G*). Die Oogonien (Fig. 261 *a*) sind grosse rundliche, auf einzelligem Stiel sitzende gelbbraune Gebilde, deren Zellhaut im Inneren acht grosse, aus der Oogoniummutterzelle durch Theilung entstandene Eizellen umschliesst. Dieselben treten, ebenfalls von einer dünnen Hülle umgeben, aus der aufplatzenden Oogoniumwand heraus (Fig. 262 *A*), die Hülle verquillt am oberen Theil, stülpt sich theilweise zurück und die nackten Eier werden nun frei ins Wasser entleert (Fig. 262 *E*). Dort haften die Spermatozoiden in grosser Menge an denselben an, versetzen sie durch ihre Cilien in rotirende Bewegung, wobei die Befruchtung durch ein Spermatozoid erfolgt (Fig. 262 *F*, *H*). Nach der Befruchtung umgibt sich das Ei mit Membran, setzt sich fest und wächst unter Theilung zu einer neuen Pflanze heran.

Bei anderen Fucaceen werden in dem Oogonium nur 4, 2 oder schliesslich auch nur 1 befruchtungsfähiges Ei erzeugt, immer aber theilt sich der eine Kern der Oogoniumanlage nach OLTMANN'S in 8 Kerne, wovon dann in diesen Fällen nur 4, 2 oder 1 zu Eikernen ausgebildet, die übrigen als reducirte befruchtungsunfähige Eikerne bei Seite geschoben werden.

### 3. Ordnung. Dictyotaceae.

Hierher gehören nur wenige Formen, z. B. *Dictyota dichotoma* (Fig. 8). Die ungeschlechtlichen Sporen entstehen zu zwei oder vier in Sporangien, ähneln wie bei den Rothalgen, und sind bewegungslos, ohne Cilien. Die Geschlechtsorgane sind in Oogonien und Antheridien differenzirt; die Oogonien enthalten nur je eine Eizelle, welche nach aussen entleert wird, die vielzelligen Antheridien erzeugen aus jeder Zelle je ein Spermatozoid, welches im Unterschied zu den übrigen Braunalgen nach WILLIAMS<sup>29</sup> nur eine einzige lange Cilie besitzt. Indessen ist der Befruchtungsact bis jetzt noch nicht beobachtet worden.

Nutzpflanzen der Phaeophyceen sind: die officinelle *Laminaria digitata* forma *Claustoni* Pharm. germ., deren Thallusstiele getrocknet als Quellstoffe in der Chirurgie Verwendung finden. -- Verschiedene Laminariaceen und Fucaceen liefern aus ihrer Asche Varec, Kelp Jod, früher wurde auch Soda aus ihnen gewonnen. Viele Laminarien sind reich an Mannit z. B. *Lam. saccharina*, dienen zur Gewinnung desselben und werden auch, besonders von Chinesen und Japanern, als Nahrung genossen.

## Klasse X.

### Rhodophyceae, Rothalgen<sup>13, 30</sup>.

Die Rothalgen, Rhodophyceen oder Florideen, bilden ebenso wie die Braunalgen eine selbstständige Gruppe höherer Algen, für deren phylogenetische Ableitung aus nieder stehenden Algen sichere Anhaltspunkte noch fehlen. Sie sind ebenfalls fast ausschliesslich festsitzende Meeresalgen und bewohnen vorzugsweise die unteren tiefsten Algenregionen an den Küsten aller Oeeane, besonders der gemässigten und tropischen Zonen. Nur wenige Gattungen (*Batrachospermum* z. B. wachsen im Süsswasser, am Boden fliessender Gewässer.

Der Thallus der Rothalgenweist grosse Mannichfaltigkeit auf. Die einfachsten Formen stellen aus einfachen Zellreihen bestehende, zierlich verzweigte Fäden dar z. B. *Callithamnion*. Bei anderen bauen sich die büschelig verzweigten Thallusfäden aus mehreren Zellen im Querschnitt auf. Zahlreiche Formen besitzen einen vielzelligen, breiter oder schmaler band-

förmigen und oft reich verzweigten Thallus (z. B. *Chondrus crispus* Fig. 263, *Gigartina mammillosa* Fig. 264). Sodann giebt es Arten, die in Form von Zellflächen dem Boden oder einer anderen Unterlage aufsitzen. Alle Florideen sitzen an der Basis mittels Haftfäden oder Haftscheiben fest. Eine der complicirter gegliederten Formen ist z. B. die *Delesseria Hydroclathrum sanguinea* Fig. 9 des atlantischen Oceans. Der blattartige zunächst einer Basalscheibe entspringende Thallus ist hier mit Mittel- und Seitenrippen versehen. Im Herbst fallen die Spreiten ab, die Hauptrippen bleiben als Achsen stehen, um im nächsten Frühjahr neue Thallusblätter zu treiben.



Fig. 263. *Chondrus crispus*. s ovale Fruchtkörper im Thallus.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.



Fig. 264. *Gigartina mammillosa*. s warzenförmige Fruchtkörper.  $\frac{3}{4}$  nat. Gr. — Officinell.

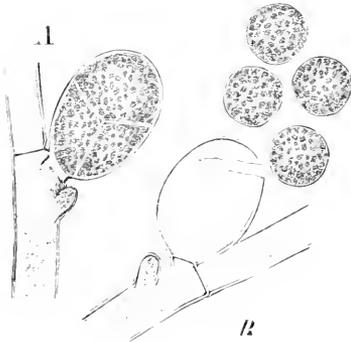


Fig. 265. *Callithamnion corymbosum*. Tetrasporenbildung. A geschlossenenes, B entleertes Sporangium mit den vier ausgetretenen Tetrasporen. Nach THURER.

als flache, scheibenförmige, ovale oder gebuchtete Gebilde in grösserer Zahl und dichter Lagerung in den Zellen auftreten, enthalten einen rothen Farbstoff, das Phycoerythrin, durch den der ebenfalls vorhandene Chlorophyllfarbstoff verdeckt wird. Echte Stärke wird nicht als Assimilationsproduct erzeugt, sondern eine stärkeähnliche Substanz, die Florideenstärke, in Form von rundlichen, oft geschichteten, mit Jod sich röthlich färbenden Körnchen. Auch Oeltröpfchen kommen vor. Die Zellen sind einkernig oder auch mehrkernig.

Die Fortpflanzung geschieht bei den Florideen einerseits ungeschlechtlich

Die Familie der *Corallinaceen*, deren Gattungen theils einen zierlich gegliederten, verzweigten, theils einen krustenförmigen oder korallenartigen Thallus aufweisen, zeichnet sich dadurch aus, dass in und um die Membranen kohlensaurer Kalk massenhaft abgelagert wird, so dass diese Algen etwa den Eindruck von Korallen machen. Die Kalkflorideen vegetiren hauptsächlich an Küsten mit starker Brandung, ganz besonders in den Tropen.

Die Rothalgen sind meist roth oder violett, auch purpurschwarz oder braunroth gefärbt. Ihre Chromatophoren, welche

durch Sporen, andererseits geschlechtlich durch Befruchtung weiblicher Organe durch männliche Zellen.

Die ungeschlechtlichen Sporen sind nackte runde unbewegliche Zellen ohne Cilien, welche zu vier durch Theilung in einem Sporangium entstehen. Die Sporangien sitzen als rundliche Körper an den Thallusfäden oder sind dem Thallus eingesenkt, sie entlassen die vier nackten Sporen aus einem Querriss ihrer Wandung. In Folge der Entstehung zu vieren nennt man die Florideensporen Tetrasporen Fig. 265. Sie vertreten die Rolle der Schwärmsporen der übrigen Algen und finden sich in ähnlicher Weise nur bei den Dictyotaceen unter den Braunalgen wieder.

Die Ausbildung der Sexualorgane, besonders der weiblichen, ist eine sehr eigenartige und von dem Verhalten der übrigen Algen sehr abweichende. Sie sei an dem Beispiel von *Batrachospermum moniliforme*, einer einheimischen Süßwasserfloridee, erläutert. Diese Alge besitzt einen in Gallerte gehüllten, bräunlichen, aus wirtelig verzweigten Fäden bestehenden Thallus. Die Sexualorgane treten im Herbst auf und bilden Glomeruli oder kugelige, aus radial gehäuften kurzen Zweigen gebildete Köpfehen in den Zweigmäulen.

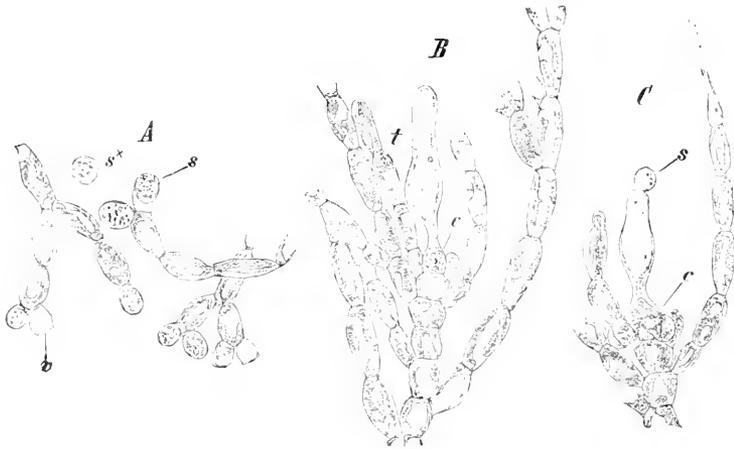


Fig. 266. *Batrachospermum moniliforme*. A einzelne durch Druck isolirte Wirtelzweige mit Antheridien. Bei  $s^*$  ein Spermadium, bei  $s$  ein solches im Augenblick der Entleerung, bei  $c$  ein leeres Antheridium. B ein isolirter Wirtelzweig mit einem noch unbefruchteten Carpogonium. Bei  $c$  Basalthheil, bei  $t$  Trichogyn desselben. C ein Wirtelzweig mit befruchtetem Carpogonium,  $s$  ein entleertes mit dem Trichogyn copulirtes Spermadium, beginnende Sprossung aus dem Basalthheile des Carpogons bei  $c$ . Vergr. 540.

Die Antheridien, auch Spermataugien genannt Fig. 266 A, schliessen meist in Zweifzahl die Enden der Wirtelzweige im Glomerulus ab. Jedes Antheridium besteht aus einer einzelnen zartwandigen Zelle, deren gesamntes Plasma bei den Rothalgen meist in die Bildung nur eines einzigen Spermadiums aufgeht. Die Spermadien werden aus der zurückbleibenden Zellhaut A. c. s. entleert, sind rundlich, einkernig, anfangs membranlos, später jedoch mit dünner Membran umkleidet, können sich nicht selbstständig bewegen, wie die mit Cilien versehenen Spermatozoiden der übrigen Algen, und verdanken diesem Unterschied ihre besondere Bezeichnung. Die weiblichen Organe, hier Carpogonien genannt, sitzen ebenfalls an den Zweigenden zwischen den Antheridien tragenden Aesten. Das Carpogon Fig. 266 B besteht aus einer lang gestreckten, im unteren Theil  $c$  flaschenförmig angeschwollenen, im oberen Theil  $t$  fadenförmig gestalteten Zelle. Der Basalthheil enthält das Ei mit grossem Zellkern und Chromatophoren, der fadenförmige Theil wird als Trichogyn bezeichnet und fungirt als Empfängnißorgan für die Spermadien, die zu einem oder mehreren mit dessen Spitze copuliren C, indem ihr Inhalt durch eine entstehende Oeffnung in den Zellinhalt des Carpogons unter Zurücklassung der entleerten Membran übertritt. Der Zellkern eines Spermadiums be-

fruchtet die Eizelle. Die alsdann vom Trichogyn sich abgrenzende Eizelle wird nun nicht direct zu einer Oospore, in Folge der Befruchtung wachsen vielmehr aus den Seitendlichen des Bauchtheils des Carpogons sich weiter verzweigende Schläuche hervor, die sporogenen Fäden. Zugleich sprossen aus den Tragzellen des befruchteten Carpogons Hüllzweige her-

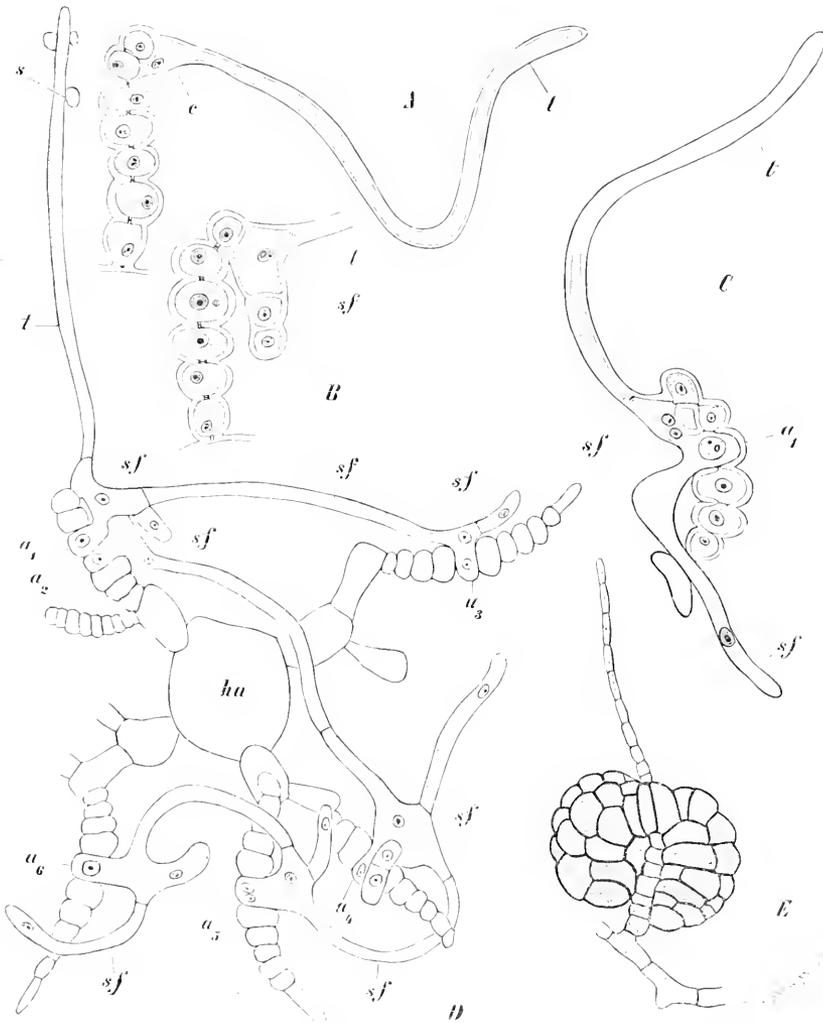


Fig. 267. *Dudresnaya coccinea*. A Carpogonast, Carpogon *c* mit Trichogyn *t*. B Nach der Befruchtung, Carpogon zum sporogenen Faden *sf* ausgewachsen. C Verbindung dieses Fadens mit der ersten Auxiliarzelle *a*. D Verzweigung des sporogenen Fadens und Verbindung mit 6 Auxiliarzellen *a*<sub>1</sub>—*a*<sub>6</sub>. Die Zellen *a*<sub>3</sub>—*a*<sub>6</sub> sind Aesten eingefügt, die von der Achse *hu* entspringen. Schema. E Reifer Carposporenknäuel, aus einem Ast hervorgegangen. Vergr. A—C ca. 500, D 250, E 300. (A—D nach OETMANN'S, E nach BORNET.

vor, die sich um die letzteren lagern und mit diesen eine sogen. Hüllfrucht, *Cystocarp*, bilden. Die sich reich verzweigenden sporogenen Fäden erzeugen aus ihren anschwellenden Endzellen die kugelrunden, einen Kern und ein Chromatophor führenden Sporen, die man hier als Carposporen bezeichnet. Sie werden aus den zurückbleibenden Hüllen der Endzellen entleert. Aus den Carposporen entwickelt sich bei *Batrachio-*

*spermatum* zunächst ein aus Zellfäden bestehender Vorkeim, der aus seinen Endzellen ungeschlechtliche einzellige Sporen erzeugt. Dieselben dienen der Vermehrung des Vorkeims. Schliesslich wachsen einzelne Zweige des Vorkeims zu den geschlechtlich differenzirten Thallustäden heran. Die Sporenbildung am Vorkeim entspricht der Tetrasporenbildung der übrigen Florideen.

Bei anderen Florideengattungen verläuft die Bildung der Cystocarprien und Carposporen in noch complicirter Weise wie bei den Batrachospermen, überall aber lassen sich die Carposporen nach OLTMANN'S 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 complicirtere Ausbildung der aus der befruchteten Eizelle hervorgehenden sporenbildenden Generation sei die an den wärmeren europäischen Küsten verbreitete *Dalmanella corcinea*, mit cylindrischem, reich verzweigtem Thallus, gewählt (Fig. 267). Die Carpogonäste bestehen aus ca. 7 Zellen; die endständige Carpogonzelle trägt ein sehr langes Trichogyn. Nach der Befruchtung treibt die Carpogonzelle einen Zellfaden nach unten, der sich weiterhin verlängert und verzweigt und successive mit bestimmten, dichten Inhalt führenden vegetativen Zellen, den Auxiliarzellen, durch Fusion in Verbindung tritt. Die ersten Auxiliarzellen liegen in dem Carpogonast, die folgenden in anderen Seitenästen. Alle Kerne des sporogenen Fadens sind durch Theilung des befruchteten Eikerns hervorgegangen. Die Fusionen mit den Auxiliarzellen führen nicht zu Kernverschmelzungen, sondern dienen nur der Ernährung der sporogenen Fäden. Aus der Carpogonzelle kann noch ein zweiter und dritter sporogener Faden in gleicher Weise entspringen. Aus den blasenförmig angeschwollenen Zellen der sporogenen Fäden, welche mit den Auxiliarzellen fusionirten, sprossen nun je 2 Ausstülpungen hervor, welche sich weiter theilen zu den rundlichen Sporenhäuten, aus denen die Carposporen schliesslich entlassen werden (Fig. 267 E).

Besonderes Interesse verdient eine kleine Nordseefloridee, *Harveyella mirabilis*<sup>31</sup>, welche auf einer anderen Rothalge, der *Rhodomela subfusca*, als echter Schmarotzer in Form von kleinen weisslichen Polstern auftritt. In Folge der parasitischen Lebensweise ist die Chromatophorenbildung ganz unterdrückt, so dass diese Floridee sich wie ein echter Pilz verhält.

Officinell sind *Gigartina mammillosa* Fig. 264 mit zäpfchenförmigen, 2–5 mm langen Cystocarprien auf dem Thallus und *Chondrus crispus* Fig. 263 mit ovalen, dem Thallus eingesenkten, ca. 2 mm langen Cystocarprien auf der Thallusfläche und ähnlichen Tetrasporenlagern an den Thallusendsegmenten. Beide leben in der Nordsee als purpurothe oder purpurbraune festsitzende Algen; getrocknet sind sie von hellgelblicher Farbe und liefern das officinelle *Carrageen* oder irländische Moos. Pharm. germ., austr., helv., das zu Gallertbereitung verwandt wird. — Verschiedene Florideen liefern das ebenfalls zur Gallertbereitung benutzte Agar-Agar: so *Gracilaria lichenoides* das Agar von Ceylon auch *Fucus amylicus* genannt; *Eucheama spinosum*, Agar von Java und Madagaskar.

## Klasse XI.

### Characeae, Armleuchtergewächse<sup>32</sup>.

Die Characeen bilden eine isolirt stehende Gruppe von grünen Thallophyten mit complicirten Sexualorganen. Sie vegetiren in Form von oft über fasshohen submersen Wiesen in Teichen und Bächen. Sie sind ausgezeichnet durch ihren regelmässigen Aufbau; die cylindrischen Hauptachsen des Thallus sind gegliedert, bestehen aus langen Internodien und kurzen Knoten, an denen kürzere begrenzte, aus wenigen Gliedern bestehende, ebenfalls

eylindrische Seitenäste in Quirlen entspringen (Fig. 268). Diese Seitenachsen sind entweder einfach oder tragen an ihren Knoten kurze Ausstrahlungen zweiter Ordnung. In der Achsel eines Seitenastes in jedem Quirl entspringt eine der Hauptachse ähnliche Seitenachse. So kommt ein armleuchterartiger Habitus zu Stande. Am Grunde sind die Achsen mittels farbloser verzweigter Rhizoidfäden im Substrat befestigt. Letztere entspringen aus den Knoten.

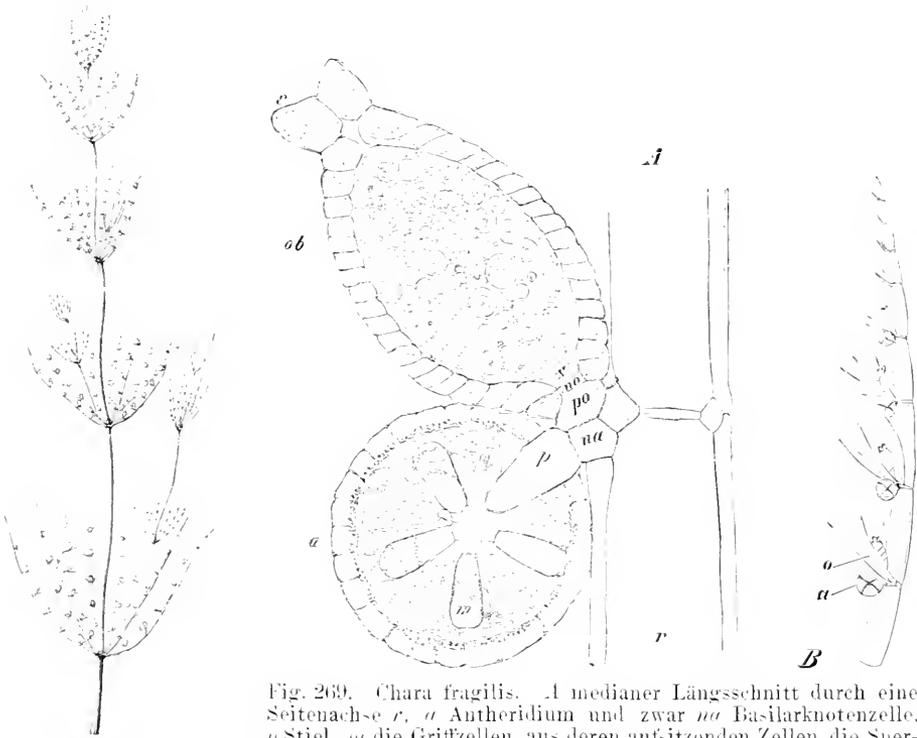


Fig. 268. *Chara fragilis*. Ende eines Hauptsprosses. Nat. Gr.

Fig. 269. *Chara fragilis*. *A* medianer Längsschnitt durch eine Seitenachse *r*, *a* Antheridium und zwar *na* Basilar-knoten-zelle, *p* Stiel, *m* die Griffzellen, aus deren aufsitzenden Zellen die Spermatozoidenmutterzellfäden entspringen, *ob* Eiknospse und zwar *po* Stielzelle, *na* die Knotenzelle, *e* die Wendungszelle, *c* das Krönchen. Vergr. 60. *B* ganze Seitenachse. Vergr. 6.

Sowohl die Haupt- als die Seitenachsen wachsen an ihren Spitzen mittels je einer Scheitelzelle heran, die sich durch Querwände successive in Segmente theilt, jedes Segment theilt sich nochmals durch eine Querwand und es entwickelt sich nun aus der unteren Zelle die langgestreckte, ungetheilt bleibende Internodienzelle; aus der oberen Zelle entwickeln sich dagegen unter weiterer Theilung die Knotenscheibe, ferner die Seitenachsen und an der unteren Partie der Hauptachsen auch die Rhizoiden. Während bei der Gattung *Nitella* die lange Zelle eines jeden Internodiums nach aussen hin frei bleibt, wird sie bei der Gattung *Chara* dagegen mit einer einschichtigen Rindenlage aus längs verlaufenden Zellreihen, die aus den Basilarzellen der Seitenachsen an den Knoten hervorwachsen, dicht umschlossen.

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

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

Die Eiknospen Fig. 269 *ab* enthalten eine grosse mit Oeltropfen und Stärkekörnern vollgepfropfte Eizelle, welche von spiralförmig gewundenen Hüllschläuchen dicht umschlossen wird. Dieselben endigen in dem Krönchen *c*, zwischen dessen Spalten die Spermatozoiden eindringen. Die Antheridien Fig. 269 *a* besitzen eine aus 8 flachen, innen durch vorspringende Wände gefächerten Schildern bestehende Wandung und erzeugen die zahlreichen korkzieherartig gewundenen, mit 2 Cilien versehenen Spermatozoiden (Fig. 97 *A*), die in ihrer Form von allen übrigen Algen abweichen und sich denen der Bryophyten nähern, aus den Zellen langer quergefächerter, im Innern entspringender Zellfäden.

Nach der Befruchtung umgiebt sich die Eizelle mit einer dicken farblosen Haut und auch die Innenwände der Schläuche verdicken sich, werden braun und mit einer Schicht von amorphen kohlensauren Kalk bedeckt, während die äusseren weichen Zellwände der Schläuche bald nach dem Abfallen der Frucht vergehen.

In seltenen Fällen, so bei *Chara crinita*, kommt es vor, dass die Eizellen parthenogenetisch, ohne Befruchtung, zu Sporen sich weiter entwickeln. In unserer Flora treten nur weibliche Exemplare dieser Art auf.

Bei der Keimung der Eisporen entsteht zunächst ein einfach gestalteter, fadenförmiger mehrgliederiger Vorkeim, an dessen erstem Knoten Rhizoide entspringen, während am zweiten einige einfache Seitenachsen stehen sowie eine oder mehrere Hauptachsen, aus deren weiterer Verzweigung die fertige Pflanze heranwächst.

Einige Characeenarten zeichnen sich durch die Bildung besonderer, mit Stärke dicht erfüllter Knöllchen an der unteren Partie der Achsen aus. Dieselben dienen als Ueberwinterungsorgane und gehen entweder aus Knoten mit verkürzten Astquirlen hervor, so bei *Tolypellopsis stelligera*, wo sie sternförmige Gestalt haben oder entsprechen modificirten Rhizoiden z. B. bei *Chara aspera*, wo sie kugelige weisse Gebilde vorstellen.

## Klasse XII.

### Hyphomycetes, Fadenpilze<sup>(33, 31)</sup>.

Die Fadenpilze, Hyphomycetes oder Eumycetes, welche früher mit den Schleimpilzen und Spaltpilzen als Fungi bezeichnet wurden, aber von diesen beiden Klassen scharf zu scheiden sind, dürften phylogenetisch von Algen als saprophytisch oder parasitisch lebende Formen abzuleiten sein. Aus ihrer Lebensweise erklärt sich der vollständige Verlust des Chlorophylls und der Chromatophoren. Ihre Zellen besitzen eine meist dünne chitininhaltige Membran und im farblosen Plasma zahlreiche winzige Zellkerne (Fig. 62); sie führen häufig Fetttropfen, nie echte Stärke, an deren Stelle vielmehr Glukogen oft in sehr beträchtlicher Menge. Unter den Hyphomyceten zeigt die Gruppe der Wasser- oder Algenpilze, *Phycomyceten*, noch die meisten Beziehungen zu gewissen Chlorophyceen, besonders den Siphonococceen, indem der vegetative Thallus bei ihnen aus einer einzigen einfach gestalteten oder fadenförmigen reichverzweigten vielkernigen Zelle besteht. Bei den übrigen Fadenpilzen dagegen, den *Ascomyceten* und *Basidiomyceten*, ist der Thallus zwar auch aus vielfach verzweigten Fäden zusammengesetzt, dieselben bestehen aber aus einfachen Zellreihen. Die Pilzfäden bezeichnet man als Hyphen und unterscheidet demnach ungedgliederte und gegliederte Hyphen. Die Gesamtheit des fädigen vegetativen Thallus heisst Mycelium. Die Mycelhyphen sind in der Regel unter sich frei oder nur lose vertiltzt, sie durchziehen nach allen Richtungen hin das Substrat und

saugen aus demselben ihre gesammte Nahrung auf. Bei manchen Pilzen mit gegliedertem Mycel können aber die Hyphen Gewebekörper durch reiche Verzweigung bilden. Wenn die Fäden dabei dicht zusammenlagern und sich in kurze Zellen theilen, so entsteht auf diese Weise ein Scheinparenchym. Pseudoparenchym. Solches dichtes Hyphengewebe wird bei gewissen Arten erzeugt, wenn dieselben aus ihren Mycelien vegetative Ruhezustände, sogen. Sclerotien bilden, knollige oder strangartige feste pseudoparenchymatische Körper, die unter bestimmten Bedingungen wieder auskeimen (Fig. 106). Ferner bestehen die Fruchtkörper aus lockerem oder dichterem Hyphengewebe (Fig. 105).

Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung treten uns bei den Fadenpilzen in so mannichfaltigen Formen entgegen, wie sie bei den anderen Thallophytenklassen nirgends wiederkehren. Die folgende Uebersicht über diese verschiedenartigen Fructificationen ergibt zugleich die Charakterisirung der 3 Hauptgruppen.

1. Bei den *Phycomyceten* oder Algenpilzen, bei denen allein das vegetative Mycelium bis zur Bildung der Reproductionsorgane einzellig ist, sind Sexualorgane vorhanden, entweder differenzirt in Oogonien und Antheridien, also Oosporen liefernd, oder die beiden copulirenden Sexualzellen, Gameten, von gleicher Beschaffenheit und Zygosporien liefernd. Jedoch ist bei manchen Arten ein Zurücktreten der Sexualität erwiesen, die Bildung der männlichen Organe oder auch die Copulation unterbleibt und die Sporen entstehen parthenogenetisch.

Von ungeschlechtlichen Sporen sind drei verschiedene Formen zu unterscheiden. Bei den meisten Phycomyceten werden Sporangien erzeugt in der Regel aus den Endzellen bestimmter Myceläste oder Sporangienträger. Das gesammte Protoplasma des Sporangiums zerklüftet sich in zahlreiche Sporen, Endosporen, welche bei den wasserbewohnenden Gattungen als cilientragende Schwärmsporen aus den Sporangien entlassen werden, bei den terrestrischen dagegen mit Membran umkleidet, der Verbreitung in der Luft angepasst sind.

Neben den Sporangien, oder auch ausschliesslich, tritt bei gewissen Gattungen die Bildung von Conidien oder Exosporen ein, welche durch Hervorsprossung und Abschnürung von Sporenzellen aus den Enden von Mycelzweigen, die dann meist zu besonderen Conidienträgern ausgebildet sind, entstehen. Die Conidien sind behäutete, vorzugsweise an die Verbreitung in der Luft angepasste Sporen.

Die dritte nur vereinzelt bei Phycomyceten vorhandene Form von Sporen sind die Chlamydosporen (bekleidete Sporen) oder Gemmen. Sie entstehen in einfacher Weise, meist in Reihen, direct aus den Hyphen durch Quertheilung und Lösung der so gebildeten Zellen.

2. Die grosse Gruppe der Schlauchpilze oder *Ascomyceten* im weiteren Sinne weist in ihren typischen Formen als Sexualorgane Oogonien (hier Carpogone genannt) und Antheridien auf. Die befruchtete Carpogonzelle wird aber nicht zu einer ruhenden Oospore, sondern entwickelt sich im Zusammenhang mit der Mutterpflanze weiter, sprosst Fäden aus, deren Enden schliesslich zur Bildung von eigenartigen Sporangien, den Sporenschläuchen oder Asci übergehen. Wie bei den Florideen entsteht also aus der befruchteten Eizelle eine ungeschlechtliche Generation.

Der für diese ganze Gruppe sehr charakteristische Ascus (Fig. 276) ist ein meist langgestrecktes Sporangium, in welchem die Sporen durch freie Zellbildung gewöhnlich in ganz bestimmter Zahl, vorherrschend zu 8, gebildet werden. Im Gegensatz zu den Sporangien der Phycomyceten

wird hier nicht das gesammte Plasma zur Bildung der Ascosporen verbraucht.

Die aus den Carpogonen entstehenden Asci sind bei den meisten Gruppen der Ascomyceten zu besonderen Fruchtkörpern vereinigt, an deren Zusammensetzung sich auch vegetative Hyphen des Myceliums betheiligen.

Aber nicht bei allen Ascomycetengruppen sind bis jetzt solche Sexualorgane nachgewiesen und bei gewissen Ordnungen fehlen sie, vielleicht durch Reduction, vollständig, so dass die Asci direct aus dem Mycelium hervorgehen.

Bei vielen Ascomyceten werden auch Conidien, selten dagegen Chlamydosporen als ungeschlechtliche Sporen erzeugt, bevor es zur Bildung von Sexualorganen oder von Asci kommt.

3. Die dritte grosse Gruppe, die *Basidiomyceten* im weiteren Sinne, ermangelt der Sexualorgane vollständig. Hier scheinen sie aus dem Entwicklungsgang vollständig ausgeschaltet zu sein. Die ungeschlechtliche Vermehrung vollzieht sich nicht durch Asci, sondern nur durch Conidien und vielfach auch durch Chlamydosporen, welche letztere bei den Ordnungen der Brand- und Rostpilze besonders typisch auftreten. Die Basidiomyceten sind ausgezeichnet durch eine besondere Form der Conidienbildung, auf sogenannten Basidien, das sind ein- oder vierzellige Conidienträger von bestimmter Form, an denen die Basidiosporen in bestimmter Zahl, gewöhnlich zu 4, hervorsprossen (Fig. 288). Die Basidien sind ferner auch dadurch von den übrigen Conidienträgern unterschieden, dass in ihre Anlage 2 Zellkerne eintreten, welche mit einander copuliren, worauf erst die Kerntheilung für die Basidiosporen erfolgt. Neben diesen Basidien können aber auch noch andere Formen von Conidienträgern in den Entwicklungsgang sich einschleichen. Bei den complicirteren Basidiomyceten sind die Basidien an oder in besonderen Fruchtkörpern, deren Anlage sich nicht auf Sexualorgane zurückführen lässt, angeordnet.

Die Systematik der Fadenpilze ist noch nicht zu einem sicheren Abschluss gediehen. Wahrscheinlich ist die Klasse keine einheitliche, und muss in mehrere selbständige Klassen zerlegt werden, wenn es gelingt, für die Ableitung der Gruppen von bestimmten Algenordnungen sichere Anhaltspunkte zu gewinnen. Die Phycomyceten weisen auf Grünalgen als Ausgangsformen hin, die Ascomyceten zeigen gewisse Beziehungen zu den Rothalgen, während für die Basidiomyceten der Anschluss direct an Algen oder an die anderen Fadenpilze unsicher ist.

O. BREFELD, dessen Untersuchungen wir die Erweiterung unserer Kenntniss von der Entwicklung so vieler Fadenpilze verdanken, fasst die ganze Klasse als einheitliche auf und leitet die Ascomyceten, deren sexuelle Fortpflanzung er nicht anerkennt, von den sporangientragenden, die Basidiomyceten dagegen von den conidientragenden Phycomyceten als höhere apogame Stufen ab. Diese Ableitungen sind aber durch neuere Arbeiten über die Sexualorgane der Ascomyceten und durch den Nachweis wesentlicher Unterschiede zwischen Sporangien und Sporenschläuchen in Frage gestellt.

## 1. Unterklasse. Phycomycetes, Algenpilze <sup>(25)</sup>.

Die durch ihr einzelliges ungegliedertes, an Siphonaceen (*Vaucheria*) erinnerndes Mycel charakterisirten Algenpilze gliedern sich nach der Beschaffenheit der Sexualorgane in zwei Gruppen. Die *Oomyceten* erzeugen Oogonien und Antheridien, die *Zygomyceten* dagegen gleichgestaltete Sexualzellen, die sich hier aber vielleicht von ursprünglich differenten Sexualorganen ableiten.

### 1. Ordnung. Oomycetes.

Die hierher gehörigen Gattungen leben theils saprophytisch auf faulenden Pflanzen oder Thieren, theils parasitisch in den Geweben höherer Pflanzen oder auch auf Insekten.

Als wichtigste Vertreter seien die folgenden drei Familien erwähnt.

1. Nur bei der kleinen Familie der *Monoblepharideen*<sup>36</sup> entlassen die Antheridien freie, cilientragende Spermatozoiden, während dagegen bei den übrigen Oomyceten der vielkernige Antheridiuminhalt sich nicht mehr in freie Spermatozoiden sondert, vielmehr durch Ausstülpungen des Antheridiums direct in die Eizellen eingeführt wird.

Die *Monoblepharis*-Arten finden sich an faulenden Pflanzenresten im Wasser, vermehren sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, die in grösserer Zahl in Sporangien erzeugt werden. Die meist terminal stehenden Oogonien enthalten nur eine Eizelle Fig. 270, die den Sporangien ähnlichen Antheridien entlassen eine Anzahl von mit einer Cilie versehenen Spermatozoiden, welche zu den Oogonien gelangen und durch die Oeffnung derselben zur Eizelle hineinkriechen, die dann zu einer stachelig behäuterten Oospore wird. Eine gewisse Aehnlichkeit mit der Algengattung *Oedogonium* Fig. 248 ist nicht zu verkennen.

