

Lebensbedingungen zu kommen braucht, um sich zu entwickeln, sondern dies oft nach längerer Ruhe noch tun kann. Die geschlechtlichen Sporen und Samen können oft jahrelang mit ihrer Keimung warten, während die ungeschlechtlichen Sporen zugrunde gehen, wenn sie nicht bald die notwendigen Keimungsbedingungen, besonders Feuchtigkeit, vorfinden.

## 2. Die Fortpflanzung bei den Kryptogamen.

### Die Fortpflanzung bei Pilzen, Algen und Armleuchtergewächsen.

Zur Übersichtlichkeit dürfte es wesentlich beitragen, wenn bei Besprechung dieser Vorgänge an der alten Einteilung der Pflanzen in Kryptogamen und Phanerogamen festgehalten wird. Das Wort Kryptogamen wurde von Linné für die 24. Klasse seines Systems eingeführt. Für die ersten 23 Klassen, welche alle Blütenpflanzen umfaßte, gab es lange kein zusammenfassendes Wort. Ein französischer Botaniker J. J. Boudon de Saint-Amans (1748—1831) schuf dafür das Wort Phanerogamen, welches, seit Ventenat es in seinem „Tableau du règne végétal“ 1799 gebrauchte, allgemein Eingang fand. Dem Wortlaute nach sind die Kryptogamen Pflanzen, welche sich im geheimen, die Phanerogamen Gewächse, welche sich sichtbar befruchten. Seit der Vervollkommnung und allgemeinen Anwendung des Mikroskops hat diese Unterscheidung allerdings ihre Bedeutung verloren; wenn aber die Übersetzung etwas anders gefaßt wird, und wenn man unter dem Namen Kryptogamen diejenigen Pflanzen begreift, welche der Blumen im gewöhnlichen Sinne entbehren, und deren Befruchtungsorgane nur unter dem Mikroskop deutlich gesehen werden können, unter dem Namen Phanerogamen dagegen jene Gewächse zusammenfaßt, welche Blüten tragen, und deren ohne Beihilfe des Mikroskops sichtbare Befruchtungsorgane als metamorphosierte Blätter zu gelten haben, so können diese althergebrachten Bezeichnungen immerhin verwendet werden, und zwar um so mehr, als auch andere den Befruchtungsvorgang betreffende Gegensätze die Unterscheidung von Kryptogamen und Phanerogamen rechtfertigen, z. B. die Samenbildung der Phanerogamen und der Unterschied, daß die Befruchtung der Kryptogamen im Wasser oder in einem das Wasser vertretenden Medium, die Befruchtung der Phanerogamen dagegen fast ausschließlich in der Luft vor sich geht. — Ehe nun die Fortpflanzungsvorgänge und ihre Mittel geschildert werden, seien ein paar Worte über einige immer wiederkehrende Bezeichnungen gesagt.

Die Keimzellen heißen auch Sporen, ihre Behälter Sporangien. Werden die Sporen nach ihrer Entstehung freibeweglich, wie bei Algen und manchen Pilzen, so heißen sie zum Unterschied von den unbeweglichen Sporen Schwärmsporen (s. Abbildung, Bd. I, S. 29). Entstehen Sporen nicht innerhalb eines geschlossenen Behälters, sondern oberflächlich, wie bei manchen Pilzen an besonderen Tragorganen, so spricht man von Sporenträgern, weniger gut auch manchmal Fruchtträger genannt. Bei den Pilzen werden die von Trägern abgeknüpften Sporen auch Konidien genannt.

Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung bezeichnet man die weibliche Keimzelle als Eizelle, die männlichen, kleineren und beweglichen Keimzellen als Spermatozoiden. In einigen Fällen jedoch sind männliche und weibliche Keimzellen gleichgestaltet und nicht zu unterscheiden. Dann nennt man sie beide Gameten. Die befruchtete Eizelle nennt man Oospore (Eispore). Die durch Paarung von Gameten entstandene Keimzelle heißt Zygote.

Will sich eine Pflanze durch Keimzellen vermehren, so ist der Weg der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der einfachere. Hier handelt es sich nur um Abgliederung von Zellen vom Körper, die, falls nicht gerade die notwendigsten Lebensbedingungen fehlen, sich sogleich zum neuen Wesen ausgestalten können. Aus diesem Grunde ist es begreiflich, daß man bei den niederen Pflanzen die Fortpflanzung durch Sporen weit verbreitet findet. Auf diese Weise kann sich ein Organismus in kurzer Zeit sehr schnell massenhaft vermehren. Die niederen Pilze, z. B. die Schimmelpilze, sind darin Meister. Ihre unbemerkt eingeschleppten Sporen keimen überall auf passendem Nährboden, Brot, Speiseresten, und ihre ungehinderte Verbreitung wird nur durch den menschlichen Ordnungssinn gehindert, der durch diese mikroskopische Polizei aufgerüttelt wird.

Der häufigste aller Schimmel ist der Pinselschimmel (*Penicillium*), von welchem eine Art, nämlich *Penicillium crustaceum*, in der Abbildung in Band I, S. 398, durch die Figuren 8 und 9 dargestellt ist. Hier gliedern sich die Sporen in perlenkettenförmigen Reihen von den Trägern ab; der aufrechte Hyphenfaden, welcher den Ausgangspunkt der Sporen bildet, ist gegliedert und gabelig verästelt. Bei den Peronosporen, zu welchen der für die Schotengewächse so verderbliche Schmarotzer *Cystopus candidus* gehört, werden die perlenkettenförmigen Reihen der Sporen von einer keulenförmigen Tragzelle abgegliedert.

Der in Band I, S. 398, Fig. 4 und 5, abgebildete *Aspergillus niger*, ein Schimmel, welcher besonders Fruchtsäfte und eingedünstetes Obst überwuchert, bildet schlanke, aufrechte Hyphenfäden aus, deren angeschwollenes Ende eine Menge kurzer, zapfenförmiger Ausstülpungen oder Sterigmen treibt, von denen sich in rascher Aufeinanderfolge Reihen aus 5—15 Sporen abgliedern. Diese Sporen hängen anfänglich locker zusammen und sind so geordnet, daß sie den Eindruck von Perlenketten machen; diese Perlenkette aber sind wieder so gruppiert, daß sie zusammen ein kugeliges Köpfchen bilden. Erschütterungen der mannigfaltigsten Art, besonders durch Luftströmungen, veranlassen die Trennung der Reihen und ein Zerfallen des ganzen kugeligen Sporenhäufens. Es bleibt dann nur noch der an seinem Ende angeschwollene Hyphenfaden mit seinen Ausstülpungen zurück, der nun fast das Ansehen eines Streifenbogens besitzt (s. dieselbe Abbildung in Band I, S. 398, Fig. 4).

Am einfachsten vollzieht sich die Abschnürung der Sporen bei dem unter dem Namen „Getreiderost“ bekannten Pilz, welcher in einem bestimmten Entwicklungsstadium als Schmarotzer in dem grünen Blattgewebe unserer Getreidearten wächst, und dessen Hyphenfäden zum Zweck der Sporenbildung büschelweise über die Oberfläche des durchwucherten Laubes hervorkommen. Da bildet sich an dem blindtaschenförmigen Ende einer jeden Hyphe nur eine einzige, verhältnismäßig große Spore aus, und sobald diese abgefallen ist, erlischt für die Hyphe oder Basidie die Fähigkeit, weiterhin Sporen abzuschnüren (vgl. Bd. I, S. 387).

Die Mannigfaltigkeit dieser durch Abgliederung erfolgenden Sporenbildung wird übrigens auch noch dadurch erhöht, daß bei einigen kryptogamen Pflanzenfamilien die abgegliederten Sporen von besonderen Hüllen umgeben sind. Das ist insbesondere bei dem unter dem Namen *Aecidium* bekannten Entwicklungsstadium der Rostpilze und bei den Bovisten der Fall. Die Aecidien präsentieren sich als Gebilde, welche aus einem das grüne Gewebe von Blättern durchwuchernden Myzelium ausgehen. Dicht zusammengebrängte Enden der Myzelfäden bilden die Tragzellen für die Sporen, die Basidien, von denen sich perlenkettenförmige Sporenketten abgliedern, und diese sind umschlossen von einer Hülle, die sich aus den die Basidien umgebenden Hyphen entwickelt hat. Erst nachdem diese kapselartige Hülle aufgerissen ist, können die Sporen, welche sich nun trennen, ausgestreut werden. Bei den zahlreichen Bovisten

verhält es sich ähnlich, nur sind hier die Basidien und Sporen nicht regelmäßig geordnet. Auch findet man zwischen den staubähnlichen Sporen in der sackartigen Hülle der Bovisten



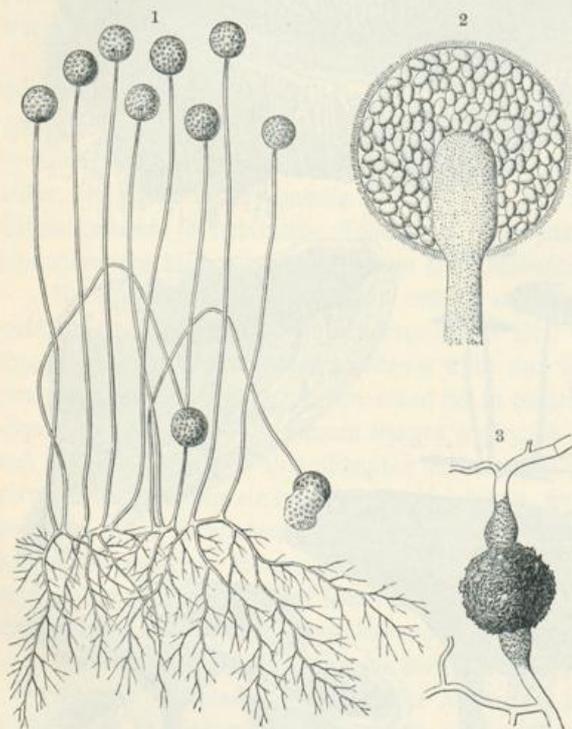
Schwämme: 1) *Clavaria aurea*; 2) *Daedalea quercina*; 3) *Marasmius tenerrimus*; 4) *Marasmius perforans*; 5) *Craterellus clavatus*; 6) *Amanita phalloides*; 7) keulenförmige Basidien mit pfriemenförmigen Sterigmen, von deren Enden sich kugelige Sporen abgliedern: aus dem Sporenium der *Amanita phalloides*; 8) *Hydnum imbricatum*; 9) *Polyporus perennis*. Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 in natürl. Größe, Fig. 7: 250fach vergrößert. (Zu S. 233 und 234.)

noch andere faserförmige, verästelte, dickwandige Gebilde, die für das Ausstreuen der Sporen von Bedeutung sind und Kapillitium genannt werden.

Eine Abgliederung der Sporen an Fäden zeigen auch die bekanntesten Pilze, die Hutpilze, zu denen der Champignon, Steinpilz und tausend andere gehören. Aus dem im Boden wuchernden, aus den Sporen entstandenem Fadengeflecht wachsen die bekannten, meist gestielten Hüte empor. Diese oft schöngefärbten Gebilde sind nichts weiter als die Sporenträger der Pilze.

Auf der Unterseite des Hutes, der wie ein Dach die Sporen vor Nässe schützt, entstehen auf Lamellen, Stacheln oder in Röhren die Keimzellen durch Abschnürung (vgl. S. 233, Fig. 7), fallen zu Boden und werden durch Wind oder Tiere, häufig durch Schnecken, die an den Pilzen hinaufkriechen, verbreitet. Einige von diesen Pilzen sind auf S. 233 abgebildet.

Aus dem unendlich zarten, vielverzweigten Myzelium jener Schimmel, welche unter dem Namen Mukorazeen zusammengefaßt werden, erheben sich einzelne Fäden und wachsen schnurgerade in die Höhe. Sie gliedern sich in zwei Zellen, von welchen die obere zu einer



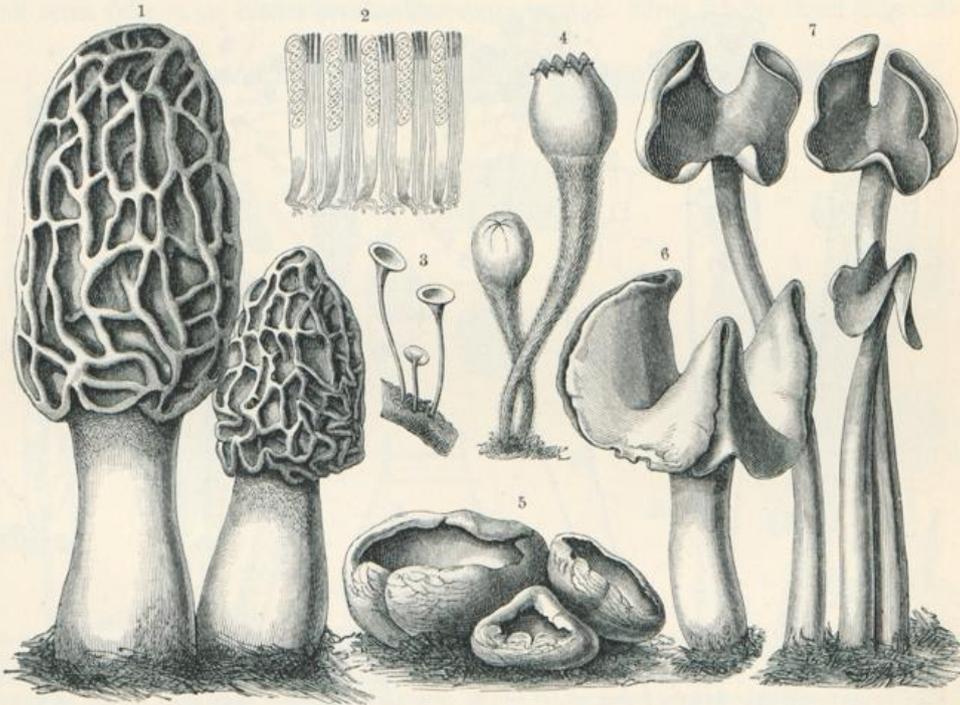
Sporenträger der Mukorazeen: 1) Entwicklung ungeschlechtlicher Sporen in kugelförmigen Sporengeshäufen, 2) ein Sporengeshäufchen im Längsschnitt, 3) Bildung einer Zygospore. Fig. 1: 40fach, Fig. 2: 260fach, Fig. 3: 180fach vergrößert.

kugelförmigen Blase, die untere zu einem langen, dünnen Träger wird, dessen oberes Ende als hohler Zapfen in die von ihm getragene Blase gestülpt ist (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 2). Das Protoplasma in der oberen blasenförmigen Zelle zerfällt in eine große Zahl von Sporen, und diese Zelle ist nun zum Sporangium geworden. Infolge der Gewichtszunahme des Sporangiums knicken die fadenförmigen Träger ein, die Sporangien platzen, und die Sporen mit samt der hellen Flüssigkeit, in die sie eingebettet sind, quellen aus dem Risse des Sporangiums hervor (s. dieselbe Abbildung, Fig. 1).