2. An die erste Familie schliessen sich die *Saprolegniaceen*<sup>37</sup> an, die mit ihren reich verzweigten Mycelien ebenfalls im Wasser meist saprophytisch an der Oberfläche faulender Pflanzen, Insecten und selbst auf lebenden Fischen vegetiren. Sie besitzen als ungeschlechtliche Frucht-

form an ihren Mycelfäden terminale keulenförmige Sporangien, in denen zahlreiche mit zwei Cilien begabte Schwärmsporen erzeugt und nach aussen entleert werden. Als Geschlechtsorgane treten auch hier kugelige Oogonien als Endzellen von Mycelschläuchen auf, sie enthalten gewöhnlich mehrere oder viele Eizellen bis 50, selten nur eine einzige. Die Antheridien sind ebenfalls schlauchförmig und sprossen meist unter den Oogonien hervor, legen sich an dieselben an und treiben Befruchtungsschläuche in sie hinein bis zu den Eizellen. Hierauf bilden sich die Eizellen zu derbwandigen Oosporen um. Bei einigen Formen dieser wie auch der folgenden Familie kann sogar die Bildung der Antheridien gelegentlich oder auch stets ausbleiben, so dass also hier Parthenogenesis vorliegt.

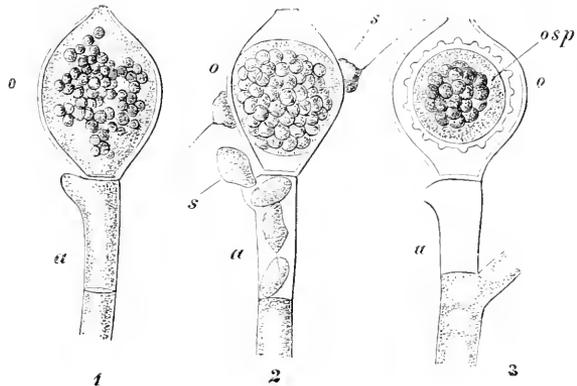


Fig. 270. *Monoblepharis sphaerica*. Ende eines Fadens mit einem Oogonium *o* und dem darunterliegenden Antheridium *a*, in 1 vor der Bildung der Eizelle und der Spermatozoiden, in 2 die letzteren *s* austretend und nach der offenen Mündung des Oogoniums hinkriechend, in 3 reife Oospore *osp*, das Antheridium entleert. Vergr. 800. Nach CORN. Aus v. TAVEL, Pilze.

3. Die *Peronosporen*<sup>38</sup> sind parasitische Pilze, welche mit ihrem reichverzweigten einzelligen Mycel in den Geweben höherer Pflanzen schmarotzen und dieselben zum Absterben bringen. Gewisse Arten bewirken in massen Jahren epidemische Erkrankungen von Culturgewächsen und sind daher in hohem Maasse schädlich, so vor Allem die *Phytophthora infestans*, der Pilz der sogen. Kartoffelkrankheit. Seine Mycelfäden leben intercellular in den Blättern und Knollen der Kartoffelpflanze, sie senden kurze Saugschläuche oder Haustorien in die Zellen hinein und verursachen die Braunfärbung und das Absterben des Laubes und der Knollen. Bis jetzt sind Geschlechtsorgane bei dieser Art noch nicht beobachtet, sondern nur die ungeschlechtlichen Sporangien, welche als ovale Gebilde zu mehreren auf langen verzweigten, vorzugsweise auf der Blattunterseite aus den Spaltöffnungen herauswachsenden Sporangienträgern gebildet werden (Fig. 271). Die Letzteren erscheinen dem blossen Auge als weisser Schimmel. Die Sporangien werden endständig angelegt und durch eine Querwand abgegliedert, dann wächst der Träger neben dem Sporangium vorbei, so dass dasselbe dann eine seitliche Stellung erhält. Noch vor der Theilung des Inhaltes lösen sich die Sporangien *B* ab, werden durch den Wind verbreitet und tragen so zur raschen Ausdehnung der Epidemie bei. Die Entwicklung der Schwärmsporen aus den Sporangien erfolgt nur in Wasser

und ist somit nur bei nassem Wetter möglich. Der Sporenhalt theilt sich in mehrere, mit zwei Cilien versehene, ausschließende Schwärmersporen *C, D*, die zu einem neuen in das Blatt eindringenden Mycelfaden auskeimen. Die Sporangien können auch direct ohne Theilung des Inhaltes und Bildung von Schwärmersporen zu Keimschläuchen auswachsen, nehmen in diesem Falle den Werth einer einzigen vom Träger abgegliederten Spore an und können dann auch als Conidien bezeichnet werden. Es lässt sich bei dem Kartoffelpilz, wie auch bei anderen Peronosporen somit der Uebergang von Sporangien zu Conidien verfolgen, eine Umbildung, die mit dem Uebergang von der aquatischen zur terrestrischen Lebensweise hier zusammenhängt.

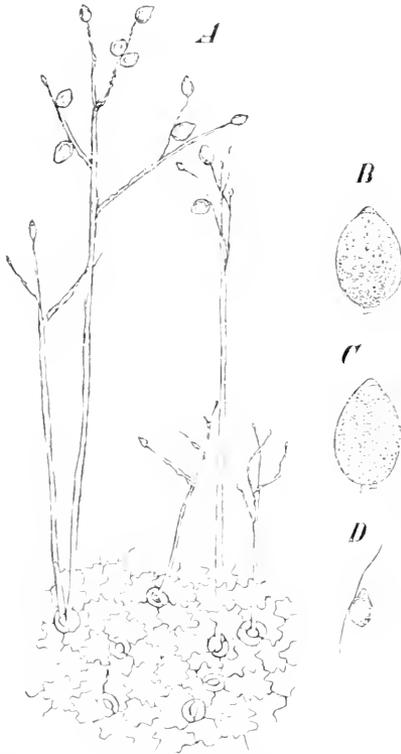


Fig. 271. A Oberflächenansicht der Blattoberfläche von *Solanum tuberosum* mit den aus den Spaltöffnungen hervortretenden Sporangienträgern der *Phytophthora infestans*. Vergr. 90. B ein reifes Sporangium. C ein solches mit getheiltem Inhalt. D eine Schwärm-spore. B-D Vergr. 540.

*Plasmopara viticola*, mit reich verästelten Sporangienträgern, ist ein ebenfalls sehr schädlicher Parasit, der Pilz des sogen. falschen Mehlthaues der Blätter und Trauben des Weinstockes. Eine sehr häufige Art ist ferner *Albugo candida* = *Cystopus candidus*, auf Cruciferen, besonders *Capsella bursa pastoris*, weisse Auftriebungen der Stengel verursachend. Die Sporangien werden bei dieser Art in langen Ketten an Mycelästen unter der Epidermis der Nährpflanze erzeugt und entleeren im Wasser zahlreiche Schwärmersporen.

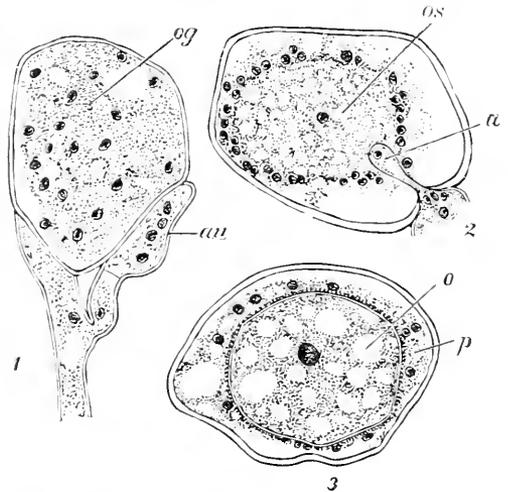


Fig. 272. Befruchtung der Peronosporen. 1 *Peronospora parasitica*. Junges vielkerniges Oogonium *og* und Antheridium *an*. 2 *Albugo candida*. Oogonium mit der centralen einkernigen Oosphäre und dem Befruchtungsschlauch *a* des Antheridium, welcher den männlichen Kern einführt. 3 desgl. Befruchtete Eizelle *o* umgeben von dem Periplasma *p*. Vergr. 666. Nach WAGEN.

Die Sexualorgane der Peronosporen, welche an *Vaucheria* Fig. 252 erinnern, entstehen meist im Innern der Nährpflanze, die Oogonien als kugelige Anschwellungen von Hyphenenden, die Antheridien als schlauchförmige Ausstülpungen meist dicht unter den Oogonien. Beide sind durch Querwände abgegrenzt und vielkernig Fig. 272. Im Verhalten der Kerne zeigen sich bei den einzelnen Arten interessante Verschiedenheiten. Bei *Peronospora parasitica*, *Albugo candida*, *Pythium*, differenzirt sich im Plasma des Oogonium eine einzige grosse centrale Eizelle oder Oosphäre, welche einen Eikern in der Mitte enthält, während die übrigen Kerne sämmtlich in das peripherische sogen. Periplasma hineinwandern. Die Antheridien treiben nun einen Fortsatz in das Oogonium,

der sich an der Spitze in die Eizelle öffnet und den männlichen Spermakern eintreten lässt (Fig. 272 2). Die Oosphäre grenzt sich sodann durch eine Membran ab (Fig. 272 3), die Kerne verschmelzen und das Periplasma wird zur Bildung der äusseren Sporenmembran, des Episporium, verbraucht. Bei *Peronospora parasitica* ist die reife Oospore einkernig, bei *Albugo* durch Kerntheilung vielkernig. *Albugo Bliti* und *A. Portulacae* legen zwar ebenfalls eine centrale Oosphäre, von Periplasma umgeben, an, in dieselbe treten aber zahlreiche Kerne ein und auch der Antheridiaschlauch führt zahlreiche Kerne ein, welche paarweise mit den weiblichen Kernen copuliren. Aus dieser zusammengesetzten Eizelle geht dann eine vielkernige Oospore hervor. Eine vermittelnde Stellung nimmt nun *Albugo Tragopogonis* ein, dessen Oosphäre zwar vielkernig angelegt, aber schliesslich doch nur einen weiblichen Kern infolge Degenerirens der übrigen enthält. Die überzähligen Kerne in den Oogonien und Antheridien können als functionslos gewordene Gametenkerne phylogenetisch betrachtet werden, ähnlich wie die überzähligen Eikerne bei gewissen *Eucaceen* (cf. p. 282). Die Oosporen keimen entweder direct zu einem Mycelium aus oder erzeugen zunächst Schwärmsporen.

## 2. Ordnung. Zygomycetes <sup>31, 39</sup>.

Zu den Zygomyceten oder Mucorineen gehören eine Anzahl der gewöhnlichsten Schimmelpilze, die vorwiegend auf faulenden pflanzlichen und thierischen Stoffen saprophytisch vegetiren und terrestrische Lebensweise führen. Die ungeschlechtliche Vermehrung geschieht durch unbewegliche, behütete Sporen aus Sporangien oder durch Conidien. Die sexuelle Fortpflanzung besteht in der Copulation zweier gleichwerthiger Gametenzellen zu einer Zygospore.

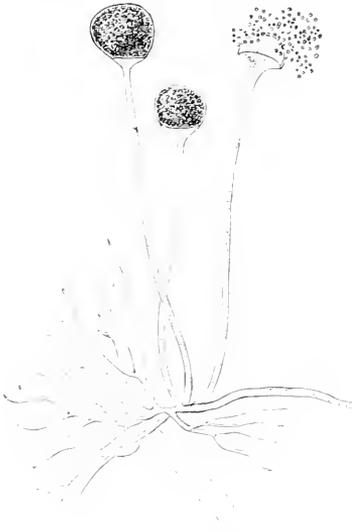


Fig. 273. *Rhizopus nigricans* = *Mucor stolonifer*. Theil eines Myceliums mit 3 Sporangien, das rechts befindliche Sporen entleerend mit stehengebliebener halbkugelförmiger Columella. Vergr. 38.

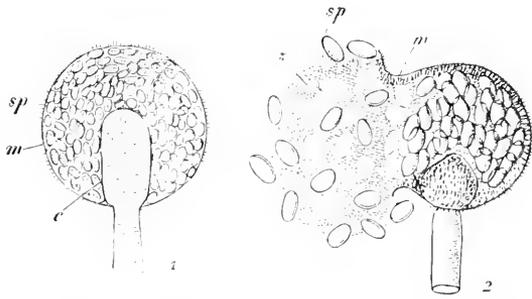


Fig. 274. 1 *Mucor Mucedo*. Sporangium im optischen Längsschnitt, *c* Columella, *m* Membran, *sp* Sporen. 2 *Mucor mucilaginosus*, Sporangium in der Sporenentleerung begriffen, die Membran *m* zerfliessend, die Zwischensubstanz stark aufquellend. 1 Vergr. 225, 2 Vergr. 300. Nach BREFFELD. Aus v. TAVEL, Pilze.

Eine der verbreitetsten Arten ist der Kopfschimmel, *Mucor mucedo*, dessen zierlich verzweigtes Mycel weisse Schimmelfrasen auf feuchtem Brod, Mist, Fruchtsäften bei Abschluss von frischer Luft bildet, ferner auf gleichen Substraten der Ausläufer treibende *Mucor stolonifer* = *Rhizopus nigricans* mit bräunlichem Mycelien. Bei den *Mucor*-Arten entstehen die kugelförmigen Sporangien (Fig. 273) an den Enden von senkrecht sich erhebenden dicken Mycelschläuchen durch Abgrenzung mittels Querwand, welche sich als sogen. Columella (Fig. 274 1 *c*) vorwölbt. Das Plasma des Sporangiums zerfällt durch fortgesetzte Zerklüftung in zahlreiche Sporen, die durch Zerfliessen der Sporangiumwandung unter Aufquellung einer zwischen ihnen liegenden Zwischensubstanz entleert werden.

Bei den auf Excrementen häufig sich entwickelnden *Pilobolus*-Arten wird das Sporangium durch den stark turgeszierenden und an der Columella schliesslich aufplatzenden Träger weit abgeschleudert.

Unter gewissen Bedingungen wird die ungeschlechtliche Sporangienfructification abgelöst durch die sexuelle Fortpflanzung, die darin besteht, dass an den Mycelschläuchen seitliche keulenförmige Aeste hervorkommen, paarweise mit den Enden auf einander strossen Fig. 275 und dort die conjugirenden Zellen oder Gameten durch je eine Querwand abgrenzen. Die letzteren verschmelzen nun zu einer Zygospore mit warzenbesetzter Membran. Die Zygosporen keimen nach längerer Ruhe und es können dann direct an den Keimschläuchen Sporangien gebildet werden Fig. 275 5. Sowohl die Gameten als auch die Zygosporen wenigstens bei der Gattung *Sporodinia* nach GRUBER sind vielkernig. Das Verhalten der Kerne bei der Copulation ist nicht bekannt.

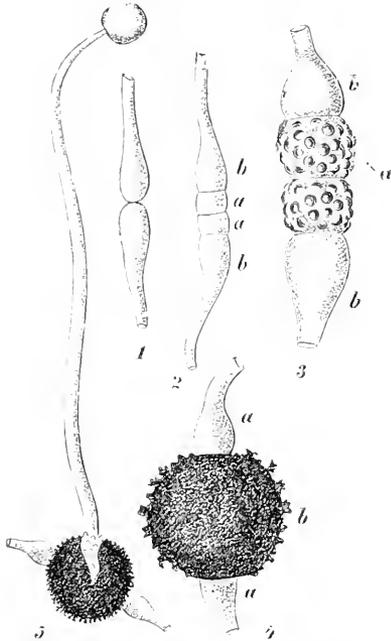


Fig. 275. Zygosporenbildung von *Mucor Mucedo*. 1 die Conjugationsäste, 2 Abgrenzung der conjugirenden Zellen *a* von den Suspensoren *b*, 3 weiteres Stadium, die conjugirten Zellen *a* sind als solche noch zu erkennen, die Warzen der Membran beginnen ihre Bildung, 4 reife Zygospore *b* zwischen den Suspensoren *a*, 5 Keimung der Zygospore mit einem Sporangium am Keimschlauch. 1—4 Vergr. 225, 5 Vergr. ca. 60. Nach BRUEFELD. — Ans v. TAVELL, Pilze.

den grossen Sporangien auf anderen. Endlich giebt es Zygomyceten z. B. *Chaetochilium*, bei denen ausschliesslich Conidien als ungeschlechtliche Fructification auftreten. So haben wir also in derselben Pilzgruppe alle Uebergänge vom vielsporigen Sporangium bis zur einzelligen Conidie.

## 2. Unterklasse. Ascomycetes, Schlauchpilze<sup>(33, 34, 40)</sup>.

Charakteristisch für die Ascomyceten, deren Mycel gegliedert ist, sind die Sporenschläuche oder Asci (Fig. 276). Der junge Ascus ist zunächst zweikernig, wird dann durch Fusion beider Kerne einkernig. Dieser Kern theilt sich successive in acht Kerne, um die sich die acht Sporen in der in Fig. 95 dargestellten Weise durch freie Zellbildung abgrenzen. Die mit Membran umgebenen Sporen liegen gewöhnlich in einer Längsreihe und werden durch Verquellen des übrigen Plasmas aus dem aufgeplatzten Scheitel des Schlauches entleert.

Die meisten Ascomyceten bilden mehr oder weniger complicirte Fruchtkörper. Ascusfrüchte, in oder auf denen die Asci sich vorfinden. Als erste Anlage dieser Fruchtkörper sind vielfach besondere Organe, Carpogone nachgewiesen. Für bestimmte Gattungen (*Sphaerotheca* Fig. 277, *Pyronema* Fig. 281) ist durch HARPER die bereits von DE BARY angenommene Befruchtung dieser Carpogone durch Antheridien festgestellt, so dass eine weitere Verbreitung dieser Vorgänge innerhalb der Gruppe wahrscheinlich ist; möglich ist aber auch, dass in der That bei manchen Ascomyceten die schwierig nachweisbaren Sexualorgane nicht mehr zur Ausbildung gelangen.

Aus den Carpogonen gehen nun durch Aussprossen ascogene Fäden hervor, die schliesslich die Sporenschläuche als letzte Auszweigungen liefern. An der Zusammensetzung der Früchte betheiligen sich auch sterile, die Hülle liefernden Hyphen, welche unterhalb der Carpogone entspringen. Beide Hyphenarten sind immer scharf geschieden. In vieler Beziehung erinnern also die Ascomyceten an die Florideen, bei denen ebenfalls eine ungeschlechtliche, die Carposporen liefernde Generation aus der befruchteten Eizelle hervorgeht.

Nach der Beschaffenheit der Ascusfrüchte unterscheiden wir die Ordnungen der Ascomyceten.

Bei den *Perisporiaceen* sind die kleinen kugligen Früchte (Perithezien) allseitig von einer Hülle umschlossen, die erst durch Verwesen oder Aufbrechen die Ascussporen frei lässt.

Bei den *Discomyceten* treffen wir offene becher-, keulen- oder hutförmige Fruchtkörper an, sogen. Apothecien, an denen die Sporenschläuche parallel neben einander in einer oberflächlichen Schicht, dem Hymenium, angeordnet sind.

Bei den *Pyrenomyceten* sind die Perithezien krugförmig und die Asci stehen im Grunde des Hohlraums.

Bei den *Tuberaceen* sind die reifen unterirdischen knollenförmigen Fruchtkörper geschlossen.

Diesen Ordnungen reihen wir die *Euroasci* an, bei denen die Asci frei ohne Fruchtkörperbildung aus den Mycelzellen hervorgehen, ferner die sehr einfachen *Saccharomyceten* oder Hefepilze. Beide Gruppen können als reducirte Ascomyceten aufgefasst werden, andererseits werden sie auch vielfach mit einer Anzahl einfach gestalteter, von BREFELD als *Hemiasei*<sup>(41)</sup> zusammengefasster Gattungen, bei denen die Sporen in unbestimmter grosser Zahl in den Schläuchen erzeugt werden, als einfachste Formen an den Beginn der ganzen Klasse gestellt.

Erwähnt sei ferner die durch THAXTER<sup>(42)</sup> genauer bekannt gewordene interessante Ordnung der *Laboulbeniaceen*, winzige auf Insecten schnarotzende, wenigzellige Pilze, deren Carpogone sehr an die gleichnamigen Organe der Florideen erinnern und wie diese durch Spermation befruchtet werden.

### 1. Ordnung. *Perisporiaceae*<sup>(33, 43)</sup>.

Zu dieser Ordnung gehören als Ascomyceten mit geschlossenen Ascusfrüchten die zwei Familien der *Erysiphaceen* oder Mehlthaupilze und der *Perisporiaceen*.

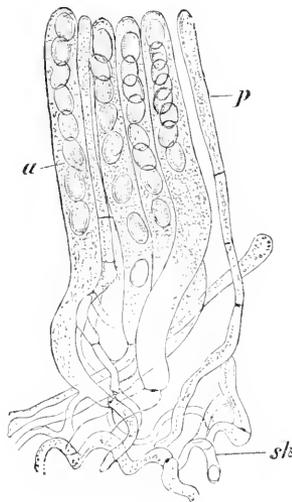


Fig. 276. Partie aus dem Hymenium von *Morchella esculenta*. *a* Asci. *p* Paraphysen. *sh* subhymeniales Gewebe. Vergr. 240.

1. Die *Erysipheen* leben als schädliche Parasiten mit ihrem Mycel auf der Oberfläche, besonders auf den Blättern, höherer Pflanzen, überziehen dieselben spinnwebartig und entsenden aus ihren Mycelfäden Haustorien oder Saugfortsätze in die Epidermiszellen der Nährpflanze. Die reifen Ascenfrüchte Peritheccien sind in diesen weissen

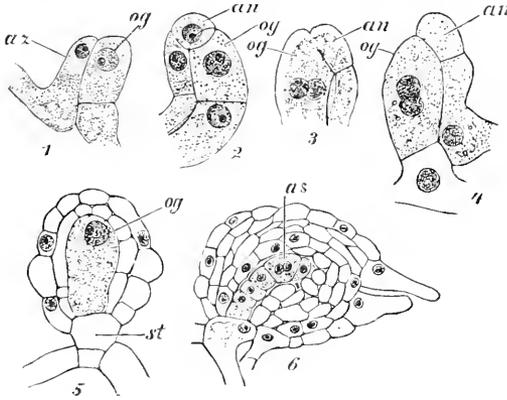


Fig. 277. *Sphaerotheca Castagnei*, Befruchtung und Perithecciumentwicklung. 1 Oogonium *og* mit angeschmiegem Antheridiumzweig *az*. 2 Abgrenzung des Antheridiums *an*. 3 Uebertritt des Antheridiumkernes zum Oogoniumkern, 4 Verschmelzung der Kerne. 5 Befruchtetes Oogonium mit zwei Lagen Hüllfäden aus der Stielzelle *st*. 6 Mehrzelliges Ascogon durch Theilung des Oogonium hervorgegangen, die vorletzte zweikernige Zelle, *as*, liefert den Ascus. (Nach HARPER.

Feberzügen als kleine schwarze Körperchen zu erkennen. Im einfachsten Fall (z. B. bei der Gattung *Sphaerotheca*) umschliesst das rundliche Peritheccium nur einen einzigen Ascus mit acht Sporen, welcher von sterilen Hyphen oder Hüllfäden in mehreren pseudoparenchymatischen Schichten dicht umwachsen ist. Bei der Gattung *Erysiphe* dagegen finden sich in jedem Peritheccium mehrere Ascen vor. Durch unregelmässiges Aufbrechen des Perithecciums werden die Sporen schliesslich frei. Wie HARPER nachgewiesen hat, besteht die erste Anlage des Perithecciums aus einem Oogonium und einem Antheridium. Beide werden an Hyphenästen als einkernige Sexualzellen durch je eine Scheidewand abgegrenzt, stehen dicht neben einander und der männliche Kern tritt durch ein Loch in der Zellwand in das Oogonium über

Fig. 277 1—4. Nach der Befruchtung des Oogoniums wird dieses von Hüllfäden, welche aus der Stielzelle entspringen, umgeben (5) und das Oogonium selbst wird zu einem mehrzelligen Gebilde, dem Ascogon (6), aus dessen vorletzter mehrkerniger Zelle bei *Sphaerotheca* der achtsporige Ascus entsteht, während bei *Erysiphe* diese Zelle ascogene Schläuche treibt, die ihrerseits die hier in Mehrzahl vorhandenen Ascen bilden. Die Mehlthauptpilze vermehren sich, bevor sie zur Perithecciumbildung übergehen, zunächst durch Conidien, welche an besonderen aufrechten Mycelzweigen in Form von Ketten von der Spitze nach abwärts abgegliedert werden. Nur in Form solcher Conidienträger fructifizierend tritt der Mehlthauptpilz des Weinstocks *Erysiphe Tuckeri* auf, ein in hohem Maasse schädlicher Parasit, dessen Ascenfrüchte in Europa bis jetzt noch nicht gefunden sind. Seine Conidienform wird auch als *Oidium Tuckeri* bezeichnet.

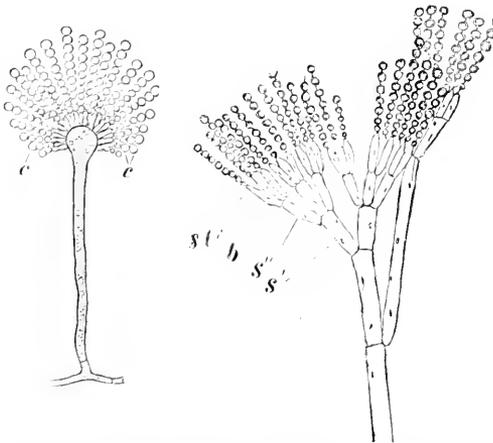


Fig. 278. Conidienträger von *Eurotium herbariorum*, links, von *Penicillium crustaceum*, rechts.

2. Die *Perisporiaceen* sind mit den *Erysipheen* nahe verwandt, leben aber saprophytisch auf faulenden organischen Stoffen. Es gehören hierher zwei der gemeinsten Schimmelpilze, *Eurotium herbariorum* und *Penicillium glaucum*. Beide vermehren sich anfangs in reichlichem Maasse nur durch Conidien, bevor sie zur Bildung der Peritheccien übergehen.

Die Conidien von *Euotium herbariorum* sind unter dem Namen Giesskannenschimmel bekannt, eine Bezeichnung, die von der eigenthümlichen Gestalt der Conidienträger mit ihren radial ausstrahlenden Conidienreihen herrührt (Fig. 278). Diese Conidienträger stehen reihenweise neben einander und bilden so einen anfangs weissen, später blaugrünen Schimmel auf feuchten Vegetabilien, Früchten, Brod u. s. w.

Die ebenfalls blaugrünen Schimmelrasen von *Penicillium crustaceum*, dem überall verbreiteten Pinsel- oder Brodschimmel, bestehen dagegen aus quirlig verzweigten aufrechten Conidienträgern (Fig. 278).

Die kugelige Perithecieen von *Euotium* und *Penicillium* erscheinen später am Mycel, bei letzterer Gattung treten sie nur selten auf. Sie sind complicirter gebaut als bei den Erysiphecn. Ihre erste Anlage ist ein schraubig gewundenes Carpogon, welches bald (nach einer Befruchtung?) von Seitensprossen dicht umhüllt wird, sich später in dem dicht unerschliessenden pseudoparenchymatischen sterilen Peritheciengewebe verzweigt und zahlreiche kleine rundliche achtsporige Ascen erzeugt. In den reifen Früchten erscheinen die Schlauchwandungen und das Pseudoparenchym bis auf die einschichtige Fruchtwand aufgelöst; letztere platzt unregelmässig auf und entlässt die Sporen.

## 2. Ordnung. *Discomycetes, Scheibenpilze* <sup>(33, 44)</sup>.

Die Discomyceten sind eine sehr formenreiche Gruppe von Schlauchpilzen: sie unterscheiden sich von den übrigen Ordnungen dadurch, dass ihre Schlauchfrüchte zur Reifezeit das aus den Sporenschläuchen und aus sterilen Safräden oder Paraphysen bestehende Hymenium offen an ihrer Oberseite tragen (Fig. 280). In der Ausbildung der Fruchtkörper machen sich bei den einzelnen Gruppen Verschiedenheiten geltend.

Die überwiegende Mehrzahl der Discomyceten, als deren Typus die Gattung *Peziza* im weiteren Sinne mit einigen hundert Arten gelten kann, vegetiren meist mit ihrem Mycel auf lebenden oder toten Pflanzentheilen, besonders auf faulendem Holz, zum Theil aber auch als Erdpilze in Humusboden. Sie besitzen napf-, becher-, trichter- oder kreiselförmige, fleischige oder lederartige Ascenfrüchte, meist von geringem Durchmesser. Eine der grössten Formen ist die erdbewohnende *Peziza aurantiaca* (Fig. 279) mit bis 7 cm breiten unregelmässig becherförmigen Früchten, welche lebhaft orangeroth gefärbt sind, während die Mehrzahl der Arten graue oder braune Färbung aufweist. Solche Becherfrüchte bezeichnet man als Apothecien.

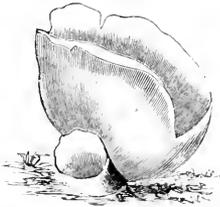


Fig. 279. *Peziza aurantiaca*. Nat. Gr. (Nach KROMBOLZ.)

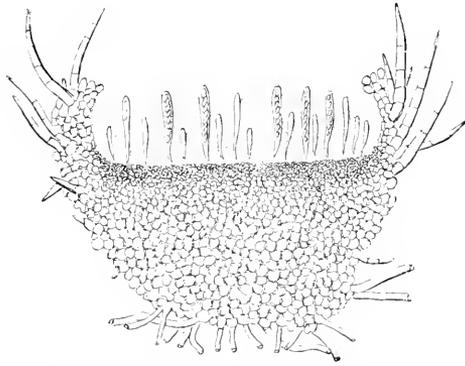


Fig. 280. *Laekea pulcherrima*. Sporenreifes geöffnetes Apothecium. Zwischen den Paraphysen sind alte und junge Schläuche vertheilt. (Nach WORONIN. Aus v. TAVEL, Pilze.)

Die Apothecienentwicklung sei an dem Beispiel des durch R. HARPER eingehend untersuchten *Pyrenopeziza confluenta* dargestellt, dessen etwa 1 mm breite, fleischige, gelbliche oder rüthliche, gesellig beisammenstehende Fruchtkörper häufig auf Brandstellen in Wäldern gefunden werden. Diese Art erzeugt besonders grosse Carpogone, gewöhnlich mehrere als Anlage eines Apothecium (Fig. 281 A). Das Carpogon besteht aus dem kugeligem vielkernigen Oogonium, auf dessen Scheitel eine vielkernige, schnabelförmig gebogene Zelle, das Trichogyn, aufsitzt. Unter dem Oogonium entspringt das schlauchförmige, vielkernige Antheridium, dessen Spitze mit dem Trichogynscheitel mittels Durchbrechung der Wandung in offene Verbindung tritt. Die männlichen Kerne

wandern zunächst in die Trichogynzelle ein, dann nach Durchbrechung der Basalwand derselben in das Oogonium, wo sie paarweise mit den zahlreichen Eikernen copulieren, während die Trichogynkerne zu Grunde gehen. Nun grenzt sich die Eizelle wieder ab

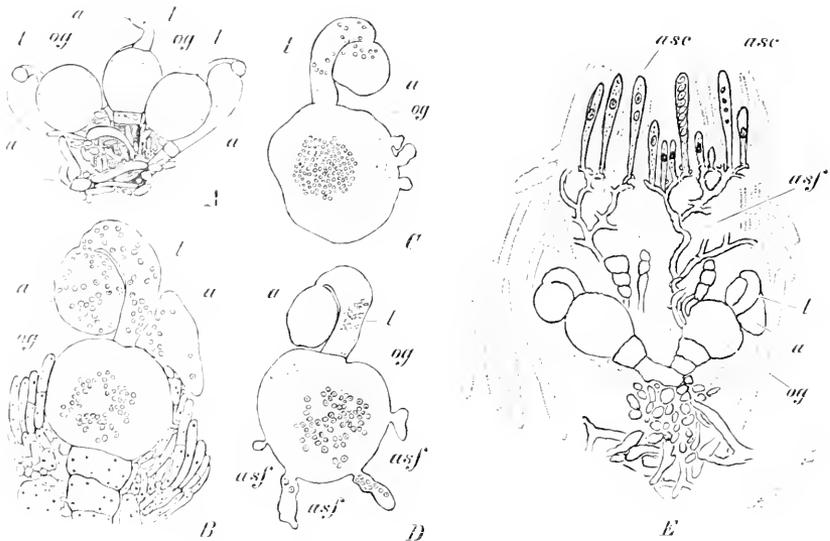


Fig. 281. *Pyrenema confluens*. A Anlage eines Apotheciums. B Oogonien *og* mit Trichogyn *t*, 3 Antheridien *a*. C Fusion des Antheridiums mit der Trichogynspitze. D Basalwand des Trichogyns aufgelöst, männliche und weibliche Kerne im Centrum des Oogoniums. E Abgrenzung des Oogoniums durch neue Scheidewand gegen das Trichogyn. Bildung der ascogenen Fäden *asf*. E Längsschnitt durch junges Apothecium, *asc* Asci. A, E Vergr. ca. 150, B—D ca. 300. Nach R. HARPER.

und treibt zahlreiche ascogene Schläuche, die die conjugirten Kerne aufnehmen, sich verzweigen und schliesslich in den Asci endigen *E*, während die sterilen Hyphen und die Paraphysen zwischen den Schläuchen aus den Hyphen unterhalb der Ascogone entspringen. Während bei den Erysipheen Fig. 277 das befruchtete Oogonium erst zu einem mehrzelligen Organ, dem Ascogon sich theilt und aus einer Zelle desselben schliesslich die Schläuche hervorgehen, wird also hier das Oogon direct zum Ascogon. Bei der verwandten Gattung *Ascobolus* wird das Ascogon erst mehrzellig, alle Zellen entleeren aber ihren Inhalt in eine grosse, die dann die ascogenen Hyphen treibt. Im Bau der Carpogone und Ascogone kommen also mancherlei Modificationen vor; bei den flechtenbildenden Ascomyceten Fig. 311 ist wiederum ein anderer Typus der Carpogone ausgeprägt. Weitere Untersuchungen werden wohl die verbindenden Glieder dieser differenten Bildungen aus Licht ziehen.

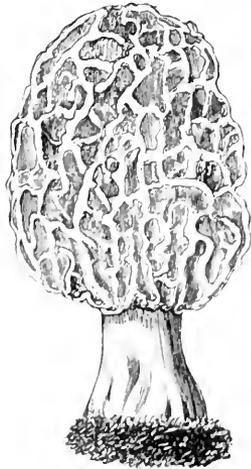


Fig. 282. *Morella esculenta*.  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Die eigenartigste und höchste Entwicklung erfährt der Fruchtkörper der Discomyceten in der Gruppe der *Helvellaceen* oder Morehlpilze, welche mit ihrem Mycel unter der Erde, in humosem Boden vegetieren, ihre mannichfach gestalteten Fruchtkörper aber über die Oberfläche hervorstrecken. Bei der Gattung *Morella*, Morehel Fig. 282, besteht der grosse Fruchtkörper aus einem aufrechten dicken Stiel, auf welchem ein kegelförmiger oder abgerundeter Hut mit grubiger, runzlig vertiefter Oberfläche sich erhebt. Das Hymenium Fig. 276 mit den achtsporigen Asci breitet sich auf der Oberfläche des Hutes aus. Die Moreheln sind vor-

zögliche Speisepilze <sup>45</sup>, 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 ähulich gestalteten *Lorcheln*, deren Hut aber müthenförmig herabgeschlagen, unregelmässig gelappt und blasig aufgetrieben ist, so *Gyromitra esculenta*, mit schwarzbraunem Hut und weisslichem Stiel, u. A. In der äusseren Form ihrer Fruchtkörper gleichen diese höchst entwickelten Discomyceten vielfach den Basidiomyceten.

### 3. Ordnung. *Pyrenomycetes*, *Kernpilze*.

Ausserordentlich formenreiche Gruppe von Pilzen, welche theils parasitisch auf Pflanzentheilen, besonders Rinde und Blättern, theils saprophytisch auf faulem Holz, Mist u. s. w. leben. Einige wenige Gattungen leben parasitisch in Insectenlarven. Die Pyrenomyceten charakterisiren sich durch die krugförmige Gestalt ihrer Ascusfrüchte oder Peritheecien, welche an der Spitze eine offene Mündung und in ihrem Grunde ein Hymenium aus Asei und haarförmigen oft verzweigten Sauffäden oder Paraphysen (Fig. 283

besitzen. Die Seitenwände des Perithecium sind bis zur Mündung ausgekleidet mit ählichen Hyphenhaaren, den Periphysen. Die Ascussporen werden durch den Porus nach aussen entleert, es streckt sich ein Ascus nach dem anderen in Folge Wasseraufnahme in die Länge und ejaculirt nun durch den Porus die Sporen oder die Entleerung geschieht im Innern des Perithecium und die Sporen werden, in aufquellendem Schleim eingebettet, nach aussen hervorgepresst.