Anders verhält es sich mit jenen Pilzen, welche Askomyzeten genannt werden, und zu welchen von bekannten Gewächsen die Morcheln und Lorcheln (s. Abbildung, S. 235) und auch wieder mehrere Schimmel, zumal die den Mehltau bildenden Erysipheen und die den Honigtau des Getreides veranlassenden Arten der

Gattung *Claviceps*, gehören. Bei diesen Pflanzen erheben sich an bestimmten Stellen ihrer Körperoberfläche von dem Myzelium die Enden der Hyphenfäden teils als kolbenförmige, meist sehr verlängerte Schläuche (*asci*), teils als zarte fadenförmige Paraphysen, und diese Gruppe von Schläuchen und Paraphysen wird umgeben und umhüllt von anderen zelligen Gebilden, so daß das Ganze einer Schüssel, einem Becher oder einer Kapsel ähnlich sieht. Das Protoplasma in den Schläuchen zerfällt und bildet ellipsoidische, meistens in Längsreihen geordnete Sporen (s. Abbildung, S. 235, Fig. 2), seltener langgestreckte, büschelförmig gruppierte Fäden, welche sich, solange sie noch in den Schläuchen eingebettet liegen, mit einer derben Zellhaut versehen. Man hat diese Sporen Schlauchsporen oder Askosporen (*Askos* = Schlauch) genannt. Sie entbehren der Wimpern, welche die Zoosporen auszeichnen, können sich, nachdem sie aus dem aufgerissenen Scheitel des Schlauches ausgestoßen wurden, auch nicht selbständig bewegen.

Die Gruppierung sowie die Umhüllung der sporenbildenden Schläuche unterliegt bei den verschiedenen Gattungen und Arten einer großen Abwechslung. Erheben sich die Schläuche im Grunde flaschen- oder grubenförmiger Vertiefungen, so nennt man diese Perithezien; entspringen sie dagegen einem ebenen oder schüsselförmigen Grunde, so spricht man von Apothezien. Diese Perithezien und Apothezien hat man auch wohl Früchte genannt. Wenn dem Entstehen der Perithezien und Apothezien wirklich eine Befruchtung vorherging, was allgemein noch nicht festgestellt werden konnte, so kann man einen Behälter, in welchem eine oder mehrere Eizellen befruchtet wurden, als Frucht bezeichnen. Die Perithezien und Apothezien und alle



Scheibenpilze: 1) Speisemorchel (*Morchella esculenta*); 2) fünf Schläuche mit je acht Schlauchsporen, dazwischen fadenförmige Paraphysen, Längsschnitt aus dem Gymnium der Speisemorchel; 3) *Helotium Tuba*; 4) *Anthopeziza Winteri*; 5) *Peziza vesiculosa*; 6) bischofsmützenförmige Lorchel (*Helvella Infata*); 7) Röhrenlorchel (*Helvella fistulosa*). Fig. 1, 4, 5, 6, 7 in natür. Größe, Fig. 3: 4fach, Fig. 2: 120fach vergrößert. (Zu S. 234.)

sogenannten Früchte der Ascomyeten sind aber doch nur fruchtähnliche Gebilde und eigentlich Sporangienstände, die den Früchten höherer Pflanzen keineswegs gleichen.

Gehen Pflanzen zum Wasserleben über, so erscheint es zweckmäßig, daß auch ihre Fortpflanzung sich dem Wasserleben anpaßt, und in der Tat sehen wir wie bei den Kryptogamen in diesem Falle schwimmende bewegliche Sporen (Schwärmersporen) auftreten.

Bei den im Band I des „Pflanzenlebens“ auf S. 22 besprochenen und auf der Tafel bei S. 22 abgebildeten Vaucherien formt sich in jeder kolbenförmigen Ausfackung der schlauchförmigen Zellen nur eine einzige verhältnismäßig große, grün gefärbte Spore, welche mit Hilfe zahlreicher kurzer Wimpern herumschwimmen imstande ist. Die auf verwesenden Tieren im Wasser lebenden schimmelartigen Saprolegniazeen entwickeln dagegen in ihren keulenförmigen Schläuchen eine große Menge farbloser Sporen, welche sich nach dem Auskriechen

aus den Schläuchen mittels zweier langer freisender Wimperfäden im Wasser heruntummeln (s. untenstehende Abbildung). In beiden Fällen haben die Sporen die Fähigkeit, sich aus eigener Kraft zu bewegen und im Wasser herumzuschwärmen, dementsprechend sie Schwärmsporen genannt werden. Auch der Name Zoosporen (Zoon = Tier) wurde ihnen beigelegt, da sie in ihrer Gestalt und ihrem Benehmen lebhaft an gewisse Infusorien erinnern.

Aber nicht einmal Algen und Pilze, aus deren ungeheurer Fülle von Fortpflanzungsformen nur einige herausgegriffen werden konnten, begnügen sich mit der ungeschlechtlichen

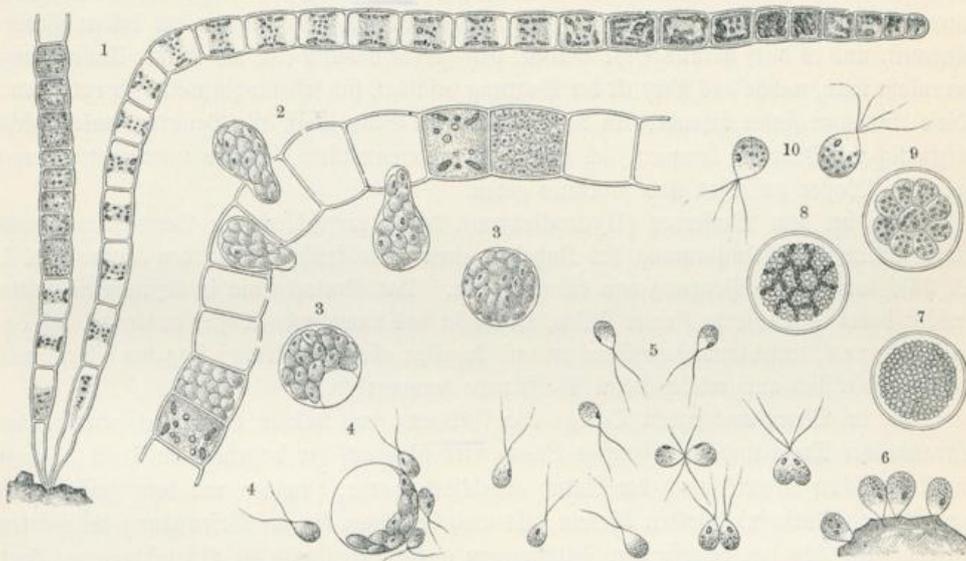


Schwärmsporen der Saprolegniaceen und Chytridiaceen: 1) *Aehlya prolifera*, 2—4) Entwicklung und Ausschlüpfen der Schwärmsporen von *Aehlya prolifera*; 5) *Chytridium Olla*, in dem Zoogonium eines *Zoogoniums* smaragden, Entwicklung und Ausschlüpfen der Schwärmsporen; 6) *Saprolegnia lactea*, 7) Entwicklung und Ausschlüpfen der Schwärmsporen von *Saprolegnia lactea* (zum Teil nach De Bary und Pringsheim). Fig. 1: 20fach, Fig. 2—4: 400fach; Fig. 5: 300fach, Fig. 6: 100fach, Fig. 7: 300fach vergrößert. (Zu S. 235.)

Fortpflanzung. Es wird das Interesse steigern, nun sogleich zu sehen, wie sich bei ihnen der Geschlechtsvorgang ausnimmt, zunächst bei einer Alge.

Wenn in den Gebirgsgegenden des mittleren Europas der Winterschnee abgeschmolzen ist und die trüben Schmelzwasser sich nach und nach geklärt haben, sieht man allenthalben auf den Kieseln im Rinnsal der Bäche und an den Seitenwänden der vom Quellenwasser durchflossenen Brunnenträge samtartige Überzüge aus kurzen, zarten, dicht zusammengedrängten Fäden, welche durch smaragdgrüne Farbe auffallen und insbesondere dann, wenn ein Sonnenblick das Wasser streift, einen prächtigen Anblick gewähren. Diese grünen Fäden gehören einer Alge an, welche den Namen Kraushaar (*Ulothrix*) führt. Jeder einzelne Faden

besteht aus zahlreichen kettenförmig verbundenen Zellen, wie es die Fig. 1 in der untenstehenden Abbildung zur Ansicht bringt. Wenn diese Fäden ausgewachsen sind und die Zeit der Befruchtung gekommen ist, zerfällt der protoplasmatische Inhalt der einzelnen Zellen in zahlreiche kugelige grün gefärbte Teile, die aber noch immer einen rundlichen, durch eine farblose Masse zusammengehaltenen Ballen darstellen. In der Wand der betreffenden Zellen entsteht nun eine Öffnung, durch welche der Ballen in das umgebende Wasser ausgeschlüpft (s. unten, Fig. 2 und 3). Hier lösen sich die einzelnen Protoplasten, welche den Ballen zusammensetzen, und es zeigt sich, daß jeder Protoplast an dem einen Ende zwei schwingende Wimpern trägt, mit deren Hilfe er im Wasser herumzuschwimmen vermag. Wenn sich bei diesen Schwimm-



Befruchtung und Fruchtbildung eines Kraushaares, *Ulothrix zonata*. (Zum Teil nach Döbel-Port.) 1) Zwei Fäden aus kettenförmig verbundenen Zellen, 2) Ausschlüpfen zusammengeballter Gameten, 3) ausgeschlüpfter kugelförmiger Ballen von Gameten, 4) Trennung der Gameten, 5) schwimmende und sich paarende Gameten, 6) feststehende und durch Paarung der Gameten entstandene Zygote, 7-9) weitere Entwicklung der Zygote, 10) zwei aus der Zygote hervorgegangene Schwärmsporen. Fig. 1: 250fach, Fig. 2-10: ungefähr 400fach vergrößert.

übungen zwei aus einer und derselben Zellkammer stammende Protoplasten begegnen, so weichen sie sich gegenseitig aus; kommen dagegen die Protoplasten aus den Zellen verschiedener Fäden zusammen, so weichen sie sich nicht nur nicht aus, sondern stoßen mit ihrem vorderen bewimperten Ende zusammen, legen sich seitlich umkippend aneinander und verschmelzen zu einem mit vier Wimpern besetzten Körper (s. oben, Fig. 4 und 5). Kurz darauf verschwinden die Wimpern, und der durch Verschmelzung gebildete Körper kommt zur Ruhe. Dieses Verschmelzen ist der denkbar einfachste Fall der Befruchtung im Reiche der Pflanzen. Das Ergebnis der Befruchtung ist eine Keimzelle, die man Spore nennen kann, aber zum Unterschiede von ungeschlechtlichen Sporen lieber Zygote nennt. Sie besteht aus dem durch die geschilderte Verschmelzung gebildeten Protoplasten, der sich nun mit einer starken Zellhaut umgibt und sich an irgendeinem feststehenden Körper unter Wasser anheftet (s. oben, Fig. 6). Die weitere Entwicklung dieser Keimzelle interessiert hier nicht; es genügt, zur Erläuterung der Abbildung beizufügen, daß aus der feststehenden einzelligen Zygote nicht sofort wieder eine bandförmige Zellenreihe

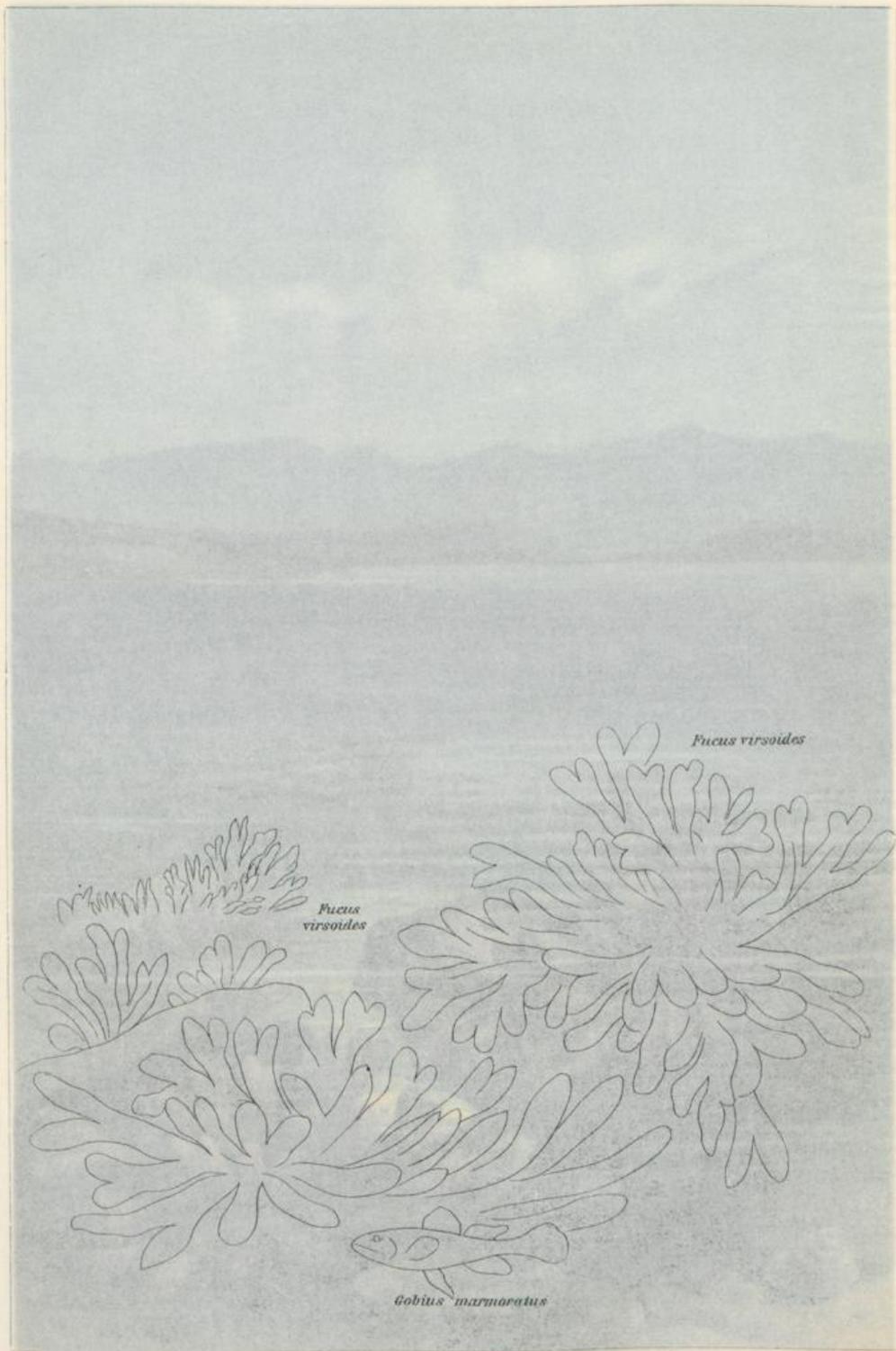
hervorgeht, sondern daß sich aus dem Protoplasma derselben zunächst wieder Schwärm-sporen entwickeln (s. Abbildung, S. 237, Fig. 7—10), welche sich an einem Punkte fest setzen, mit Zellhaut umgeben, sich fächern und so zu einer bandförmigen Zellenreihe werden.