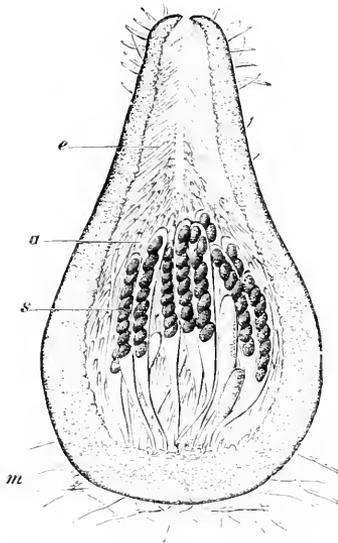


Fig. 283. Peritheecium von *Podospora fimiseda* im Längsschnitt. *s* die Asei, *a* die Paraphysen, *e* die Periphysen, *m* Mycelfäden. Vergr. 90. (Nach v. TAVEL.)

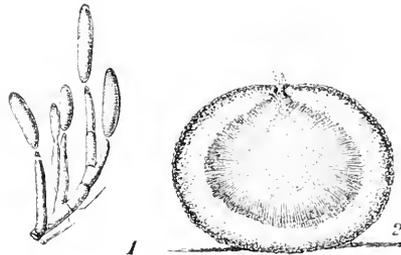


Fig. 284. 1 Conidienabschnürung an den Conidienträgern aus der Pyknide von *Cryptospora hypodermia*. Vergr. 300. (Nach BREFFELD.) 2 Pyknide von *Strickeria obducens*, im Durchschnitt. Vergr. 70. (Nach TULASNE.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Die einfachsten Pyrenomyceten besitzen freie, dem Mycel aufsitzende Peritheecien (Fig. 283), die in Form von meist schwarz gefärbten kleinen Körperchen auf dem pflanzlichen Substrat auftreten, so bei den Gattungen *Sphaeria* und *Podospora*. Bei vielen anderen Kernpilzen aber complicirt sich die Ascusfruchtbildung, die Peritheecien erscheinen zu mehreren oder vielen dicht neben einander eingebettet in rundliche polsterförmige oder keulenförmige, zuweilen verzweigte Mycelkörper von dichter pseudoparenchymatischer Structur. Man bezeichnet dieselben als *Stroma*.

Der Peritheeciumbildung voraus gehen in dem Entwicklungsgang der meisten Pyrenomyceten mannichfache Nebenfruchtifikationen, hauptsächlich Conidien, welche in verschiedener Weise von den Mycelfäden theils direct, theils auf besonderen Trägern abgegliedert werden und zur Ausbreitung des Pilzes beitragen. Häufig erscheinen die Conidienträger zu Fruchtkörpern vereinigt. Eine besondere Form solcher Früchte sind die bei vielen Gattungen auftretenden Pykniden, kleine kugelige oder flaschenförmige Gebilde, welche als Auskleidung verzweigte Hyphenfäden besitzen, an deren Spitzen

die Conidien, hier Pykno-sporen oder Pyknoconidien genannt, abgegliedert werden (Fig. 284 I, 2). Die verschiedenen Fruchtformen der Pyrenomyceten erscheinen in der Regel zeitlich nach einander.

Wichtig als officinelles Gewächs und als Schädling der Roggenfelder ist *Claviceps purpurea*, der Pilz des Mutterkorns. Derselbe lebt parasitisch in den jungen Fruchtknoten von Gramineen, hauptsächlich des Roggens. Die Fruchtknoten werden im Frühsommer durch die Ascussporen inficirt, mit Pilzmycel überzogen und dadurch deformirt. Das Mycel geht bald zur Bildung von Conidien über, welche auf kurzen seitlichen Trägern in kleinen Köpfchen vereinigt abgegliedert werden (Fig. 285 A). Zugleich findet Ausscheidung eines süßsen Saftes statt, mit dem die massenhaft erzeugten Conidien zu Tropfen zusammenfließen. Dieser sogen. Honigthau des Getroides wird von Insecten gesucht und

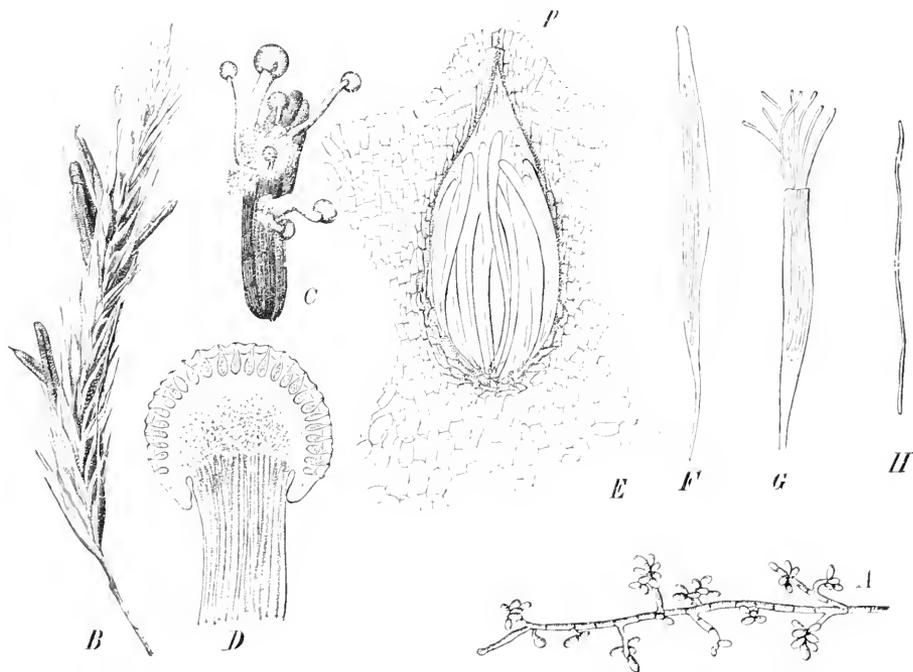


Fig. 285. *Claviceps purpurea*. A Conidienbildender Mycelfaden. B Roggenähre mit mehreren reifen Sclerotien. C gekeimtes Sclerotium mit gestielten zusammengesetzten Fruchtkörpern. D Längsschnitt durch einen Fruchtkörper mit zahlreichen Peritheciën. E einzelnes Perithecium stärker vergrößert. F geschlossener Ascus mit acht fadenförmigen Sporen. G Austreten der Sporen. H einzelne Sporen. A nach BREVELD. C—H nach TILASNE. B phot. nach der Natur. — Officinell und giftig.

so auf andere Fruchtknoten übertragen. Die Conidienfructification des Pilzes wurde früher als besondere Pilzgattung *Sphaeria segetum* bezeichnet. Mit der Erschöpfung dieser Fructification und der Resorption des Fruchtknotengewebes durch das Mycel entsteht schliesslich an Stelle des Fruchtknotens ein Sclerotium, dadurch, dass die Hyphenfäden dicht zusammenwachsen und namentlich in der Peripherie unter Quertheilung zu einem geschlossenen Pseudoparenchym sich umbilden (Fig. 106). Diese langgestreckten, schwarzviolett gefärbten, aus der Kornähre mit schwach hornförmiger Krümmung hervorragenden Sclerotien werden als Mutterkorn, *Secale cornutum* bezeichnet (Fig. 285 B). Die mit Reservestoffen Fett dicht angefüllten Sclerotien fallen schliesslich zu Boden, und keimen erst im nächsten Frühsommer zur Zeit der Roggenblüthe. Es brechen Hyphenbündel aus ihnen hervor, welche zu langgestielten, blassroth gefärbten Köpfchen heranwachsen (C). In letzteren werden zahl-

reiche eingesenkte Peritheecien, gleichmässig über die Oberfläche vertheilt, erzeugt *D. E.*. Jedes Peritheecium enthält in seinem Grund eine Anzahl Asei mit acht langen fadenförmigen Ascosporen. Dieselben werden durch den Porus ejaculirt und gelangen, durch den Wind verbreitet, auf die Grasähren.

Officinell ist *Secale cornutum* Pharm. germ., austr., helv., Mutterkorn, das Sclerotium von *Claviceps purpurea*.

#### 4. Ordnung. *Tuberaceae*, *Trüffelpilze* <sup>(46)</sup>.

Die *Tuberaceen* oder Trüffelpilze sind saprophytische, unterirdisch mit ihrem Mycel im Humus oder unter der faulenden Laubdecke der Wälder lebende Ascomyceten. Die Ascenfrüchte, unter der Bezeichnung Trüffel bekannt, stellen unterirdische knollenförmige Körper vor (Fig. 286), welche von einer dicken Hülle umgeben sind und im Innern die keulenförmigen Asei bergen (Fig. 286 2). Die Sporen werden zu wenigen in den Asei erzeugt, bei den echten Trüffeln Gattung *Tuber*, meist zu vier und meist mit stacheligem oder netzförmig verdicktem Epispor versehen. Bei völliger Reife der Früchte sind das sterile Gewebe des Innern und die Schlauchwandungen aufgelöst, die reifen Sporen liegen frei im Innern der Fruchthülle.

Manche *Tuberaceen* haben essbare Fruchtkörper <sup>45</sup> von aromatischem Geruch und Geschmack. Sie werden besonders in Frankreich und Italien gesammelt und in den Handel gebracht. Die wichtigsten sind die vier als schwarze Trüffel bezeichneten Arten der Gattung *Tuber*, nämlich *Tuber brumale*, *melanosporum*, *aestivum* und *mesentericum*, welche aussen schwarz, rothbraun oder schwarzbraun gefärbt und mit Warzen versehen sind, ferner die weisse Trüffel, *Choiromyces neandriiformis*.

#### 5. Ordnung. *Eroasci* <sup>47</sup>.

Die wichtigste Gattung dieser Ascomyceten ist *Taphrinia* incl. *Eroascus*, deren Arten als parasitische Pilze auf verschiedenen Bäumen leben und theils als einjährige Pilze sich subcuticular nur in den Blättern entwickeln und fleckiges Erkranken derselben bewirken, theils mit ihrem Mycel im Gewebe der Nährpflanzen überwintern, somit jährlich wiederkehrende Krankheiten an denselben verursachen. Das Mycel veranlasst dann die befallenen Sprosse zu reichlichen anomalen Verzweigungen, die man als Hexenbesen bezeichnet. So erzeugt *Taphrinia Carpini* Hexenbesen auf der Weissbuche, *Taphrinia*

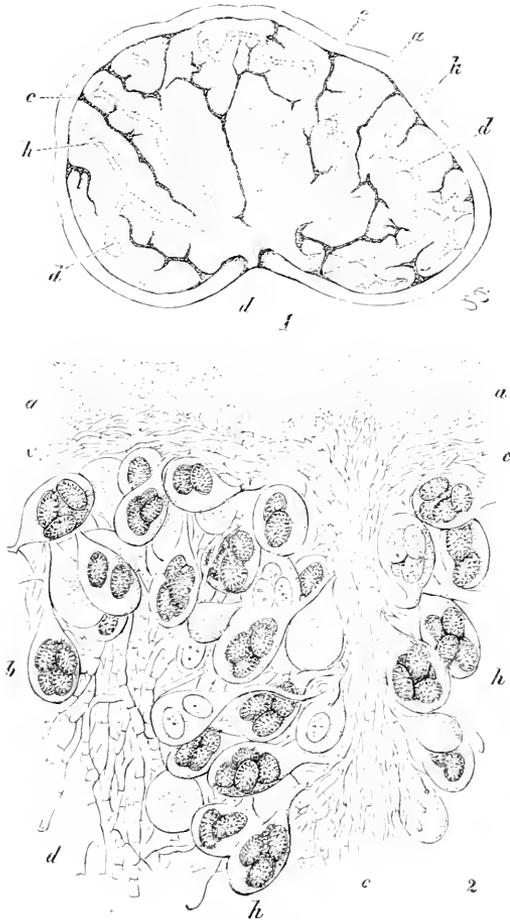


Fig. 286. *Tuber rufum*. 1 ein Fruchtkörper in Verticalsechnitt. Vergr. 5. *a* die Rinde, *d* luftthaltiges Gewebe, *c* dunkle Adern lückenlosen Gewebes, *h* das ascusbildende Gewebe. 2 ein Stückchen des Hymeniums. Vergr. 460. Nach TULASNE. Aus v. TAVEL, Pilze.

*epiphylla* solche auf *Ahus incana*. *Taphrina deformans* bewirkt die Kräuselkrankheit der Pfirsichblätter. *Taphrina Pruni* dagegen schmarotzt in den jungen Fruchtknoten der Pflaumen, in Folge dessen die Pflaumenfrüchte zu hohlen sackartigen Pilzgallen, sogenannten Taschen, umgebildet werden.



Fig. 287. *Taphrina Pruni*. Querschnitt durch die Epidermis einer inficirten Pflaume. Vier reife Asci.  $a_1, a_2$  mit acht Sporen,  $a_3, a_4$  mit Conidien sprossung aus den Sporen. *st* Stielzelle des Aescus. *m* Mycel quer durchschnitten. *cut* Cuticula. *ep* Epidermis. Verger. 600. Nach SADEBECK.

Die Aescusbildung 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 Aescus mit acht Sporen Fig. 287. Die zahlreichen Asci stehen dicht neben einander. Die Sporen werden aus den in Folge Wasseraufnahme stark turgescirenden und am Scheitel aufplatzenden Schläuchen hinausgespritzt.

Die Sporen sprossen häufig sogar schon in den noch geschlossenen Asci Fig. 287  $a_3, a_4$  direct zu Conidien aus, eine Form der Conidienvermehrung, die als Hefesprossung bezeichnet wird, so bei *Taphrina Pruni*.

Die Exoasci sind vielleicht als reducirte Ascomyceten anzufassen, bei denen die Sexualorgane vollständig rückgebildet wurden.

## 6. Ordnung. Saccharomycetes. Hefepilze.

Die zur Gattung *Saccharomyces* vereinigten Bier-, Brauntwein- und Weinhefen stellen sehr einfache einzellige Pilze vor, welche nur in Form von kugelförmigen, ovalen oder cylindrischen Conidien, die im Innern einen Kern enthalten und in Conidien weitersprossen Fig. 2, auftreten. Mycelbildung fehlt, höchstens bleiben die Zellen in Ketten eine Zeit lang vereinigt. Nach Erschöpfung des Substrats, bei freiem Zutritt von Sauerstoff und bei günstiger Temperatur bilden die Hefen Sporangien, die äusserlich den Conidien gleich, im Innern aber einige wenige Sporen erzeugen. Diese Pilze sind in physiologischer Beziehung bemerkenswerth; sie bewirken als Gährungserreger die Spaltung der Zuckerarten in Alkohol mit Kohlensäureabscheidung. Die Bierhefe ist nur in der cultivirten Form bekannt, der Weinhefenpilz dagegen kommt in der Natur schon im Boden der Weinberge vor und gelangt von dort auf die Trauben und in den Most.

Die Hefen sind selbstständige Pilze, wenigstens ist bis jetzt der Nachweis nicht geführt, dass sie in den Entwicklungsgang anderer Fadenpilze gehören, wenn auch bei verschiedenen Gattungen der Mucorineen, Exoasci, Ustilagineen solche Conidienhefesprossung zu beobachten ist. Vielleicht stellen die Hefepilze reducirte Ascomyceten vor.

## 3. Unterklasse. Basidiomycetes (31, 45, 18, 49).

Die grosse Gruppe der Basidiomyceten im weiteren Sinne, deren Mycel wie bei den Ascomyceten gegliedert ist, zeichnet sich aus durch vollständigen Verlust der sexuellen Fortpflanzung. Die typischen hierher gehörigen Pilze sind charakterisirt durch die Bildung der Basidien, das sind Conidienträger von bestimmter Form, Grösse und Sporenzahl. Diese Zahl beträgt 4 vereinzelt auch 2, 6 oder 8. Die Basidien begegnen uns in verschiedenen Formen.

Bei den Ordnungen der *Uredineen* und *Auricularieen* ist der obere Theil der Basidie durch Querwände in vier Zellen getheilt und jede Zelle erzeugt an ihrem oberen Ende je eine auf einem dünnen Stielchen (Sterigma) sitzende Spore Fig. 288.1. Bei den *Tremellineen* dagegen theilt sich die Basidie

durch zwei Längswände in vier mit langen schlauchförmigen Sterigmen versehene Zellen (Fig. 288 *B*). Bei den *Hymenomyceeten* und *Gasteromyceeten* ist der Basidienträger einzellig, ungetheilt, und bildet an seinem Gipfel auf Sterigmen oder sitzend in der Regel vier Sporen (Fig. 288 *c*, 294). Die Anlage der Basidien enthält zwei Kerne, welche mit einander verschmelzen und dann erst durch weitere Theilung die Sporenkerne liefern.

Die getheilten Basidien nennt BREFFELD Protobasidien, die ungetheilten Autobasidien.

Von Interesse ist das Verhalten der *Ustilagineen* oder Brandpilze, indem bei der einen Familie derselben quergetheilte nicht immer gerade vierzellige Basidien, bei der anderen dagegen ungetheilte Basidien auftreten. Die Zahl der gebildeten Sporen ist hier nicht eine scharf begrenzte, sondern oft eine sehr grosse. Daher nennt BREFFELD diese Conidienträger Hemibasidien und fasst diese Ordnung unter dem Namen *Hemibasidiu* als Vorläufer der typischen Basidiomyceeten auf, unter denen die Gruppen mit Protobasidien die Vorstufen zu denen mit Autobasidien repräsentiren sollen.

Ausser den als Basidien ausgebildeten Conidienträgern treten noch andere Conidienformen als Nebenfructificationen in dem Entwicklungsgang mancher Arten auf. Chlamydosporen spielen bei den beiden ersten Ordnungen der *Ustilagineen* oder Brandpilze als Brandsporen und der *Uredineen* oder Rostpilze, als Rostsporen, hier sogar in dreifacher Ausbildungsweise, eine wichtige Rolle. Bei diesen beiden Gruppen gehen die Basidien direct aus keimenden Chlamydosporen (Fig. 288 *A*, 289 *B*) hervor, während sie

bei den übrigen Basidiomyceeten, abgesehen von einigen einfacheren Formen, stets an mehr oder weniger complicirt gebauten Fruchtkörpern, bei den *Gasteromyceeten* oder Bauchpilzen im Innern von solchen, gebildet werden.

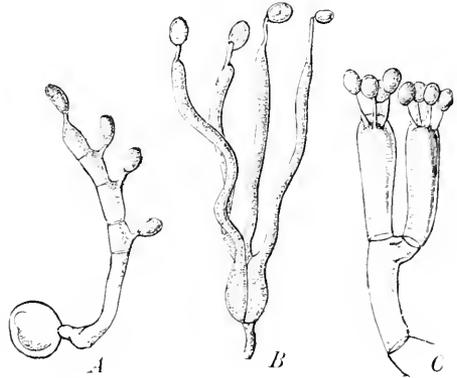


Fig. 288. Basidien. *A* einer Uredinee *Endophyllum Euphorbiae silvaticae*. (Nach TULASNE. *B* einer Tremellinee *Tremella lutescens*. Vergr. 450. Nach BREFFELD. *C* eines Hymenomyceeten *Tomentella granulata*. Vergr. 350. Nach BREFFELD. Aus v. TAVEL. Pilze.

### I. Ordnung. *Ustilagineae*, Brandpilze<sup>134, 50</sup>.

Die Brandpilze leben mit ihrem Mycel parasitisch in höheren Pflanzen meist in bestimmten Organen, entweder in den Blättern und Stengeln oder in den Früchten oder in den Staubgefässen. Besonders dienen die Gramineen als Nährpflanzen. Gewisse Arten sind dem Getreide in hohem Maasse schädlich, sie erzeugen in den Fruchtständen von Hafer, Gerste, Weizen, Hirse, Mais die als Getreidebrand bekannten Krankheiten.

Das Mycelium der Brandpilze bildet auf der Nährpflanze als Abschluss seines vegetativen Lebens die sogen. Brandsporen, indem die reich verzweigten Hyphen sich durch Querwände in kurze anschwellende Zellen theilen (Fig. 289 *A*). Die Zellen runden sich ab, lassen ihre Membran aufquellen und umgeben sich als Sporen innerhalb der später verschwindenden Gallerthüllen mit einer neuen dicken doppelten Membran. So zerfällt das Mycel in Sporen, die eine dunkelbraune oder schwarze staubige Masse vorstellen. Ihrer Bildung nach sind die Brandsporen als Chlamydosporen auf-

zufassen. Sie sind Dauersporen, werden von den Wirthspflanzen aus durch den Wind verstreut und keimen nach der Winterruhe zu den basidien-ähnlichen Conidienträgern aus, deren Bildung bei den beiden Familien der Brandpilze, den *Ustilaginaceen* und den *Tilletiaceen*, nach verschiedenen Typen erfolgt.

Als wichtigster Vertreter der *Ustilaginaceen* ist die Gattung *Ustilago* zu erwähnen. *Ust. segetum* = *U. Carbo* verursacht den Staubbrand an Hafer, Gerste, Weizen. Das Mycel durchsetzt die Fruchtknoten und erzeugt hier massenhaft die Brandsporen als schwarzbraunes ausstaubendes Pulver. *Ust. Maydis* bildet an den Halmkn. Blättern und Inflorescenzen des Mais grosse sackartige, mit dem schwarzen Brandsporenpulver erfüllte, geschwürartige Beulen und Blasen. Andere Arten leben auf den Blättern von Gräsern, *Ust. violacea* = *U. aulbarorum*, dagegen in den Staubbeuteln verschiedener Caryophyllaceen, Lychnis, Saponaria, und erfüllt dieselben an Stelle des Pollen mit Brandsporen.

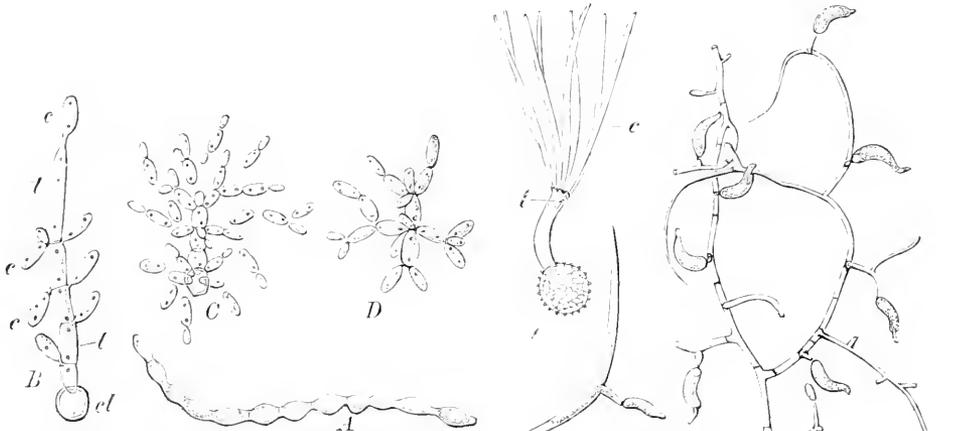


Fig. 289. 1 *Ustilago olivacea*. In der Bildung von Brandsporen befindlicher Mycelfäden. Vergr. 400. B—D *Ustilago segetum*. B in Nährlösung keimende Brandspore *e* mit dem quergetheilten Conidienträger *t*, den Conidien *c*. Vergr. 450. C in Nährlösung liegender, von abgefallenen sprossenden Conidien umgebener Keimling. Vergr. 200. D Sprossverband von Conidien. Vergr. 350. (Nach BREFELD.)

Aus v. TAVEL, Pilze.

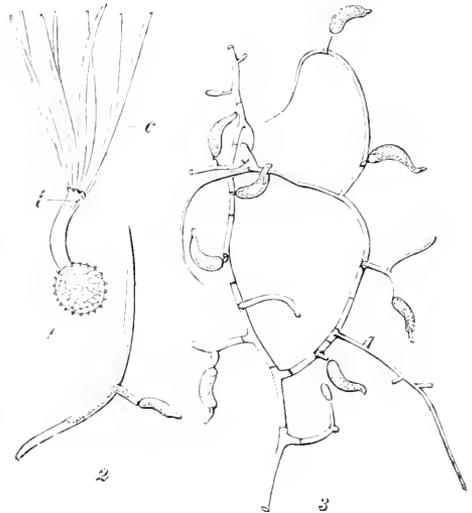


Fig. 290. *Tilletia Triticici*. 1 keimende Brandspore mit ungetheiltem Conidienträger *t* und den scheidelständigen Conidien *c*. Vergr. 300. 2 keimende fadenförmige Conidie mit einer sichelförmigen Conidie. Vergr. 400. 3 Mycelabschnitt mit sichelförmigen Conidien. Vergr. 350. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Die Brandsporen von *Ustilago* keimen nach der Ruhezeit auf dem Boden zu einem kurzen Schlauch, der sich durch 3 bis 4 Querwände theilt (Fig. 289 B) und den basidien-ähnlichen Conidienträger vorstellt; er bringt seitlich am oberen Ende der einzelnen Zellen sowie an seiner Spitze die eiförmigen Conidien hervor. Wenn reichlich Nährstoffe dem Pilz zur Verfügung stehen, also bei Cultur in Nährlösungen, so werden beständig Conidien in grosser Zahl abgegliedert (C) und die Conidien vermehren sich dann durch Sprossung in Hefeform (C, D). Sind die Nährstoffe im Substrat erschöpft, so wachsen die Conidien zu Mycelfäden aus. Auf den Getreideäekern findet die Conidienbildung in dem feuchten gedüngten Boden statt, also bei saprophytischer Ernährungsweise, und die schliesslich aus den Conidien hervorgehenden Fäden gehen zur parasitischen Lebensweise über, dringen in die ganz jungen Getreidekeimlinge ein bis zur Vegetationsspitze, wo später die Inflorescenzen angelegt werden. In Letzteren entwickelt sich das Mycel weiter und schliesst mit der Erzeugung der Brandsporen ab. Auf der Nährpflanze selbst werden keine Conidien gebildet.

Die *Tilletiaceen* führen ganz ähnliche Lebensweise wie die *Ustilagineen*. Am

bekanntesten sind *Tilletia Tritici* auch *T. Caries* genannt und *Till. laevis*, die Pilze des Stein- oder Stinkbrandes des Weizens. Die Brandsporen erfüllen das Innere der Weizenkörner mit schwärzlichen, nach Heringlake riechenden Brandsporen, welche bei ersterer Art mit netzförmigen Verdickungsleisten versehen, bei letzteren dagegen glattwandig sind. Im Gegensatz zu den Ustilagineen erzeugt der Keimschlauch die fadenförmigen Conidien nur an seinem Scheitel, in wirteliger Anordnung zu 4 bis 12 Fig. 290 1. Die Conidien zeigen hier die Eigenthümlichkeit, dass sie paarweise H-förmig mit einander verschmelzen, d. h. in der Mitte durch eine Brücke in offene Verbindung ihrer Zellen treten. Solche Zellfusionen kommen auch paarweise zwischen den sprossenden Conidien der Ustilaginaceen vor, und sind nicht mit Kernverschmelzung verbunden. Die fadenförmigen Conidien keimen leicht aus und erzeugen nun an der Spitze des Keimschlanches wiederum eine Conidie, aber von sichelförmiger Gestalt Fig. 290 2. Bei reichlicher Ernährung wachsen die Keimschläuche aber zu saprophytischen grösseren Mycelien heran, an denen in reichem Maasse solche sichelförmige Conidien in Form von Schimmelrasen an der Luft abgegliedert werden. *Tilletia* weist somit im Gegensatz zu Ustilago zweierlei Formen von Conidien auf. Im Uebrigen ist die Entwicklung bei beiden Gruppen dieselbe.

## 2. Ordnung. Uredineae, Rostpilze<sup>(51)</sup>.

Die Rostpilze leben als schädliche Parasiten mit ihrem Mycel in den Intercellularräumen der Gewebe hauptsächlich der Blätter höherer Pflanzen und sind die Erreger der Rostkrankheiten. Am nächsten schliessen sie sich an die Brandpilze an und er-

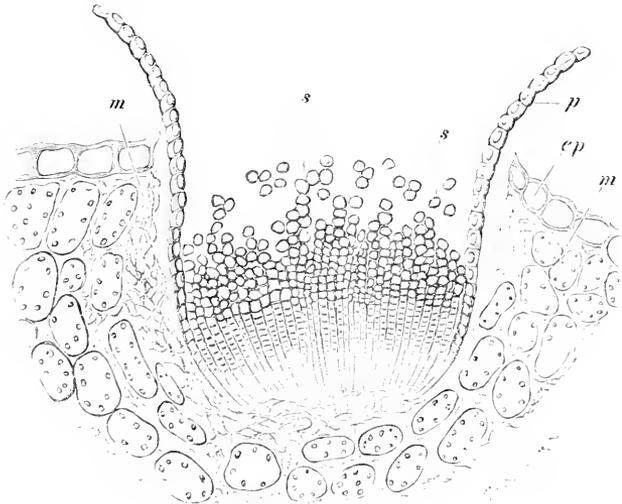


Fig. 291. *Puccinia graminis*. Acedium auf *Berberis vulgaris*. *ep* Epidermis der Blattunterseite, *m* intercellulares Mycel, *p* Peridie, *s* Sporenketten. Vergr. 142.

zeugen wie diese Chlamydosporen, die in Form von kleinen Pusteln oder Sporenhäufchen aus dem Gewebe der Nährpflanzen, als sogen. Rost, hervorbrechen. Die Chlamydosporenbildung erfährt innerhalb der Familie eine weitgehende Complication. Bei der Mehrzahl der Uredineen treten nämlich diese Sporen in dreierlei Form neben oder nach einander auf:

1. als Teleutosporen, Wintersporen, oder typische Chlamydosporen; sie sind wohl sämtlichen Arten ursprünglich eigenthümlich, sind mit dicker Membran umkleidet und repräsentiren in der Regel Dauersporen, welche den Winter überdauern. Sie entstehen in kleinen, die Epidermis durchbrechenden, meist rundlichen Lagern an den Enden zahlreicher, dicht neben einander stehender Mycelenden, häufig zu zwei oder mehreren

verbunden Fig. 292 1, 5/7 und werden im Spätsommer gegen Ausgang der Vegetationsperiode gebildet. Bei der Keimung geht aus ihnen direct die 4 zellige, 4 Sporen bildende Basidie hervor Fig. 288 1; 292 2.

2. als Uredosporen, Sommersporen; sie entstehen in denselben oder in ähnlichen Lagern wie die Teleutosporen, gehen aber deren Bildung voraus, keimen nach ihrer

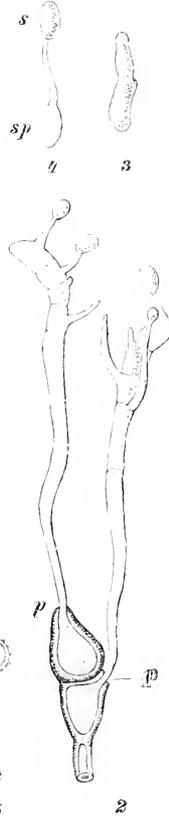
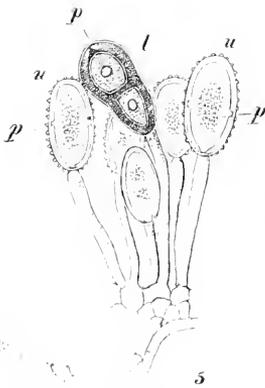
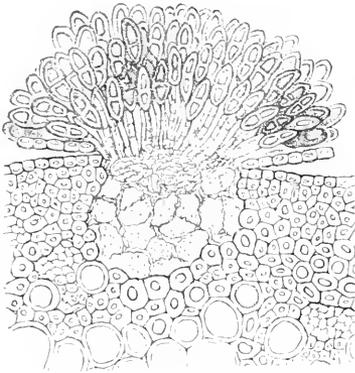


Fig. 292. *Puccinia graminis*. 1 Querschnitt durch ein Stück eines Getreidehalms mit einem Teleutosporenlager. 2 keimende Teleutospore mit zwei Basidien. 3 vegetativ, /fructificativ keimende Basidiospore. Letztere mit Secundärspore, welche gebildet wird, wenn zur Infection einer Pflanze keine Gelegenheit geboten ist. 5 eine Gruppe von Uredosporen *u*, untermischt mit einer Teleutospore *l*; *p* die Keimporen. 6 keimende Uredospore. 1 Vergr. 150; 2, 3, 4 nach TILASNE. 2 Vergr. ca. 230, 3, 4 Vergr. 370; 5, 6 nach DE BARY. 5 Vergr. 300, 6 Vergr. 300.

Aus v. TAVELL, Pilze.

neen schiebt sich ferner noch eine andere ungeschlechtliche Sporenfructification und zwar von Conidien ein, welche stets in Fruchtkörpern entstehen, nämlich in Pykniden von gleicher Form und Beschaffenheit, wie sie sich auch bei manchen höheren Ascomyceten vorfinden. Diese Pykniden früher Spermogonien genannt erzeugen im Innern auf fadenförmigen Conidienträgern winzige Conidien, sogen. Pyknosporen oder Pyknocidien früher Spermaticen genannt, weil man sie für männliche Sexualzellen hielt, die aus der Mündung des kugelförmigen Organs ausgestossen werden Fig. 293. Die weitere Entwicklung dieser Sporen auf der Nährpflanze ist noch unbekannt, sie können

Ablösung direct vegetativ auf der Nährpflanze aus und vermitteln die Ausbreitung des Pilzes im Sommer. Sie sind einzellig und mit dünner Membran umgeben Fig. 292 5 *u*, 6.

3. als Accidiosporen, welche den Uredo- und den Teleutosporen vorangehen, nach ihrer Ablösung vegetativ auskeimen und in besonderen Fruchtkörpern oder Accidien entstehen. Die Accidien Fig. 291 sind kleine aufangs geschlossene, später sich öffnende becherförmige Gebilde, brechen aus der Epidermis der Nährpflanze hervor und tragen in ihrem Grunde ein Hymenium aus dichtstehenden Mycelisten, an denen in langen Ketten die rundlich polyedrischen Sporen abgegliedert werden. Die Hülle des Accidiums, Peridie genannt, besteht aus den peripherischen, steril bleibenden Zellwänden.

Uredo- und Accidiosporen weichen in ihrer nur vegetativen Keimung von den Teleutosporen ab, sind aber ihrer ganzen Bildung nach ebenfalls als Chlamydosporen aufzufassen, welche eine bestimmte biologische Rolle für die Ausbreitung des Pilzes übernommen haben und aus Teleutosporen hervorgegangen sein dürften. Zumal Übergangsformen zwischen Teleuto- und Uredosporen gelegentlich vorkommen.

In den Entwicklungsgang dieser mit trimorphen Chlamydosporen versehenen Uredien

aber in Nährlösungen zur Keimung gebracht werden. Die Pykniden erscheinen im Frühjahr in Gemeinschaft mit Accidien, aber etwas früher an der Oberseite der Blätter, während die Accidien auf der Unterseite entstehen.

Die Uredineen weisen somit, da sie ausser den drei Chlamydosporenformen zweierlei Conidien, nämlich die in Pykniden und die an Basidien gebildeten, besitzen, eine grosse Mannichfaltigkeit der ungeschlechtlichen Sporenbildung auf. Die verschiedenen Sporen folgen im Allgemeinen in der Jahreszeit auf einander, Accidien und Pykniden im Frühjahr, im Sommer die Uredosporen, im Herbst die Teleutosporen, die dann im nächsten Frühjahr zu Basidien austreiben. Die Basidiosporen keimen alsbald und das aus ihnen hervorgehende Mycel dringt in die Nährpflanze ein und erzeugt dann zunächst Accidien und Pykniden u. s. f. Accidio- und Uredosporen besorgen die Ausbreitung des Pilzes während der Vegetationsperiode.

Entweder treten diese verschiedenen Sporenformen im Laufe des Jahres an ein und derselben Nährpflanze auf und man bezeichnet solche Uredineen als autöcisch, oder Pykniden und Accidien finden sich auf der einen Nährspecies, Uredo- und Teleutosporen dagegen auf einer anderen, der ersteren im System oft sehr ferne stehenden Pflanze. Bei diesen letzteren heteröcischen Arten liegt also ein Wirthswechsel des Parasiten vor.