Die zum Zweck der Zygotenbildung sich paarenden Protoplasten sind bei *Ulothrix* und den verwandten anderen Gattungen in Gestalt, Größe, Färbung und Bewegung nicht verschieden, und es wäre unmöglich, nach dem äußeren Ansehen zu sagen, welcher derselben befruchtend wirkt, und welcher befruchtet wird. Man gebraucht darum für diese auch nicht verschiedene Ausdrücke, sondern nennt sie beide Gameten und kann auch den ganzen soeben geschilderten Vorgang Paarung der Gameten nennen. Das Produkt der Paarung, eine geschlechtlich erzeugte Spore, nennt man, wie gesagt, Zygote. Für unsere sinnliche Wahrnehmung ist dieser Vorgang der Befruchtung ein gegenseitiges Durchdringen der beiden Protoplasmen, und es darf vorausgesetzt werden, daß gerade dadurch eine molekulare Umlagerung veranlaßt wird, welche das Produkt der Paarung befähigt, sich selbständig weiter zu entwickeln. Diese Annahme findet besonders in der Tatsache eine Stütze, daß alle Gameten, welche nicht rechtzeitig zur Paarung kommen, sich auch nicht weiterentwickeln, sondern unbedingt im umgebenden Wasser zerfließen und zugrunde gehen.

Auch bei dem Wasserneze (*Hydrodictyon*), dessen ungeschlechtliche Vermehrung durch bloße Teilung und Umformung des Inhaltes einer Zelle früher beschrieben wurde (Bd. I, S. 35), kommt eine Paarung von Gameten vor. Das Protoplasma in bestimmten Zellen zerfällt dabei in Tausende kleiner Zellen, welche in das umgebende Wasser austreten, sich da selbst paaren, miteinander verschmelzen und kugelige oder sternförmige Zygoten bilden, aus welchen schließlich auch wieder kleine Wasserneze hervorgehen.

Die im Meere wachsenden Tange oder Fucaceen, von welchen der am felsigen, seichten Strande der Adria ungemein häufige *Fucus virsoides* auf der beigehefteten Tafel „Tange im Adriatischen Meere“ nach der Natur abgebildet wurde, stimmen mit dem geschilderten Kraushaar (*Ulothrix*) insofern überein, als auch bei ihnen die zur Befruchtung bestimmten Protoplasten aus den betreffenden Zellkammern ausschlüpfen und die Befruchtung in einer Verschmelzung freier, von der Mutterpflanze abgechiedener Protoplasten besteht. Darin aber unterscheiden sich diese Tange sehr auffallend von dem Kraushaar und den mit diesem verwandten Algenformen, daß die Protoplasten von zweierlei Größe und Gestalt sind, weshalb ein so ausgesprochener Gegensatz in der Form und Größe auch verschiedene Namen verlangt. Man unterscheidet in allen Fällen, wo die Keimzellen verschieden an Größe und Gestalt sind, beide Zellen als weiblich und männlich, nennt die weibliche die Eizelle und die männliche das Spermatozoid. Diese Bezeichnungen sind der tierischen Fortpflanzung entlehnt, da die Übereinstimmung vollkommen ist. Man erkennt die weibliche Eizelle an ihrer Größe und Unbeweglichkeit, während das männliche Spermatozoid sehr klein und beweglich ist. Nach der Befruchtung umgibt sich die Eizelle in der Regel mit einer dicken Membran und ist imstande, eine längere Ruhezeit durchzumachen. Man nennt sie daher in diesem Zustande auch Dauer-spore. Das Gewebe aller *Fucus*-Arten ist derb, lederig, braun gefärbt, laubartig, gabelig geteilt oder gelappt und enthält stellenweise lusterfüllte Aufreibungen als Schwimmblasen eingeschaltet. An den Enden der Lappen sitzen auffallend aussehende Aufreibungen, welche eine grubige Punktierung bemerken lassen, und jedem Punkte entspricht eine Vertiefung, welche die Gestalt einer runden Grube besitzt (s. Abbildung, S. 239, Fig. 1). Durchschnitte durch solche Aushöhlungen zeigen, daß von der Oberhaut, welche die Grube

[Zur Tafel: »Tange im Adriatischen Meere«.]



Tange im Adriatischen Meere.

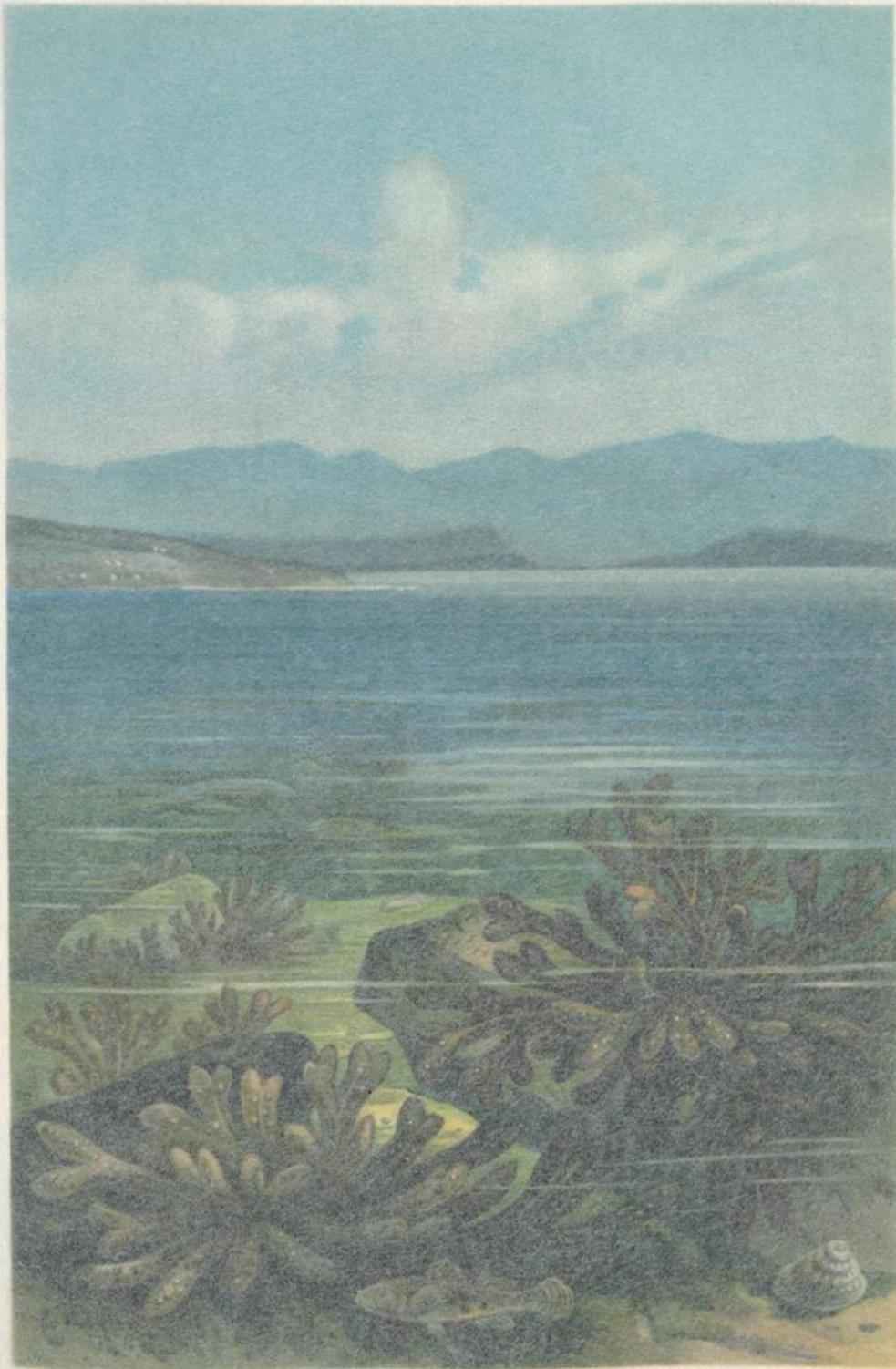
Nach Squereil von FRIE & KETTER.

hervorgeht, sondern daß sich aus dem Protoplasma derselben zunächst wieder Schwärm-sporen entwickeln (s. Abbildung, S. 237, Fig. 7—10), welche sich an einem Punkte fest setzen, mit Zellhaut umgeben, sich fächern und so zu einer bandförmigen Zellenreihe werden.

Die zum Zweck der Zygotenbildung sich paarenden Protoplasten sind bei Ulothrix und den verwandten anderen Gattungen in Gestalt, Größe, Färbung und Bewegung nicht verschieden, und es wäre unmöglich, nach dem äußeren Ansehen zu sagen, welcher derselben befruchtend wirkt, und welcher befruchtet wird. Man gebraucht darum für diese auch nicht verschiedene Ausdrücke, sondern nennt sie beide Gameten und kann auch den ganzen soeben geschilderten Vorgang Paarung der Gameten nennen. Das Produkt der Paarung, eine geschlechtlich erzeugte Spore, nennt man, wie gesagt, *Zygote*. Für unsere sinnliche Wahrnehmung ist dieser Vorgang der Befruchtung ein gegenseitiges Durchdringen der beiden Protoplasten, und es darf vorausgesetzt werden, daß gerade dadurch eine molekulare Umlagerung veranlaßt wird, welche das Produkt der Paarung befähigt, sich selbständig weiter zu entwickeln. Diese Annahme findet besonders in der Tatsache eine Stütze, daß alle Gameten, welche nicht rechtzeitig zur Paarung kommen, sich auch nicht weiterentwickeln, sondern unbedingt im umgebenden Wasser zerfließen und zugrunde gehen.

Auch bei dem Wasserneze (*Hydrodictyon*), dessen ungeschlechtliche Vermehrung durch bloße Teilung und Umformung des Inhaltes einer Zelle früher beschrieben wurde (Bd. I, S. 35), kommt eine Paarung von Gameten vor. Das Protoplasma in bestimmten Zellen zerfällt dabei in Tausende kleiner Zellen, welche in das umgebende Wasser austreten, sich daselbst paaren, miteinander verschmelzen und kugelige oder sternförmige Zygoten bilden, aus welchen schließlich auch wieder kleine Wasserneze hervorgehen.

Die im Meere wachsenden Tange oder Fulazeen, von welchen der am felsigen, seichten Strande der Adria ungemein häufige *Fucus virsoides* auf der beigehefteten Tafel „Tange im Adriatischen Meere“ nach der Natur abgebildet wurde, stimmen mit dem geschilderten Kraushaar (*Ulothrix*) insofern überein, als auch bei ihnen die zur Befruchtung bestimmten Eizellen aus den betreffenden Zellkammern ausschöpfen und die Befruchtung in einer Zygote, welche von der Mutterpflanze abgeschiedener Protoplasten besteht. Darin aber unterscheidet sich die Tange sehr auffallend von dem Kraushaar, daß von ihm dieser verhältnißmäßig nur ein Paar, von dem Protoplasten von zwei, nämlich einer weiblichen und einer männlichen, hervorgeht. Diese Erscheinung ist in der Form und Größe auch verschiedene Namen besitzt. Man unterscheidet in allen Fällen, wo die Keimzellen verschieden an Größe und Gestalt sind, beide Zellen als weiblich und männlich, nennt die weibliche die Eizelle und die männliche das Spermatozoid. Diese Bezeichnungen sind der tierischen Fortpflanzung entlehnt, da die Urdifferenzierung vollkommen ist. Man erkennt die weibliche Eizelle an ihrer Größe und Umrissformen, während das männliche Spermatozoid sehr klein und beweglich ist. Nach der Befruchtung umschließt sich die Zelle in der Regel mit einer dicken Membran und ist imstande, eine längere Zeit über zu dauern. Man nennt sie daher in diesem Zustande auch Dauerzelle. Das Gewebe aller *Fucus*-Arten ist sehr lederig, braun gefärbt, laubartig, gabelig geteilt, aber selten und enthält stellenweise luftgefüllte Aufstrebungen als Schwimmblasen eingeschaltet. An den Enden der Ähren sitzen auffallend aussehende Aufstrebungen, welche eine gewisse Punctierung besitzen lassen, und jedem Punkte entspricht eine Vertiefung, welche die Gestalt einer runden Grube besitzt (s. Abbildung, S. 239, Fig. 1). Durchschnitte durch solche Auskohlungen zeigen, daß von der Oberhaut, welche die Grube



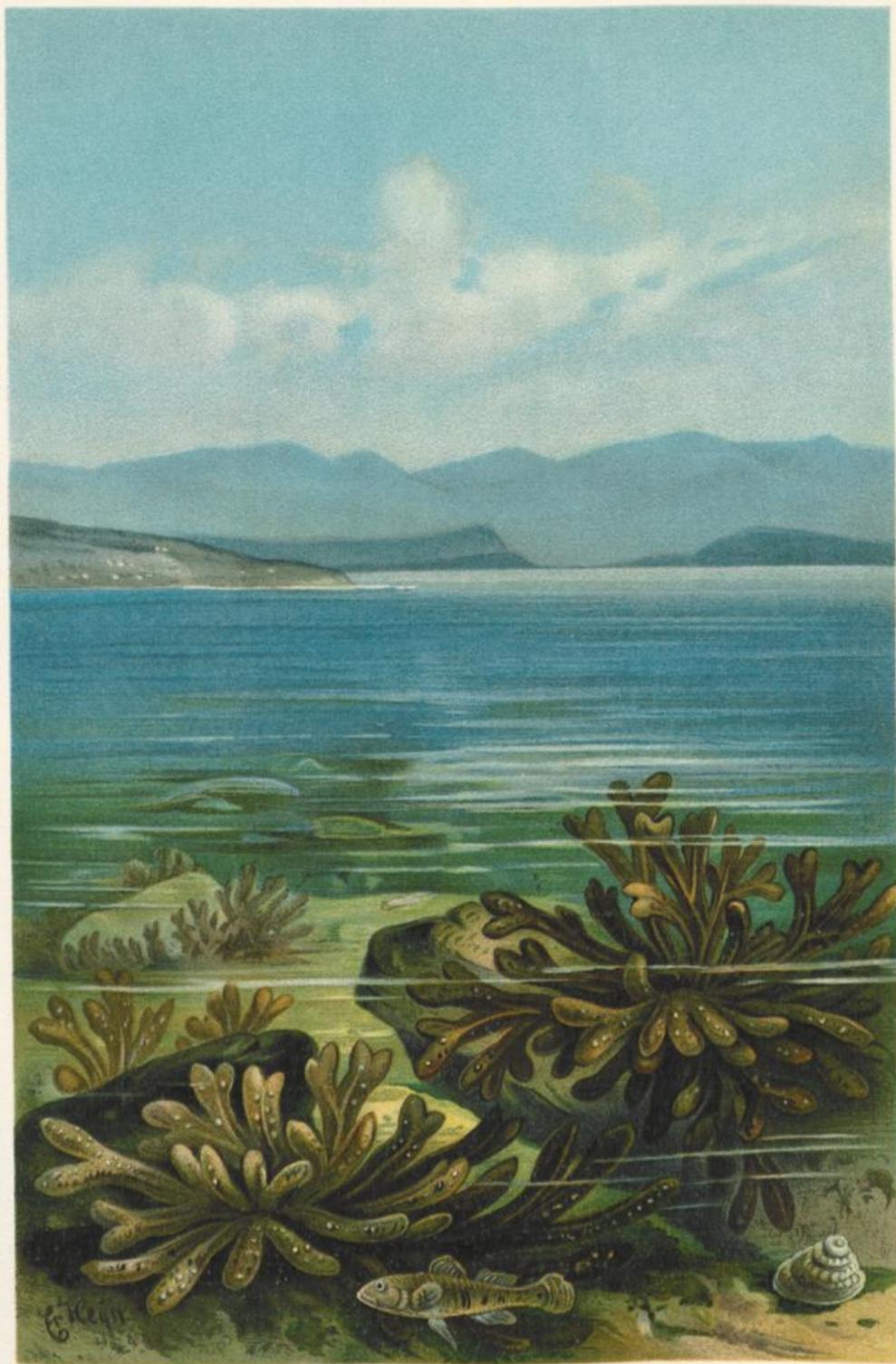
Tange im Adriatischen Meere.  
Nach Aquarell von Frh v. Kerner.

hervorgeht, sondern daß sich aus dem Protoplasma derselben zunächst wieder Schwärm-sporen entwickeln (s. Abbildung, S. 237, Fig. 7—10), welche sich an einem Punkte fest setzen, mit Zellhaut umgeben, sich fächern und so zu einer korbartigen Zellenreihe werden.