Als Beispiel für letzteres Verhalten und zugleich für den Entwicklungsgang der Uredineen sei *Puccinia graminis*, der Getreiderost erwähnt, welcher seine Uredo- und Teleutosporen an Blättern und Halmen von Gräsern, besonders Roggen, Weizen, Gerste erzeugt. Die Accidien und Pykniden dieser Art entwickeln sich auf den Blättern der Berberitze *Berberis vulgaris*. Im Frühjahr treiben zunächst die überwinterten, zu zweien vereinigten Teleutosporen ihre quergeheilten Basidien, von denen successive die vier Basidiosporen sich ablösen Fig. 292 2, nun auf die Berberitzenblätter durch den Wind verbreitet zu werden. Nur hier können sie keimen, der Keimschlauch dringt durch die Cuticula ein und entwickelt sich zum Mycel, aus dem bald an der Blattoberseite die Pykniden (Fig. 293), auf der Unterseite die Accidien (Fig. 291) hervorgehen. Die letzteren werden als Becherrost *Accidium Berberidis* bezeichnet. Die rothgelben Accidiosporen stäuben aus der geöffneten Peridie aus und gelangen auf die Halme und Blätter von Gräsern, auf denen allein sie zu keimen vermögen. Das aus ihnen hervorgehende Mycel bringt im Sommer zunächst die Uredosporen Fig. 292 5 hervor. Die Uredosporen sind einzellig, mit vier äquatorialen Keimporen in der aussen mit kleinen Warzen bedeckten Wandung versehen und enthalten rothgelbe Ferritropfenchen in ihrem Plasma, erscheinen daher als rothe strichförmige Häufchen auf der Epidermis früher *Uredo linearis* genannt. Die Uredosporen sind sofort auf Getreide wieder keimfähig und verbreiten rasch in verderbenbringender Weise die Rostkrankheit. Im Ausgang des Sommers werden in denselben Lagern Fig. 292 5, 1 die schwarzen, stets zu zwei vereinigten dickwandigen Teleutosporen, mit je einem Keimporus, erzeugt, von denen im nächsten Jahr die Entwicklung von neuem anhebt.

Auch kann in dem durch *Uredo* inficirten Wintergetreide das Mycel überwintern und dann den Getreiderost mit Uebergehung von Basidiosporen und *Berberis-Accidium* im nächsten Sommer hervorrufen.

Mit *Puccinia graminis* nahe verwandt sind noch einige andere häutige Gras- oder Getreideroste von ähnlichem Entwicklungsgang, so *P. Rubigovora* = *P. straminea* mit dem *Accidium Asperifoliorum* auf Boragineen und *P. coronata* mit dem *Accidium Rhamni* auf Rhamnus.

Nicht alle Uredineen weisen einen derartig complicirten Entwicklungsgang wie

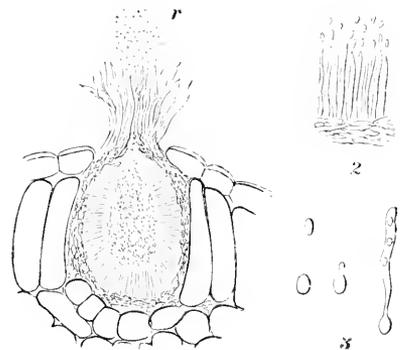


Fig. 293. *Puccinia graminis*. Pyknide auf *Berberis* im Längsschnitt, bei *r* die ausgestossenen Pyknosporen, Vergr. 150. 2 ein Stück des Hymeniums aus der Pyknide, Vergr. 225. 3 keimende Pyknosporen, im längeren Keimschlauch einige Oeltropfenchen, Vergr. 360. Nach v. TAVEL.

*Puccinia graminis* auf. Gewisse Arten erzeugen nur die zu Basidien keimenden Teleutosporen, andere ausser den Teleutosporen nur Uredosporen auf derselben Nährpflanze, oder andere erst Pykniden und Aecidien und dann Teleutosporen, aber keine Uredosporen.

Bei den heterocicischen Arten gelingt es nur durch entsprechende Aussaatversuche, die Zusammengehörigkeit der verschiedenen Sporenbildungen nachzuweisen. So lange dieser Zusammenhang für die einzelnen Formen noch nicht bekannt war, bezeichnete man die drei Sporenformen mit besonderen Gattungsnamen, die Uredosporenhäufchen als *Uredo*, die Aecidien je nach ihrer Beschaffenheit als *Aecidium*, *Roestelia*, *Peridermium* u. s. w. Die Gattungsbezeichnung geschieht jetzt nach der Beschaffenheit der Teleutosporen, weil diese Sporen die charakteristischsten Unterschiede aufweisen.

### 3. Ordnung. *Auriculariaceae.*

Basidien wie bei den Uredineen quergebteilt, mit vier Sporen. Hierher nur wenige Formen, unter denen am bekanntesten der Hollunderschwamm oder das Judasohr, *Auricularia scrobicula*, mit gallertartiger dunkelbraunen muschelförmigen Fruchtkörpern, die auf ihrer Innenseite das Basidienhymenium tragen und aus alten Hollunderstämmen hervorbrechen.

### 4. Ordnung. *Tremellineae, Zitterpilze.*

Basidien der Länge nach geteilt Fig. 288 B. Die Fruchtkörper der Zitterpilze sind von gallertartiger Beschaffenheit, lappig oder runzlig gefaltet und auf ihrer Oberseite mit dem Basidienhymenium überkleidet. Nur wenige Gattungen, saprophytisch in faulenden Baumstämmen, aus deren Oberfläche die Fruchtkörper hervorkommen.

### 5. Ordnung. *Hymenomyces.*

Die Basidien sind ungeteilt und tragen an der Spitze auf schmalen Sterigmen vier Sporen Fig. 294 *sp.* Bei den einfachsten Formen entspringen diese Antibasidien direct dem Mycel, bei der überwiegenden Mehrzahl aber kommt es zur Bildung von Fruchtkörpern, auf denen an bestimmten Stellen die Basidien in Schichten oder Hymenien auftreten. An der Zusammensetzung der letzteren beteiligen sich die Saffiden oder Paraphysen Fig. 294 *p* und die ebenfalls sterilen Cystiden *c* oder Schläuche, welche sich durch grösseren Umfang auszeichnen und meist stark verdickte Membran aufweisen. Chlamydosporenbildung tritt innerhalb der Ordnung nur vereinzelt auf, hat also im Gegensatz zu den Uredineen ganz untergeordnete Bedeutung.



Fig. 294. *Russula rubra*. Partie aus dem Hymenium: *sh* subhymeniale Schicht, *b* Basidien, *s* Sterigmen, *sp* Sporen, *p* Paraphysen, *c* eine Cystide. Vergr. 540.

Die meisten Hymenomycesen leben mit ihrem reich verzweigten weissen Mycelium im humushaltigen Boden der Wälder oder in faulendem Holz, in absterbenden Baumstämmen und erheben ihre, oft bedeutende Grösse erreichenden massigen Fruchtkörper, die gemeinlich als Schwämme bezeichnet werden, über die Oberfläche des Substrats. Das Mycel der im Boden vegetirenden Formen breitet sich an der Peripherie immer weiter aus und nimmt, indem es von der Mitte aus nach Erschöpfung der Nährstoffe im Substrat abstirbt, eine von Jahr zu Jahr immer grösser werdende ringförmige Zone ein. In Folge dessen erscheinen dann auch die jährlich im Herbst hervorkommenden

Schwämme bei ungestörter Entwicklung in Ringen angeordnet, welche vom Volk Hexenringe genannt werden. Die Minderzahl der Hymenomyceeten vegetirt parasitisch in der Rinde oder dem Holze von Holzgewächsen, so z. B. unter den Hutschwämmen der Hallimasch. *Armillaria mellea* Fig. 295, dessen Mycel zwischen Rinde und Holz

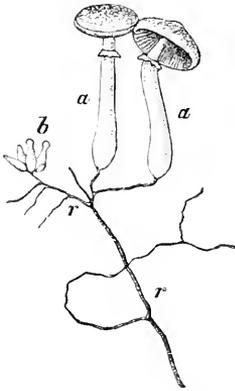


Fig. 295. *Armillaria mellea*. Stücke eines Rhizomorphastranges mit reifen *a* und jungen *b*, Fruchtkörpern. 1<sub>s</sub> nat. Gr. Nach HARTIG. Aus v. TAVEL, Pilze.

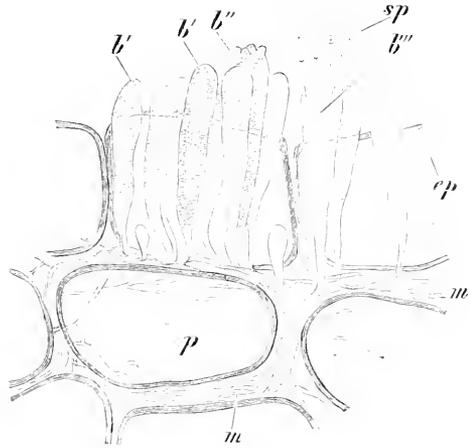


Fig. 296. *Exobasidium Vaccinii*. Querschnitt durch die Stengelperipherie von *Vaccinium*, *ep* Epidermis, *p* Rindenparenchym, *m* Mycelfäden in den Intercellularräumen, *b* die nach aussen hervorbrechenden Basidien, *b'* noch ohne Sterigmen, *b''* Anlage der Sterigmen, *b'''* mit vier Sporen. Vergr. 620. Nach WORONIN.

von Laub- oder Nadelhölzern wächst und daselbst flache, verästelte, aussen schwarze Stränge, sogen. Rhizomorphen bildet, aus denen später die Fruchtkörper als gestielte Hüte hervorkommen. Ausser diesen subcorticalen Rhizomorphen werden vom Mycel auch noch unterirdische lange Rhizomorphen gebildet, welche von einer Wurzel ausgehend andere Wurzeln mit dem Pilz inficiren können. Die Rhizomorphen können als eine Sclerotiumbildung aufgefasst werden.



Fig. 297. *Clavaria Botrytis*. Nat. Gr.



Fig. 298. *Hydnum repandum*. Verkleinert.

Die fortschreitende Complication im Aufbau der mannichfachen Basidienfruchtkörper dient zur weiteren Eintheilung der Hymenomyceeten.

1. Bei einer kleineren Anzahl von Gattungen kommt es nicht zur Fruchtkörperbildung, vielmehr entstehen die Autobasidien noch frei aus den Mycelfäden in Lagern von unbestimmter Form. Als Vertreter derselben sei *Exobasidium Vaccinii*<sup>52</sup>,

genannt, ein auf Ericaceen, besonders Preisel- und Heidelbeeren auftretender parasitischer Pilz, dessen Mycel Aufreibungen der befallenen Pflanzentheile verursacht. Die Basidien werden in Lagern unter der Epidermis gebildet und brechen durch dieselbe an die Oberfläche hervor Fig. 296. Als Nebenfructification treten bei dieser Gattung, wie bei vielen anderen, Conidien auf, die als schmalspindelförmige Zellen vom Mycel abgegliedert werden und an der Oberfläche der Nährpflanze der Basidienbildung vorausgehen.

2. In der Gruppe der *Thelphoreen* treten bereits echte Fruchtkörper, aber noch von einfacher Beschaffenheit, auf. Dieselben sind von korkig lederartiger Beschaffenheit und bilden auf Baumstümpfen theils flache Krusten von rundlichem oder gelapptem Umriss, und das Basidienhymenium überzieht die glatte Oberseite dieser Krusten; oder die flachen Fruchtkörper heben sich in horizontaler Richtung vom Substrat ab, bilden halbkreisförmige Hüte, die oft dachziegelartig gruppenweise über einander gelagert sind, und das Hymenium ist auf ihrer Unterseite entwickelt, so bei dem an Laubholzstämmen häufigen *Stecium hirsutum*.

3. In der Gruppe der *Clararien* haben die Fruchtkörper die Form von weissen oder gelben, aus dem Boden sich erhebenden fleischigen kleinen Keulen oder sind mehr oder weniger reich corallenartig verzweigt. Die grösseren, fleischigen, reich verästelten Formen dieser Gruppe liefern Speiseschwämme, so *Clararia flava* mit bis 10 cm hohem, fleischigem, orangegelbem Fruchtkörper, und *Clararia Botrytis* Fig. 297, beide als Bärenstätze, Händling, Hahnenkamm oder Korallenschwamm bezeichnet, von blassröthlicher Farbe, ferner der krause Ziegenbart, *Sparassis crispa*, auf Sandboden in Nadelwäldern auftretend, mit blattförmig zusammengedrückten, reich verzweigten Aesten, bis 1/2 m im Durchmesser erreichend.



Fig. 299. *Polyporus igniarius*. Durchschnitt durch einen mehrjährigen Fruchtkörper mit Zuwachszonen.

a Befestigungsstelle des halbkreisförmigen Hutcs.

1/2 nat. Gr.



Fig. 300. *Psalliota campestris* (= *Agaricus campestris*). Champignon, rechts junger Fruchtkörper. Verkleinert.

4. Die *Hydneen* oder Stachelschwämme besitzen Fruchtkörper mit stachelartigen Auswüchsen, auf denen die Hymenien als Feberzug entwickelt werden. Die einfachsten Hydneen haben krustenförmige Fruchtkörper, auf deren Oberseite diese Stacheln stehen, andere dagegen entwickeln wohl ausgebildete, gestielt hutförmige fleischige Fruchtkörper, die auf der Hutunterseite die herabhängenden Stacheln tragen. Zu letzteren gehören verschiedene essbare Schwämme, so *Hydnum imbricatum*, der Habichtschwamm, in Kieferwäldern, mit braunem, oben schwärzlich beschupptem, bis 15 cm breitem Hut, ferner *Hydnum repandum*, der Stoppelschwamm Fig. 298, mit fleischfarbig gelblichem Hut.

5. Bei den artenreichen *Polyporaceen* oder Löcherschwämmen besitzen die grossen gestielten oder sitzenden Hüte auf ihrer Unterseite offene röhrenförmige Vertiefungen oder tief gewundene Gänge oder dicht zusammenstehende, herabhängende Röhren und das Basidienhymenium ist in diesen offenen Poren auf der Innenseite entwickelt. Hierher gehört die Gattung *Boletus* mit grossen fleischigen, auf Waldboden auftretenden dickstieligen Hüten, deren Unterseite mit einer dicken Schicht von feinen Röhren bekleidet ist. Die Arten sind theils vorzügliche Speisepilze, so *B. edulis*, der Steinpilz, theils aber sehr giftig, wie der Satanspilz, *Boletus Satanas* Fig. 301, mit gelbbraunem, bis 20 cm breitem Hut, gelb bis purpurroth gefärbtem, oder mit rother Netzzeichnung versehenem Stiel und erst blutrother, dann orangerother Hutunterseite. Von den zahlreichen Arten der Gattung *Poly-*

*porus* ist der Feuer- oder Zunderschwamm. *P. foenicularius*, officinell. Sein Mycelium lebt parasitisch in Laubbäumen, besonders Buchen, und erzeugt grosse consolförmige.

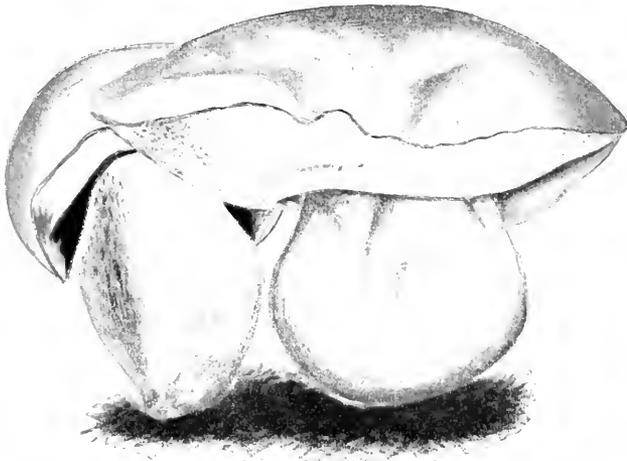


Fig. 301. *Boletus Satanas*, Satanspilz.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. Nach Krombholz. — Giftig.

bis 30 cm breite und 15 cm dicke mehrjährige Fruchtkörper mit harter grauer Rinde und weicher flockiger, den Zunderschwamm liefernder Innenmasse. Auf der Unterseite stehen die engen Hymeniumröhren in über einander lagernden Jahresschichten. Der ähnliche *Polyp. igniarius*, meechter Zunderschwamm (Fig. 299), besonders an Eichen auftretend, ist rostbraun gefärbt, viel härter und liefert nur einen schlechten Zunder.

Manche Polyporeen sind sehr schädliche Parasiten der Waldbäume, so *Heterobasidium annosum*, das oft ganze Bestände von Kiefern und Fichten vernichtet. Eine sehr schädliche saprophytische Art ist *Merulius lacrymans*, der Hausschwamm<sup>53</sup>, dessen Mycelium in feuchtem Bauholz, in erster Linie in Nadelholz, vegetirt und dieses zerstört. An der Oberfläche des Holzes und an dem Mauerwerk bildet das Mycel grosse grau-weiße Matten mit dicken sich verzweigenden Strängen, welche zur Leitung von Wasser und Nährstoffen dienen. Schliesslich entstehen aus dem Mycel die aus Ritzen hervorkommenden unregelmässig lapfigen Fruchtkörper mit rostbrauner grubiger Oberfläche. Trockenlegung und gute Durchlüftung der inficirten Räume ist das sicherste Mittel zur Bekämpfung des Hausschwamms.

6. Als artenreichste Gruppe sind schliesslich die *Agaricinen* oder Blitterschwämme zu nennen, deren gestielte Hüte auf der Unterseite radial ausstrahlende, senkrecht stehende Lamellen, die mit dem Hymenium überzogen sind, tragen. Die Agaricinenfruchtkörper bilden in ihrer Anlage rundliche, aus Hyphengeflecht bestehende Körper, in denen sich bald der Stiel und der Hut



Fig. 302. *Amanita muscaria*, Fliegenpilz.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.

differenzieren. Stiel- und Hutanlagen sind von einer lockeren Hülle umschlossen, der Volva, welche bei der Streckung des Stiels als Scheide am Grunde zurückbleibt, bei manchen Blätterpilzen, so beim Fliegenschwamm Fig. 302, auch in weissen Fetzen auf dem Hut zurückbleibt.

Ausser der Volva entwickelt sich bei vielen Blätterpilzen noch ein sogen. Schleier, Velum, eine dünne Hyphenhaut, welche sich an dem jungen Fruchtkörper vom Hutrand quer zum Stiel ausspannt, später aber einreiss und nun als ringförmiger Hautlappen am Stiele sitzen bleibt Fig. 300.

Manche Hutpilze unserer Wälder und Wiesen werden als vorzügliche Speiseschwämme geschätzt, so vor Allem auch der in Cultur genommene Champignon, *Psalliota campestris* Fig. 300, mit weislichem Hut und erst weissen, dann rosenrothen, zuletzt braunschwarzen Lamellen, ferner der Pfifferling oder Eierschwamm, *Cantharellus cibarius*, mit dottergelbem kreiselförmigem Hut, der Reizker, *Lactarius deliciosus*, mit rothgelbem Hut und röthgelbem Milchsaft in besonderen Hyphenschläuchen, der Parasolschwamm, *Lepiota procera*, mit weissem braunbeschupptem Hut.

Zu den giftigen Blätterschwämmen gehören vor Allen der Fliegenschwamm, *Amanita muscaria* Fig. 302, der mit dem Champignon oft verwechselte Knollenblätterschwamm *Amanita bulbosa* mit weislichem oder gelblichem Hut und dickknolligem Stielhals, der Speitüpfel, *Russula emetica*, mit röthlichem Hut und weissen Lamellen, der Giftreizker, *Lactarius torminosus*, mit gelbem oder rothbraunem zotrigem Hut und weissem Milchsaft.

Biologisch sehr interessant ist ein südbrasilischer Hutpilz, die Agaricinee *Rozites gongylophora*, deren Mycel nach A. MÖLLER von den Blattschneiderameisen in ihren Nestern regelrecht cultivirt wird. Das Mycel erzeugt in denselben kugelige, dicht mit Plasma erfüllte Anschwellungen seiner Hyphenenden, die sogen. Kohlrabiköpfchen, welche den Ameisen zur Nahrung dienen. Die Ameisen verhindern die Entwicklung der Conidien, die als Nebenfructification dem Pilz eigenthümlich sind und nur bei Cultur des Mycels ohne Ameisen gebildet werden, erhalten also den Pilz in ihren Nestern stets in seinem vegetativen Zustand. Die Fruchtkörper finden sich nur selten auf den Nestern; sie haben in ihrer Form Aehnlichkeit mit denen des Fliegenschwammes, in dessen Verwandtschaft *Rozites* gehört. In tropischen Asien wird nach HOLTERMANN das Mycel von *Agaricus Rajap* von Termiten in deren Nestern cultivirt<sup>21</sup>.

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

## 6. Ordnung. *Gasteromycetes, Bauchpilze*<sup>15</sup>.

Die Gasteromyceten haben geschlossene mannichfach gestaltete Fruchtkörper, welche sich erst nach der Sporenreife öffnen, indem die als Peridie bezeichnete feste äussere Hyphenrinde in charakteristischer Weise aufplatzt. Die von der Peridie umschlossene sporenbildende Innenmasse wird insgesamt als Gleba bezeichnet. Die Gleba ist von zahlreichen Kammern oder Hohlräumen durchsetzt, welche entweder von dem Basidienhymenium ausgekleidet oder von locker verflochtenen Hyphen, deren Zweige in Basidien endigen, angefüllt sind.

Die Gasteromyceten vegetiren mit ihrem Mycel saprophytisch im Humusboden der Wälder und Wiesen und erheben ihre Fruchtkörper über die Oberfläche nach Art der Blätterschwämme. Nur die Gruppe der Hymenogastreen besitzt unterirdische knollenförmige, trüffelähnliche Fruchtkörper.

Verhältnissmässig einfach gebaut ist der Fruchtkörper von *Scleroderma vulgare*, dem Hartbovist, dessen breitkugelige meist 5 cm dicke Basidienfrucht eine weisslich-braune lederartige dicke einfache, später am Scheitel rissig gefelderte Peridie besitzt Fig. 303 1. Die im reifen Zustande schwarze Gleba ist gekammert und die Kammern sind ausgefüllt mit birnförmigen Basidien, welche vier sitzende kugelige Sporen tragen Fig. 303 2. Der Hartbovist gilt als giftig und wird zuweilen mit Trüffeln verwechselt.

Die Gattungen *Borista* und *Lycoperdon* Fig. 303 3, Boviste und Stäublinge, haben ebenfalls kugelige, bei letzterer Gattung auch gestielte, anfangs weissliche, später bräunliche Fruchtkörper. Sie erreichen bei dem Riesenbovist *Lycoperdon Borista* 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 an Scheitel sich öffnet. Die Kammern der Gleba werden hier von einem regelmässigen Hymenium aus Basidien ausgekleidet. Eine Eigenförmlichkeit der Boviste besteht ferner in dem Auftreten sogen. Capillitiumfasern in den Kammern der Gleba, d. h. brauner dickwandiger verästelter Hyphen, welche von den Wänden ausgehen und die Auflockerung der Sporenmasse besorgen. Die jungen noch weissen, fleischigen Boviste sind essbar.

Bei der verwandten Gattung *Geaster* Fig. 303 1, Erdstern, ist die Peridie der rundlichen Fruchtkörper ebenfalls als doppelte Hülle ausgebildet. Die äussere Hülle breitet sich bei der Reife in sternförmigen Lappen aus, die innere öffnet sich am Scheitel mit einem Loch.

Die höchste Entwicklung erreicht der Gasteromycetenfruchtkörper in der Gruppe der *Phalloideen*<sup>55</sup>, als deren bekanntester Vertreter *Phallus impudicus*, die Stink- oder Gichtmorchel, in Wäldern in Deutschland einheimisch, zu nennen ist. Dieser Pilz gilt vielfach als giftig, doch sind giftige Wirkungen nicht constatirt. Früher wurde er



Fig. 303. 1 *Scleroderma vulgare*, Fruchtkörper. 2 Basidien aus demselben. Nach TILLASNE. 3 *Lycoperdon gemmatum*. 4 *Geaster granulatus*. 1, 3, 4 in nat. Gr. 2 vergrössert.

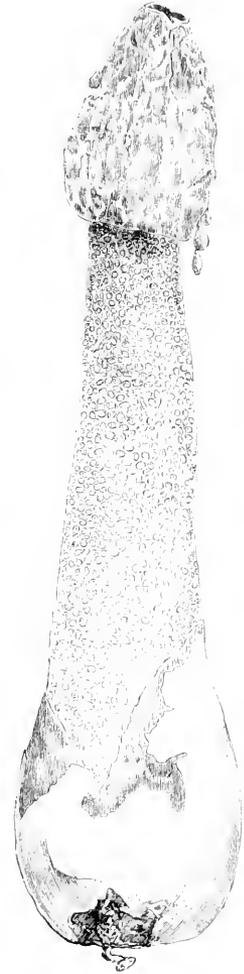


Fig. 304. *Phallus impudicus*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. Nach KUOMMOTZ.

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 Glebmasse bedeckten Hut Fig. 304. Der junge Fruchtkörper bildet einen eiförmigen weissen Körper Hexenei oder Teufelsei genannt und wird von einer doppelwandigen Hülle mit gallertartiger Mittelschicht ganz umschlossen. Im Innern der Hülle oder Peridie auch Volva genannt differenziert sich das Hyphengewebe in

den axilen Stiel und in den glockenförmigen Hut. Im Umkreise des Hutes wird die Gleba als ein gekammertes, die Basidienhymenien enthaltendes Gewebe ausgebildet. Bei der Reife streckt sich der Stiel enorm in die Länge, sprengt dabei die an seiner Basis als Scheide zurückbleibende Hülle und hebt den glockenförmigen Hut mit der anhaftenden Gleba empor. Letztere zerfließt alsbald zu einer abtropfenden schleimigen, die Sporen enthaltenden Masse, welche einen ekelhaften aasartigen Geruch verbreitet, und dadurch Aasinsecten zur Verbreitung der Sporen anlockt.

### Klasse XIII.

### Lichenes, Flechten <sup>(33, 56, 58)</sup>.

Die Flechten sind symbiotische Organismen, sie bestehen aus Fadenpilzen, und zwar aus *Ascomycceten*, nur in ganz vereinzeltem Falle aus *Basidiomycceten*, welche mit gewissen einfacheren einzelligen oder fädigen

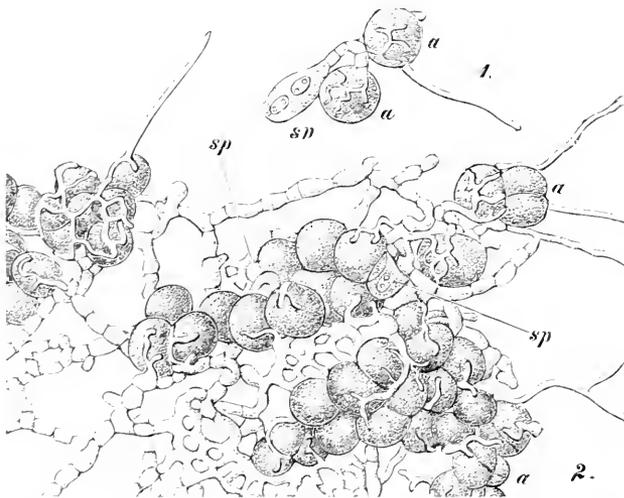


Fig. 305. *Xanthoria parietina*. 1 keimende Ascusspore *sp*, deren Keimschlauch die grünen Algenzellen *a* der Gattung *Cystococcus* umspinnit. 2 beginnende Thallusbildung, in *sp* zwei Ascussporen, *a* die *Cystococcus*zellen. In der Mitte des Mycels beginnt durch Fusionen an den kurzgliedrigen Hyphen die Bildung einer pseudoparenchymatischen Rindenschicht. Vergr. 500. Nach BONNIER. Aus v. TAVEL, Pilze.

Algen, entweder *Cyanophyceen* oder *Chlorophyceen*, gemeinsam vegetiren und so einen zusammengesetzten Thallus, ein Consortium bilden. Die Flechtenpilze und Flechtenalgen sind im natürlichen System in die Gruppen der nächstverwandten Pilze und Algen einzureihen. Die Flechten besitzen aber unter einander so viel Uebereinstimmendes in Bau und Lebensweise und haben sich als Consortien phylogenetisch weiter entwickelt, so dass sie hier zweckmäßiger als besondere Klasse behandelt werden müssen.

Was das Verhältniss von Pilz zu Alge anbelangt, so ausspinnt der Pilz mit seinem Mycel die Algenzellen (Fig. 305), schliesst sie in ein Hyphengewebe ein und ernährt sich von den durch die assimilirenden grünen Algenzellen erzeugten organischen Stoffen; er kann aber auch Haustorien in die Algenzellen hinein entsenden und sogar deren Inhalt aufzehren. Andererseits gewährt der Pilz den in seinem Gewebe lebenden Algenzellen bestimmte Vortheile, liefert ihnen die anorganischen Stoffe und Wasser (vgl. S. 179). Die Symbiose der flechtenbildenden Pilze mit Algen führt so zur Bildung von zusammengesetzten Organismen mit eigenartiger Form des Thallus, welcher entsprechend seiner durch die Algen bedingten selbstständigen Ernährungsweise andere Gestalten als bei den nicht flechtenbildenden Fadenpilzen,

deren Thallus ein reich verzweigtes Mycelium darstellt, aufweist, vielmehr die Formen der Algen und Lebermoose vielfach wiederholt.

Der Flechtenthallus kann sehr verschiedene Ausbildung erfahren. Man unterscheidet folgende Formen, welche früher auch zur Eintheilung benutzt wurden, aber nicht den natürlichen Verwandtschaftsgruppen entsprechen.

Die einfachsten Flechtenformen sind die Fadenflechten, bestehend aus Algenfäden, welche mit Pilzhypen der Länge nach umspinnen sind. Als Beispiel sei *Ephraea pubescens* genannt, eine an feuchten Felsen in Form von zierlichen verästelten niedrigen Räschen auftretende Flechte.

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

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

Die übrigen Flechten weisen dagegen einen geschichteten oder heteromeren Thallus auf. Die Algenzellen, die man bei den Flechten überhaupt als Gonidien bezeichnet, treten im heteromeren Thallus in bestimmten sogen. Gonidienschichten auf, welche nach aussen von einer algenfreien und aus pseudoparenchymatisch dicht verflochtenen Pilzhypen bestehenden sogen. Rindenschicht bedeckt werden. Man unterscheidet unter den heteromeren Flechten im Allgemeinen drei Vegetationsformen, nämlich die Krustenflechten, deren Thallus in Form von Krusten an Baumstämmen, Felsen oder auf dem Erdboden auftritt und dem Substrat fest anhaftet, mittels Pilzhypen etwas in dasselbe eindringt, ferner die Laubflechten Fig. 306, deren Thallus laubartig klein- oder grosslappig, mit zerschlitzten Lappen ausgestaltet und auf der Unterseite entweder nur in der Mitte oder bis auf die freien Ränder mittels rhizoidartiger Pilzhypen Rhizinen angewachsen ist, endlich die Stranchflechten Fig. 307, mit verzweigtem fadenförmigem oder bandförmigem, an der Basis angeheftetem, zuweilen auch frei auf dem Substrat liegendem Thallus.

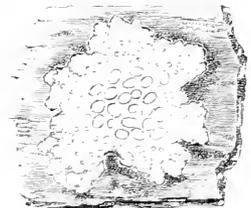


Fig. 306. *Xanthoria parietina*, auf Baumrinde. Nat. Gr.

An den natürlichen Standorten scheinen die Flechtenpilze sich nur dann aus den Sporen weiter zu entwickeln, wenn sie die ihnen zusagenden Algenzellen zur Verfügung haben. Nur für ganz wenige Flechtengattungen ist festgestellt, dass ihr Pilz auch ohne Algen in der Natur existenzfähig ist, so für die tropische *Cora parsonii* Fig. 313, deren Pilz zu der Ordnung der Hymenomyceten gehört und auch algenfreie Fruchtkörper, welche denen der Pilzgattung *Thelophora* in der Form entsprechen, erzeugen kann. Wohl aber ist es gelungen, aus den Sporen gewisser flechtenbildender Ascomyceten unter Zufuhr geeigneter Nährlösung auch ohne Algen in der Cultur Mycelien und kleine Thalli zu ziehen.

Viele Flechten vermögen sich auf rein vegetative Weise zu vermehren, dadurch, dass losgerissene Theile des Thallus weiter wachsen und sich wieder mit Rhizinen festsetzen. Die meisten heteromeren Flechten besitzen ferner in der Bildung von Soredien ein ausgezeichnetes Mittel vegetativer Vermehrung. Dieselbe vollzieht sich in den Gonidienschichten. Kleine Gruppen von sich theilenden Algenzellen werden dicht umspinnen von Mycelfäden, lösen sich los und bilden isolirte Körperchen, die in grosser Masse erzeugt

und unter Aufreissen der Thallusrinde als staubartige Masse frei werden, um durch den Wind verbreitet sich anderswo wieder zu einer Flechte weiter zu entwickeln.

Was die Fructification der Flechten anbelangt, so ist dieselbe nur an die Flechtenpilze, nicht an die vegetativ bleibenden Flechtenalgen gebunden. Die Flechtenpilze gehören ihrer natürlichen Verwandtschaft nach zu den *Ascomyces*, nur eine einzige Gattung zu den *Hymenomyces*.

### I. *Ascolichenes*.

Nur wenige Flechtengattungen haben krugförmige Peritheecien; ihre Pilze gehören daher zu den Pyrenomyceten, so die Laubflechte *Endocarpon*, die Krustenflechte *Ferrucaria*. Die meisten Gattungen aber entwickeln als Aescufrüchte ihrer Pilze offene, meist schüssel- oder scheibenförmige, dem Thallus aufsitzende oder in ihn etwas eingesenkte Apothecien, welche in ihrem Aufbau wie bei den Discomyces, speciell den Pezizeen vgl. Fig. 280 beschaffen sind, also auf ihrer Oberseite ein Hymenium aus Asei und

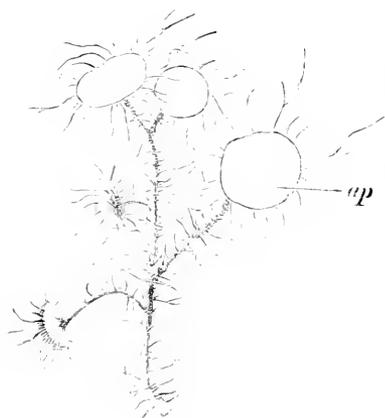


Fig. 307. *Usnea barbata*. *ap* Apothecium. Nat. Gr.



Fig. 308. *Cetraria islandica*. *ap* Apothecium. Nat. Gr. — Officinell.

Paraphysen tragen. Von Strauchflechten gehört hierher als eine der häufigsten Arten die an Baumstämmen festsitzende *Usnea barbata*, die sogen. Bartflechte mit grossen, am Rande bewimperten Apothecien Fig. 307, ferner die an Felsen der afrikanischen Küsten und Ostindiens weit verbreitete *Roccella tinctoria* mit aufrechtem wurmförmigem, gabelig getheiltem Thallus, aus welchem Laekmus und Orseille gewonnen werden. Eine Mittelstellung zwischen Strauch- und Blattflechten nimmt *Cetraria islandica*, das isländische Moos Fig. 308 ein, mit vieltheiligen, aufsteigenden, blattartigen Thalluslappen, welche braun, auf der Unterseite weisslich gefärbt sind und die Apothecien schief randständig tragen. Diese Flechte ist auf den Gebirgen und im Norden der nördlichen Hemisphäre, sowie auch am Cap Horn weitverbreitet und dient als officinelles Gewächs zur Bereitung der Licheningallerte. Eine der gewöhnlichsten einheimischen Blattflechten ist die orangegelbe *Xanthoria parietina* Fig. 306 mit zahlreichen Apothecien auf der Thallusmitte. — Unter den Krustenflechten ist als häufige Form die Schrägflechte, *Graphis scripta* zu nennen, deren grauweisser Thallus auf Baumrinden, besonders Buchen lebt und deren Apothecien die Form von schwarzen schmalen strichförmigen oder gegabelten, an Schriftzüge erinnernden Rinnen haben. Zu den Krustenflechten gehört auch die in Steppen und Wüsten Nordafrikas und Asiens verbreitete *Sphaerothallia esculenta*, deren felsbewohnender Thallus in erbsengrosse Stücke, die durch den Wind verbreitet werden, leicht zerfällt. Diese rundlichen Gebilde sind essbar und werden von den Tartaren zur Bereitung von „Erdbrod“ verwandt.

Eine sehr eigenartige Entwicklung erfährt der Flechtenthallus bei der vielgestaltigen erdbewohnenden Gattung *Cladonia* <sup>57</sup>, deren Thallus zunächst aus horizontalen, kleinen, dem Substrat aufsitzenden gekerbten Schüppchen besteht. Auf diesem Thallus erheben sich nun die zusammengesetzten Fruchtkörper Podetien, die bei den einzelnen Arten sehr verschiedene Gestalt haben und in ihrer Form auch sehr stark variiren. Sie sind bei manchen Arten, so bei *Cladonia pyxidata*, der Becherflechte, und bei *Cladonia coccifera* Fig. 309, gestielt kreiselförmig und tragen am Becherrand oder auf Aussprossungen desselben die bei ersterer Art braunen, bei letzterer lebhaft rothen Apothecien in Form von rundlichen Knöpfchen. Bei anderen Arten sind die Podetien aufrecht schmal cylindrisch einfach oder gegabelt; bei *Cladonia rangiferina*, der Rentthierflechte, welche

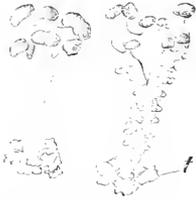


Fig. 309. *Cladonia coccifera*. / Thallusschüppchen. Nat. Gr.



Fig. 310. *Cladonia rangiferina*. A steril, B mit Ascusfrüchtchen an den Astenden. Nat. Gr.

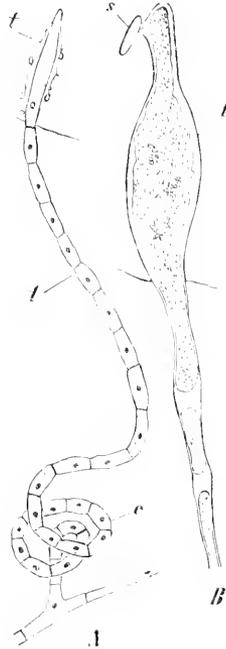


Fig. 311. *Collema crispum*. A Carpogon, c mit Trichogyn *t*. Vergr. 405. B Spitze des Trichogyn mit Spermätium *s*. Vergr. 1125. Nach E. BARR.

über die ganze Erde verbreitet und in grosser Menge rasenbildend in den nordischen Tundren auftritt, sind die Podetien Fig. 310 zierlich verästelt und tragen an den Astenden die kleinen braunen Apothecien. Oft bleiben aber die Podetien dieser Art wie auch der anderen *Cladonia* steril, indem die im Innern vorhandenen ascogenen Hyphen nicht zur Bildung der Ascen gelangen.

Die Ascenfrüchte, Apothecien oder Peritheecien, nehmen, wie STRAHL <sup>58</sup> zuerst nachwies, auch bei den Flechten ihren Ursprung aus befruchteten Carpogonen, die in jungen Thalluslappen oft in sehr grosser Anzahl angelegt werden. Das Carpogon Fig. 311 ist hier ein vielzelliger, im unteren Theil mehrfach schraubig gewundener Faden, der sich in ein langzelliges, aus dem Thallus mit der Spitze hervorragendes Trichogyn fortsetzt. Die Zellen enthalten je 1 Kern, führen im unteren Theil des Carpogons dichteres Plasma und sind durch Tüpfel verbunden. Abgesehen von der Vielzelligkeit erinnern diese Gebilde an die Carpogone der Floriden. Als männliche Sexualzellen fungiren wahrscheinlich die in besonderen kugelförmigen Behältern, den Spermogonien Fig. 312 erzeugten Spermätien, die von den Enden der diese Organe auskleidenden Hyphenfäden als rund-

liche oder stäbchenförmige Zellen abgegliedert werden und nach der Entlassung mit den klebrigen Spitzen der Trichogynen copuliren (Fig. 311 B). Die Spermastien erscheinen nach der Copulation leer, ohne Kern; darauf collabiren die Zellen des Trichogyns, gehen später zu Grunde, während die mittleren Zellen des schraubigen Carpogons anschwellen, sich auch noch weiter theilen und zu einem Ascogon werden, das nun durch Aussprossung die ascogonen Hyphen und aus diesen die Asci liefert. Die vegetativen Hyphen und die Paraphysen der Früchte entspringen aus den unter dem Ascogon befindlichen Hyphen. Entweder nur ein oder auch mehrere Ascogone zusammen geben eine Frucht.

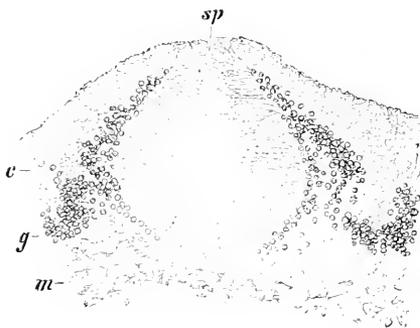


Fig. 312. Schnitt durch den Thallus von *Anaptychia ciliaris* mit einem Spermogonium *sp.*, *c* Rindenschicht, *m* Markschicht, *g* Algen-schicht. Vergr. 90.

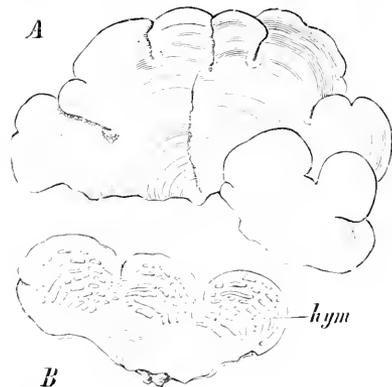


Fig. 313. *Cora pavonia*. *A* von oben, *B* von unten, *hym* Hymenium. Nat. Gr.

Das Verhalten der Sexualkerne bedarf noch eingehender Untersuchung. Vergleicht man die Sexualorgane der Flechten mit denen der Schlauchpilze, so ist hervorzuheben, dass bei den ersteren schlauchförmige Antheridien, wie sie bei Erysipheen und Pyronema auftreten, nicht beobachtet sind, die männlichen Sexualzellen vielmehr ganz anders entstehen, andererseits aber mit den Spermastien der Florideen sich vergleichen lassen. Spermogonien und Spermastien entsprechen ferner in ihrer Bildung ganz den Pyknidien und Pyknosporen der Ascomyceten und auch der Fledineen. Dazu kommt, dass durch A. MÖLLER festgestellt ist, dass die Flechtenspermastien auch vegetativ zu Mycelien auskeimen können. BREFFELD und MÖLLER fassen daher die Spermastien als Conidien auf und bestreiten die Sexualität der Flechten.

## 2. *Hymenolichenes* <sup>59)</sup>.

Die *Hymenolichenes* werden durch die in den Tropen weitverbreitete, auf Erdboden oder auf 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. 310), deren halbkreisförmige gelappte flache, dachziegelartig gruppierte Fruchtkörper auch ganz ohne Algen gefunden werden. Tritt der Pilz in Symbiose mit einzelligen Chroococcalgen, so resultirt als Fruchtkörper die *Cora pavonia* (Fig. 313), welche wie eine Thelephorafrucht auf der Unterseite ein durch Risse gefeldertes Basidienhymenium entwickelt. Tritt dagegen derselbe Pilz mit den Fäden der blaugrünen Alge *Seytonema* in Symbiose, so bildet sich, wenn der Pilz überwiegt, die Flechte zu strahlig fädigen, halbkreisförmigen oder kreisförmigen, an Baumästen abstehenden Scheiben mit dem Hymenium auf der Unterseite aus *Dictyonema*-Form, und wenn die Alge formbestimmend ist, in Form von feinfädigen filzigen Ueberzügen auf Baumrinde mit unregelmässigen, an dem Lichte abgewandten Stellen des Thallus erscheinenden Hymenien *Laudalea*-Form.

Officinell ist unter den Flechten nur *Cetraria islandica*, Lichen islandicus (Pharm. germ., austr., helv.).

## II.

**Bryophyta, Moospflanzen** <sup>(60, 61)</sup>.

Die Bryophyten, Moospflanzen oder Museineen umfassen die beiden Klassen der *Lebermoose (Hepaticae)* und der *Laubmoose (Musci)*. Sie unterscheiden sich von den Thallophyten zunächst durch den charakteristischen Bau ihrer Geschlechtsorgane, der Antheridien und Archegonien, welche in ganz ähnlicher Ausbildung auch bei den höchststehenden Cryptogamen, den Pteridophyten wiederkehren. Bryophyten und Pteridophyten dürften daher von gemeinsamen Stammformen den Ausgang ihrer Entwicklung genommen haben und werden den Thallophyten gegenüber auch als *Archegoniaten* zusammengefasst.

Die Antheridien oder männlichen Organe sind besondere, auf einem mehrzelligen Stiele sitzende ovale, kugelige oder keulenförmige Gebilde, deren dünne Wandung aus einer einzigen Zellschicht besteht und zahlreiche kleine Zellen umschliesst, von denen jede ein Spermatozoid erzeugt (Fig. 314). Bei der Reife trennen sich die Spermatozoidenmutterzellen, die Wandung des Antheridiums platzt am Scheitel auf, und nun werden die zahlreichen Spermatozoidenmutterzellen entleert, aus welchen durch Verquellung der Wandung die Spermatozoiden als kurze, etwas gewundene, nahe am Vorderende zwei lange feine Cilientragende Fäden frei werden.

Die Archegonien stellen sitzende oder kurzgestielte, zuweilen auch in das Gewebe eingesenkte flaschenförmige Organe vor, deren Wandung ebenfalls einschichtig ist und einen Bauchtheil und einen Hals unterscheiden lässt. Der Bauchtheil umschliesst eine grosse Centralzelle, deren Inhalt kurz vor der Reife in die

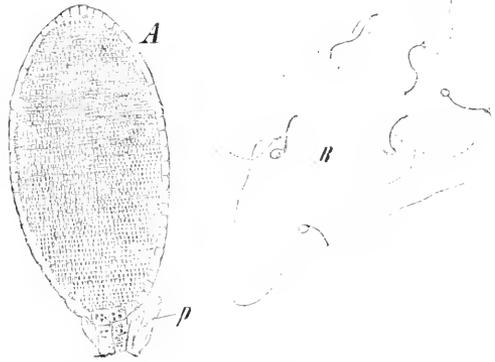


Fig. 314. *Marchantia polymorpha*. A ein fast reifes Antheridium im optischen Durchschnitt, p Paraphysen. B Spermatozoiden mit 1proc. Ueberosmiumsäure fixirt. A Vergr. 90, B Vergr. 600.

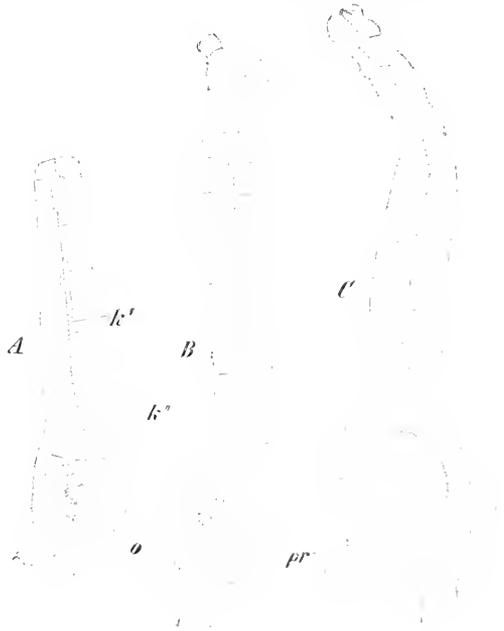


Fig. 315. *Marchantia polymorpha*. A junges, B geöffnetes Archegonium, C befruchtetes Archegonium nach erfolgtem Beginn der Keimbildung. k' Halscanalzelle, k'' Bauchcanalzelle, o Ei, pr Pseudo-perianth. Vergr. 510.

Eizelle Fig. 315 *A, o* und in eine am Grunde des Halses gelegene sogen. Bauchcanalzelle *k''* zerfällt. An diese schliesst im Halse selbst eine centrale Reihe von Halscanalzellen *k'* an. Bauch- und Canalzellen wandeln sich bei der Reife in Schleim um. Bei Wasserzutritt weichen die Zellen am Scheitel des Halses aus einander (*B*), und der Schleim wird aus dem Archegonium entleert. Bestimmte in diesem vertretene Stoffe (Rohrzucker bei Laubmoosen) diffundiren in das umgebende Wasser und bestimmen die Bewegungsrichtung der Spermatozoiden, die auf den Archegoniumhals zusteuern. Sie gelangen in den Hals und durch diesen bis zum Ei, in welches ein Spermatozoid eindringt. Da der Befruchtungsvorgang sich nur im Wasser vollziehen kann, so erfolgt er bei den Landformen nur nach Benetzung durch Regen oder Thau. Nach der Befruchtung stellen sich Theilungen in der Eizelle ein und sie entwickelt sich direct weiter zum Embryo (*C*), ohne erst zu einer Oospore zu werden und als solche einen Dauerzustand durchzumachen.



Fig. 316. *Funaria hygrometrica*. *A* keimende Spore, *cc* Exine. *B* Protonema mit Knospen *kn* und Rhizoïden *r*. *s* Spore. Vergrössert. Nach MÜLLER-THURGAU.

Fig. 317. Antheridien *an* und Archegonien *ar* an den Enden des gabelig verzweigten Moosstämmchens von *Phascum cuspidatum*. *b* Blätter, *p* Paraphysen. Vergr. 45. Nach HORNEISER.

Ausser der sexuellen Fortpflanzung findet allgemein bei den Moosen wie auch bei den Pteridophyten eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch einzellige mit Membran umkleidete, an die Verbreitung in der Luft angepasste Sporen statt. Beide Fortpflanzungsweisen wechseln in regelmässiger Weise mit einander ab und sind auf zwei scharf geschiedene Generationen, eine geschlechtliche, welche die Sexualorgane erzeugt, und eine ungeschlechtliche, welche die Sporen hervorbringt, vertheilt. Die geschlechtliche Generation geht aus den Sporen hervor, die ungeschlechtliche aus der befruchteten Eizelle. Dieser regelmässige Generationswechsel ist charakteristisch für alle Archegoniaten.

Was zunächst die geschlechtliche Generation anbelangt, so keimt die einzellige Spore unter Sprengung ihrer äusseren cutinisirten, als Exine bezeichneten Haut zu einem Schlauche aus, der bei den Lebermoosen alsbald zur Ausbildung der definitiven Pflanze schreitet, während er bei den meisten Laubmoosen zunächst ein Protonema erzeugt, das in seiner Gestalt an den Thallus der Confervoïden erinnert (Fig. 316 *A, B*). Die Protonema-

zellen enthalten grüne Chlorophyllkörner. Von den grünen Fäden gehen farblose verzweigte Rhizoiden oder Wurzelhaare ab und dringen in den Boden ein (Fig. 316 *r.*). Unter den Verzweigungsstellen des Protonema entstehen nimmehr kleine Knospen (*kn.*), aus denen die definitive Moospflanze hervorwächst. Protonema und Moospflanze stellen aber, auch wo sie in solcher Weise von einander abgesetzt sind, nur die eine geschlechtliche Generation der Pflanze vor. Viele Lebermoose weisen noch einen aus dichotomisch verzweigten Lappen bestehenden Thallus auf, welcher an seiner Basis oder an seiner Unterseite mittels Rhizoiden festgeheftet ist, und wiederholen somit den vegetativen Aufbau mancher Algen (vgl. Fig. 8 mit 10.). Bei anderen Lebermoosen und bei allen Laubmoosen dagegen ist eine scharfe Gliederung in Stengel und Blätter durchgeführt (Fig. 329), dagegen sind noch keine echten, aus Gewebe bestehenden Wurzeln vorhanden, deren Stelle überall Rhizoiden, also verzweigte farblose Zellfäden, die hauptsächlich die Function der Befestigung der Pflanze verrichten, einnehmen. In diesem Punkte unterscheiden sich die Bryophyten wesentlich von den mit echten Wurzeln ausgestatteten Pteridophyten. Auch sind die Moosstämmchen und Blätter von einfacher anatomischer Structur, sie werden, wenn überhaupt, nur von sehr einfachen, aus gestreckten Zellen gebildeten Leitbündeln durchzogen. Die fertig entwickelte geschlechtliche Generation erzeugt die Sexualorgane, die in der Regel zu mehreren, bei thalloiden Formen dem Rücken des Thallus entspringen, bei cormophyten auf den Scheitel des Stämmchens oder dessen Aeste rücken (Fig. 317).

Aus der befruchteten Eizelle (Fig. 315 *C*) geht durch Theilung ein vielzelliger Embryo hervor, welcher heranwächst und die zweite oder ungeschlechtliche Generation, die von dem Sporogon oder der gestielten Mooskapsel vorgestellt wird, liefert. Das Sporogon besteht aus einem meist rundlichen oder ovalen, kapselartigen Sporenbhälter, in dessen innerem Gewebe die zahlreichen einzelligen Sporen erzeugt werden, die bei der Reife aus der sich öffnenden Kapsel entleert werden. Allgemein entstehen die Sporen bei den Bryophyten wie auch bei allen Pteridophyten zu 4, in Tetraden, durch zweimalige Theilung aus den Sporenmutterzellen, welche sich vorher von einander lösen und abrunden und den eigentlichen Ausgangspunkt der geschlechtlichen Generation vorstellen. Die Sporenkapsel sitzt meist auf einem kürzeren oder längeren Stiel, dessen unteres Ende, der sogen. Fns., in dem erweiterten Archegoniumbauch stecken bleibt und von dem unterliegenden Gewebe scheidenartig überwuchert wird, daher in dasselbe eingesenkt erscheint. Obwohl also das Sporogon eine besondere Generation der Moospflanze darstellt, bleibt es zeitlebens mit der anderen Generation verbunden und bezieht von dieser zum Theil die zu seiner Entwicklung nöthigen Substanzen.

Die beiden scharf geschiedenen Klassen der Bryophyten charakterisiren sich kurz folgendermaassen:

1. *Hepaticae, Lebermoose.* Geschlechtliche Generation mit schwach entwickeltem und meist nicht scharf abgesetztem Protonema, ist entweder als gabeltheiliger Thallus oder als beblätterter, mit einigen wenigen Ausnahmen dorsiventraler Stengel ausgebildet. Der Sporenbhälter erzeugt bei den meisten ausser den Sporen auch Elateren d. h. sterile Zellen, welche in den typischen Fällen zu langen mit spiralförmigen Verdickungsleisten versehenen Zellen auswachsen (Fig. 321 *F*) anfangs die Stoffzufuhr zu den sporogonen Zellen vermitteln und bei der Reife 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. *Musc.*, *Laubmoose*. Vorkeim der geschlechtlichen Generation meist kräftig entwickelt, scharf abgesetzt. Pflanze stets in Stengel und Blätter gegliedert. Die Blätter in spirällich mehrzeiliger, seltener in zweizeiliger Anordnung, Stengel also poly- oder bisymmetrisch beblättert. Sporenbhälter stets ohne Elateren, aber mit Columella, welche nur bei einer Gattung fehlt.

## Klasse I.

### Hepaticae, Lebermoose<sup>(42)</sup>.

Die Lebermoose zerfallen nach dem Bau der Sporogone und der Gliederung der geschlechtlichen Generation in vier Ordnungen, von denen die *Ricciaceen*, *Marchantiaceen* und *Anthocerotaceen* ausschliesslich thallöse Formen, die *Jungfermanniaceen* theils thallöse, theils foliose Formen umfassen.

1. **Ordnung. Die Ricciaceen** weisen unter allen Hepaticae die einfachste Ausbildung auf. Es gehören zu ihnen die Arten der Gattung *Riccia*, deren dichotomisch gelappter Thallus auf Schlamm- oder Ufer der Gewässer oder auf feuchten Aekern kleine Rosetten bildet (Fig. 318 A). *Riccia natans* schwimmt mit ihren breiten Thalluslappen frei auf der Oberfläche des Wassers nach Art der Lemnaceen. *Riccia fluitans* lebt dagegen ganz untergetaucht und hat schmale reicher verästelte Thalluslappen (Fig. 10), sie kann aber auch auf Schlamm- oder Ufer niedrige Rosetten bilden. Die Ricciaceen tragen auf der Unterseite des Thallus feine Rhizoiden (Fig. 318 B) und besitzen ausserdem daselbst eine Reihe von quergestellten einschichtigen Zellmembranen, sogen. Ventralschuppen, welche wie erstere sich an der Nährstoffaufnahme beteiligen. Beide Organe fehlen vollständig der submersen Form von *Riccia fluitans*, die somit die einfachste Form eines Lebermooses darstellt.

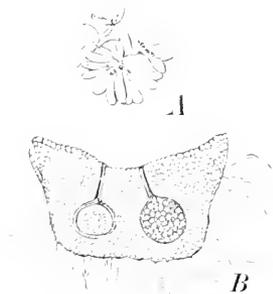


Fig. 318. *Riccia minima*. A Thallus mit eingesenkten Sporogonien am Grunde der Lappen. Nat. Gr. B Schnitt durch einen Thalluslappen. schwach vergr. Nach Biscuort.

Antheridien und Archegonien treten auf der Oberseite auf und sind eingesenkt. Aus der Eizelle entwickelt sich nach der Befruchtung ein ungestieltes kugeliges Sporogon mit einschichtiger Wandung, das im Innern nur mit grossen tetraëdrischen Sporen erfüllt ist. Die Wandung wird vor der Sporenreife aufgelöst und die Sporen werden durch Verwitterung und Zerreißen des sie umgebenden Archegoniumbauches und der umgebenden Zellen des Thallus frei.

Antheridien und Archegonien treten auf der Oberseite auf und sind eingesenkt. Aus der Eizelle entwickelt sich nach der Befruchtung ein ungestieltes kugeliges Sporogon mit einschichtiger Wandung, das im Innern nur mit grossen tetraëdrischen Sporen erfüllt ist. Die Wandung wird vor der Sporenreife aufgelöst und die Sporen werden durch Verwitterung und Zerreißen des sie umgebenden Archegoniumbauches und der umgebenden Zellen des Thallus frei.

2. **Ordnung. Die Marchantiaceen** sind weit höher organisirt und in manchen Gattungen von recht complicirtem Aufbau. Als Beispiel sei die auf feuchtem Erdboden, an Quellen bei uns sehr häufige *Marchantia polymorpha* geschildert. Sie bildet bis 2 cm breite, an den Enden sich gabelig verzweigende niederliegende Thalluslappen (Fig. 320 A, Fig. 321 A) mit undeutlich ausgeprägten Mittellinien. — An der Unterseite entspringen lange einzellige Rhizoiden, welche zum Theil glattwandig sind und vorzugsweise der Befestigung des Thallus dienen, zum Theil aber zapfenförmige, in das Lumen hineinragende Wandverdickungen aufweisen und die Wasserzuführung vermitteln (Zäpfchenrhizoiden), ausserdem einschichtige Schuppen. Die Dorsiventralität des Thallus macht sich auch in dem complicirten anatomischen Aufbau geltend. Auf der Oberfläche des Thallus bemerkt man schon mit blossem Auge eine zierliche rhombische Fekterung. Jedes Feld entspricht einer unter der obersten Zellschicht oder Epidermis befindlichen, von geschlossenen seitlichen Wänden abgegrenzten Luftkammer, welche durch eine

Athemöffnung in der Mitte des Feldes nach aussen führt Fig. 159 A, B, S. 121. Die Oefnung besteht aus einem kurzen Canal mit einschichtiger, aus mehreren ringförmigen Etagen von je vier Zellen gebildeten Wandung. Vom Boden der Kammer erheben sich zahlreiche kurze, aus rundlichen Zellen bestehende Fäden, welche die Chlorophyllkörner enthalten und das eigentliche Assimilationsgewebe vorstellen. Auch in den Kammerwänden und in der Epidermis befindet sich Chlorophyll, aber in geringerer Menge. Im Uebrigen besteht der Thallus unter den als grübenartige Einsenkungen angelegten und dann durch Wachstum bestimmter Epidermiszellen überdachten Luftkammern aus grossen chlorophyllarmen, als Speicherzellen fungirenden Parenchymzellen, die nach unten von einer einschichtigen Epidermis abgeschlossen werden. Auf die Ausbildung der Luftkammern ist die Belichtung von grossem Einfluss. Bei sehr schwacher Belichtung kann ihre Bildung ganz unterbleiben.

Auf der Oberseite des Thallus und zwar auf den Mittelrippen sitzend treten in der Regel zierliche kleine offene becherförmige Auswüchse mit gezähntem Rand, die Brutbecher oder Brutkörbchen Fig. 320 *b*, auf, in deren Mitte eine Anzahl von gestielten flachen grünen Brutkörperchen von biseitförmigem Umriss sich befinden. Sie entstehen, wie Fig. 319 zeigt, durch Hervorwölbung und weitere Theilung einzelner Epidermiszellen und sitzen mit einer Stielzelle *st* bis zu ihrer fertigen Ausbildung fest, um sich dann von derselben *D* bei *r* abzulösen. Sie besitzen an den beiden Einschnürungsstellen zwei Vegetationspunkte, von denen aus sie sich nach der Ablösung zu neuen Pflänzchen weiter entwickeln, und bestehen aus mehreren Schichten von Zellen, unter denen eine Anzahl mit Oelkörpern erfüllt sind *D, o*, andere, farblose, als Anlagen der späteren Rhizoide dienen. Oelhaltige Zellen treten auch im fertigen Thallus zerstreut auf und sind überhaupt bei Lebermoosen sehr verbreitet. Mit Hilfe der Brutkörperchen kann sich Marchantia in reichlichem Maasse vegetativ vermehren.

Die Sexualorgane, Antheridien und Archegonien, werden von besonderen aufstrebenden Zweigen des Thallus getragen. Im unteren Theile sind diese Zweige stielartig zusammengerollt, im oberen Theile verzweigen sie sich reichlich und breiten sich wieder aus. Antheridien und Archegonien treten auf verschiedenen Pflanzen auf, die Art ist somit düeisch. Die männlichen Zweige schliessen mit einer lapfig gerandeten Scheibe ab, an deren Oberseite die Antheridien eingesenkt sind und zwar ein jedes in einen flaschenförmigen Behälter, der mit einer engen Oefnung nach aussen mündet Fig. 320 *B*. Diese Behälter werden von Luftkammern führendem Gewebe getrennt. Gestalt der Antheridien und Spermatozoiden ist aus Fig. 314 ersichtlich.

Die weiblichen Zweige Fig. 321 *A* schliessen mit einem neunstrahligen Schirm ab. Die Oberseite des Schirmes ist zwischen den Strahlen umgeschlagen und trägt an den umgeschlagenen Theilen die Archegonien, welche somit der Unterseite des Schirmes zu entspringen scheinen. Sie bilden dort zwischen den Strahlen radiale Reihen. Jede

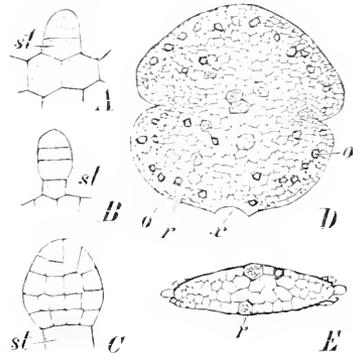


Fig. 319. *Marchantia polymorpha*. A—C aufeinander folgende Stadien der Brutkörperbildung. *st* Stielzelle. *D* Brutkörper von der Fläche. *E* im Querschnitt *r* Ablösungsstelle, *o* Oelzellen, *r* farblose, körnigen Inhalt führende Zellen, aus denen die Rhizoide später entspringen. A—C Vergr. 275. D—E Vergr. 65. Nach Kny.



Fig. 320. *A* männliche Pflanze von *Marchantia polymorpha*, *b* Brutkörbchen. Nat. Gr. *B* Antheridiumstand mit den eingesenkten Antheridien *a* vergrössert, *t* Thallus, *s* Ventral schuppen, *r* Rhizoide. Etwas vergr.

dieser Reihen wird von einer zierlich gezähnten Lamelle oder Hülle *B, C, h* umgeben. Die Gestalt der Archegonien ist aus Fig. 315 ersichtlich.

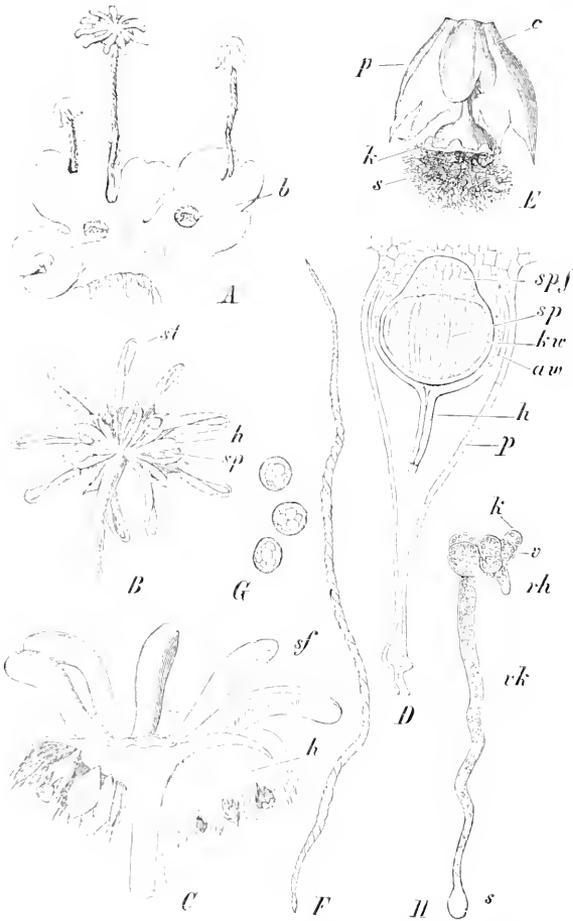


Fig. 321. *Marchantia polymorpha*. *A* weibliche Pflanze mit vier verschiedenalterigen Archegoniumständen, *b* Brutkörbchen. Nat. Gr. *B* Receptaculum von unten, *st* Strahlen, *h* Hülle, *sp* vorstretende Sporogone. Vergr. 3. *C* Receptaculum halb durchschnitten. Vergr. 5. *D* junges Sporogon im Längsschnitt, mit dem Fuss *spf*, dem sporenbildenden Gewebe *sp*, der Kapselwandung *kw*, der Archegoniumwandung *aw*, dem Archegoniumhals *h*, dem Pseudoperianth *p*. Vergr. 70. *E* Aufgesprungenes Sporogon mit Kapsel *k*, Sporen mit Elaterenmasse *s*. Pseudoperianth *p*, Archegoniumwand *c*. Vergr. 10. *F* Elatere. *G* reife Sporen. Vergr. 315. *H* gekeimte Spore *s* mit Vorkeim *rk* und Keimscheibe *E*. Letztere mit der Scheitelzelle *z* und dem Rhizoid *rh*. Vergr. 100. *C, E* nach Biscoff, *B, D, F, H* nach Kny.

Nach der Befruchtung entwickelt sich die Eizelle zu einem vielzelligen Embryo Fig. 315 *C*, dieser unter weiterer Teilung und Differenzierung zu einem gestielten ovalen Sporogon. Die Kapsel derselben hat eine einschichtige Wandung, deren Zellen Ringfaserverdickung aufweisen. Nur am Scheitel ist die Wandung zweischichtig, hier beginnt auch das Einreißen der Kapsel, indem das Deckelstück zerfällt und die Wandung in Form mehrerer Zähne sich zurückkrümmt. Charakteristisch für die Marchantien sowie für die meisten Lebermoose sind die sogen. Elateren oder Schlenkern, langgestreckte mit zwei spiraligen Verdickungsleisten versehene Faserzellen, die zwischen den Sporenmutterzellen in der Kapsel durch Auswachsen bestimmter Zellen entstehen. Die Elateren treten mit den Sporen zusammen als flockige Masse aus der am Scheitel sich öffnenden Kapsel hervor und dienen hier zur Auflockerung der Sporenmasse, ähnlich wie das Capillitium der Myxomyceten Fig. 321 *E, F, G*. Die reife Kapselfrucht ist vor der Streckung des Stieles noch eingeschlossen von der eine Zeit lang mitwachsenden Archegoniumwandung *D, aw, h*, der sogen. Hanbe, die nun bei der Streckung des Stieles durchbrochen wird und an der Basis als Scheide zurückbleibt *E, c*. Ausserdem wird die Kapsel von einer vier- bis fünfspaltigen dünnhäutigen Hülle, dem Pseudoperianth, umgeben, welches schon vor der Befruchtung aus dem kurzen Stiel des Archegoniums ringsum als sackartige Hülle hervorsprosst (Fig. 315 *C, p*, 321 *D, E, p*). Auch bei den höheren Lebermoosen

kommen solche Hüllen vor, werden aber dort als echtes Perianth von Blüten gebildet. *Marchantia* war früher als Mittel gegen Leberkrankheiten officinell, daher auch die Bezeichnung Lebermoose.

**3. Ordnung. Die Anthocerotaceen** umfassen nur wenige Formen, deren Thallus meist die Gestalt einer krausen Scheibe zeigt und auf dem Boden mittels Rhizoiden festgewachsen ist. Seine Zellen enthalten zum Unterschied von allen anderen Moosen nur einen einzigen grossen Chlorophyllkörper. Die Antheridien entstehen zu zwei bis vier durch Theilung einer unter der Epidermis liegenden Zelle im Innern geschlossener Höhlungen an der Oberseite des Thallus. Die Decke der Höhlung wird erst bei der Reife der Antheridien gesprengt. Die Archegonien sind in die Oberseite des Thallus eingesenkt und werden nach der Befruchtung durch Wucherung des Thallusgewebes von einer mehrschichtigen Hülle überwölbt, die später von der Kapselfrucht durchbrochen wird und als Scheide an der Basis zurückbleibt. Das Sporogon besitzt einen angeschwollenen, mit rhizoiden-ähnlichen Schläuchen im Thallus befestigten Fuss und eine ungestielte, lange schotenförmige, mit zwei Längsklappen aufspringende Kapsel, in deren Längsachse ein haarfeines Mittelsäulchen, Columella, aus wenigen sterilen Zellreihen bestehend, gebildet wird (Fig. 322). Dieselbe reicht aber nicht bis zur Spitze der Kapsel, sondern wird kappenförmig von der schmalen sporogenen Zellschicht bedeckt. Ausser den Sporen finden sich Schländern vor; sie sind mehrzellig, vielgestaltig, oft gegabelt. Im Gegensatz zu allen übrigen Lebermoosen reift dieses Sporogon nicht in seiner ganzen Länge gleichzeitig heran, sondern von der Spitze ausgehend unter andauernder Fortentwicklung an seiner Basis nach dem Heraustreten aus dem Archegonium. Auch enthält die Sporogonwand Chlorophyll und besitzt Spaltöffnungen.

An der Unterseite des Thallus der Anthocerotaceen werden durch Aneinanderweichen angrenzender Zellen Spalten erzeugt, die in Höhlungen führen, welche Schleim enthalten. In diese dringen häufig Nostorfäden ein, um sich dort zu endophytischen Colonien zu entwickeln.

#### 4. Ordnung. Die Jungermanniaceen

weisen in ihren einfacheren Formen einen breitlappigen Thallus wie *Marchantia* auf, z. B. die auf feuchtem Erdboden häufige *Pellia epiphylla*, oder einen schmal bandförmig dichotom verzweigten ähmlich wie *Riccia fluitans*, so die an Baumstämmen oder Felsen lebende *Metzgeria furcata* vgl. Fig. 162, S. 123. Sodann giebt es Formen, deren breitlappiger mit Mittelrippe versehener Thallus bereits eine schwache Ansbildung von blattähnlichen Gliedern am Rande aufweist, so die erdbewohnende *Blasia pusilla* Fig. 11, S. 10. Die Mehrzahl aber besitzt eine deutliche Gliederung in einen Stengel und einschichtige Blättchen ohne Mittelrippe, welche in zwei Zeilen an den Flanken des Stengels mit schiefer Stellung ihrer Spreite angeordnet sind. Bei gewissen Gattungen tritt zu diesen zwei Zeilen Rückenblätter auch noch eine bauchständige Reihe von kleineren und anders beschaffenen Blättchen, Amphigastrien oder Bauchblätter, hinzu, so bei *Frullania Tamarisci* (Fig. 323 a, einem zierlich verzweigten, an Felsen und Baumstämmen häufigen Lebermoos von bräunlicher Farbe. Die Rückenblätter gliedern sich häufig in einen Oberlappen und einen Unterlappen. Der Letztere erscheint bei gewissen, trockene Standorte bewohnenden Arten sackartig ausgebildet und dient als capillarer Wasserbehälter, so bei *Frullania Tamarisci*. Die Rückenblätter sind entweder ober-schlächtig, wenn der Hinterrand eines Blattes von dem Vorderrand des nächstunteren überdeckt wird (Fig. 323 *Frullania*), oder unter-schlächtig, wenn der Hinterrand eines Blattes über dem Vorderrand des nächstunteren liegt (Fig. 12, S. 10 *Plagiochila*).

Der sich verzweigende Stengel der beblätterten Jungermanniaceen ist niederliegend oder aufstrebend und in Folge seiner Beblätterung ausgesprochen dorsiventral beschaffen. Charakteristisch für die Jungermanniaceen ist die langgestielte Sporenkapsel. Das



Fig. 322. *Anthoceros laevis*. *sp* Sporogon, *c* Columella. Nat. Gr.

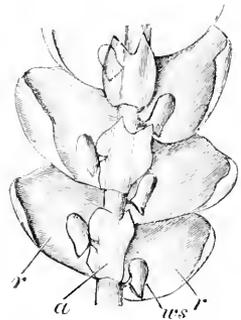


Fig. 323. *Frullania Tamarisci*, von unten, *r* Rückenblatt, *ws* als Wassersack ausgebildeter Unterlappen des Rückenblattes, *a* Amphigastrien. Vergr. 36.

Sporogon ist schon fertig ausgebildet, ehe es bei der Streckung des Strieks die Archeogonimnwand durchbricht und als häutige Scheide an seinem Grunde zurücklässt, es weist eine kugelige, meist in vier Klappen aufspringende Kapsel Fig. 11 u. 12 auf, bildet keine Columella aus und erzeugt stets neben den Sporen auch Elatereen, die hier in den meisten Fällen durch ihre Bewegungen beim Austrocknen die Sporen wegschleudern. Der Kapselstiel ist stets zart und weich. Die selten ein-, meist zwei- bis vielschichtigen Kapselwandzellen sind mit ringförmigen oder leistenartigen Verdickungen versehen oder gleichmässig verdickt bis auf die dünnen Aussenwände. Das Aufspringen erfolgt durch die Cohäsion des schwindenden Füllwassers unter Einbiegung der dünnen Aussenwände.