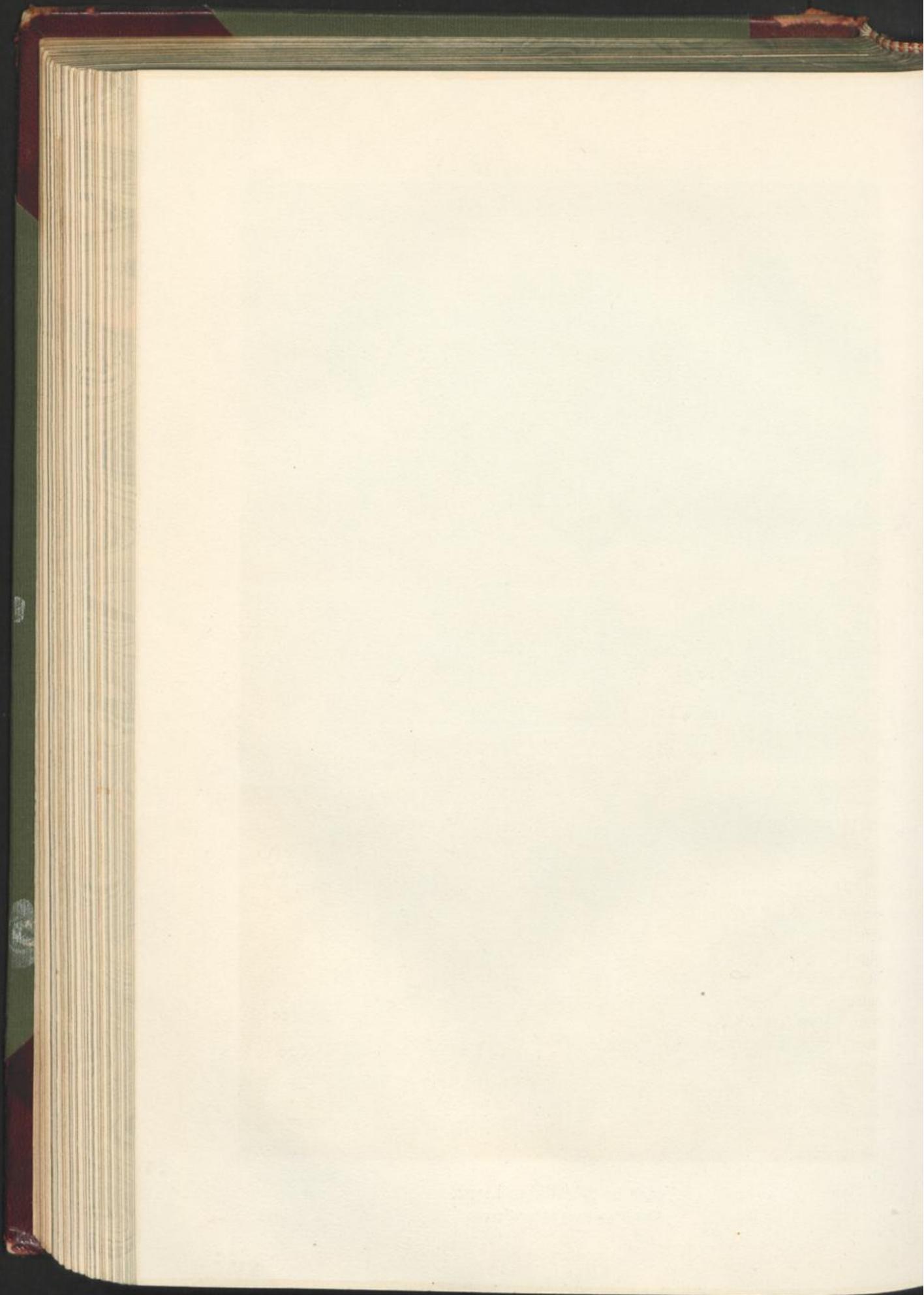
Die zum Zweck der Zygotenbildung sich paarenden Protoplasten sind bei Ulothrix und den verwandten anderen Gattungen in Gestalt, Größe, Färbung und Bewegung nicht verschieden, und es wäre unmöglich, nach dem äußeren Ansehen zu sagen, welcher derselben befruchtend wirkt, und welcher befruchtet wird. Man gebraucht darum für diese auch nicht verschiedene Ausdrücke, sondern nennt sie beide Gameten und kann auch den ganzen soeben geschilderten Vorgang Paarung der Gameten nennen. Das Produkt der Paarung, eine geschlechtlich erzeugte Spore, nennt man, wie gesagt, Zygot. Für unsere sinnliche Wahrnehmung ist dieser Vorgang der Befruchtung ein gegenseitiges Durchdringen der beiden Protoplasten, und es darf vorausgesetzt werden, daß gerade dadurch eine molekulare Umlagerung veranlaßt wird, welche das Produkt der Paarung befähigt, sich selbständig weiter zu entwickeln. Diese Annahme findet besonders in der Thatfache eine Stütze, daß alle Gameten, welche nicht rechtzeitig zur Paarung kommen, sich auch nicht weiterentwickeln, sondern unbedingt im umgebenden Wasser zerfließen und zugrunde gehen.

Auch bei dem Wasserneze (Hydrodictyon), dessen ungeschlechtliche Vermehrung durch bloße Teilung und Umformung des Inhaltes einer Zelle früher beschrieben wurde (Bd. I, S. 35), kommt eine Paarung von Gameten vor. Das Protoplasma in bestimmten Zellen zerfällt dabei in Tausende kleiner Zellen, welche in das umgebende Wasser austreten, sich da selbst paaren, miteinander verschmelzen und kugelige oder sternförmige Zygoten bilden, aus welchen schließlich auch wieder kleine Wasserneze hervorgehen.

Die im Meere wachsenden Lauge oder Zulaeae, von welchen der am felsigen, feuchten Strande der Adria ungenau häufige Eucus virsoides auf der beigegezeichneten Tafel „Lauge im Adriatischen Meere“ nach der Natur abgebildet wurde, stimmen mit dem geschilderten Kraushaar (Ulothrix) in ihrem Aeußeren, als auch bei ihnen die zur Befruchtung bestimmten Protoplasten aus den betreffenden Zellkammern ausschöpfen und die Befruchtung in einer korbartigen Reihe, von der Winterslange abgegebener Protoplasten besteht. Darin aber unterscheiden sich diese Lauge sehr auffallend von dem Kraushaar und der ihm diejenige verwandten Algenform, daß die Protoplasten von zweierlei Größe sind, nämlich ein so ausgesprochenes Organ in der Form und Größe, auch verschiedene Namen verdient. Man unterscheidet in allen Fällen, wo die Nennungen verwechselt in Größe und Farbe sind, beide Arten als männlich und weiblich, nennt die weibliche die Eizelle und die männliche das Spermatozoid. Diese Bezeichnungen sind bei tierischen Fortpflanzung entlehnt, wo die Fortpflanzung vollkommen ist. Man erkennt die weibliche Eizelle an ihrer Größe und ihrer Form, während das männliche Spermatozoid sehr klein und beweglich ist. Nach der Fortpflanzung verbindet sich die Eizelle in der Regel mit einer dicken Membran und ist imstande, sich in einem Wasser zu erhalten. Man nennt sie daher in diesem Zustande auch Dauerzelle. Die Eizelle aller Eucus-Arten ist sehr klein, braun gefärbt, laubartig, gabelig geformt und besteht aus einem hellen, kugelförmigen Kern, als Schwimmblasen eingeseigt. Die Spermatozoen der Lauge sind auffallend aussehende Auf-treibungen, welche eine gewisse Fortbewegung vermitteln lassen, und jedem Punkte entspricht eine Vertiefung, welche die Gestalt eines Hakens darstellt (s. Abbildung, S. 239, Fig. 1). Durchschnitte durch solche Auf-treibungen zeigen, daß von der Oberhaut, welche die Grube



Tange im Adriatischen Meere.  
Nach Aquarell von Fritz v. Kerner.

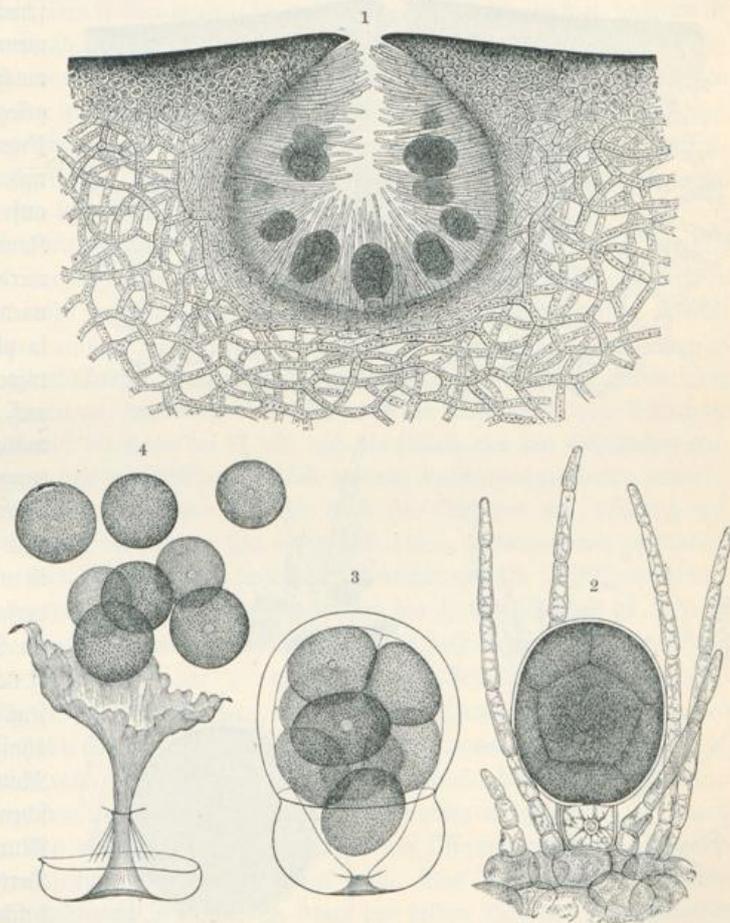


auskleidet, eine Menge gegliederter, unter dem Namen Paraphysen bekannter Fäden entspringen. Bei dem unten abgebildeten *Fucus vesiculosus* bleiben diese Fäden in der Höhlung geborgen, bei einigen anderen *Fucus*-Arten ragen sie aus der engen Mündung der Höhlung wie ein Pinsel hervor. Zwischen den Fäden im Grunde der Vertiefung sind aber noch andere Gebilde entstanden. Einzelne den Grund der Grube auskleidende Zellen haben sich papillenartig vorgewölbt und durch

eine eingeschaltete Querwand in zwei Zellen gefächert, von welchen die eine die Gestalt einer Kugel, die andere die Form eines Stieles dieser Kugel annimmt (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 2). Das Protoplasma in dem kugelförmigen Zellenraum ist dunkelbraun gefärbt, furcht sich und zerfällt in acht Teile, welche sich abrunden und nun die Eizellen darstellen. Die dicke Wand des kugelförmigen Zellenraumes löst sich in zwei Schichten, von welchen die innere wie eine Blase die acht gerundeten Protoplasmaförper umgibt. Diese mit den Eizellen vollgepfropfte Blase löst sich nun vollständig los, gleitet zwischen den Paraphysen

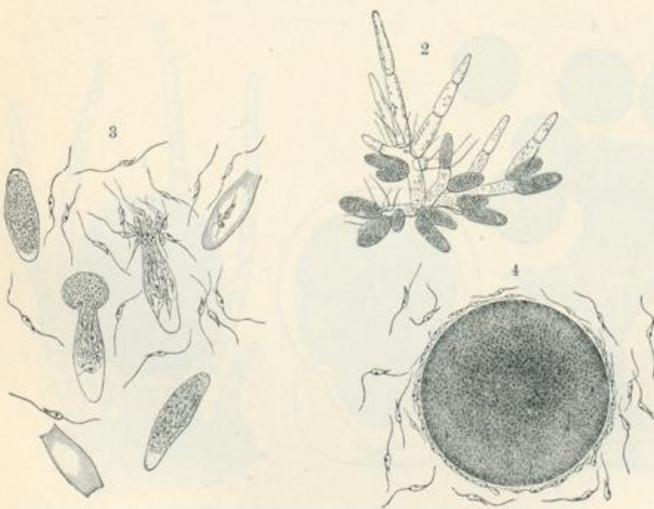
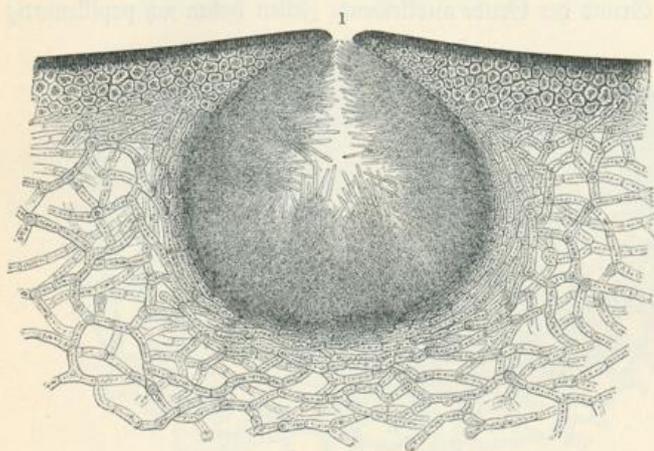
empor und gelangt nun vor die Mündung der grubenförmigen Aushöhlung. Hier zerklüftet sich die Blase in zwei Lamellen, die innere stülpt sich vor, platzt auf, und die acht Eizellen werden nun frei und treiben im Meerwasser fort (s. Abbildung, Fig. 3 und 4).