Die Sporogone stehen entweder auf der Oberseite des Thallus oder des Stämmchens und werden an ihrer Basis von einem scheidenähnlichen Auswuchs des Thallus oder des Stengels, einem sogen. Involvernum, umgeben z. B. *Blasia pusilla* Fig. 11 oder aber die Archegonien bezw. Sporogone gehen aus dem Scheitel des Stengels oder seiner Aeste hervor, sind gipfelständig und werden von einem aus besonders gestalteten Blättern gebildeten Perianth umhüllt Fig. 12. Die meisten Jungermanniaceen sind kleine auf Erde oder an Baumstämmen, in den Tropen auch auf den Blättern von Waldpflanzen lebende Moose.

## Klasse II.

### Musci, Laubmoose<sup>(63)</sup>.

Das reich verzweigte Protonema der Laubmoose erscheint dem blossen Auge als ein feiner grüner Filz (Fig. 316). An demselben entstehen die Knospen, die mit dreiseitigen Scheitelzellen wachsen und die Moospflänzchen erzeugen. Letztere sind stets in Stengel und Blätter gegliedert. Die Laubmoose unterscheiden sich habituell leicht von den beblätterten Jungermanniaceen durch die spiralgige Anordnung der kleinen Blättchen. Nur selten findet sich zweizeilige Anordnung. Bei solchen Laubmoosen, welche niederliegende Stengel haben, sind die Blättchen häufig einseitswendig oder geseitelt, bei spiralgiger Anordnung, so dass auf diese Weise auch ein Gegensatz von Oberseite und Unterseite, aber in anderer Weise als bei den Lebermoosen zu Stande kommt.

Der Moosstengel wird von Zellen aufgebaut, die nach der Oberfläche zu enger und dickwandiger werden. Bei verschiedenen Gattungen, z. B. bei *Mnium* Fig. 160 findet sich in der Achse des Stengels ein centrales Leitbündel aus englumigen langgestreckten Zellen vor. Diese Leitbündel stehen noch nicht auf derselben Stufe der Differenzirung wie die Gefässbündel der Farnpflanzen (vgl. S. 89). Sie fehlen z. B. den *Sphagnaceen* oder Torfmoosen, welche an sumpfigen Standorten leben. Der Stengel derselben zeigt eine eigenthümliche Ausbildung der peripherischen Zellschichten, deren Zellen plasmaleer sind, mit grossen offenen Poren unter einander und mit der Atmosphäre in Verbindung stehen und spiralgige Verdickungsleisten als Aussteifungen auf ihrer Wandung besitzen. Sie saugen Wasser mit Begierde auf und dienen als capillare Wasserbehälter und Leiter Fig. 321 C.

Die Blätter der Laubmoose sind in der Regel sehr einfach gebaut, bestehen meist nur aus einer Schicht von polygonalen chlorophyllführenden Zellen Fig. 63 und Fig. 99 *Funaria* und werden in der Regel in der Mediane von einem Leitbündel langgestreckter Zellen durchzogen. Den Torfmoosblättern geht letzteres ab, dagegen sind dieselben eigenartig differenziert, indem in der einschichtigen Blattfläche ähnliche plasmaleere wasserspeichernde Zellen auftreten wie an der Stengelperipherie. Diese sind hier gross und langgestreckt, mit queren Verdickungsleisten und offenen Poren versehen Fig. 324 A und B. Zwischen ihnen verlaufen die langgestreckten chlorophyllhaltigen Zellen in Form eines zusammenhängenden Netzes. Ausser den Torfmoosen zeigen auch noch einige Laubmoose eine ähnliche Differenzirung der Blattzellen (*Leucobryum vulgare* z. B.)

Complicirteren Blattbau, welcher sich als Anpassung an die Wasseraufnahme darstellt, besitzt unter den Laubmoosen *Polytrichum commune*, der gemeine Widerthou, u. A., dessen mehrschichtige Blätter auf der Innenseite zahlreiche einschichtige dicht-

stehende Längslamellen aus chlorophyllhaltigen Zellen entwickeln, welche das assimilierende Gewebe vorstellen und in den Zwischenräumen Wasser speichern können. Bei Trockenheit faltet sich das Blatt rinnig zusammen und bringt die zarten Lamellen dadurch in eine vor übermäßiger Transpiration geschützte Lage.

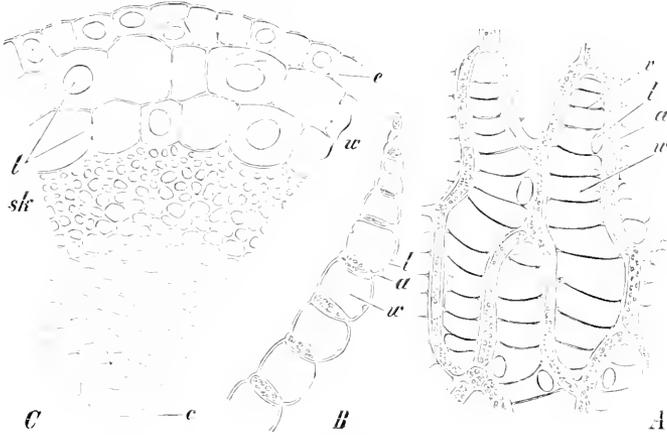


Fig. 324. *A* aus dem Blatt von *Sphagnum cymbifolium*, *a* chlorophyllhaltige Zellen, *w* Wasserzellen mit Verdickungsleisten *v* und Löchern *l*, von der Fläche. Vergr. 300. *B* Querschnitt durch das Blatt von *Sph. fimbriatum*. *C* Theil eines Querschnitts durch den Stengel von *Sph. cymbifolium*, *e* Mitte, *sk* sklerenchymatische Rindenzellen, *w* Wasserzellen mit Löchern und Verdickungsleisten. *e* Epidermis. Vergr. 120.

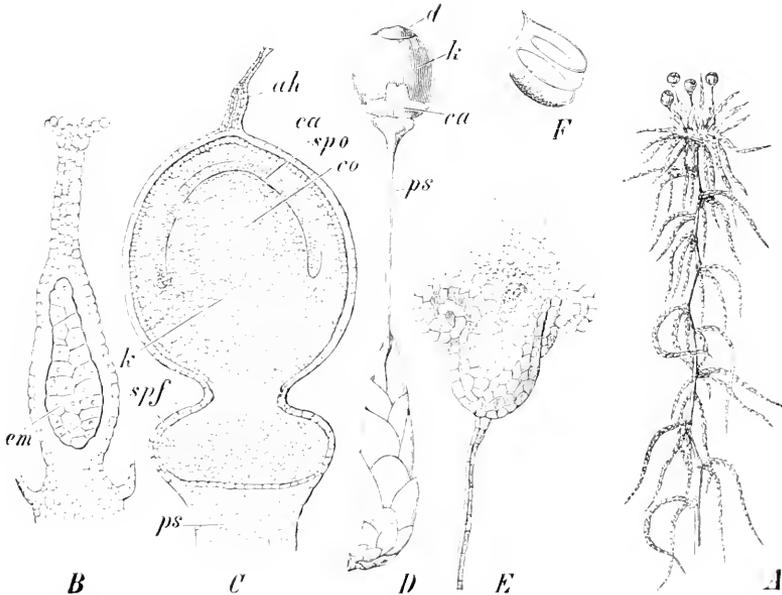


Fig. 325. *Sphagnum fimbriatum* *A* mit vier reifen Sporogonen. Nat. Gr. — *Sphagnum acurifolium*. *B* Archegonium mit dem mehrzelligen Embryo des Sporogons *em*. *C* junges Sporogon im Längsschnitt, *ps* Pseudopodium, *ca* Archegoniumwand oder Calyptra, *ah* Archegoniumhals, *spf* Sporogonfuss, *k* Kapsel, *co* Columella, *spo* Sporensack mit Sporen. *E* geöffnetes Antheridium mit den entleerten Spermatozoiden. *F* einzelnes Spermatozoid stark vergrößert. — *Sphagnum squarrosum*. *D* Reifes Sporogon am Ende eines kleinen Zweiges, *ca* durchrissene Calyptra, *d* Deckel. Vergr. — Nach W. P. SCHUMMER.

Am Grunde des Stengels entspringen die mehrzelligen verzweigten farblosen Wurzelhaare oder Rhizoiden (Fig. 327 *B.*), welche ganz ähnlichen Aufbau aufweisen wie das Protonema und auch gelegentlich zu solchen auswachsen und neue Moospflänzchen in derselben Weise wie dieses erzeugen können.

Die Sexualorgane sitzen bei den Laubmoosen stets gruppenweise beisammen an der Spitze der Hauptachsen oder am Ende kleiner Seitenzweiglein, umgeben von den obersten Blättern. Man bezeichnet diese Antheridium- und Archegoniumstände in nicht zutreffender Weise als Moosblüthen, welche aber nichts mit den echten Blüthen der Gefäßpflanzen gemein haben, und nennt die oft besonders ausgestalteten Hüllblättchen Perichaetium. Zwischen den Sexualorganen stehen gewöhnlich eine Anzahl von mehrzelligen Safthaaren oder Paraphysen. Entweder finden sich beiderlei Sexualorgane in demselben Stand vereinigt oder getrennt in verschiedenen Ständen auf derselben Pflanze oder auf getrennten Pflanzen.

Das Sporogon der Laubmoose weist in seiner Kapsel ein centrales Säulehen oder Columella aus sterilem Gewebe auf, in deren Umkreis der Sporensack mit den Sporen liegt. Die Columella fungirt als Nährstoff- und Wasserspeicher für die sich bildenden Sporen. Elateren werden nie gebildet. Im Einzelnen weist die Gestaltung des Laubmoossporogons bei den vier Ordnungen der Laubmoose, nämlich den *Sphagnaceen*, den *Andraceen*, den *Phascaceen* und den *Bryinen* mancherlei Verschiedenheiten auf. Am nächsten stehen den Lebermoosen die *Sphagnaceen* und *Andraceen*.

**1. Ordnung. Sphagnaceae**<sup>(64)</sup>. Die Sphagnaceen oder Torfmoose enthalten nur eine, allerdings sehr formenreiche Gattung, *Sphagnum*. Die Torfmoose leben an sumpfigen Orten, häufig in Quellen, und bilden grosse Polster, die an ihrer Oberfläche von Jahr zu Jahr weiterwachsen, während die tieferen Schichten absterben und schliesslich in Torf übergehen. Die Stämmchen verzweigen sich reichlich, ein Theil ihrer Zweige wächst aufwärts und bildet das gipfelständige Köpfchen, ein anderer abwärts und umhüllt den unteren Theil des Stämmchens (Fig. 325 *A.*). Diese abwärts wachsenden Zweige sind peitschenförmig gestreckt. Ein Zweig unter dem Gipfel entwickelt sich alljährlich ebenso stark wie der Mutterspross, der damit eine falsche Gabelung erhält. Indem nun die Stämmchen von unten her allmählich absterben, werden die successive erzeugten Tochttersprosse zu selbstständigen Pflanzen. Einzelne Zweige des Köpfchens fallen durch ihre besondere Gestalt und Färbung auf; sie erzeugen die Geschlechtsorgane. Die männlichen Zweige tragen neben den Blättern die runden gestielten Antheridien, welche sich bei der Reife an der Spitze mit zurückgerollten Klappen öffnen und die Samenfäden entlassen (Fig. 325 *E., F.*), die weiblichen Zweige weisen an ihrer Spitze die Archegonien auf. Die Sporogone entwickeln nur einen kurzen Stiel mit angeschwollenem Fuss (*B., C.*), sind längere Zeit von der Archegoniumwand oder Calyptra eingeschlossen und sprengen dieselbe an deren Spitze, lassen sie also an ihrer Basis als Scheide zurück, wie es auch bei den Lebermoosen der Fall ist. In der kugelförmigen Kapsel wird eine centrale halbkugelige Columella ausgebildet, die von dem sporenbildenden Gewebe (*spo.*) überlagert wird. Die Kapsel öffnet sich mittels eines Deckels, welcher abgeworfen wird. Das reife Sporogon erscheint wie bei *Andreaea* auf einem Pseudopodium, der Verlängerung des Zweiges, emporgehoben und ist mit dem Fuss in das angeschwollene obere Ende desselben eingesenkt. Auf den eigenthümlichen Bau der Blätter und der Stengelrinde ist bereits oben hingewiesen S. 326. Eigenartig sind die Vorkerne der Torfmoose gestaltet. Die Sporen keimen zunächst zu kurzen Fäden aus, welche sich zu flächenförmigen Vorkernen, auf denen die Stammknospen entstehen, verbreitern.

**2. Ordnung. Andraceaceae.** Die Andraceaceen oder spaltfrüchtigen Laubmoose Schizocarpae werden von der Gattung *Andreaea* gebildet, deren Arten kleine brünnliche Moospolster an Felsen vorstellen. Die Sporogone stehen an der Spitze des Stengels, ihre von einer mützenförmigen Calyptra anfangs bedeckte Kapsel öffnet sich in eigenthümlicher Weise mittels vier an der Spitze und Basis verbundenen Klappen



als Scheide zurückbleibt. Der oberste Theil der Seta unter der Kapsel wird als Apophyse bezeichnet. Sie ist bei *Mnium* kaum ausgeprägt, dagegen bei *Polytrichum commune* in Form eines Ringwulstes Fig. 329 *ap* und am auffälligsten, als roth oder gelb gefärbter Kragen, bei den nördischen *Splachnum*-Arten entwickelt. Der obere Theil der Kapselwandung ist in Form eines Deckels Fig. 327 *d* mit oder ohne schnabelartige Spitze ausgebildet. Unterhalb des Deckelrandes ist eine schmale Zone der Kapsel-



Fig. 329. *Polytrichum commune*. *rh* Rhizoide, *s* Seta, *c* Calyptra, *ap* Apophyse, *d* Deckel  
Nat. Gr.

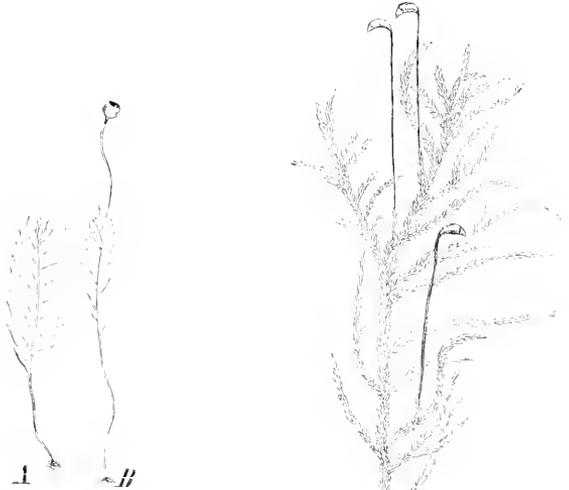


Fig. 330. *Schistostega osmundacea*. *A* sterile, *B* fertile Pflanze.  
Vergr. 5.

Fig. 332. *Hypnum purum*.  
Nat. Gr.



Fig. 331. Protonema von *Schistostega osmundacea*. Vergr. 90.

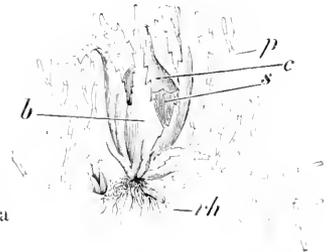


Fig. 333. *Ephemerum serratum*. *p* Protonema, *b* Laubblatt, *s* Sporogon, *c* Calyptra, *rh* Rhizoide, Vergr. 200. Nach  
W. P. SCHMIDT.

wandungszellen als sogen. Ring differenzirt. Der Ring, dessen Zellen aufquellenden Schleim führen, vermittelt das Absprennen des Deckels bei der Reife. Am Rande der Kapselöffnung, zunächst von dem Deckel bedeckt, befindet sich bei den meisten stegocarpen Laubmoosen ein in der Regel von Zähnen gebildeter Mundbesatz, das Peristom, das bei den übrigen Moosen fehlt.

Bei *Mnium hornum* Fig. 327 *Cp* ist das Peristom doppelt, das äussere besteht aus 16, am Innenrande der Kapselwandung inserirten, keilförmig zugespitzten und quer-

gestreiften Zähnen *D*. Das innere Peristom liegt dem äusseren dicht an und besteht aus flachen wimperartigen Lamellen und Wimperriäden, die mit Leisten an der Innenfläche besetzt und daher quergestreift erscheinen, in ihrem unteren Theile aber zu einer continuirlichen Membran verschmolzen sind *E*. Zwischen zwei äusseren Peristomzähnen stehen jedesmal zwei Wimpern des inneren Peristoms. Die Wimpern vermitteln hier durch ihre hygroskopischen Bewegungen das 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 Zellschichten durch stellenweise Verdickung der gegenüberstehenden Wände angelegt werden (Fig. 328) und zwar die Zähne aus den Aussenwänden, die Wimpern aus den inneren Wänden dieser Zellschicht. Die Querleisten entsprechen den Ansatzstellen der Querwände. Bei dem Oeffnen der Kapsel trennen sich die Zähne und Wimpern in den dünnbleibenden Wandungsstellen.

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

Die Mitte der Kapsel wird der Länge nach von der grosszelligen *Columella* durchzogen. Das sporenbildende Gewebe, der sogen. Sporensack, umgibt dieselbe mantelförmig. Von der Kapselwandung und vielfach auch der *Columella* trennt ihn ein lockeres chlorophyllhaltiges Gewebe. Die Epidermis der Kapsel führt Spaltöffnungen. Entsprechend ihrer anatomischen Structur theiligt sich die junge Moosfrucht auch an der Assimilation. Sie reift ausserhalb des Archegoniums langsam heran, während bei fast allen Lebermoosen das Sporogon bis zur Reife in dem Archegonium eingeschlossen bleibt.

Gestalt der Kapsel, des Peristoms, des Deckels und der Haube geben die wichtigsten Gattungsunterschiede ab. Die Bryinen zerfallen zunächst in zwei grosse Unterordnungen nach der Stellung der Archegonien beziehungsweise der Kapseln:

a. Bei den *Bryinae acrocarpae* stehen die Archegonien und somit auch die Sporogone am Ende des Hauptstengels. Von häufigeren Arten gehören hierher *Mnium hornum*, *Polytrichum commune* (Fig. 329), *Funaria hygrometrica*. Eine sehr eigenthümliche Ausbildung des Protonema treffen wir bei dem in Erdlöchern oder in Höhlen lebenden Leuchtmoos *Schistostega osmundacea*. Die fertilen Sprosse dieses Mooses sind spirällich beblättert und tragen auf langer Seta eine peristomlose Kapsel, die sterilen Sprosse dagegen sind zweizeilig beblättert (Fig. 330 A, B). Der Vorkeim allein leuchtet mit smaragdgrünem Licht S. 189. Seine aus dem Substrat sich erhebenden Fäden verzweigen sich in einer zum einfallenden Licht senkrechten Ebene und bilden so eine kleine dorsiventrale Fläche. Die Fadenzellen in derselben sind linsenförmig gestaltet mit konisch ausgesacktem, mehrere Chlorophyllkörner enthaltendem Boden und wirken wie Blendlaternen, indem sie die einfallenden Lichtstrahlen brechen und reflectiren (Fig. 331).

b. Bei den *Bryinae pleurocarpae* wachsen die Hauptachsen unbegrenzt weiter und die Archegonien bezw. Sporogone stehen auf besonderen, ganz kurzen Seitenzweiglein (Fig. 332). Hierher gehören zahlreiche, meist reich verzweigte, Rasen oder Polster bildende Arten, darunter unsere grössten Waldmoose, die den Gattungen *Hypnum*, *Neckera* und *Hypnum* entstammen, ferner auch die in den Bächen und Flüssen submers fluthende *Fountainalis antipyretica*.

### III.

## Pteridophyta, Farnpflanzen <sup>(61, 66)</sup>.

Die Pteridophyten umfassen die Farne, Wasserfarne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse und stellen die höchstentwickelten Cryptogamen vor. Wie bei den Bryophyten vollzieht sich auch hier der Entwicklungsgang in zwei scharf geschiedenen Generationen. Die erste Generation ist die ge-

schlechtliche, sie trägt Antheridien und Archegonien, die zweite ist die ungeschlechtliche, sie geht aus der befruchteten Eizelle hervor und erzeugt ungeschlechtliche einzellige Sporen. Aus der Keimung der letzteren entsteht wieder die geschlechtliche Generation. Die Ausbildung, welche die geschlechtliche und die ungeschlechtliche Generation bei den Pteridophyten erfährt, zeigt weitgehende Verschiedenheiten.

Die geschlechtliche Generation wird als Prothallium (auch als Gametophyt bezeichnet, sie erreicht keine bedeutende Grösse, bei einzelnen Formen höchstens einige Centimeter im Durchmesser und gleicht dann in ihrem Aufbau einem einfachen thallösen Lebermoos, d. h. sie besteht aus einem kleinen grünen blattartigen, auf der Unterseite mit Rhizoiden am Boden befestigten Thallus (Fig. 334 A). In einigen Fällen ist das Prothallium verzweigt fadenförmig ausgebildet, in anderen Fällen halb oder ganz unternirisch in Form von knollenförmigen, ungefärbten Gewebekörpern mit saprophytischer Lebensweise; in gewissen Abtheilungen der Pteridophyten endlich erleidet es eine Reduction und bleibt in der Spore mehr oder weniger eingeschlossen. An dem Prothallium entstehen die Geschlechtsorgane. Antheridien (Fig. 340) mit zahlreichen cilien-

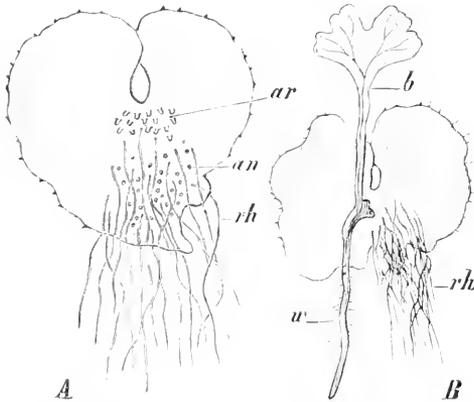


Fig. 334. *Aspidium filix mas.* A Prothallium von der Unterseite mit Archegonien *ar*, Antheridien *an*, Wurzelhaaren *rh*. B Prothallium mit jungem, aus einer befruchteten Eizelle entstandenem Farnpflänzchen, *b* erstes Blatt, *w* Wurzel desselben. Vergr. ca. 8.

tragenden, meist schraubig gewundenen Spermatozoiden, welche entweder zahlreiche oder nur zwei Cilien tragen und Archegonien (Fig. 341) mit je einer Eizelle. Die Befruchtung ist wie bei den Moosen nur in Wasser, also bei Benetzung der Prothallien möglich.

Nach der Befruchtung entwickelt sich aus der Eizelle wie bei den Bryophyten zunächst ein mehrzelliger Embryo, welcher zur ungeschlechtlichen Generation heranwächst. Bryophyten und

Pteridophyten werden daher von ENGLER als Embryophyta bezeichnet, und zwar als Embryophyta zoidiogama, weil die männlichen Zellen als Spermatozoiden ausgebildet sind.

Die ungeschlechtliche Generation, die auch als Sporophyt bezeichnet wird, ist bei den Pteridophyten eine in der äusseren Gliederung und inneren Structur hochdifferenzierte Pflanze mit Gliederung in Stengel, Blätter und Wurzeln. Bei der Mehrzahl der Pteridophyten, so bei den Farnen und Schachtelhalmern, theilt sich die befruchtete Eizelle, nachdem sie sich mit einer Cellulosemembran umgeben hat, in Archegonium zunächst durch eine Quer- oder Basalwand in zwei Zellen und dann durch zwei zu dieser senkrecht stehende Wände in Ooctanten. Unter weiterer Theilung dieser acht Zellen entsteht ein Gewebekörper, an welchem der Stammscheitel, das erste Blatt, die erste Wurzel und neben dieser ein der Keimpflanze des Pteridophyten eigenthümliches Organ, der sogen. Fuss angelegt werden (Fig. 335 f). Der Fuss ist ein höckerartig vorspringender Gewebekörper, durch welchen die junge Keimpflanze mit dem anfangs mitwachsenden, sich erweiternden Archegoniumbauch in Verbindung bleibt; er sorgt als Saugorgan für ihre

Ernährung, bis die Wurzel in den Boden gedrungen ist, die ersten Blätter sich entfaltet haben und die Keimpflanze somit selbstständig sich ernähren kann. Das Prothallium geht dann in der Regel bald zu Grunde. Aus dem Stammscheitel des Embryo entwickelt sich ein einfacher oder sich gabelig, ohne Beziehung zu den Blättern verzweigender aufrechter oder niederliegender Stamm, welcher in spiralförmiger, quirliger oder dorsiventraler Anordnung die Blätter erzeugt. Statt Rhizoiden wie bei Moosen werden echte, aus Geweben aufgebaute Wurzeln, wie wir sie auch bei den Phanerogamen vorfinden, erzeugt (vgl. Fig. 166). Auch die Blätter stimmen im Wesentlichen in ihrer Struktur mit denen der Phanerogamen überein. Stämme, Wurzeln und Blätter werden von wohldifferenzierten Gefässbündeln durchzogen und daher bezeichnet man auch die Pteridophyten als Gefässcryptogamen. Die Gefässbündel der Pteridophyten sind überwiegend nach einem besonderen Typus gebaut (vgl. Fig. 124, 129, 130). Secundäres Dickenwachstum durch Cambiumthätigkeit kommt bei den jetzt lebenden Familien nur ganz vereinzelt vor, zeichnete aber die Stämme von gewissen fossilen Pteridophytengruppen aus.

An den Blättern, in einzelnen Fällen an den Stengeln in den Blattachsen, werden an der ungeschlechtlichen Generation auf ungeschlechtlichem Wege die Sporen erzeugt und zwar in besonderen Behältern oder Sporangien. Die sporangientragenden Blätter heissen Sporophylle. Die Sporangien umschliessen mit einer mehrschichtigen Wandung das sporogene Gewebe, dessen Zellen sich abrunden, von einander lösen und als Sporenmutterzellen je vier tetraëdrische Sporen (Sporentetraden) erzeugen. Die innerste Schicht der Wandung besteht aus plasmareichen Zellen, sogen. Tapetenzellen, die im Laufe der Sporangiumausbildung bei den Lycopodiaceen erhalten bleiben, bei Farnen und Schachtelhalmen aber ihre Selbstständigkeit aufgeben, ihre Membranen auflösen und zwischen die Sporenmutterzellen einwandern, so dass die Sporen in eine schleimige, sie ernährende Plasmamasse, das Periplasma, eingebettet erscheinen. In den reifen Sporangien ist dann nur die äussere Schicht der Wandung erhalten. Die einzelligen Sporen besitzen eine aus mehreren Häuten bestehende Wandung.

Bei der Mehrzahl der Pteridophyten sind die Sporen unter sich alle von gleicher Beschaffenheit und bei der Keimung geht aus ihnen ein Prothallium hervor, an welchem zugleich Antheridien und Archegonien entstehen. In gewissen Fällen können aber auch die Prothallien diöcisch sein. Diese Trennung der Geschlechter erstreckt sich bei einigen Pteridophytengruppen auch schon auf die Sporen und führt zur Ausbildung von zweierlei Formen von Sporen, Macrosporen, in Macrosporangien erzeugt, aus denen bei der Keimung nur weibliche Prothallien hervorgehen, und Microsporen, in

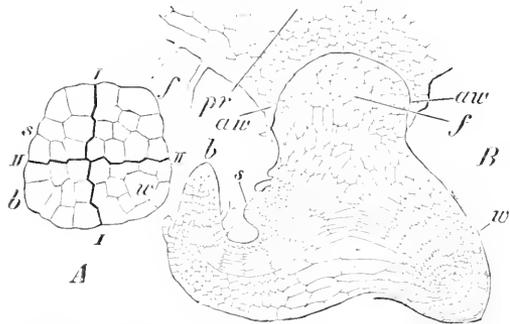


Fig. 335. A *Pteris serrulata*. Aus dem Archegonium befreiter Embryo im Längsschnitt. I Basalwand, II senkrecht zu dieser stehende Quadrantenwand, f Anlage des Fusses, s des Stammscheitels, b des ersten Blattes, w der Wurzel. Nach KIENZIG-GERLOFF. B *Pteris aquilina*. Weiterentwickelter Embryo, mit dem Fuss f noch im erweiterten Archegoniumbauch, aw, steckend, pr Prothallium. Vergr. Nach HOFMEISTER.)

Microsporangien erzeugt, aus denen männliche Prothallien hervorgehen. Danach hat man also zwischen gleichsporigen oder homosporen und verschiedensporigen oder heterosporen Gefässcryptogamen zu unterscheiden, ein Unterschied, der aber nicht zur Gesamteinteilung verwerthet werden kann, da er sich in gleichem Grade in systematisch getrennten Gruppen, also mehrmals herausgebildet hat.

Vergleichen wir den Entwicklungsgang der Pteridophyten mit dem der Bryophyten, so entspricht die ungeschlechtliche cormophyte Generation der Farnpflanzen dem Sporogon, das Prothallium dagegen der Moospflanze sammt dem vorausgehenden Protonema. Obwohl beide Gruppen gemeinsamen phylogenetischen Ausgangspunkt besitzen mögen, haben sie sich nach ganz verschiedenen Richtungen gesondert weiterentwickelt. Auf ihre Verwandtschaft weist vor Allem die Uebereinstimmung im Bau der Geschlechtsorgane hin, während dagegen die ungeschlechtliche Generation die weitgehendsten Unterschiede darbietet, so dass es nicht statthaft erscheint, die Farnpflanze von dem Moossporogon als Weiterbildung abzuleiten.

Die jetzt lebenden Pteridophyten gliedern sich in folgende Klassen:

1. *Filicinae*, Farne. Stengel einfach oder verzweigt mit wohlentwickelten abwechselnden, meist reichgefiederten Blättern. Sporangien zu mehreren in sogen. Sori vereinigt, oder zu vielen frei auf der Unterseite der Sporophylle, oder in besonderen Blattabschnitten eingeschlossen.

1. Ordnung. *Filices* Farne im engeren Sinne. Homospor.

2. Ordnung. *Hydropterides* Wasserfarne. Heterospor.

2. *Equisetinae*, Schachtelhalme. Stengel einfach oder quirlig verzweigt, mit quirlig gestellten schuppenartigen zu geschlossenen Scheiden verwachsenen Blättern. Sporophylle am Ende der Zweige zu einem ährenförmigen Sporangienstand vereinigt, schildförmig, auf der Unterseite mit vielen Sporangien.

3. Ordnung. *Equisetaceae* Schachtelhalme. Homospor.

3. *Lycopodiinae*, Bärlappartige Gewächse. Stengel entweder gestreckt dichotomisch verzweigt und zwar gabelig oder sympodial ausgebildet, mit kleinen, in manchen Fällen sehr reducirten Blättchen, selten gestaucht knollig mit pfriemlichen Blättern. Sporangien derbwandige Kapseln, einzeln in den Blattachsen am Stengel oder auf dem Blattgrund entspringend. Tapetenzellen bleiben erhalten.

4. Ordnung. *Lycopodiaceae* Bärlappe. Homospor.

5. Ordnung. *Selaginellaceae* Selaginellen. Heterospor.

6. Ordnung. *Isoetes* Brachsenkräuter. Heterospor.

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

## Klasse I.

### *Filicinae*, Farne.

#### 1. Ordnung. *Filices* <sup>67)</sup>.

Die *Filices* oder Farne im engeren Sinne umfassen die Hauptmasse der Gefässcryptogamen. Sie sind in ausserordentlicher Fülle von Gattungen und Arten in allen Erdtheilen verbreitet; ihre Hauptentwicklung erreichen sie in den Tropen. Hier treffen wir auch die stattlichsten Vertreter der Ordnung an, die Baumfarne (*Cyathea*, *Alsophila* u. A.), welche die besondere Familie der *Cyatheaceen* bilden. Der einfache holzige, meist etwa armdicke

Stamm der Baumfarne Fig. 337, ist unverzweigt und trägt an seinem Ende eine Rosette von riesigen mehrfach gefiederten Blättern oder Wedeln, die successive von der Stammknospe erzeugt werden und mit Hinterlassung

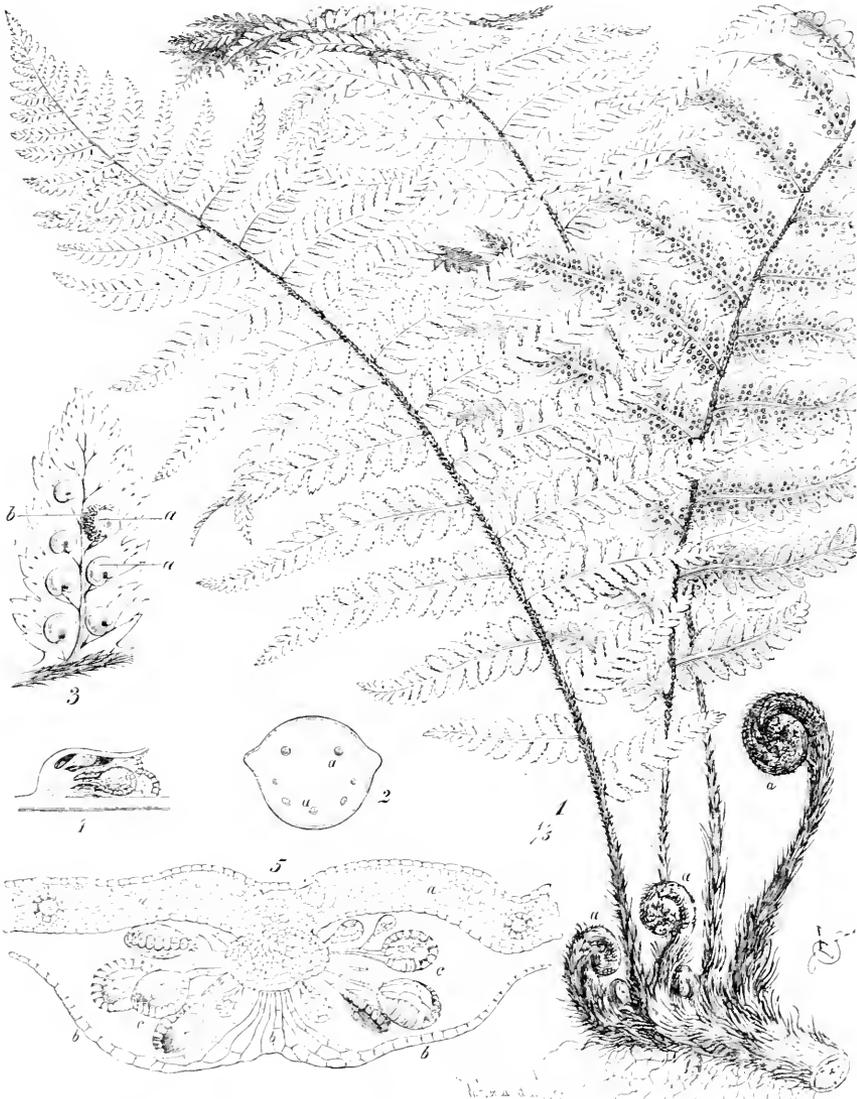


Fig. 336. *Adiantum filix mas*. 1 Habitusbild. a junge Blätter noch eingerollt. 2 Rhizom quer durchschnitten mit den Gefäßbündeln a. 3 Blattfieder mit Sori. a Schleier, b Sporangien. 4 Fruchthäufchen im Läng-schnitt. 5 dasselbe quer durchschnitten, a Blatt, b Schleier, c Sporangien. Nach Wossnig. — Officinell.

grosser Blattstielmarben später absterben und abfallen. Der Stamm ist mittels zahlreicher Adventiwurzeln im Boden befestigt. Er gleicht im Habitus einer Palme. Die Mehrzahl der Farne, so auch alle unsere einheimischen, leben dagegen als krautartige bodenständige Pflanzen, besitzen ein kriechendes

wenig verzweigtes Rhizom und meist am Ende desselben eine Rosette reichgefiederter Blätter. So verhält sich u. A. der in unseren Wäldern sehr häufige Wurmfarne, *Aspidium filix mas*, dessen Rhizom als wurmtreibendes Mittel officinell ist. Wie Fig. 336 *1a* zeigt, sind die Blätter in der Jugend mit der Spitze eingerollt, eine Eigenthümlichkeit, welche sämtlichen Blättern der Farne und auch der Wasserfarne zukommt. Im Gegensatz zu den Phanerogamenblättern vollzieht sich bei den Farnblättern das Wachstum an der Spitze bis zur vollen Grösse.

Bei dem gewöhnlichsten, einheimischen Farnkraut, dem Engelsüss, *Polypodium vulgare*, sind die Blätter einfach gefiedert und entspringen einzeln

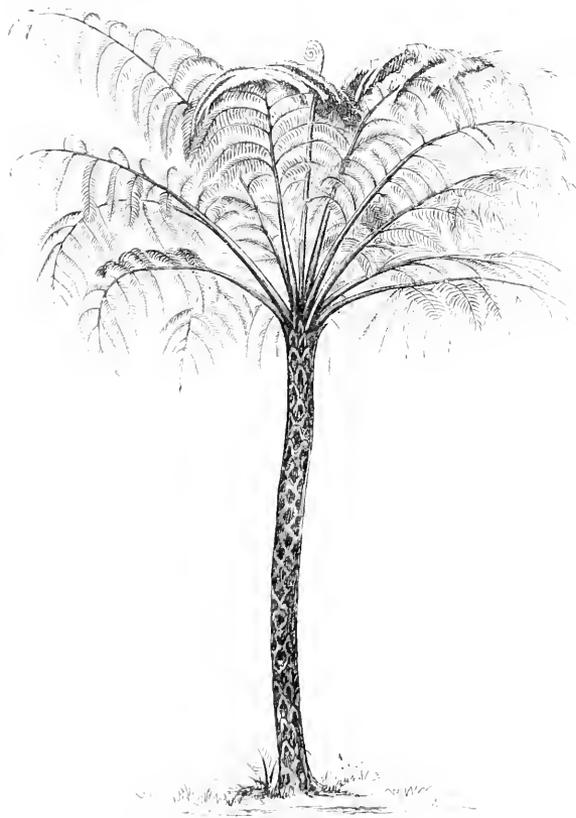


Fig. 337. *Alsophila crinita*, Baumfarne von Ceylon. Verkl.

auf der Oberseite des zwischen Moos oder an Felsen kriechenden verzweigten Rhizoms. Auch giebt es manche Farne, welche ganz einfache ungeheilte Blätter aufweisen, so die Hirschzunge, *Scolopendrium vulgare*.

In den Tropen wachsen zahlreiche krautige Farne als Epiphyten auf den Waldbäumen.

Die meisten Farne sind an ihren Stämmen, Blattstielen und zum Theil auch den Blättern mit bräunlichen einschichtigen, oft gefransten, sogen. Spreuschuppen (Paleae) bekleidet, welche zu den Trichomen zu rechnen sind.

Im Allgemeinen werden die Sporangien in grosser Zahl auf der Unterseite der Blätter erzeugt. Die Sporophylle sind in der Regel nicht von den sterilen Laubblättern in der äusseren Form verschieden. Nur bei einigen Gattungen findet eine ausgeprägte Heterophylle statt. Als einheimischer

Vertreter ist hier der Straussfarne, *Struthiopteris germanica*, zu nennen, dessen gedrungene, dunkelbraune Sporophylle zu mehreren im Innern der grossen Blattrosette stehen.

Bezüglich der Ausbildung der Sporangien machen sich bei den einzelnen Familien Unterschiede geltend.

Es sei zunächst das Verhalten der Mehrzahl unserer einheimischen Farne, welche zu der umfangreichen Familie der *Polypodiaceen* gehören, dargestellt. Die Sporangien erscheinen hier in verschieden gestalteten Häufchen, sogen. Sori, vereinigt, an den Enden oder zwischen den Auszweigungen

der Blattnerven auf der Unterseite. Sie entspringen auf einem hervortretenden Blattgewebepolster, dem *Receptaculum* (Fig. 336 5), und werden bei vielen Arten von einem häutigen Auswuchs der Blattoberfläche, dem sogen. Schleier, Indusium, vor der Reife bedeckt und geschützt (Fig. 336 3—5). Das einzelne Sporangium geht aus einer einzigen Epidermiszelle durch Theilung hervor, besteht im reifen Zustand aus einer kleinen, mit mehrzelligem dünnem Stiel dem Polster aufsitzenden Kapsel mit einschichtiger Wandung und umschliesst in derselben eine grössere Anzahl von Sporen (Fig. 338 A). Sehr charakteristisch für die Polypodiaceen ist der Ring, Annulus, welcher hier über den Rücken und Scheitel der Sporangienwandung bis zur Mitte der Bauchseite als vortretende Zellenreihe mit stark verdickten Radial- und Innenwänden verläuft.

Beim Austrocknen der Kapselwand werden durch den Cohäsionszug des schwindenden Wassers in den Annuluszellen deren dünne Aussenwände nach innen eingestülpt der Ring also aussen verkürzt und dadurch das Aufreissen der Sporangien in eine Querspalte zwischen den breiten Endzellen des Ringes verursacht. Ist der Cohäsionszug des Wasserrestes schliesslich überwunden, dann erfolgt ein elastisches Zurückschnellen des Ringes, das die Ausstreuung der Sporen befördert. Vgl. S. 211.

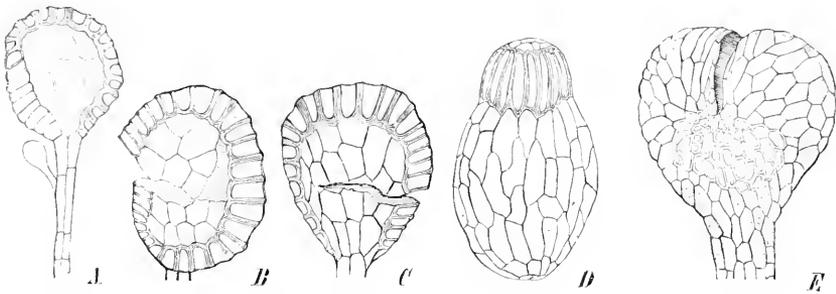


Fig. 338. Sporangien. A von *Aspidium Filix mas.* Am Stiel ein Drüsenhaar. B und C von *Alsophila armata*, von zwei entgegengesetzten Seiten gesehen. D von *Aneimia caudata*, E von *Osmunda regalis*. A—D Vergr. 70, nach der Natur, E Vergr. 40 nach LÜRSSEN.)

Die Form und Insertion der Sori, das Vorhandensein und die Gestalt oder das Fehlen der Indusien geben die wichtigsten Gattungsunterschiede ab. Bei *Scolopendrium* sind die Sori strichförmig, parallel zu den Seitennerven, bestehen aus zwei über je einen Blattnerven laufenden Streifen und werden an beiden Seiten von einem lippenförmigen einschichtigen Indusium bedeckt, das bei der Reife zurückklappt. Bei *Aspidium* dagegen treffen wir zahlreiche rundliche Sori, bedeckt mit einem weisslichen nierenförmigen, dem Receptaculumsscheitel 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 Blattoberseite 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 Verschiedenheiten zeigen. So besitzen die *Cyatheaceen* oder Baumfarne Sporangien mit vollständigem, in schiefer Verlauf über den Scheitel ziehenden Ring (Fig. 338 B C), ebenso haben die *Hymenophyllaceen*, deren zierliche kleine Formen vielfach als Epiphyten an Baumfarnen angetroffen werden, einen vollständigen schiefer oder quer über das Sporangium laufenden Ring, die tropischen *Schizaceen* dagegen einen geschlossenen scheitelständigen Ring (Fig. 338 D), während die *Osmundaceen*, die bei uns durch den Königsfarn, *Osmunda regalis*, vertreten werden, auf dem Rücken unter dem Scheitel des Sporangiums nur eine kleine Gruppe dickwandiger Zellen aufweisen (Fig. 338 E).

Alle diese und auch noch andere Familien besitzen freie Sporangien mit in der Reife einschichtiger Wand und stets gehen die Sporangien aus einer einzigen Epidermiszelle hervor. Sie werden als *Filices leptosporangiatae* zusammengefasst. Ihnen stehen die *Eusporangiatae* gegenüber, zu denen die *Marattiaceen* und die *Ophioglossaceen* gehören. Bei diesen entstehen die Sporangien aus einer ganzen Gruppe von Epidermiszellen und darunter gelegenen Zellschichten, sind derbwandig, ohne Ring, und springen mit Querriss auf.

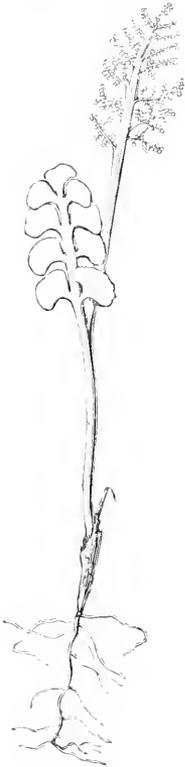


Fig. 339. *Botrychium Lunaria*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Die *Marattiaceen* sind grosse stattliche tropische Farne mit dicker Stammknolle und riesigen an der Basis mit zwei Stipulae versehenen Wedeln. Ihre Sporangien sind im reifen Zustand mit derber mehrschichtiger Wand versehen, entweder frei *Angiopteris*, oder alle Sporangien eines Sorus mit einander zu einem, in ebenso vielen Fächern aufspringenden kapselartigen ovalen Gebilde verwachsen.

Eigenartige Farne sind die *Ophioglossaceen*, zu denen nur wenige Arten gehören. Bei uns einheimisch sind *Ophioglossum vulgatum*, die Natterzunge und verschiedene Arten der Mondraute, *Botrychium* Fig. 339. Beide haben einen kurzen Stamm, an dem jedes Jahr nur ein einziges mit Blattscheide versehenes Blatt sich entfaltet. Dasselbe ist bei ersterer Gattung einfach zungenförmig, bei letzterer gefiedert. Die Blätter beider Gattungen sind eigenthümlich verzweigt, sie tragen auf ihrer Oberseite einen unterhalb der Spreite aus dem Stiel entspringenden fertilen Blattabschnitt, welcher bei *Ophioglossum* einfach, schmal cylindrisch ist und die Sporangien in zwei Reihen in das Gewebe eingesenkt trägt, bei *Botrychium* dagegen im oberen Theile fiederartig verzweigt und daselbst mit grossen rundlichen Sporangien auf der Innenseite dicht besetzt ist.

Alle *Filices* sind homospor. Das Prothallium hat meist die Gestalt eines flachen, herzförmigen, kleinen Thallus von der für *Aspidium* in Fig. 334 dargestellten Form. Antheridien und Archegonien entstehen an der Unterseite. Bei *Botrychium* dagegen bildet das Prothallium eine unterirdische saprophytische kleine Knolle, welche die Sexualorgane an der Oberseite eingesenkt entwickelt und endlich bei gewissen *Hymenophyllaceen* (*Trichomanes*) ist das Prothallium fädig verzweigt und trägt an seinen Aesten die Antheridien und auf besonderen mehrzelligen Seitenästen die Archegonien. Im Aufbau erinnern diese Prothallien ganz an das Protonema der Laubmoose.

Die Antheridien und Archegonien<sup>(68)</sup> sind ziemlich übereinstimmend bei allen Farne gebaut und können daher die Abbildungen von *Polypodium vulgare* Fig. 340 und 341 als Typus gelten. Die Antheridien werden an jungen Prothallien angelegt und sind kugelig vorgewölbte Gebilde, die mitten auf einer Prothalliumzelle (Fig. 340 *Ap*) aufsitzen und aus derselben durch papillenartige Vorwölbung, Abgrenzung durch eine Querwand und weitere Theilung hervorgegangen sind. Im reifen Zustand enthalten sie innerhalb einer einschichtigen Wandung eine grössere Zahl von kleinen kugeligen Spermatozoidmutterzellen. Die Wandzellen bestehen aus zwei ringförmigen Zellen *A*, *B*, *C*, und der Deckelzelle *D*. Die Spermatozoidmutterzellen gehen aus der centralen Zelle durch Theilung hervor. Die Entleerung der Antheridien geschieht durch den Druck der anschwellenden Ringzellen unter Sprengung der Deckelzelle. So gelangen die rundlichen Spermatozoidmutterzellen ins

Wasser und entlassen nach einiger Zeit die pfropfzieherartig gewundenen, mit zahlreichen Cilien an den vorderen Windungen besetzten Samenfäden, an deren Hinterende ein Bläschen befestigt ist, das einig kleine Körnchen führt und einen unverbrauchten Rest des Inhaltes der Mutterzelle darstellt (Fig. 340 *D C*, Fig. 97 *B*).

Die Archegonien entstehen an älteren Prothallien, in der mehrschichtigen Mediane derselben. Sie gehen aus einzelnen Prothalliumzellen hervor und lassen einen eingesenkten Bauchtheil und einen Halstheil unterscheiden. Der Halstheil ragt hervor, besteht aus einer einschichtigen Wandung, die von vier Zellreihen gebildet wird (Fig. 341 *A, B*) und schliesst eine centrale langgestreckte Halscanalzelle ein.

Im Bauchtheile befindet sich die grosse Eizelle, über ihr die Bauchcanalzelle. Die Canalzellen werden aufgelöst und erfüllen den Canal mit einer stark lichtbrechenden quellbaren Substanz. Diese quillt bei Wasserzutritt, öffnet an der Spitze das empfängnisfähige Archegonium und tritt hervor. Eine in das umgebende Wasser diffundirende Substanz (Aepfelsäure Salze)

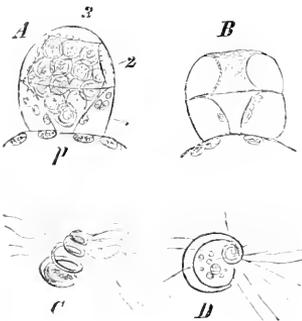


Fig. 340. *Polypodium vulgare*. *A* reifes, *B* entleertes Antheridium. *p* Prothalliumzelle. *1* und *2* Ringzellen, *3* Deckelzelle. *A* und *B* Vergr. 240. *C* und *D* Spermatozoiden Vergr. 540.

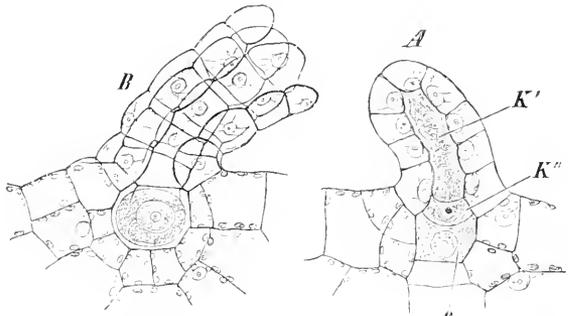


Fig. 341. *Polypodium vulgare*. *A* unreifes Archegonium. *K'* Halscanalzelle, *K''* Bauchcanalzelle, *o* Ei. *B* reifes geöffnetes Archegonium. Vergr. 240.

inducirt den Spermatozoiden die Bewegungsrichtung nach dem Archegonium. Nach der Aufnahme eines Spermatozoids in das Ei umgiebt sich die Eizelle mit Membran und entwickelt sich in der schon angegebenen Weise (vgl. Fig. 335), ohne einen Ruhezustand durchzumachen, zum Embryo der ungeschlechtlichen Generation.

Ausnahmsweise kann bei gewissen Farnkräutern der Sporophyt auf dem Prothallium durch directe vegetative Knospung sich entwickeln, ohne dass Sexualorgane mitwirken oder ausgebildet werden (Apogamie), und umgekehrt kommt es auch vor, dass an den Farnwedeln direct die Prothallien ohne Zwischentreten von Sporen producirt werden (Aposporie).<sup>69)</sup>

Officinell ist unter den Farnkräutern *Aspidium filix mas*, Rhizoma Filicis (Pharm. germ., austr., helv.), ferner das südeuropäische *Adiantum Capillus Veneris*, Frauenhaar, dessen Blätter benutzt werden: Folium Adianti s. Herba Capilli Veneris (Pharm. austr., helv.). Auch das nordamerikanische *Adiantum pedatum* liefert Folium Adianti (Pharm. helv.). Die seidewähnlichen glänzendbraunen langen Gliederhaare am Grunde der Blattstiele verschiedener Baumfarne, besonders von *Cibotium Baromet*; und anderen Arten dieser Gattung in Ostindien und auf den pacifischen Inseln liefern die als Wundwatte benutzten Paleae haemostaticae (Penaar Djambi, Pulu (Pharm. austr.).

## 2. Ordnung. *Hydropterides*, *Wasserfarne*.

Zu den Wasserfarne gehören nur einige wenige Gattungen von wasser- oder sumpfbewohnenden krautigen Gewächsen. Sie sind sämmtlich heterospor. Die Macro- und Microsporangien entspringen nicht wie die Sporangien der Filices frei an der Unterseite der Blätter, sondern sind in besondere, an der Basis der Blätter sitzende Behälter, sogen. Sporangienfrüchte oder Sporocarpien eingeschlossen.

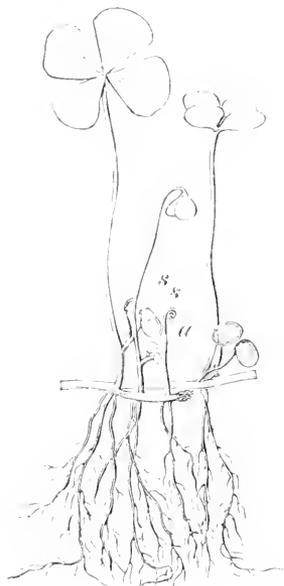


Fig. 342. *Marsilia quadrifoliata*.  
a junges Blatt, s Sporocarpien.  
Verkleinert. Nach Biscuotti.



Fig. 343. *Pilularia globulifera*.  
s Sporocarpien. Verkleinert.  
Nach Biscuotti.

Die Wasserfarne werden in zwei Familien mit je zwei Gattungen unterschieden, die *Marsiliaceen* und *Salviniaceen*. Zu ersteren gehört die ca. 50 Arten zählende Gattung *Marsilia*, die bei uns durch *M. quadrifoliata* vertreten ist Fig. 342. Dieselbe wächst auf sumpfigen Wiesen, hat eine kriechende dünne verzweigte Achse mit einzeln stehenden langgestielten Blättern, deren Spreite aus zwei dicht an einander gefüchten Fiederblattpaaren sich zusammensetzt. Ueber der Basis des Blattstiels entspringen paarweise, bei anderen Arten in noch grösserer Anzahl, die gestielten ovalen Sporocarpien, von denen ein jedes seiner Anlage nach dem assimilirenden 4 fiedrigen sterilen, hier aber ungliedert bleibenden Blatttheil entspricht. Die Sporangienorgane finden sich im Innern der Kapseln in 2 Reihen von Hohlräumen, die eine Zeit lang durch je einen nach der Bauchseite ausmündenden Canal nach aussen führen, zuletzt aber ganz geschlossen sind; es entstehen nämlich die Sporangien wie bei allen übrigen Farne 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 Farne.

Die zweite Gattung *Pilularia*, zu der als einheimische Art *P. globulifera*, ebenfalls auf sumpfigen Wiesen wachsend, gehört, unterscheidet sich von *Marsilia* durch einfache lineale Blätter, an deren Grunde die kugeligen in der Anlage dem sterilen Blatttheil entsprechenden Sporocarpien einzeln entspringen Fig. 343.

Die zweite Familie, *Salviniaceen*, enthält freischwimmende Wasserpflanzen. Die erste Gattung *Salvinia* ist in unserer Flora durch *S. natans* vertreten, deren wenig verzweigter Stengel an jedem Knoten drei Blätter trägt: die beiden oberen sind als ovale Schwimmblätter ausgebildet, das untere dagegen ist in zahlreiche in das Wasser herabhängende fadenförmige behaarte Zipfel getheilt und übernimmt die Function der fehlenden Wurzeln. An diesen Wasserblättern sitzen an Grunde der basalen Zipfel zu mehreren die kugeligen Sporocarpien Fig. 344, welche bei den Salviniaceen eine andere Entwicklungsgeschichte zeigen wie bei den Marsiliaceen. Die Sporangien entspringen am Grunde des Sporocarps auf einem säulenförmigen Receptaculum, das seiner Anlage nach einem modificirten Wasserblattzipfel entspricht. Die Hülle dagegen ist als Indusium aufzufassen, sie entsteht als Neubildung in

Form eines Ringwalles, der krugförmig und schliesslich hohlkugelförmig über dem Receptaculum mit seinem Sporangiensorus zusammenwächst. Die zweite Gattung *Azolla* ist vorwiegend tropisch und stellt kleine zierliche reichverzweigte Schwimmpflänzchen vor, mit dicht auf einander folgenden Blättchen in zweizeiliger Anordnung. Jedes Blatt besteht aus zwei Lappen, von denen der obere schwimmt und assimiliert, der untere ins Wasser taucht und an der Wasseraufnahme sich theiligt. 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 rindliche Sporenrüchle meist zu zwei unterseits am ersten Blatt einzelner Seitenzweige.

Der Bau der Sporangien und Sporen und die Entwicklung der Prothallien zeigen manche Unterschiede den Filices gegenüber. Sie mögen an dem Beispiel von *Salvinia natans* 79 erläutert werden. Die Sporocarpien enthalten entweder Microsporangien in grösserer Zahl oder Macrosporangien in geringerer Zahl Fig. 345 *A ma., mi.* Beiderlei Sporangien erinnern in ihrem Bau am ehesten an die Sporangien der leptosporangiaten Farnkräuter, sie sind gestielt, besitzen im reifen Zustand eine einschichtige dünne Wandung, aber keinen Ring *B D*. Die Microsporangien umschliessen eine grössere Anzahl von Microsporen, welche in eine schaumige erhärtete Zwischensubstanz eingebettet liegen und zwar ihrer Entstehung in Tetraden aus den Sporenmutterzellen entsprechend zu je vier genähert *C*. Die schaumige Zwischensubstanz geht hervor aus dem Plasma der Tapetenzellen, welche auch hier ihre Selbstständigkeit aufgeben und zwischen die Sporenmutterzellen einwandern.

Die Microsporangien platzen nicht auf, die Microsporen keimen vielmehr innerhalb derselben und entwickeln nur ein kurzes

schlauchförmiges männliches Prothallium, das nach aussen durch die Sporangiumwand hervortritt. Durch auf einander folgende Theilungen werden in diesen die Antheridien erzeugt Fig. 346. Jedes Antheridium erzeugt im Ganzen vier Spermatozoidmutterzellen, welche nach aussen durch Aufbrechen der Zellwände gelangen. Obwohl somit das ganze männliche Prothallium sehr reduciert erscheint, lässt es sich in seinem Aufbau unschwer auf die Prothallien der Filices zurückführen.

Die Macrosporangien sind grösser als die Microsporangien und besitzen ebenfalls eine einschichtige Wandung Fig. 345 *D*, enthalten aber nur eine einzige grosse Macrospore, indem nur eine der zahlreichen angelegten Sporen auf Kosten der übrigen sich weiter entwickelt. Die Macrospore ist mit grossen eckigen Proteinkörnern, mit Oeltröpfchen und Stärkekörnern dicht erfüllt; an ihrem Scheitel liegt dichteres Plasma und der Kern. Die Membran der Spore wird von einem derben braunen Exinium bedeckt und dieses ist von einer dicken schaumigen Hülle, dem Perinium, überlagert, welche der Zwischensubstanz des Microsporangiums entspricht und wie diese aus den Tapetenzellen hervorgeht, also der Spore aufgelagert wird. Die Macrospore bleibt von der Sporangiumwand umschlossen, wird mit dieser von der Mutterpflanze frei und schwimmt an der Wasseroberfläche. Bei ihrer Keimung wird in dem Plasma am Scheitel durch Theilung ein kleinzelliges weibliches Prothallium gebildet, während die darunter gelegene grosse Zelle mit ihrem Reichthum an Reservestoffen zu dessen Ernährung dient



Fig. 344. *Salvinia natans*. *A* von der Seite. *B* von oben, Verkleinert. (Nach BUCHNER.) *C* Keimpflanze, *msp* Macrospore, *p* Prothallium, *a* Stengel, *b<sub>1</sub> b<sub>2</sub> b<sub>3</sub>* die drei ersten Blätter, *b<sub>1</sub>* das sogen. Schildchen. Vergr. 15. (Nach PRINGSHEIM.)

und sich nicht weiter theilt. Die Sporenhaut platzt in drei Klappen auf, ebenso springt die Sporangienwand auf, und das grüne Prothallium ragt nun als kleines sattelförmiges Gebilde etwas hervor. Es entwickelt drei Archegonien: aber nur die betrachtete Eizelle des einen derselben kommt zur Weiterentwicklung und zur Anlage eines Embryo, welcher mit seinem Fuss in erweiterten und schliesslich gesprengten Archegoniumbauch steckt Fig. 347. Das erste Blatt der Keimpflanze Fig. 344 C hat schildförmige Gestalt, es schwimmt auf der Oberfläche des Wassers.

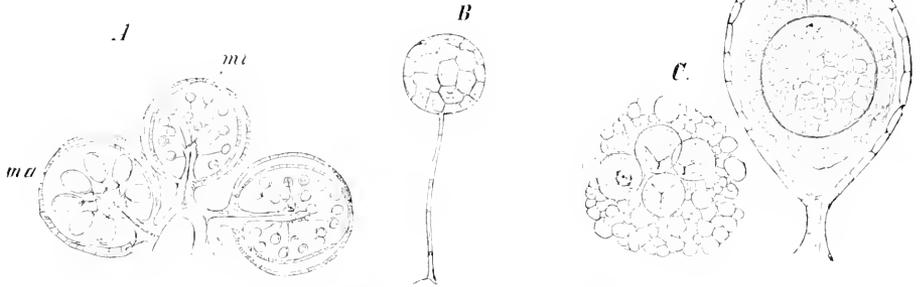


Fig. 345. *Salvinia natans*. A. *ma* Macrosporocarpium, *mi* Microsporocarpium in medianem Längsschnitt. Vergr. 8. B ein Microsporangium von aussen gesehen. Vergr. 55. C in schaumige Zwischensubstanz eingebettete Microsporen. Vergr. 250. D Macrosporangium und Macrospore, in medianem Längsschnitt. Vergr. 55.

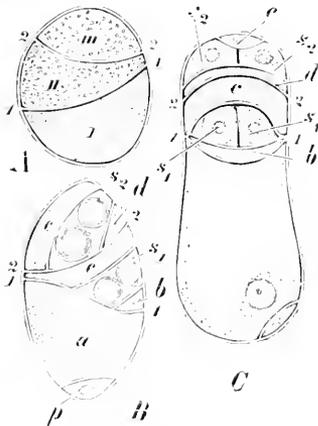


Fig. 346. *Salvinia natans*. Männliche Prothallien. A Theilung der Microsporen in drei Zellen. I. III. Vergr. 860. B fertiges Prothallium von der Flanke. C von der Bauchseite. Vergr. 640. Zelle I hat sich in die Prothalliumzellen *a* und *p* getheilt, *p* ist als Rhizoidezelle zu deuten. Zelle II in die sterilen Zellen *b*, *c* und die beiden spermatogenen Zellen *s<sub>1</sub>*, *s<sub>2</sub>*, von denen jede zwei Spermatozoidmutterzellen bildet. Zelle III in die sterilen *d*, *e* und die beiden spermatogenen Zellen *s<sub>1</sub>*, *s<sub>2</sub>*. Die Zellen *s<sub>1</sub>*, *s<sub>1</sub>* und *s<sub>2</sub>*, *s<sub>2</sub>* stellen zwei Antheridien vor, die Zellen *b*, *c*, *d*, *e* deren Wandungszellen. Nach BELADJEFF.

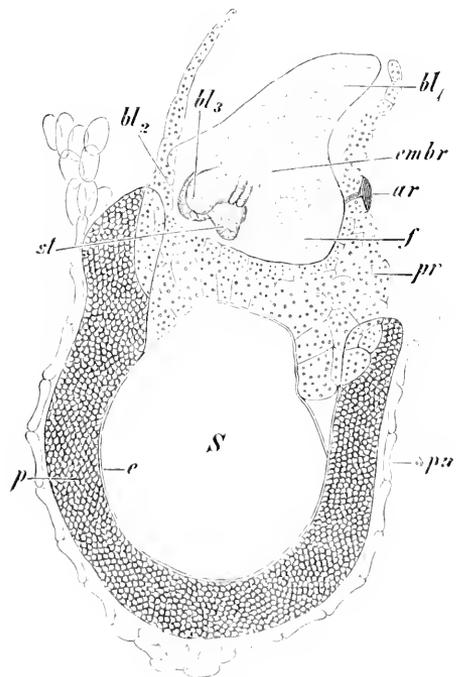


Fig. 347. *Salvinia natans*. Embryo im Längsschnitt. Prothallium *pr*, *s* Sporenzelle, *e* Exinium, *p* Peridium, *spw* Sporangiumwand, *embr* Embryo, *f* Fuss, *bl<sub>1</sub>*, *bl<sub>2</sub>*, *bl<sub>3</sub>* die drei ersten Blätter, *st* Stammscheitel. Vergr. 100. (Nach PRINGSHEIM.)

Bei *Avolla* <sup>71</sup> verläuft der Entwicklungsgang in ähnlicher Weise, aber die Sporangien und Sporen zeigen eine Reihe von Besonderheiten. In den Microsporangien werden die Sporen durch die von dem Plasma der Tapetenzellen stammende Zwischen substanz zu mehreren rundlichen Ballen, den sogen. Massulae, vereinigt. Jede Massula umschliesst eine Anzahl von Sporen und ist an der Oberfläche mit gestielten Widerhäkchen, sogen. Glochiden, Auswüchsen der Zwischensubstanz, besetzt. Die Sporangium wand platzt auf und entlässt die Massulae, welche im Wasser zu den Macrosporen gelangen. In den Macrosporangien, welche zu je 1 in jeder Frucht stehen, wächst nur eine Spore weiter, verdrängt alle anderen Sporenzellen, und presst schliesslich auch die Wandung des Macrosporangiums selbst flach zusammen, so dass dieselbe dicht an die eiförmige Sporenfrucht wandung zu liegen kommt; auch kann die Sporangium wandung dabei theilweise aufgelöst werden. Das Perinium umgibt die Macrospore als schaumige, mit Vertiefungen und fadenförmigen Verlängerungen versehene Haut und bildet an deren Scheitel einen Aufsatz von drei birnförmig gestalteten Körpern. Die Massulae haken sich in das Perinium fest. Die Sporenfrucht reißt am unteren Theile auf, ihr Scheitel verbleibt an der frei gewordenen Macrospore in Form eines Schirmes. Die Prothalliumbildung ist im Wesentlichen mit *Salvinia* übereinstimmend; an den kleinen wenigzelligen männlichen Prothallien, die aus den Massulae hervorgestreckt werden, entsteht aber nur ein einziges Antheridium mit acht Spermatozoiden.

Die Sporocarpien der *Marsiliaeaceen* sind complicirter gebaut, enthalten bei *Pilularia globulifera* vier Fächer, jedes mit einem Sorus, bei *Marsilia* zahlreiche Sori 14—18 in zwei Reihen über einander gelagert. Die Sori beider Gattungen enthalten zugleich Macro- und Microsporangien, während bei den *Salviniaeaceen* die Sori immer nur eine Art von Sporangien umschliessen.

Auch bei den *Marsiliaeaceen* ist im Grossen und Ganzen der Entwicklungsgang ein ähnlicher, jedoch erscheinen hier die Prothallien noch mehr reducirt. Die weiblichen kleinen Prothallien, die sich an Scheitel der Macrosporen ausbilden, bringen nur ein einziges Archegonium hervor.

## Klasse II.

### **Equisetinae, Schachtelhalme** <sup>72</sup>.

Die Schachtelhalme stellen eine ganz selbstständige Klasse vor und umfassen nur die Gattung *Equisetum*, die mit ihren 20 Arten eine weite Verbreitung auf der Erde aufweist. Die Arten sind theils Land- theils Sumpfpflanzen. Sie zeigen einen sehr charakteristischen Habitus und Aufbau ihrer ungeschlechtlichen Generation. Aus einem im Boden kriechenden, sich verzweigenden Rhizom entspringen aufrechte oberirdische Halme von meist nur einjähriger Lebensdauer. Bei *Equisetum arvense*, dem Ackerschachtelhalm, sowie auch bei anderen Arten werden seitliche kurze Rhizomäste in Form von rundlichen Knollen als Reservestoffbehälter und Ueberwinterungsorgane ausgebildet (Fig. 349 2 a). Die oberirdischen Halme bleiben entweder einfach, oder sie verzweigen sich in quirlig gestellte Aeste zweiter, dritter u. s. w. Ordnung. Alle Achsen sind aus gestreckten Internodien zusammengesetzt, innen von einem centralen Luftgang und von peripherischen Luftgängen sowie von einem Kreis von collateralen Gefässbündeln durchzogen (Fig. 348).

Eigenartig ist die Beblätterung der Schachtelhalme. An jedem Knoten steht ein Quirl von kleinen zugespitzten, unterwärts in eine manschettenartig den Stengel

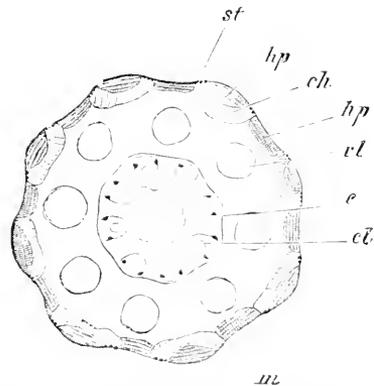


Fig. 348. *Equisetum arvense*. Querschnitt durch den Stengel. *m* lysigone Markhöhle, *c* Endodermis, *cb* Carinalhöhlen in den bicollateralen Gefässbündeln, *vl* Vallecularhöhlen, *hp* Sklerenchymstränge in den Riefen und Rippen, *cb* chlorophyllführendes Gewebe der primären Rinde, *st* Spaltöffnungsreihen. Vergr. 11.

manschliessende Scheide verwachsenen Schuppenblättern. Die Internodien sind mit ihrer Basis somit in diese Scheiden eingeschachtelt. Die aufeinander folgenden Quirle wechseln mit einander ab. Die Seitenzweige werden in den Achseln der Quirlscheibenblätter

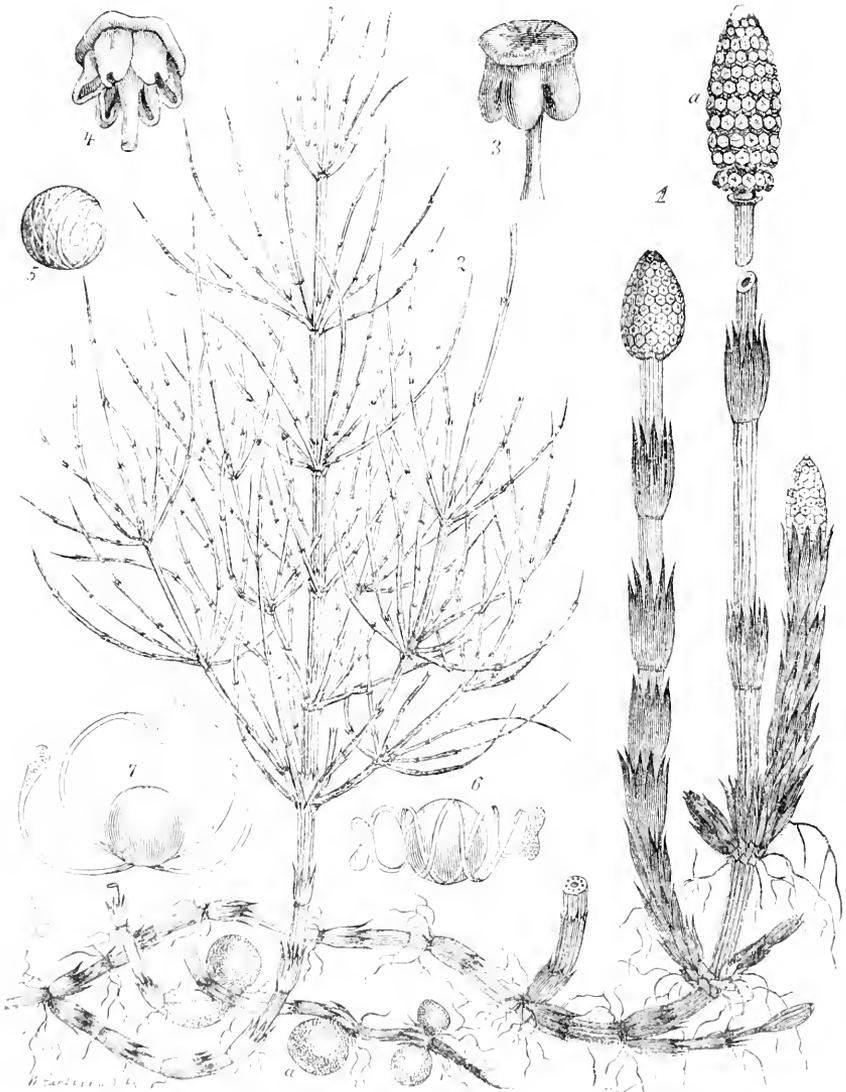


Fig. 319. *Equisetum arvense*. 1 fertiger Halm mit der Blüthe *a*. 2 unfruchtbarer, vegetativer Halm. *a* Rhizomknollen. 3 Sporophyll mit Sporangien. 4 die Sporangien mit Längs-riss aufgesprungen. 5, 6, 7 Sporen mit den Spiralbändern des Peridiums. Nach WOSSNIG.

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 Function der Assimilation und bilden unter ihrer Epidermis das chlorophyllführende Gewebe aus.