Während sich in den grubenförmigen Höhlungen der Lappen an dem einen Individuum des *Fucus vesiculosus* die Eizellen ausbilden, entstehen in ähnlichen Gruben anderer Individuen (s. Abbildung, S. 240, Fig. 1) die Spermatozoiden. Die Zellen, welche die Auskleidung der Höhlung bilden, erheben sich als Papillen, welche in die Länge wachsen, sich fächern und



*Fucus vesiculosus*: 1) Längsschnitt durch eine der grubenförmigen Aushöhlungen des Zweiges, 2) eine von Paraphysen umgebene Blase aus dem Grunde der Aushöhlung, 3) eine abgelöste mit acht Eizellen erfüllte Blase, deren innere Lamelle sich vorstülpt, 4) Entbindung der Eizellen aus der zerklüfteten Blase, so daß sie im Meerwasser flottieren. Fig. 1: 50fach, Fig. 2—4: 160fach vergrößert. (Nach Thuret.)

zu verästelten Haaren werden, wie durch die Figur 2 der erwähnten Abbildung dargestellt ist. Einzelne Endglieder dieser Haare werden zu kleinen ovalen Kapseln (Antheridien), deren protoplasmatischer Inhalt in zahlreiche sehr kleine Partikel von dunkelbrauner Farbe zerfällt. Die Antheridien trennen sich ab und kommen vor die Mündung der Höhlung zu liegen, in der



*Fucus vesiculosus*: 1) Längsschnitt durch eine mit Antheridien erfüllte Aushöhlung des Zweiges, 2) diesen Aushöhlungen entnommene Antheridien, 3) Spermatozoen aus den Antheridien ausschüpfend, 4) kugelförmige Eizelle mit Spermatozoen bedeckt. Fig. 1: 50fach, Fig. 2: 160fach, Fig. 3 und 4: 350fach vergrößert. (Nach Thuret.)

sie gebildet wurden. Das geschieht besonders zu der Zeit, wenn die mit Tangen bewachsene Strandzone trocken-gelegt ist und die lappigen Fucus-Pflanzen wie braunes, abgewelktes Laub platt auf den Steinen liegen. Kommt nun die Flut und werden dadurch die Tange wieder unter Wasser gesetzt, so plazen die mit Spermatozoen erfüllten Antheridien auf, und die winzigen Spermatozoidenschwärme in das umgebende Wasser. Jedes Spermatozoid hat ein spitzes und ein stumpfes Ende und ist mit zwei langen Wimpern versehen, mit deren Hilfe es im Wasser herumschwimmt (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 3). Mit Rücksicht auf ähnliche Vorgänge bei den Moosen ist es sehr wahrscheinlich, daß die vor den Mündungen der grubigen Vertiefungen liegenden, oben beschriebenen Eizellen irgend-

welche Stoffe ausscheiden, welche auf die im Wasser schwärmenden Spermatozoiden eine Anziehung aus-

üben. Tatsache ist, daß die kleinen Schwärmer, welche in die Nähe der kugelförmigen Eizellen kommen, sich an diese anlegen, und zwar in so großer Menge, daß die Kugel bisweilen ganz von Spermatozoiden bedeckt erscheint (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4). Es wurde auch beobachtet, daß die kugelförmigen Eizellen durch die ihnen anhängenden Schwärmer in Drehung versetzt werden und dadurch von der Stelle, wo sie ausgeschlüpft sind, entfernt werden. Die befruchtende Wirkung, welche die anhängenden und dann mit den Eizellen verschmelzenden Spermatozoiden ausüben, besteht ohne Zweifel in molekularen Veränderungen,

und das erste, auch äußerlich sichtbare Ergebnis dieser Umlagerungen ist, daß sich die Eizelle mit einer derben Zellhaut umgibt. Was nun vorliegt, ist die befruchtete Eizelle, welche längere Zeit unverändert in ruhendem Zustande verharrt, endlich aber sich streckt, mittels wurzelförmiger Ausfadungen am Boden fest anwächst, sich fächert und allmählich wieder zu einer neuen Fucus-Pflanze heranwächst.

In den besprochenen beiden Fällen werden die weiblichen Zellen erst befruchtet, nachdem sie aus dem Dogonium der Mutterpflanze in das umgebende Wasser ausgeschlüpft sind, und entbehren zur Zeit der Befruchtung jeder Hülle. Bei den weiterhin zu besprechenden Gewächsen bleiben dagegen die Eizellen zur Zeit der Befruchtung im Verbande mit der Mutterpflanze. Die Eizelle bleibt in dem weiblichen Organ, welches Dogonium genannt wird, und in welchem sie entstand, ruhig liegen. Das befruchtende Protoplasma, das Spermatozoid, muß sich unter diesen Umständen seinen Weg zur Eizelle erst suchen.

Als Vorbild für diese vielgestaltige Gruppe von Gewächsen und zur Darstellung der hier in Betracht kommenden Vorgänge mag eine Art der Gattung *Vaucheria* herausgegriffen werden. Betrachtet man einen grünen Faden der *Vaucheria* unter dem Mikroskop, so zeigt sich, daß derselbe aus einem einzigen Schlauche besteht, der zwar nicht gefächert, doch mannigfach ausgefacht ist. Die Ausfadungen dienen verschiedenen Zwecken: die an der Basis dient der Befestigung an die Unterlage, jene am freien Ende aber der Ausbildung von Schwärmersporen (vgl. Bd. I, Fig. 1 auf der Tafel bei S. 22) und die seitlich aus den Schläuchen entspringenden der Befruchtung und Fruchtbildung. Diese letzteren Ausstülpungen haben zweierlei Gestalt (s. Abbildung, S. 243, Fig. 5 und 6). Die einen sind kurz und dick, eiförmig und meistens etwas schief verzogen; die anderen sind zylindrisch, dünn, gemshornartig gekrümmt, schneckenförmig gewunden und bisweilen auch in mehrere Hörnchen geteilt. Das Protoplasma in diesen Ausstülpungen sondert sich von dem Protoplasma des Hauptschlaches ab, und in die entstandene Trennungsfurche wird eine Scheidewand aus Zellstoff eingeschoben. Jede dieser Ausstülpungen stellt nun einen Behälter dar. Die schief-eiförmigen Behälter sind die Dogonien und umschließen eine Eizelle, die sich aus dem Protoplasma geformt hat; die gewundenen zylindrischen Behälter sind die Antheridien und erzeugen Spermatozoiden. Die Entwicklung vollzieht sich ziemlich rasch, sie beginnt gewöhnlich am Abend, und am darauffolgenden Morgen sind die Dogonien und Antheridien bereits vollkommen ausgebildet. Im Laufe des Vormittages entsteht nun am Scheitel des Dogoniums eine Öffnung, während sich gleichzeitig die von demselben umschlossene Eizelle zur Kugel ballt. Das Spermoplasma in den Antheridien ist indessen in zahlreiche längliche, an jedem der beiden Pole mit einer Wimper besetzte Spermatozoiden zerfallen. Nachdem dies geschehen, platzt das freie Ende des Antheridium, und die winzigen Spermatozoiden werden als ein Schwarm in das umgebende Wasser entlassen. Ein Teil derselben gelangt nun zu einem benachbarten Dogonium, dringt durch den geöffneten Scheitel in das Innere des Behälters ein und verschmilzt dort mit der grünen Eizelle. Dabei ist folgende Erscheinung sehr auffallend. Wenn sich, wie das gewöhnlich der Fall ist, an demselben Schlauche nebeneinander Dogonien und Antheridien ausgebildet haben, so findet das Öffnen derselben nur sehr selten gleichzeitig statt, und es ist daher die Befruchtung der Eizelle durch die Spermatozoiden aus Antheridien desselben Schlauches verhindert, dagegen ist es der gewöhnliche Fall, daß die Spermatozoiden aus dem Antheridium des einen Schlauches zu den Dogonien eines anderen Schlauches gelangen und auf diese Weise eine Kreuzung stattfindet (s. Abbildung, S. 243, Fig. 5 und 6). Sobald die Befruchtung der

Eizelle stattgefunden hat, umgibt sich diese mit einer derben Zellohülle, die grüne Farbe des Protoplasmas weicht einem schmutzigen Rot oder Braun, und man sieht nun in dem Oogonium die rotbraune Zelle liegen. Die Oogoniumhülle löst sich auf und zerfließt, oder das Oogonium trennt sich mit samt der eingeschlossenen Eizelle ab. In beiden Fällen trennt sich die befruchtete Dauerospore von dem Schlauche, an dem sie entstand, und sinkt in die Tiefe, wo eine verhältnismäßig lange, oft einen ganzen Winter dauernde Ruheperiode eingehalten wird. Wenn später die Eizelle keimt, so wird die äußere Schicht ihrer Zellohülle gesprengt, und es wächst aus dem Riß ein Schlauch hervor, welcher in seiner Gestalt dem *Vaucheria*-Schlauche gleicht, an dem sich die Eizelle ausgebildet hatte.

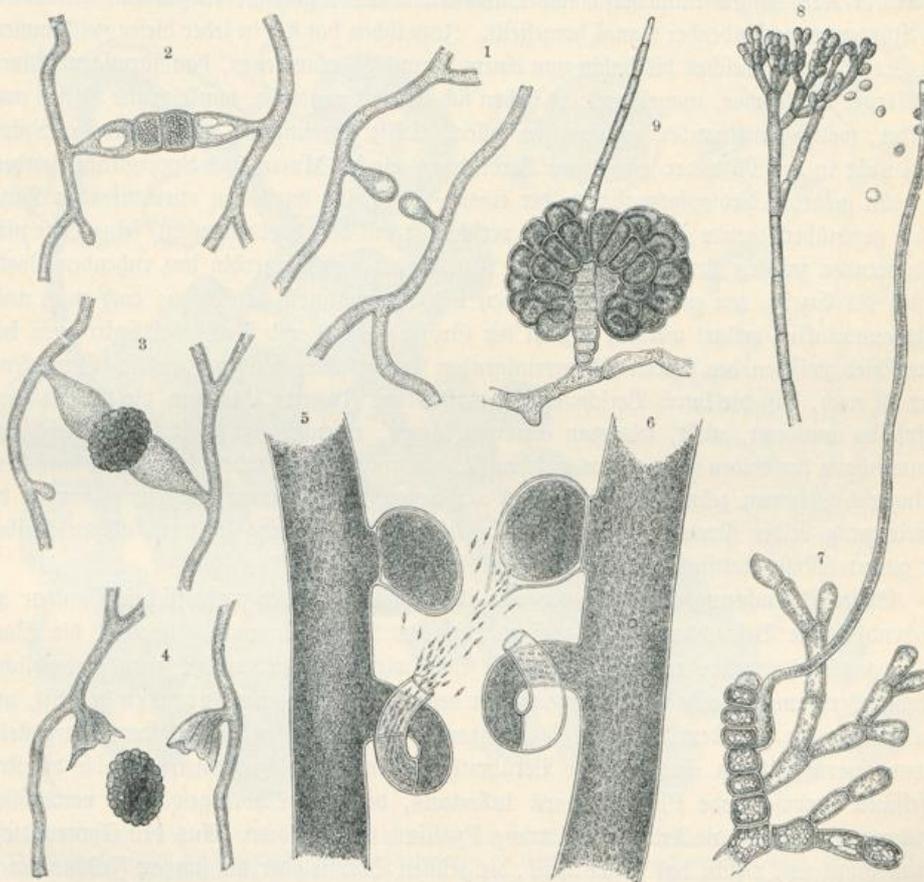
Wieder einer anderen Form der Fortpflanzung begegnet man bei einigen Kryptogamen, wo die beiden verschmelzenden Zellen gleichgestaltet sind, die Vereinigung der beiden Gameten jedoch innerhalb der geschlossenen Zellmembran erfolgt.

In besonders eigentümlicher Weise zeigt sich diese Art der Befruchtung bei jenen Schimmelpilzen, welche unter dem Namen *Mucorazeen* bekannt sind, und ebenso bei jenen grünen Algen, welche man mit Rücksicht auf ihre eigentümliche Befruchtung Konjugaten genannt hat. Bei ihnen geht der Verschmelzung der zweierlei Protoplasten stets eine Konjugation, eine Verbindung und Verwachsung der diese Protoplasten umgebenden Zellohüllen voraus, und es wird dadurch ein besonderer Hohlraum geschaffen, in welchem die Verschmelzung der Protoplasten erfolgen kann. Die Figuren 1—4 in nebenstehender Abbildung zeigen diesen Befruchtungsvorgang bei einem Pilz, bei der zu den *Mucorazeen* gehörenden *Sporodinia grandis*. Zwei mehr oder weniger parallele schlauchförmige Hyphen treiben Ausstülpungen gegeneinander (Fig. 1), und die Ausstülpungen rücken so lange gegeneinander vor, bis sie mit ihren freien Enden in Berührung kommen und verwachsen. Ist die Verwachsung erfolgt, so wird rechts und links von der Verwachsungsstelle je eine Querwand ausgebildet, und man unterscheidet jetzt an der mit einem Joche (griechisch *Zygon*) verglichenen Verbindung beider Hyphen ein mittleres Zellenpaar, welches von den beiden basalen Teilen der Ausstülpungen getragen wird (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 2). Die durch Verwachsung entstandene Wand, welche das mittlere Zellenpaar trennt, wird nun aufgelöst, und aus dem Zellenpaar ist nun ein einziger Zellenraum entstanden (Fig. 3). Die beiden in dem Zellenpaar hausenden, bisher getrennten Protoplasten, von welchen einer der Hyphse rechts, der andere der Hyphse links, also zwei verschiedenen Individuen, entstammen, verschmelzen hierauf innerhalb der Zellohülle, und dieses Verschmelzen ist als Befruchtungsakt aufzufassen. Die Haut der mittelständigen Zelle, welche das vereinigte Protoplasma umgibt, verdickt sich, wird bei der hier als Beispiel gewählten *Sporodinia grandis* warzig, bei dem S. 234 abgebildeten *Mucor Mucedo* runzelig und rauh und bei anderen *Mucorazeen* sogar stachelig und erhält auch eine auffallend dunkle Färbung. Endlich löst sich die mittelständige dunkle Zelle von den basalen Teilen der ursprünglichen Ausstülpungen, welche sie bisher getragen haben, und ist dadurch frei und selbständig geworden (s. Abbildung, S. 243, Fig. 4). Wie die Kirbische von dem Zweige des Baumes ist sie abgefallen. Man nennt diese Spore entsprechend der oben benutzten Bezeichnung Jochspore oder *Zygospore*, seltener Jochfrucht.

So wenig, als von den im Wasser sich paarenden Protoplasten des Kraushaares (*Ulothrix*) gesagt werden kann, der eine sei Eizelle, der andere Spermatozoid, vermag man von den verschmelzenden beiden Protoplasten der *Sporodinia grandis* festzustellen, welcher derselben befruchtet wird, und welcher befruchtend wirkt. Theoretisch ist zwar ein Unterschied

voranzufügen, und es ist wahrscheinlich, daß derselbe in Eigentümlichkeiten des molekularen Aufbaues besteht, aber ein größerer Unterschied in der Größe, im Umriss und in der Farbe oder dem Ursprunge nach ist nicht zu erkennen.

Auch bei den Desmidiaceen, von welchen zwei Formen (*Closterium* und *Penium*) durch die Figuren 9 und 10 auf der Tafel bei S. 22 des I. Bandes dargestellt sind, ebenso bei den



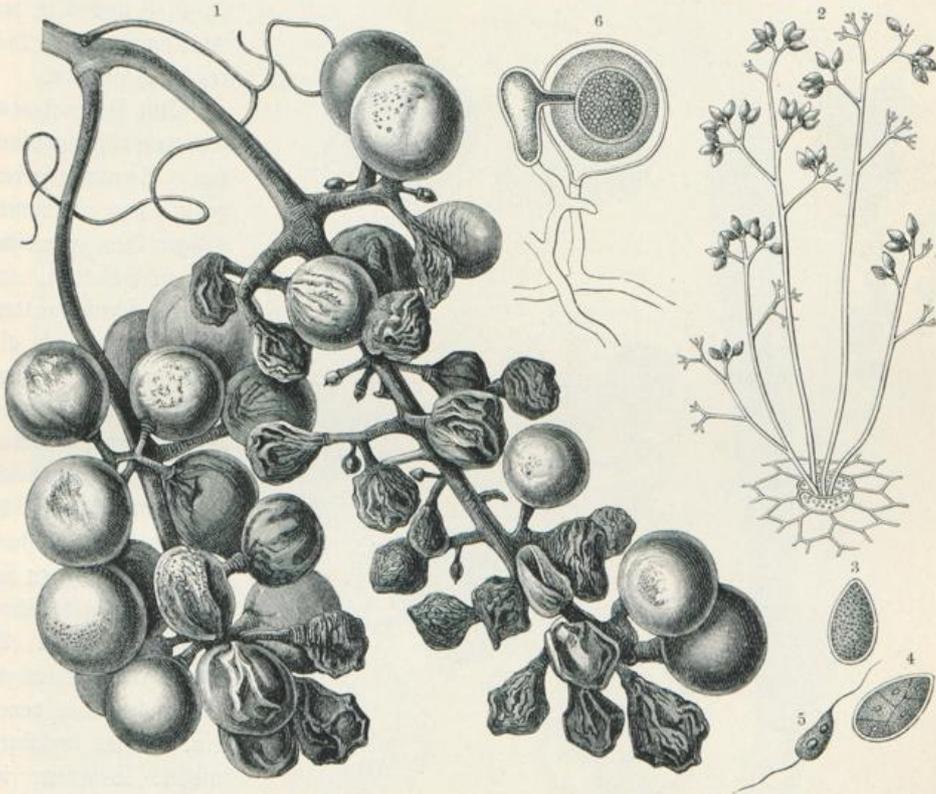
Befruchtung und Fruchtbildung der Diatomeen, Siphonocysten und Floribeen: 1-4 Konjugation und Fruchtbildung der *Sporodinia grandis*; 5) und 6) *Vancheria sessilis*; 7) Fruchtanlage mit Trichogyne von *Dudresnaya coccinea*, 8) Antheridien mit den in Abgliederung begriffenen Spermatozoen derselben Pflanze, 9) Frucht derselben Pflanze. Fig. 1-4: 180fach, Fig. 5 und 6: 250fach, Fig. 7 und 8: 400fach, Fig. 9: 250fach vergrößert. (Fig. 7-9 nach Bornet.) Zu S. 241, 242 und 247.

nach Hunderten zählenden Arten der Diatomeen ist ein äußerlich wahrnehmbarer Gegensatz der bei der Befruchtung verschmelzenden Protoplasten nicht wahrzunehmen. Nur bei den Zygnemaceen könnte, auf räumliche Verhältnisse gestützt, der eine der sich verbindenden Protoplasten als Eizelle, der andere als Spermatozoid angesehen werden. Bei diesen Pflanzen, deren Befruchtung auf der Tafel bei S. 22 des I. Bandes durch die Fig. 11 an der in Gestalt grüner, schleimig anzufühlender Fäden in Tümpeln und Teichen sehr häufig vorkommenden *Spirogyra arcta* dargestellt ist, entstehen aus einzelnen der reihenweise geordneten Zellen seitliche Ausfadungen, ähnlich wie aus den schlauchförmigen Zellen der *Sporodinia grandis*. Wie bei

dieser kommen die Ausstülpungen der gegenüberliegenden Zellen in Berührung, verwachsen miteinander und stellen eine Art Joch her. Meistens entstehen von zwei nebeneinander im Wasser flottierenden Fäden aus zahlreichen gegenüberliegenden Zellen solche Jochverbindungen, welche dann an die Sprossen einer Leiter erinnern (s. Fig. 11 auf der Tafel bei S. 22 des I. Bandes). Die Wand, welche durch Verwachsung der sich berührenden Ausstülpungen entstanden ist, wird aufgelöst und verschwindet, und so wird ein die gegenüberliegenden Zellkammern der Spirogyra verbindender Kanal hergestellt. Inzwischen hat sich in jeder dieser Zellkammern das Protoplasma, welches bis dahin von einem schraubig gewundenen, bandförmigen Chlorophyllkörper erfüllt war, umgelagert; es haben sich daselbst rundliche, dunkelgrüne Ballen ausgebildet, welche miteinander verschmelzen sollen. Diese Vereinigung erfolgt nun bei Spirogyra nicht in der Mitte der jochartigen Verbindung wie bei Mucor und Sporodinia, sondern der grün gefärbte Protoplasmaaballen der einen Zelle gleitet durch den querlaufenden Kanal in die gegenüberliegende Zellkammer und verschmilzt mit dem dort ruhenden, seine Lage nicht verändernden zweiten Protoplasmaaballen. Man könnte nun immerhin den ruhenden Protoplasten als Eizelle, den zu ihm hingleitenden als Spermatozoid bezeichnen; doch muß nochmals ausdrücklich erklärt werden, daß in der Größe, Gestalt und Farbe bei Spirogyra kein Unterschied zwischen den beiden sich vereinigenden Protoplasten nachzuweisen ist. Bemerkenswert ist noch, daß die durch Verschmelzung entstandene Zygote, die nun die Gestalt eines Ellipsoids annimmt, nicht, wie man erwarten könnte, einen Rauminhalt besitzt, gleich dem Rauminhalte der beiden Körper, aus welchen sie hervorgegangen, sondern daß sie ein auffallend geringeres Volumen zeigt. Es ist daraus am besten zu entnehmen, daß im Momente der Vereinigung beider Protoplasten eine durchgreifende Veränderung im molekularen Aufbau der ganzen Masse stattfindet, wobei jedenfalls Wasser austritt.

Dieser Befruchtung ähnlich, aber von ihr doch in mehreren wesentlichen Punkten abweichend ist die Befruchtung mittels eines von dem Antheridium ausgehenden, die Wand des Oogoniums durchbohrenden Fortsatzes. Dies wird insbesondere bei jenen verderblichen Schmarogerpflanzen beobachtet, die man unter dem Namen Peronosporazeen begreift, und von welchen die auf dem Weinstock schmarogende, in nebenstehender Abbildung dargestellte *Peronospora viticola* eine traurige Verühmtheit erlangt hat, zu denen auch die die Kartoffelfäule verursachende *Phytophthora infestans*, der den Schotengewächsen verderbliche *Cystopus candidus*, die Arten der Gattung *Pythium* usw. gehören. Aus den Sporen dieser Peronosporazeen, welche das frische Laub, die grünen Sprosse oder die jungen Früchte der zu Wirten ausgewählten Blütenpflanzen befallen, entwickeln sich sofort schlauchförmige Hyphen, welche in das grüne Gewebe eindringen, die Zellwände durchlöchern, in die Räume zwischen den Zellen hineinwachsen, sich dort ausstülpfen und verzweigen, verhältnismäßig nur selten durch Scheidewände gefächert werden, dagegen sehr häufig kleine Saugkolben, sogenannte Haustorien, in das Innere der mit Protoplasma erfüllten Zellen treiben (s. Abbildung, Bd. I, S. 385, Fig. 1). Die das grüne Gewebe der Wirtspflanze durchwuchernden schlauchförmigen Hyphen schwellen an einem blindstüpförmigen Ende kugelförmig an, und eine Scheidewand bildet die Grenze zwischen der endständigen Kugel und dem seine zylindrische Form beibehaltenden Teil des Schlauches. Die kugelförmige Zelle ist das Oogonium. Das ihren Inhalt bildende Protoplasma sondert sich in zwei Teile, in einen mittleren dunkleren Ballen, die Eizelle, und in eine hellere durchscheinende Hüllmasse. An einem zweiten, seltener an demselben Schlauche entstehen die das Spermatoplasma enthaltenden Antheridien als seitliche, kolbenförmige

Ausfackungen, welche gegen das Dogonium hinwachsen und sich an dasselbe anlegen. Als bald, nachdem die Berührung des Dogoniums und Antheridiums erfolgt ist, treibt das letztere von der Berührungsstelle aus einen die Wand des Dogoniums durchbohrenden kegelförmigen oder zylindrischen hohlen Fortsatz bis zu dem dunkeln Ballen im Zentrum des Dogoniums (s. untenstehende Abbildung, Fig. 3). Indessen hat sich in dem Antheridium das Protoplasma in einen Wandbeleg und in das eigentliche Spermatoplasma gesondert, ohne aber in Spermatozoiden



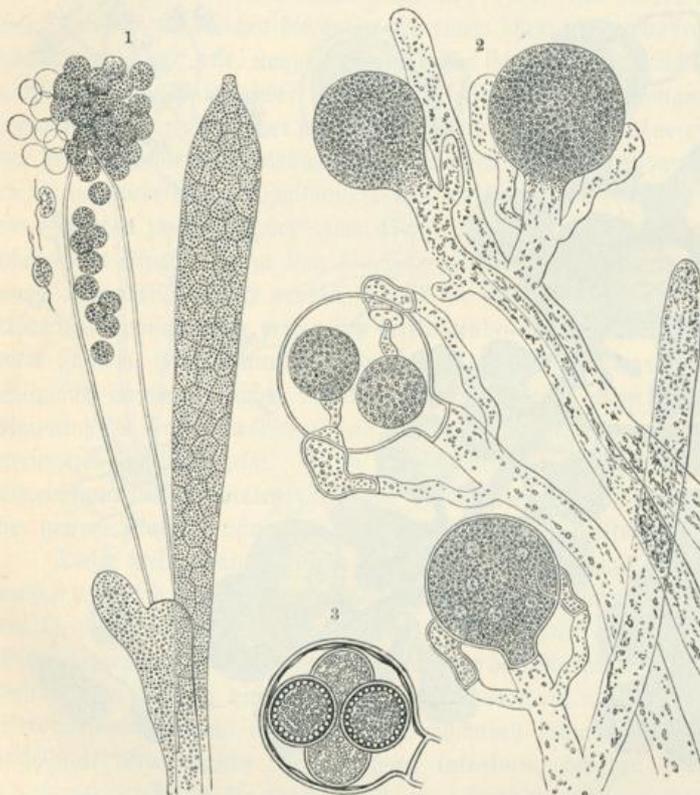
Befruchtung und Sporenbildung der Peronosporazeen: 1) eine vom Traubenschimmel (*Peronospora viticola*) befallene Traube; 2) Sporen auf verzweigten, aus einer Spaltöffnung des Weinlaubes hervorgekommenen Trägern; 3) einzelne Spore, 4) einzelne Spore, deren Inhalt sich in Schwärmer teilt, 5) einzelner Schwärmer; 6) Befruchtung der *Peronospora viticola*. Fig. 1 in natürl. Größe, Fig. 2: 80fach, Fig. 3—5: 350fach, Fig. 6: 380fach vergrößert. (Fig. 3—6 nach De Bary.)  
Zu S. 244—246.

zu zerfallen. Der von dem Antheridium entwickelte Fortsatz, den man Befruchtungsschlauch genannt hat, öffnet sich an seiner in das Innere des Dogoniums eingedrungenen Spitze, das Spermatoplasma quillt durch ihn binnen 1—2 Stunden zu der Eizelle hinüber und verschmilzt mit derselben so vollständig, daß man eine Grenze zwischen beiden nicht mehr wahrzunehmen imstande ist. Kurze Zeit nach diesem Vorgange umgibt sich die befruchtete Eizelle mit einer dicken Zellhaut, die aus mehreren Schichten besteht. Die äußere dieser Schichten wird gewöhnlich uneben und warzig und ist bei einigen Arten förmlich mit Stacheln besetzt. Die Eizelle löst sich später aus dem in Zerlegung übergehenden Dogonium, trennt sich also von der Mutterpflanze und hält nun, frei geworden, eine längere Ruheperiode ein. Die aus ihr hervordwachsende neue Generation hat anfänglich die Form eines Schlauches, dieser

verästelt sich und erhält wieder die Gestalt der Mutterpflanze, oder aber es entstehen aus dem Protoplasma des auswachsenden Schlauches zunächst Schwärmer, welche sich eine Zeitlang herumtreiben, einen geeigneten Platz zur Ansiedelung auffuchen und dort, zur Ruhe gekommen, die Ausgangspunkte für neue Individuen bilden. In welcher Weise die Peronosporazeen neben den Geschlechtsorganen auch Sporen an bäumchenförmig verzweigten, aus den Spaltöffnungen der grünen Wirtspflanzen hervorstehenden Hyphen ausbilden, ist durch die Figuren

2, 4, 5 und 6 in der Abbildung auf S. 245 ersichtlich gemacht.

Den Peronosporazeen nahe verwandt sind die Saprolegniazeen, jene schimmelartigen Gebilde, welche auf verwesenden, im Wasser schwimmenden Tieren und auch als todtbringende Schmarroger an den Kiemen der Fische wuchern. Aus den farblosen, schlauchförmigen Zellen, welche die Sprosse dieser Pflanzen bilden, erheben sich das eine Mal die schon früher erwähnten (S. 236) keulenförmigen Schläuche, aus denen eine Anzahl kugelförmiger, mittels Wimpern im Wasser herumschwimmender Zoosporen entlassen werden (s. oben-



Generationswechsel der Saprolegniazeen: 1) Entwicklung ungeschlechtlicher Sporen, 2) Befruchtung, 3) Fruchtbildung. Sämtliche Figuren ungefähr 400fach vergrößert. (Zu S. 245.)

stehende Abbildung, Fig. 1), das andere Mal bilden sich an demselben Faden Antheridien und kugelförmige Oogonien. Aus den von dem Oogonium umschlossenen Eizellen, die in der Regel zu mehreren entstehen, gehen nach erfolgter Befruchtung durch je ein aus den Antheridien entlassenes Spermatozoid Dauer sporen hervor (s. Fig. 2 und 3).

Bei den Kottangen oder Florideen, von welchen auf der nebenstehenden Tafel eine farbenprächige Gruppe abgebildet ist, erfolgt die Befruchtung in einer von allen Kryptogamen ganz abweichenden Weise, nämlich durch einen Empfangnisapparat, den man Trichogyn nennt. Unter Trichogyn versteht man eine lange haar- oder fadenförmige Zelle, welche sich aus dem weiblichen Organ erhebt. Bei einem Teile der Florideen läuft die Zelle, welche die Eizelle enthält, direkt in das Trichogyn aus, bei anderen dagegen ist das weibliche Organ gefächert, d. h. es besteht aus einer Reihe breiter Zellen, die zusammengenommen einen kurzen

[Zur Tafel: »Florideen im Adriatischen Meere«.]



Florideen im Adriatischen Meere.

Nach Aquatellen von Iris v. Beckar und E. v. Rostkottet

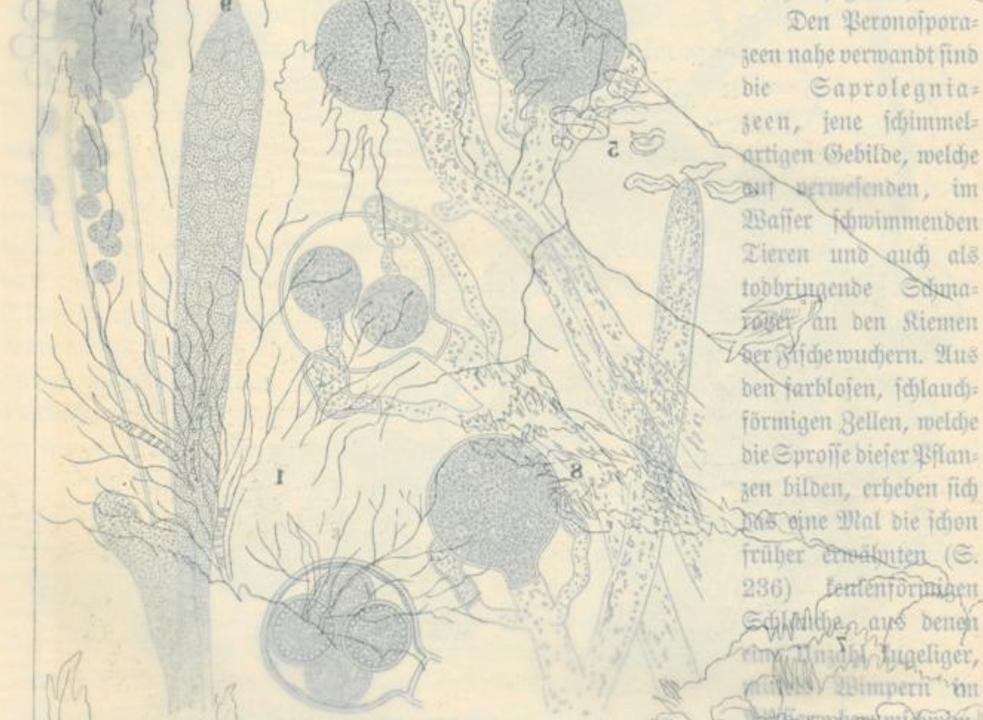
1. *Ceramium strictum*.  
2. *Plocamium coccineum*.  
3. *Dictyota*.

4. *Nitophyllum ocellatum*.  
5. *Physomenia squamaria*.  
6. *Padina Pavonia*.

7. *Sphacelaria scoparia*.  
8. *Callithamnion*.  
9. *Sargassum Unifolium*.

verästelt sich und erhält wieder die Gestalt der Mutterpflanze, oder aber es entstehen aus dem Protoplasma des abgewandten Schlauches zunächst Schwärmer, welche sich eine Zeitlang herumtreiben, einen geeigneten Platz zur Ansiedelung aufsuchen und dort, zur Ruhe gekommen, die Ausgangsstadien für neue Individuen bilden. In welcher Weise die Peronosporaceen neben den Geschlechtsorganen auch Sporen, die bäumchenförmig verzweigt, aus den Spaltöffnungen der grünen Pflanzenteile hervordwachsenden Hyphen ausbilden, ist durch die Figuren 2, 4, 5 und 6 in der Abbildung auf S. 245 ersichtlich gemacht.

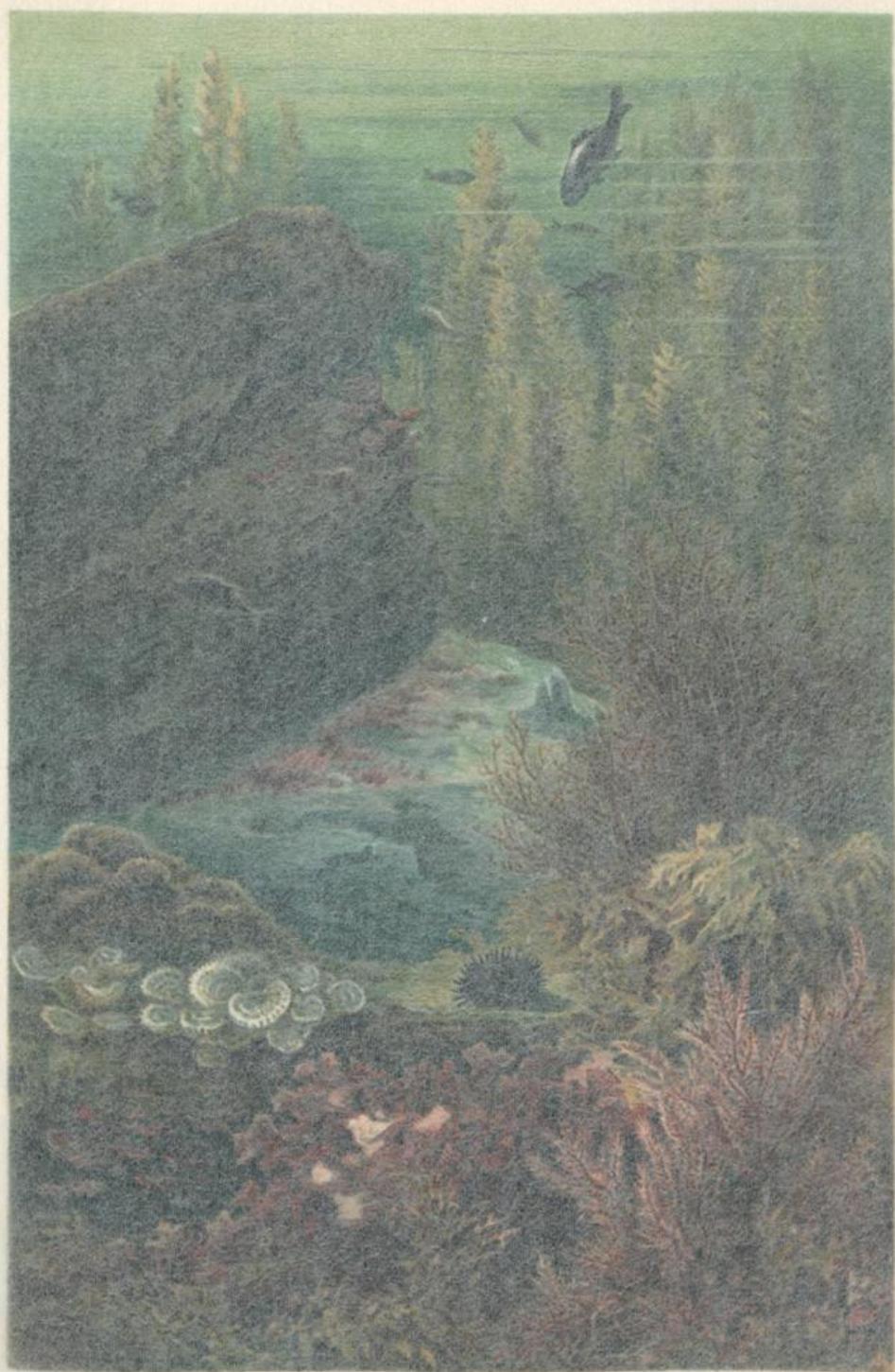
Den Peronosporaceen nahe verwandt sind die Saprolegniazeen, jene schimmelartigen Gebilde, welche auf verweidenden, im Wasser schwimmenden Tieren und auch als todtbringende Schwärmer an den Kiemen der Fische wuchern. Aus den farblosen, schlauchförmigen Zellen, welche die Sprosse dieser Pflanzen bilden, erheben sich das eine Mal die schon früher erwähnten (S. 236) kantenförmigen Schläuche, aus denen eine Anzahl kugelförmiger, mit Wimpern im Wasser herumtollender Zoosporen entlassen werden (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1), das andere Mal bilden sich auf denselben Fäden Antheridien und kugelförmige Oogonien. Aus den von dem Oogonium umschlossenen Eizellen, die in der Regel zu mehreren entstehen, gehen nach erfolgter Befruchtung durch je ein aus den Antheridien entlassenes Spermatozoid Daueriporen hervor (s. Fig. 2 und 3).



Gebilde der Gattung Saprolegnia: 1) Entzweigter, kantenförmiger Schlauch; 2) Schlauch mit kugelförmigen Sporen; 3) Schlauch mit kugelförmigen Oogonien; 4) Schlauch mit kugelförmigen Antheridien; 5) Schlauch mit kugelförmigen Zoosporen; 6) Schlauch mit kugelförmigen Zoosporen.

Bei den Hartungen oder Florideen, von welchen auf der gegenstehenden Tafel eine farbenprächtige Gruppe abgebildet ist, erfolgt die Befruchtung in einer von allen Kryptogamen ganz abweichenden Weise, nämlich durch einen Empfangnisapparat, den man Trichogynonum. Unter Trichogynon versteht man eine lange haar- oder fadenförmige Zelle, welche sich aus dem weiblichen Organ erhebt. Bei einem Teile der Florideen läuft die Zelle, welche die Eizelle enthält, direkt in das Trichogynon aus, bei anderen dagegen ist das weibliche Organ getrennt, d. h. es besteht aus einer Reihe weiter Zellen, die zusammengenommen einen kurzen

- 1. Gametangium trichogynum
- 2. Peronospora sparsa
- 3. Peronospora sparsa
- 4. Peronospora sparsa
- 5. Peronospora sparsa
- 6. Peronospora sparsa
- 7. Saprolegnia scoparia
- 8. Saprolegnia scoparia



Storideen im Adriatischen Meere.

Nach Aquarellen von Frh v. Kerner und E. v. Ranfönet.

verästelt sich und erhält wieder die Gestalt der Mutterpflanze, oder aber es entstehen aus dem Protoplasma des auswachsenden Schlauches zunächst Schwärmer, welche sich eine Zeitlang herumtreiben, eineder ersten Platz zur Ansiedelung aussuchen und dort, zur Ruhe gekommen, die Ausgangsgrundlage für diese Individuen bilden. In welcher Weise die Peronosporazeen neben den Geschlechtsorganen auch Sporen, die bäumchenförmig verzweigt, aus den Spaltöffnungen der grünen Blattstängel hervorkommen, ist durch die Figuren 2, 4, 5 und 6 in der

Abbildung auf S. 245 ersichtlich gemacht.

Den Peronosporazeen nahe verwandt sind die Saprolegniazeen, jene schimmelartigen Gebilde, welche sich verweidenden, im Wasser schwimmenden Tieren und auch als todtbringende Schmarotzer an den Kiemen der fische wuchern. Aus den farblosen, schlauchförmigen Zellen, welche die Sprosse dieser Pflanzen bilden, erheben sich bis eine Mal die schon früher erwähnten (S. 236) leutenförmigen Schlauche, aus denen sich eine Anzahl kugelförmiger, mit Keimern im Wasser herumtollender Zoosporen enthalten werden (S. 236).



Fig. 1. Saprolegnia; Fig. 2. Zoospore; Fig. 3. Saprolegnia; Fig. 4. Saprolegnia; Fig. 5. Saprolegnia; Fig. 6. Saprolegnia.

stehende Abbildung, Fig. 1), das andere Mal bilden sich an denselben Fäden Antheridien und Lagerförmige Oogonien. Aus den von dem Oogonium durchlossenen Eizellen, die in der Regel zu mehreren entstehen, gehen nach erfolgter Befruchtung meist je ein aus den Antheridien entstehendes Spermatozoid hervor (s. Fig. 2 und 3).

Bei den Nostocen oder Florideen, wovon wir auf der nebenstehenden Tafel eine farbenprächtige Gruppe abgebildet ist, erfolgt die Befruchtung in einem von allen Kryptogamen ganz abweichenden Weise, nämlich durch einen Embryonalapparat, den man Embryonarium nennt. Dieses Embryonarium besteht aus einer langen haar- oder fadenförmigen Zelle, welche sich aus dem weiblichen Organ bildet. In einem Teile der Florideen läuft die Zelle, welche die Eizelle enthält, durch in das Embryonarium aus, bei anderen dagegen ist das weibliche Organ getrennt, d. h. es besteht aus einer Reihe einzelner Zellen, die zusammengenommen einen kurzen

- 1. Saprolegnia
- 2. Zoospore
- 3. Saprolegnia
- 4. Saprolegnia
- 5. Saprolegnia
- 6. Saprolegnia



Florideen im Adriatischen Meere.  
Nach Aquarellen von Frh v. Kerner und E. v. Ranfonnet.



Ast des gabelförmig verzweigten Sprosses bilden, und dieser Zellenreihe ist seitlich jene in einen langen, dünnen, fadenförmigen Schlauch ausgezogene Zelle angeschmiegt, welche den Namen Trichogyn führt (s. Abbildung, S. 243, Fig. 7). Während auf dem einen Individuum derartige Fruchtanlagen (Karpogon genannt) entstehen, bilden sich auf einem zweiten die Antheridien aus. Weit seltener kommt es vor, daß ein und dasselbe Individuum Fruchtanlagen und Antheridien nebeneinander trägt, und an den wenigen Arten, welche diese Vereinigung zeigen, ist durch eine verzögerte Entwicklung bald der Fruchtanlage, bald der Antheridien eine Selbstbefruchtung so gut wie unmöglich gemacht. Mag das eine oder andere der Fall sein, immer erscheint das Antheridium als ein Anhangsorgan der Sprosse, von welchem sich einzelne runde, mit Spermatoplasma erfüllte Zellen abtrennen. Die Fig. 8 in der Abbildung auf S. 243 stellt das Antheridium eines solchen Kottanges, nämlich jenes von *Dudresnaya coccinea*, dar. Ein schlanker Ast des Sprosses endigt mit gabelig gruppierten Zellen, und die äußersten dieser Zellen, welche sich abrunden und ablösen, sind winzig kleine Befruchtungskörper. Dieselben haben im Gegensatz zu den Spermatozoiden der *Vaucheria* und jenen der später zu besprechenden Armleuchtergewächse, *Moose* und *Farne* keine Wimpern, bewegen sich auch nicht aus eigener Kraft in dem umgebenden Wasser, sondern werden durch die Strömungen, welche an den Standorten der Florideen zu keiner Zeit gänzlich fehlen, den Trichogynen zugeführt. Man hat ihnen daher auch zum Unterschied von den beweglichen Spermatozoen den Namen Spermastien gegeben. Durch die Strömungen im Meerwasser gelangen sie zu einem der Trichogyne, welche sich über den Fruchtanlagen erheben, und bleiben an demselben hängen, wie es Fig. 7 in der Abbildung auf S. 243 zur Anschauung bringt.

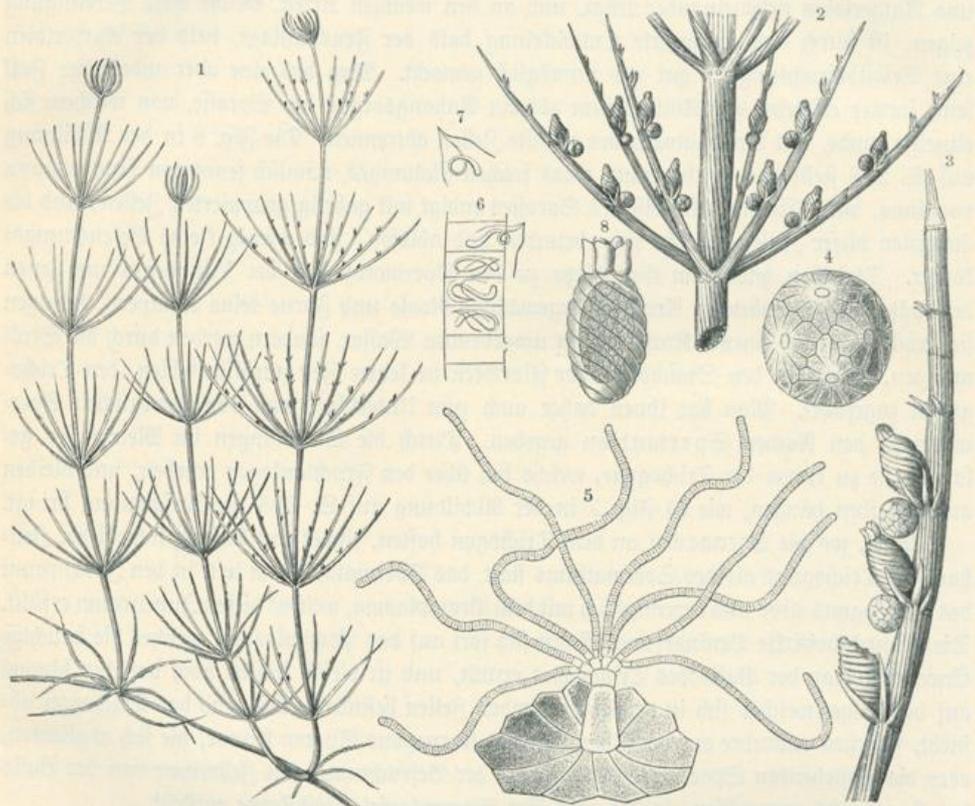
Dort, wo die Spermastien an dem Trichogyn haften, findet eine Lösung sowohl der Zellhaut des Trichogyns als des Spermastiums statt, das Spermatoplasma tritt in den Innenraum des Trichogyns über und vereinigt sich mit dem Protoplasma, welches diesen Innenraum erfüllt. Die dadurch bewirkte Veränderung pflanzt sich fort auf das Protoplasma, welches die bauchige Erweiterung an der Basis des Trichogyns erfüllt, und in vielen Fällen noch darüber hinaus auf dasjenige, welches sich in den angrenzenden Zellen befindet. Während das Trichogyn absterbt, sprießen entweder auf der Oberfläche des Karpogons Sporen hervor, die sich abgliedern, oder die entstehenden Sporen werden, in Folge der Befruchtung, von Zellreihen von der Basis des Karpogons unwachsen, so daß eine Art Sporenkapsel (Zystokarp) entsteht.

Die noch weiter zu besprechenden Kryptogamen, die Armleuchtergewächse, die *Moose* und Gefäßkryptogamen, weichen von den bisher geschilderten dadurch ab, daß bei ihnen die Eizelle stets in einem besonders geformten Behälter eingeschlossen ist, wodurch der Zugang für die Spermatozoiden modifiziert erscheint.

Was zunächst die Armleuchtergewächse (*Characeen*) betrifft, so hat bei ihnen die Eiznospe, wie das weibliche Organ hier heißt, eine ellipsoidische Gestalt und wird von einem sehr kurzen, einzelligen Stiele getragen. Diesem Stiele sitzt die sogenannte Knotenzelle auf, eine kurze, scheibenförmige Zelle, welche das Piedestal für das große ellipsoidische Dogonium bildet, und die auch zugleich den Ausgangspunkt für fünf wirtelig gestellte schlauchförmige Zellen bildet, die sich erheben, schraubenförmig um das Dogonium winden und als eine zierliche Umhüllung desselben erscheinen (s. Abbildung, S. 248, Fig. 8). Von den über dem Dogonium zusammenstoßenden Enden dieser Hüllschläuche gliedern sich kleine Zellen ab, welche zusammen ein Deckelchen oder Krönchen darstellen. Unterhalb dieses Krönchens bilden die halsförmig zusammengezogenen Hüllschläuche einen kleinen Hohlraum, und das ist die Stelle, wo zur Zeit

der Befruchtung zwischen den im übrigen miteinander verwachsenen Hüllschläuchen Spalten sichtbar werden, durch welche die Spermatozoiden in die Eiknospe, zur Eizelle gelangen können.

Die Entstehung dieser Spermatozoiden ist überaus merkwürdig. Als ihre Bildungsstätte erscheinen rote kugelige Gebilde, welche wenig kleiner sind als die Fruchtanlagen und mit ihnen gleichen Ursprung haben. Sie entspringen nämlich an den wirteligen Verästelungen, und zwar



Befruchtung der Armleuchtergewächse (Characeen): 1) *Chara fragilis*, 2) ein Stück dieser Pflanze mit Eiknospen und Antheridien an den Zweigen, 3) ein einzelner Zweig mit Eiknospen und Antheridien, 4) ein Antheridium, 5) ein Teilstück des Antheridiums mit dem Manubrium und den keiselförmig gruppierten Zellen, welche die Spermatozoiden enthalten, 6) mehrere Zellen aus einer der keiselförmigen Zellenreihen, die mittleren Zellen enthalten jede ein Spermatozoid, aus der obersten Zelle schlüpft das Spermatozoid aus, die unterste Zelle ist entleert, 7) ein einzelnes Spermatozoid, 8) Eiknospe, welche die Eizelle umschließt. Fig. 1 in natürl. Größe, Fig. 2: 10fach, Fig. 3: 15fach, Fig. 4: 35fach, Fig. 5: 100fach, Fig. 6: 300fach, Fig. 7: 500fach, Fig. 8: 50fach vergrößert. (Zu S. 247—249.)

bei einigen Arten zusammen mit den Eiknospen an demselben Individuum (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2 und 3), bei anderen Arten an verschiedenen Individuen, also getrennt von den Eiknospen, wonach man auch einhäufige und zweihäufige Armleuchtergewächse unterscheidet. Jede rote Kugel wird aus acht nach außen zu schwach gewölbten Platten zusammengesetzt, deren jede die Gestalt eines sphärischen Dreiecks besitzt, strahlenförmig gefaltet und an den Rändern gefehrt ist (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4). Die Kerbzähne der zur Kugel verbundenen Platten greifen ineinander, und es wird dadurch eine Verzahnung hergestellt. Von den Mittelpunkten der schwach konkaven Innenseite erhebt sich aus jeder Platte eine zylindrische und kegelförmige Zelle, auf deren Scheitel wieder eine andere köpfchenförmige Zelle

figt. Von dieser letzteren gehen lange Zellenreihen aus, deren unterste Glieder eine kugelförmige oder zylindrische Gestalt besitzen, während die weiter folgenden die Form einer kurzen Scheibe zeigen (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 5). Das ganze Gebilde ließe sich mit einer Geißel oder Knute vergleichen, und man hat auch die der Platte aufsitzende Stielzelle Handhabe (Manubrium) genannt. Solange die acht Platten der Kugel zusammenschließen, ragen diese Manubrien gegen den Mittelpunkt der hohlen Kugel vor, und die von dem Manubrium ausgehenden Zellenreihen sind zu einem Knäuel zusammengedreht. Sobald aber die Platten sich trennen und die Kugel zerfällt, löst sich der Knäuel auf, und dann erhalten die Teile jenes Aussehen, wie es durch die Fig. 5 der nebenstehenden Abbildung dargestellt ist. Zu dieser Zeit hat sich in jedem scheibenförmigen Gliede der Zellenreihen das Protoplasma in ein spiralförmig zusammengedrehtes Spermatozoid ausgestaltet, und man sieht nun auf kurze Zeit in jeder Zelle je ein Spermatozoid eingebettet (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 6). Als bald aber öffnen sich diese Zellen. Die an dem einen Ende mit zwei langen Wimpern besetzten Spermatozoiden schlüpfen aus und schwimmen in dem umgebenden Wasser wirbelnd herum (Fig. 7). Die Spermatozoiden gelangen nun durch die früher beschriebenen Spalten unter dem Krönchen zum Dogonium, über welchem eine schleimige, gallertartige Masse sich ausbreitet. Die Zellohaut des Dogoniums ist am Scheitel gleichfalls erweicht und wie zerfließen, und diese weichen, gequollenen Schleimmassen bilden kein Hindernis der Fortbewegung für die eingedrungenen Spermatozoiden, sondern leiten sie zur Eizelle hin. Die Spermatozoiden gelangen bis zur Eizelle, und es findet nun eine Verschmelzung beider statt.

Die infolge der Befruchtung eintretenden Veränderungen der Fruchtanlage geben sich äußerlich zunächst als eine Verfärbung der Eifnospe zu erkennen. Die bisher grünen Chlorophyllkörper nehmen ein rötlichgelbes Kolorit an, die schraubig gewundenen Zellen der Hülle werden verdickt und fast schwarz und stellen nun eine harte Schale dar, die das befruchtete Ei umgibt. Das ganze Gebilde löst sich hierauf von der Stielzelle ab, sinkt im Wasser unter und bleibt auf dem Grunde des Tümpels oder Teiches längere Zeit, gewöhnlich den ganzen Winter hindurch, unverändert liegen. Erst im darauffolgenden Frühling kommt es zur Keimung, es entwickelt sich zunächst eine Zellenreihe, der sogenannte Vorkeim, und aus einer der Zellen dieses Vorkeimes sproßt dann wieder eine wirtelig verzweigte Armleuchterpflanze hervor (s. Abbildung, S. 248, Fig. 1).

### Der Generationswechsel bei der Fortpflanzung.

Ist es schon auffallend, daß überhaupt bei den Kryptogamen zweierlei Fortpflanzungsweisen vorkommen, so erscheint es noch merkwürdiger, daß beiderlei Keimzellen, geschlechtliche und ungeschlechtliche, so oft neben oder kurz nacheinander an derselben Pflanze erscheinen. Derselbe Vaucheria-Faden kann Schwärmisporien und Geschlechtsorgane bilden, und an demselben aus einer Spore entstandenen Myzel eines Pilzes können Sporenträger und Sexualorgane entstehen. Bei der Betrachtung dieser Verhältnisse erinnerte man sich, daß im Tierreiche, und zwar bei niederen Tieren, Quallen, Würmern, Tunikaten, ein ähnliches Verhalten besteht, und daß man dort für diesen Wechsel der Fortpflanzungsfolge die Bezeichnung Generationswechsel hat.

Wer bei ruhigem Wetter die Seeanemonen und die mannigfaltigen Polypen- und Korallenstöcke in der blaugrünen, klaren Flut seichter Meeresbuchten zum erstenmal erblickt, ist versucht zu glauben, ein Spiegelbild bunter, am Gestade blühender Pflanzen vor sich zu haben.

Die Kränze aus sternförmig ausgebreiteten, die Mundöffnung besäumenden Fangarmen sehen roten und violetten Asten oder den Blüten von Kristallkräutern auf einige Entfernung täuschend ähnlich, die Stämme ahmen die Form von Pflanzenstämmen nach, und durch die Gruppierung der Äste wird man lebhaft an den Aufbau rasenförmiger Pflanzenstöcke erinnert. Auch entbehren die Korallen- und Polypenstöcke der freien Ortsveränderung und sind, ähnlich den Florideen und anderen im Meere wachsenden Wasserpflanzen, der felsigen Unterlage angeheftet. Wenn daher die Zoologen ehemals diesen seltsamen Meeresbewohnern den Namen Pflanzentiere gegeben haben, so ist das zunächst schon mit Rücksicht auf die äußere Erscheinungsweise in hohem Grade zutreffend.

Aber auch der innere Bau und die Lebensweise dieser Tiere zeigen überaus merkwürdige Anklänge an Pflanzen. Bei manchen Arten verhalten sich die einzelnen, zu einem Stock vereinten Individuen ganz so wie Organe eines Körpers, wie Teile eines zusammengesetzten Organismus, welche verschiedenen Lebensverrichtungen dienen. Es hat eine Teilung der Arbeit unter den verschiedenen den Stock aufbauenden Einzeltieren stattgefunden. Der eine Ast des Stockes besorgt die Aufnahme von Nahrung, der andere die Fortpflanzung, und doch haben sie einen gemeinsamen Verdauungsraum, so zwar, daß die von einem Teile der Einzeltiere erworbenen Säfte in alle Teile des Stockes übergehen. Die Fortpflanzung dieser Tiere erfolgt auf zweifache Weise. Ähnlich wie an den Zweigen eines Baumes Knospen angelegt werden, welche sich zu neuen Zweigen ausgestalten, entstehen auch an den Polypenstöcken Knospen, welche sich vergrößern und zu Einzeltieren auswachsen. Bleiben diese mit dem Körper, aus dem sie hervorgeproßt sind, verbunden, und wiederholt sich dieser Vorgang zu öfteren Malen, so entstehen allmählich reichverzweigte Stöcke von bedeutendem Umfange. Bei vielen Polypenarten, nämlich bei sogenannten Hydrozoen, gestalten sich einzelne Zweige der geschlechtslosen Polypenform zu becher- oder kapselförmigen Gebilden, in deren Innerem Knospen entstehen, welche die Gestalt von Scheiben oder Glocken mit einem Kranze von Fangarmen annehmen, sich dann ablösen und frei im Wasser herumschwimmen. Man nennt diese aus den Knospen entstandenen, frei gewordenen und schwimmenden Einzeltiere Medusen. Die Medusen sind mit Geschlechtsorganen versehen, befruchten sich, und aus dem befruchteten Ei geht eine Larve hervor, die sich an einer geeigneten Stelle im Meeresgrunde festsetzt und wieder zu einem neuen geschlechtslosen Polypenstock auswächst und als solcher wieder mit Geschlechtsorganen versehene Medusen ausbildet. Bei anderen Arten, nämlich den Siphozoen, setzt sich die geschlechtlich erzeugte Larve, nachdem sie eine Zeitlang im Wasser herumgeschwommen ist, mit dem dümmen Ende fest und erhält die