Die Sporangien der Schachtelhalme werden von besonders gestalteten Blättern, Sporophyllen, erzeugt. Dieselben stehen in dicht auf einander folgenden Quirlen am Gipfel der aufrechten Sprosse in Form eines ovalen oder kugeligen Sporangiumstandes oder Sporophyllstandes Fig. 349 *1 a*., welcher in seinem Aufbau der männlichen Blüthe der Coniferen entspricht und demgemäss auch als Blüthe zu bezeichnen ist. Der unterste Quirl ist steril, bildet einen kurzen Kragen. Die Sporophylle selbst haben die Form eines gestielten Schildes, an dessen Unterseite 5—10 sackförmige, mit Längsriess aufspringende Sporangien sitzen Fig. 349 *3, 1*. Das sporenbildende Gewebe ist im jüngeren Sporangium von einer mehrschichtigen Wandung umgeben. Während die inneren Lagen als sogen. Tapetenzellen aufgelöst werden und mit ihrem Plasma zwischen die sich abmündenden Sporen eindringen, bleibt bei der Reife nur die äussere Schicht als definitive Wandung erhalten; ihre Zellen erhalten Spiral- und Ringfaserverdickungen und gleichen die Sporangien darin ganz den ihnen homologen Pollensäcken der Phanerogamen. Das geöffnete Sporangium entleert zahlreiche rundliche grüne Sporen mit höchst eigenthümlich beschaffener Membranbildung. Ausser der eigentlichen, aus Intine und Exine bestehenden Sporenmembran ist ein dieser von dem Plasma der Tapetenzellen aufgelagertes Perinium Episor vorhanden. Dasselbe besteht Fig. 349 *5—7* aus zwei spiralförmig gewundenen, an einem Punkt sich kreuzenden Bändern, die sich beim Austrocknen der Sporen ablösen und ausbreiten, bei Zutritt von Feuchtigkeit aber wieder zusammenlegen und durch ihre hygroskopischen Bewegungen dazu dienen, die Sporen, welche eingeschlechtige Prothallien bilden, in einander zu haken.

Bei gewissen Schachtelhalmarten hat sich ein Unterschied in der Ausgestaltung der oberirdischen Halme herausgebildet. Theils bleiben dieselben steril, verzweigen sich reichlich, theils tragen sie an ihrem Ende die Blüthen und verzweigen sich dann später sparsamer oder überhaupt nicht in unfruchtbare Seitenzweige. Am ausgeprägtesten ist dieser Unterschied bei *Equisetum arvense* und *E. telmateja*, bei denen die fertilen Halme ganz einfach sind, an ihrem Ende mit einer einzigen Blüthe abschliessen Fig. 349 *1* und sich auch durch den Mangel des Chlorophylls und ihre blassgelbliche Färbung von den vegetativen Halmen unterscheiden. Sie verhalten sich also gleichsam wie auf dem Rhizom lebende parasitische Sprosse.

Die Sporen sind sämmtlich von gleicher Beschaffenheit und keimen zu thallosen Prothallien aus. Die Prothallien sind meist diöisch. Fig. 350 stellt ein männliches Prothallium von *Equisetum arvense* dar mit den zuerst gebildeten in das Gewebe etwas eingesenkten Antheridien *a*. Die weiblichen Prothallien erreichen bedeutendere Grösse und verzweigen sich reichlicher in dorsiventrale krause Lappen, an deren Grunde die Archegonien sitzen. Letztere sind ganz ähnlich wie bei den Farne 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. Auch die Embryoentwicklung stimmt im Wesentlichen mit den Farne überein, nur treten die ersten Blätter gleich in einem Quirl angeordnet auf und umwallen ringförmig den Stammscheitel, welcher mit dreiseitiger Scheitelzelle weiterwächst Fig. 163, 164, S. 123.

Die äusseren Membranen der Stengelepidermis sind bei den Schachtelhalmen mehr oder weniger stark mit Kieselsäure imprägnirt, in besonderem Maasse bei *Equisetum hiemale*, welches ebenso wie auch *E. arvense* in Folge dessen zum Scheitern von metallenen Gefässen, zum Poliren von Holz und zu ähnlichen Zwecken Verwendung findet.

Das im tropischen Amerika einheimische *Equisetum giganteum* ist die grösste Art der Gattung, sie erhebt sich halbkletternd im Gestrüch mit ihren bis 2 cm dicken quirlig verzweigten Halmen bis über 12 m Höhe.



Fig. 350. *Equisetum arvense*. Männliches Prothallium mit drei Antheridien *a*. Vergr. 200. (Nach Hofmeister.)

## Klasse III.

## Lycopodinae, Bärlappgewächse.

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

Während bei Filicinen und Equisetinen die Sporophylle stets zahlreiche Sporangien erzeugen, tragen sie hier diese Organe in der Einzahl am Grunde der Blattoberseite oder in ihrer Achsel. Bei manchen Lycopodinen sind die Sporophylle von den sterilen Blättern kaum verschieden, bei den meisten aber anders gestaltet und an den Sprossenden zu ährenförmigen Sporophyllständen oder Blüten, ähnlich wie bei *Equisetum*, vereinigt. Die Sporangien der Lycopodiaceen sind im Verhältniss zu den Blättern relativ gross, sie entstehen aus einem sich vorwölbenden Gewebehöcker, welcher aus der Epidermis und den darunter gelegenen Zellen hervorgeht, also in derselben Weise wie bei den eusporangiaten Filices und den Equisetinen, während bei allen übrigen Pteridophyten das Sporangium stets aus einer Epidermiszelle allein seinen Ursprung nimmt. Die innerste Schicht der Wandung, Tapetenschicht, wird nicht aufgelöst. Ringbildung fehlt. Die Sporangien öffnen sich durch eine über den Scheitel laufende Spalte mit zwei Klappen. Die Spalten sind durch zwei Reihen dünn bleibender Zellen vorgebildet. Nur bei *Isoetes* werden die Sporen durch Verwesung der Sporangiumwand frei. Während *Lycopodium* homosporie Sporangien aufweist, treffen wir bei den übrigen Lycopodinen Heterosporie an und zugleich eine weitgehende Reduction und sehr eigenartige Ausbildung des Prothalliums; bei *Lycopodium* dagegen sind die Prothallien wohl entwickelt und zeigen unter allen Pteridophyten die complicirteste Structur. Im Verhalten der geschlechtlichen Generation

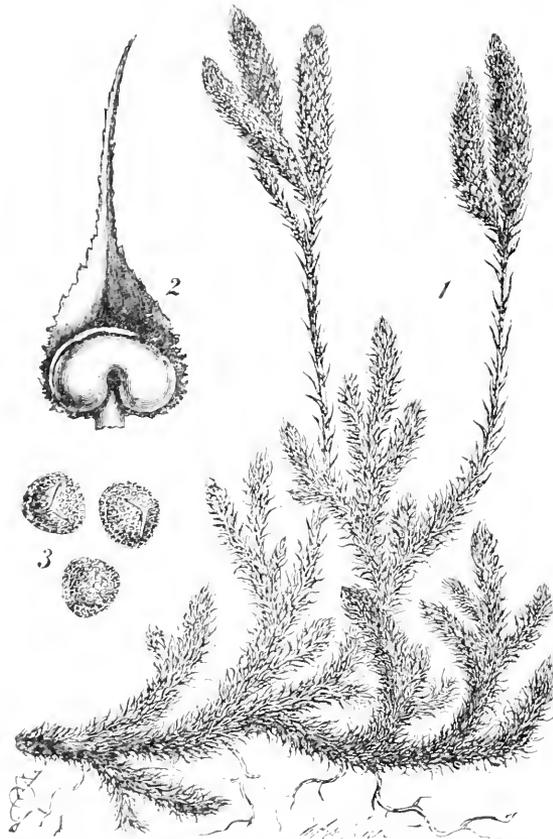


Fig. 351. *Lycopodium clavatum*. 1 Sporangien tragende Pflanze. 2 schuppenförmiges Sporophyll mit dem Sporangium. 3 Sporen stark vergrössert. (Nach WOSSNIO, Officinell.)

Die innerste Schicht der Wandung, Tapetenschicht, wird nicht aufgelöst. Ringbildung fehlt. Die Sporangien öffnen sich durch eine über den Scheitel laufende Spalte mit zwei Klappen. Die Spalten sind durch zwei Reihen dünn bleibender Zellen vorgebildet. Nur bei *Isoetes* werden die Sporen durch Verwesung der Sporangiumwand frei. Während *Lycopodium* homosporie Sporangien aufweist, treffen wir bei den übrigen Lycopodinen Heterosporie an und zugleich eine weitgehende Reduction und sehr eigenartige Ausbildung des Prothalliums; bei *Lycopodium* dagegen sind die Prothallien wohl entwickelt und zeigen unter allen Pteridophyten die complicirteste Structur. Im Verhalten der geschlechtlichen Generation

erinnern die heterosporen Lycopodinen vielfach an die ebenfalls heterosporen Hydropteriden.

Charakteristisch für die Lycopodinen ist die dichotome Verzweigung ihrer Stengel (Fig. 18, 19, S. 15) und Wurzeln. Nur die Gattung *Isoetes* hat einen unverzweigten knolligen Stamm.

### 1. Ordnung. *Lycopodiaceae*.<sup>73</sup>.

Die zahlreichen über die ganze Erde verbreiteten Arten der Gattung *Lycopodium*, Bärlapp, sind krautige, meist erdbewohnende Gewächse: in den Tropen giebt es aber auch epiphytische Formen. Eine der häufigsten Arten unserer Flora ist *Lycopodium claratum*. Der Stengel dieser wie auch anderer Arten kriecht weit über den Boden hin, verzweigt sich gabelig in aufsteigende Seitenäste und ist dicht mit linealpflanzlichen kleinen Blättchen besetzt. Auf der Unterseite der Stengel entspringen dichotom verzweigte Wurzeln (Fig. 351). Die ährenförmigen Blüten stehen zu zwei oder mehreren

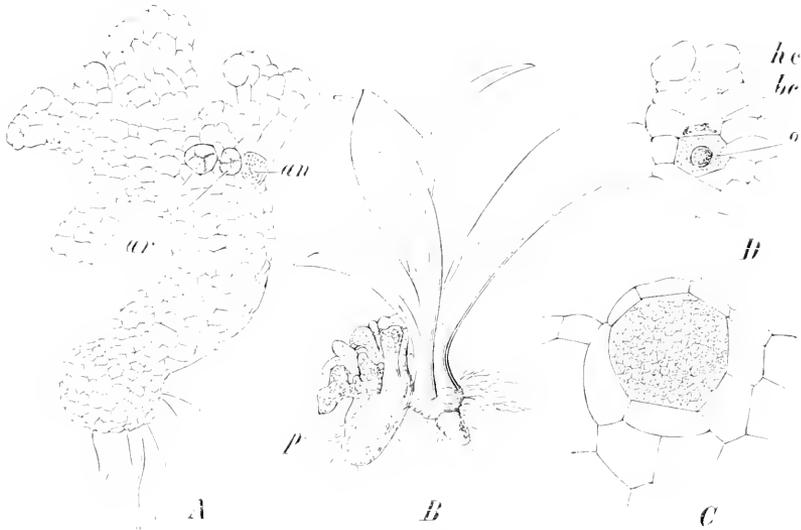


Fig. 352. *Lycopodium cernuum*. A Prothallium mit zwei Archegonien *ar* und einem Antheridium *an*. Vergr. 70. B älteres Prothallium *p* mit ansitzender Keimpflanze. Vergr. 15. C Schnitt durch ein Antheridium. Vergr. 250. D Archegonium, *o* Eizelle, *bc* Bauchcanalzelle, *hc* aufgelöste Halscanalzelle. Vergr. 250. Nach TREUB.

an den Enden von aufrechten dichotom verzweigten Stengeln und setzen sich aus dicht auf einander folgenden Sporophyllen zusammen. Die Letzteren haben andere Form wie die sterilen Stengelblättchen, sind breit schuppenförmig, laufen in eine lange Spitze aus und tragen am Grunde ihrer Oberseite je ein grosses nierenförmiges, durch eine Querspalte zweiflügelig aufspringendes Sporangium mit zahlreichen winzigen Sporen (Fig. 351 2).

Das einheimische *Lycopodium Selago* weicht in seinem Habitus von den übrigen Arten ab, seine gabelig verzweigten Stengel sind alle aufrecht und die Sporophyllstände sind von der vegetativen Region der Zweige nicht abgesetzt.

Die Lycopodiumsporen sind alle gleichgestaltet, in Folge ihrer Entstehung in Tetraden von kugeltetraëdrischer Gestalt. Ihre Exine ist mit netzförmigen Verdickungsleisten versehen.

Die aus den Sporen hervorgehenden Prothallien sind erst für eine kleinere Anzahl von Arten bekannt geworden und zeigen bemerkenswerthe Verschiedenheiten. Bei *L. claratum* und dem nahe verwandten *L. annulatum* stellen sie unterirdische, saprophytisch lebende, kleine weissliche Knüllchen dar, welche anfangs kreiselförmig gestaltet.

später durch Auswachsen der Randpartie zu vielgestaltigen, becherförmigen, wulstigen, buchtig gelappten, bis ca. 2 cm grossen Gewebekörpern werden, die mit langen Wurzelhaaren besetzt sind und auf ihrer oberen Fläche zahlreiche Antheridien und Archegonien tragen. Bei *L. complanatum* sind diese unterirdischen Gewebekörper rübenförmige, bei *L. Selago* dagegen rundliche oder cylindrisch langgestreckte und gekrümmte Knöllchen, welche bei letzterer Art auch an der Oberfläche des Erdbodens sich entwickeln können und dann ergrünen. Anders dagegen verhält sich das auf feuchtem Torfboden lebende kleine *L. imbricatum* unserer Flora und das tropische mit aufrechten reichverzweigten Sprossen versehene *L. cornutum* Fig. 352, deren Prothallien kleine im Boden steckende und mit Rhizoiden besetzte chlorophyllarme Gewebekörper vorstellen, die am oberen Ende grüne oberirdische Thalluslappen entsenden. Die Archegonien entspringen am Grunde dieser Thalluslappen, die Antheridien auch auf den Lappen selbst.

Die Prothallien sind alle monöcisch. Die Antheridien Fig. 352 *C* sind in das Gewebe etwas eingesenkt und umschliessen zahlreiche Spermatozoidmutterzellen, aus denen die kleinen ovalen, unter ihrer Spitze zwei Cilien tragenden Spermatozoiden frei werden. Die Archegonien Fig. 352 *D*, sind ähnelich wie bei den Farne beschaffen, haben aber einen kürzeren Halstheil, dessen oberste Zellen beim Öffnen zu Grunde gehen. Die Zahl der Halscanalzellen ist bei den einzelnen Arten verschieden 1, 3—5, oder 6—10. Die Embryoentwicklung verläuft in anderer Weise als bei den Farnekräutern und zeigt gewisse Ähnlichkeit mit derjenigen von Selaginella Fig. 357. Es wird ein Embryoträger oder Suspensor gebildet, der aber auf dem Fussende des Embryos oder zwischen Fuss und Stammknospe steht.

Officinell sind die Sporen von *Lycopodium claratum* und anderer Arten (*Lycopodium*, Pharm. germ., austr., helv.). Sie werden als Hexenmehl bezeichnet.

## 2. Ordnung. Selaginellaceae<sup>(71)</sup>.

Die Gattung *Selaginella* ist bei uns nur durch einige wenige Arten, in den Tropen dagegen durch zahlreiche Formen vertreten. Sie besitzen theils niederliegende am Boden kriechende, reich gabelig, mit sympodialer Ausbildung verzweigte, theils aufrechte verzweigte Stengel, einige sind rasenbildend, andere klettern sogar mit mehrere Meter langen Stengel im Gestrüch 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. 353, deren Stengel zwei Reihen kleiner sogen. Oberblätter, und zwei Reihen diesen gegenüberstehender grösserer Unterblätter trägt. Die Blätter der Selaginellen sind ausgezeichnet durch eine der Blattoberseite am Grunde entspringende kleine häutige Ligula.

Die Sporophyllstände oder Blüten verhalten sich ähnelich wie bei Lycopodium, sind endständig, einfach oder verzweigt, radiär, seltener dorsiventral. Jedes Sporophyll trägt nur ein über der Blattachsel aus dem Stengel entspringendes Sporangium. In derselben Blüthe treten sowohl Macro- als auch Microsporangien auf. In den ersteren Fig. 354 *A—C* gehen die angelegten Sporenmutterzellen alle zu Grunde bis auf eine, welche die vier grossen paarweise gekrenzten und die Sporangienwand buckelig vorwölbenden Sporen liefert. Das Aufspringen vollzieht sich auf vorgezeichneten Dehiscenzlinien in zwei auf einem basalen kahlförmigen Theile stehenden, sich zurückkrümmenden Klappen: durch den Druck des sich verengenden Kahnthails und der Klappen werden die Sporen herausgeschleudert. In den flachen Microsporangien sind zahlreiche kleine Sporen vorhanden. Die Öffnung geschieht hier in ähnlicher Weise, nur ist der kahlförmige Theil viel kürzer, die Klappen reichen fast bis zur Basis.

Die Microsporen beginnen ihre Weiterentwicklung schon innerhalb des Sporangiums. Die Sporenzelle theilt sich zunächst in eine kleine linsenförmige, der Rhizoidele von *Salvinia* Fig. 316 entsprechende Zelle und in eine grosse Zelle, welche successive in acht sterile Prothallien- oder Wandzellen und zwei oder vier centrale spermatogene Zellen sich weiter theilt Fig. 355 *A*. Durch weitere Theilung der letzteren Zellen, die ein einziges Antheridium vorstellen, entstehen die sich abrundenden Spermatozoidmutterzellen in grösserer Anzahl *B—D*. Die Wandzellen lösen alsdann ihre Wände auf und werden zu einer Schleimschicht, in welcher die centrale Masse der Spermatozoidmutter-

zellen eingebettet liegt *E*. Die kleine Prothalliumzelle bleibt hingegen erhalten. Das ganze männliche Prothallium ist bis zu diesem Stadium von der Microsporenhaut noch umschlossen; schliesslich bricht diese auf und die Mutterzellen werden frei, um die keulenförmigen, an der Spitze mit zwei langen Cilien versehenen Samenfäden zu entlassen. Die Bildung dieses reducirten Prothalliums erinnert an die gleichartigen Vorgänge bei den Hydropteriden.

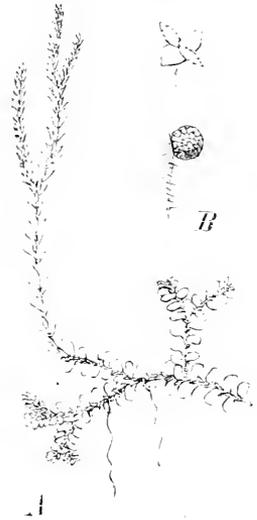


Fig. 353. A *Selaginella helvetica*. Nat. Gr. Nach der Natur. B *S. denticulata*. Keimpflänzchen mit der Macrospore. Vergr. Nach BISCHOFF.

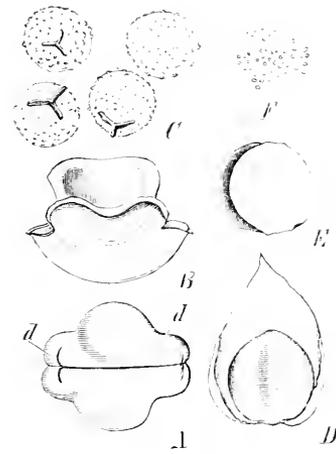


Fig. 354. *Selaginella helvetica*. A Macrosporangien von oben mit Dehiscenzlinie *d*. B geöffnet von der Seite, die vier Macrosporen *C* ausgeschleudert. D Microsporangien in der Achsel des Schuppenblattes von innen, E geöffnet, F Microsporen. Vergr. ca. 15.

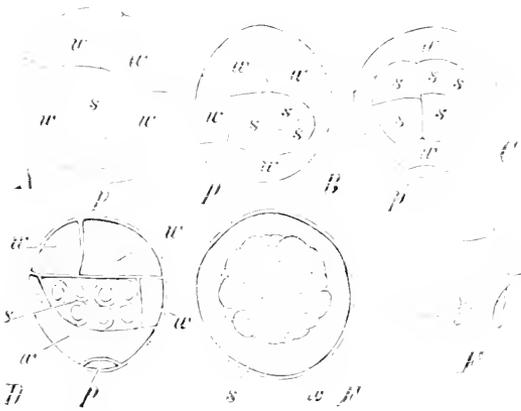


Fig. 355. A *E Selaginella stolonifera*. Vergr. 640. Keimung der Microsporen, successive Stadien. *p* Prothalliumzelle als Rhizoidzelle aufzufassen. *w* Antheridiumwandzellen, *s* spermatogene Zellen. A, B, D von der Seite, C vom Rücken. In E die Prothalliumzelle nicht sichtbar, die Wandzellen aufgelöst, umgeben die Spermatozoidmutterzellen. F *Sel. cuspidata*, Spermatozoiden. Vergr. 780. Nach BELAJEFF.

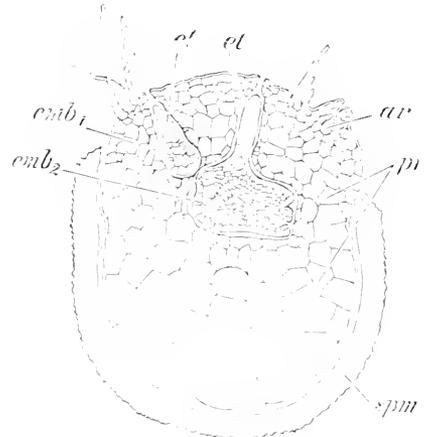


Fig. 356. *Selaginella Martensii*. Weibliches Prothallium, aus der am Scheitel geöffneten Macrosporenmembran *spm* hervortretend. *ar* unbefruchtetes Archegonium, *emb1*, *emb2* zwei in das Prothalliumgewebe eingesenkte Embryonen mit den Embryoträgern *el*. Vergr. 121. Combinirt nach PFEFFER.

Auch die Macrosporen beginnen, allerdings nicht bei allen Arten, ihre Weiterentwicklung schon, wenn sie noch im Sporangium eingeschlossen liegen. Der Zellkern theilt sich in Tochterkerne, die in dem Wandplasma am Scheitel sich vertheilen, und nun beginnt hier die Ansbildung von Zellwänden. So wird vom Scheitel bis zur Basis fortschreitend die Spore durch Vielzellbildung ganz mit grossen Prothallienzellen angefüllt; zugleich beginnt aber auch in derselben Richtung die weitere Theilung dieser Zellen in kleinzelliges Gewebe. In dem kleinzelligen Gewebe werden am Scheitel einige wenige Archegonien angelegt und zwar manchmal bereits, wenn die Spore noch nicht vom Prothalliumgewebe ganz ausgefüllt ist. Meist werden die Archegonien erst gebildet, wenn die Sporen aus dem Sporangium entleert sind.

Die Sporenwand platzt schliesslich am Scheitel auf und das kleinzellige farblose Prothallium tritt etwas hervor und bildet auch einige Rhizoiden. Es erfolgt dann die Befruchtung von ein oder zwei Archegonien und die directe Weiterentwicklung der befruchteten Eizellen zum Embryo Fig. 356.

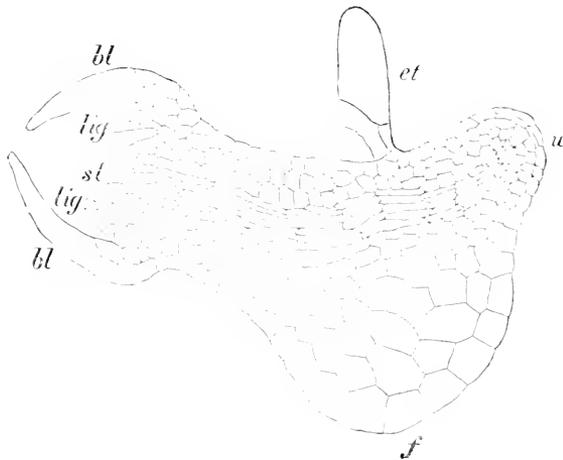


Fig. 357. *Selaginella Martensii*. Längsschnitt durch einen noch nicht aus der Spore hervorgebrochenen Embryo. *et* Embryoträger, *w* Wurzel, *f* Fuss, *bl* Blätter, *lig* Ligula, *st* Stammscheitel. Vergr. 165. Nach PRERRER.

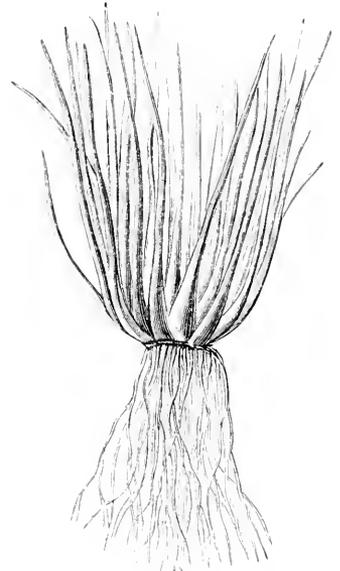


Fig. 358. *Isoetes lacustris*.  
1/2 nat. Gr.

In der Entwicklung des Embryo erinnert *Selaginella* mit einigen Unterschieden am meisten an *Lycopodium*. Das Ei theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen und die obere derselben vergrössert sich stark, geht in ihrer unteren Partie noch einige Theilungen ein und wird auch hier zu dem Embryoträger oder Suspensor Fig. 357 *et*, während aus der unteren Zelle durch weitere Theilungen der sich in das erste Blattpaar, den Stammscheitel, Wurzel und Fuss gliedernde Embryo hervorgeht *w, f, bl, st*. Der Fuss hat hier eine andere Lage als bei *Lycopodium*. Schon an dem ersten Blattpaar treten die Ligulargebilde als Aussprossungen der Blattbasis auf *lig*.

Der Embryoträger steht senkrecht zur Achse des Keimlings und dient dazu, den sich entwickelnden Embryo in das Prothalliumgewebe, aus dem er seine Nährstoffe mittels des Fusses bezieht, vorzuschieben. Schliesslich wächst der Sprossscheitel mit dem ersten Blattpaar nach oben, die Wurzel nach unten aus der Macrospore hervor; die junge Keimpflanze bleibt mit dem Fuss in dem Prothalliumgewebe derselben stecken, so dass das Ganze den Eindruck eines keimenden Phanerogamensamens hervorruft Fig. 353 B.

### 3. Ordnung. *Isoetaceae*<sup>75</sup>.

Hierher gehört nur die isolirt stehende Gattung *Isoetes*, Brachsenkraut, die als selbstständiger Zweig der in frühen Erdperioden viel formenreicheren Klasse anzusehen ist,

übrigens auch einige Beziehungen zu den ensporangiaten Filices aufweist. Die Isoetes-Arten sind theils untergetauchte, theils auf feuchtem Boden lebende perennirende Kräuter mit knolliger gestauchter Achse, die nach unten ein Büschel von dichotom sich gabelnden Wurzeln, nach oben eine dichte Rosette von langen pfriemförmigen, steifen, von vier Luftcanälen durchzogenen Blättern trägt (Fig. 358). Die Blätter verbreitern sich am Grunde zu einer breiten Scheibe und sind an der Innenseite über der Insertion mit einer länglichen grubenartigen Vertiefung, der Fovea, versehen, auf deren Grunde ein einziges sitzendes grosses Sporangium erzeugt wird. Ueber der Fovea ist die Ligula als dreieckiges Häutchen mit eingesenkter Basis inserirt. Im Habitus weicht also Isoetes von den übrigen Gattungen bedeutend ab, mit Selaginella ist ihr die Ligula gemeinsam.

Die Macrosporangien sitzen an den äusseren Blättern der Rosette, die ihnen ähnlichen Microsporangien an den inneren. Beide sind hier von querverlaufenden sterilen Gewebesträngen durchsetzt und unvollständig gefächert. Die Sporen werden erst durch Verwesung der Behälter frei.

Die Entwicklung der geschlechtlichen Generation geschieht in ähnlicher Weise wie bei Selaginella. Das reducirte männliche Prothallium entwickelt sich bereits in der Spore. Es wird auch hier die Sporenzelle in eine kleine linsenförmige Prothalliumzelle und eine grössere, als Anlage eines einzigen Antheridiums, zerlegt. Die grosse Zelle theilt sich weiter in vier sterile Wandzellen, welche allseitig zwei centrale spermatogene Zellen umschliessen. Aus jeder der letzteren entstehen zwei Spermatozoidmutterzellen, im Ganzen also vier, die nun nach dem Aufplatzen der Sporenhülle nach aussen gelangen und die spiralgewundenen, mit Anhang versehenen und am vorderen Ende mit einem Cilienbüschel besetzten Samenfäden entlassen. Wie bei Selaginella bleibt auch hier das weibliche Prothallium in der Macrospore eingeschlossen und ist nicht zu selbstständigem Wachstum befähigt. In seiner Bildung zeigt es wie bei Selaginella Annäherung an die Coniferen, indem zunächst der Kern der Macrospore in zahlreiche freie wandständige Tochterkerne sich theilt, bevor die Zellwände, vom Scheitel der Spore zur Basis längs der Wandung fortschreitend, angelegt werden. Die ganze Spore wird so mit einem Prothallium erfüllt, an dessen Scheitel die Archegonien zur Entwicklung kommen. Der Embryo besitzt keinen Embryoträger. Im Bau des Embryos und der Spermatozoiden entfernt sich Isoetes von den übrigen Lycopodiaceen.

## Die fossilen Cryptogamen <sup>(76)</sup>.

Die aus früheren Erdperioden in fossilem Zustand erhaltenen Reste von Cryptogamen geben uns über die phylogenetischen Beziehungen der Klassen der Thallophyten und Bryophyten keinerlei Aufschluss. Verbindende Formen zwischen Algen und Moosen wie auch zwischen Moosen und Pteridophyten sind bis jetzt nicht nachgewiesen worden; dahingegen hat die Phytopaläontologie uns mit interessanten, schon frühzeitig ausgestorbenen Typen der Pteridophyten bekannt gemacht, welche das System der jetzt lebenden Farne, Schachtelhalme und Bärlappe wesentlich ergänzen und zum Theil auch den Uebergang von den Farnen zu den Gymnospermen vermitteln.

Weitans die meisten **Thallophyten** sind in Folge ihrer zarten Structur zu fossiler Erhaltung überhaupt nicht geeignet. Aus dem Mangel von Resten mancher Thallophytenklassen in älteren Schichten ist also der Schluss auf die damalige Nichtexistenz derselben nicht zulässig. Reste von Algen unbestimmbarer Verwandtschaft sind schon im Silur gefunden. Unter den Algenresten lassen sich am sichersten, Dank ihrer guten Erhaltung, die zu den *Siphonaceen* gehörigen Kalkalgen bestimmen, von denen man zahlreiche Formen aus dem Tertiär, bis hinauf zum Silur, nachgewiesen hat, während die mit Kalk imprägnirten *Corallinaceen*, zu den Rothalgen gehörend, vom obern Jura aufwärts erscheinen. Unter den einzelligen Algen sind die mit verkieselter Membran versehenen *Diatomeen* ebenfalls gut erhalten, vom Jura an aufwärts, besonders in Kreide und Tertiär oft in mächtigen Lagern von Kieselgallur vertreten, und sämmtlich noch jetzt lebenden Gattungen angehörend. Die *Characeen* erscheinen ziemlich häufig vom Tertiär ab, und gehen hinauf

in einzelnen Resten bis zum Muschelkalk. Die meisten jetzt lebenden Algensippen sind erst vom Tertiär an sicher nachweisbar.

*Bacterien* dürften seit den ältesten Zeiten ihre Zersetzungsrarbeit an organischen Substanzen verrichtet haben und konnten zum Beispiel in Pflanzenresten aus dem Carbon erkannt werden. Auch die *Hyphomyceten* und wahrscheinlich auch die *Mycomyceten* waren im Carbon schon vertreten: so sind *Ascomyceten* in Blättern und Stämmen in allen Schichten vom Carbon an gefunden. Reste von *Flechten* jetzt noch lebender Gattungen erscheinen im Tertiär.

II. Von *Bryophyten* entstammen die meisten der im Allgemeinen sparsam fossil erhaltenen Formen dem Tertiär und zeigen die grösste Aehnlichkeit mit recenten Gattungen. Nur vereinzelte Reste von Leber- und Laubmoosen fanden sich in älteren Schichten, im Jura, in der oberen Trias.

III. Die *Pteridophyten* reichen in der Reihe der Formationen bis in das Silur zurück, herrschen im Carbon vor, indem sie die Hauptmasse der Landvegetation der Steinkohlendora lieferten, und treten dann weiterhin zurück gegenüber den höheren Stufen der Gymnospermen und schliesslich der Angiospermen.

1. Die Klasse der *Filicinae* ist in der Ordnung der *Filices*, Farnkräuter, schon vor dem Ende des Silurs und besonders reich im Carbon vertreten. Sie zeigten in den paläozoischen Schichten bereits im Wesentlichen dieselbe Organisation: die meisten der heute lebenden Familien waren vertreten, und einzelne derselben z. B. die *Marsilium* sogar in grösserem Artenreichthum. Aus den Filicinen, welche gegen die übrigen Klassen scharf abgesetzt sind, dürften durch Vermittlung der allerdings nur in ihren vegetativen Organen bekannten *Cycadofilices*, Farn-ähnlichen Gewächsen mit secundärem Dickenwachsthum der Gefässbündel, die Phanerogamen, zunächst die Cycadaceen hervorgegangen sein, während die übrigen Klassen der Pteridophyten keine Weiterbildung zu höheren Stufen erfuhren.

Die *Wasserfarne* sind mit Sicherheit meist erst im Tertiär nachweisbar, *Selaginia* und *Marsilia* lassen sich aber auch bis in die Kreide zurückverfolgen.

2. Die Klasse der *Equisetinae*, heute nur noch in der einzigen, bis in die Trias zurückreichende Gattung *Equisetum* vertreten, war im Paläozoicum sehr reich entwickelt in der grossen, besonders im Carbon sehr häufigen Ordnung der *Calamariaceae*, habituell den Schachtelhalmen ähnliche, in einzelnen Arten wohl bis 30 m hohe baumartige Gewächse, deren mit Periderm bedeckte, hohle, monopodial quirlig verzweigte Stämme *Calamites* secundäres Dickenwachsthum aufwiesen. Ihre Blätter *Anularia* standen in abwechselnden Quirlen, waren schmallaunzeltlich, anfangs zu einer Scheide verbunden, später sich trennend, und in dem ältesten Typus *Archaeocalamites* noch dichotom getheilt. Die Sporangienstände oder Blüten *Calamostachys* hatten theils denselben Bau wie Equisetum, bei den meisten aber complicirteren, indem sie sich aus abwechselnden Quirlen von Schuppenblättern und Sporophyllen zusammensetzten. Interessant ist die Thatsache, dass die Calamariaceen, z. Th. wenigstens, heterospor waren.

3. Auch die Klasse der *Lycopodiinae* war in den paläozoischen Epochen ungemein reich vertreten und zwar in erster Linie in den zwei grossen ausgestorbenen Ordnungen der *Sigillariaceae* und der *Lepidodendraceae*. Die *Sigillariaceae* sind vom Culm ab gefunden, im Carbon am artenreichsten und reichen mit einer Art noch in den Buntsandstein hinein. Es waren stattliche baumartige Gewächse mit mächtigen in die Dicke wachsenden säulenförmigen, meist einfachen oder nur wenig gegabelten Stämmen, oben mit langen pfriemlichen Blättern versehen, an Schaft bedeckt mit den Längszeiten sechseckiger Blattnarben, mit stammbürtigen, langgestielten zapfenförmigen Blüten, deren Sporangien nur einerlei Sporen enthielten.

Die *Lepidodendraceae*, vom Unterdevon bis in das Rothliegende, besonders aber im Carbon verbreitet, waren ebenfalls baumartige Pflanzen, aber mit dichotom verzweigten rhombisch gefelderten, in die Dicke wachsenden Stämmen, an denen oben die meist piramidig angeordneten, schmalen, bis 15 cm langen Blätter auf rhombischen Blatkissen sasssen. Die zapfenförmigen Blüten *Lepidostrobus* entsprangen endständig oder am Stamme selbst und enthielten Macro- und Microsporangien, je eins auf jedem Sporophyll.

Schon im Carbon waren aber auch krautige Lycopodiaceen vorhanden, die Vorläufer der heutigen *Lycopodium*-Arten, während *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 Lycopodiinen und Equisetinen einnimmt und vielleicht den gemeinsamen Ausgangsformen dieser drei Gruppen am meisten sich nähert, besonders in dem ältesten Typus *Cheirostrobus* aus den untersten Carbonschichten, deren Blüthen sehr complicirten Bau besaßen und am ehesten an die Calamarienblüthen erinnern, während im anatomischen Verhalten dieser Gattung eine Annäherung an *Lepidodendron* zu constatiren ist.

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

---















QK505 .S29 1902 gen  
Schenk, Heinrich/Cryptogamen



3 5185 00008 2931

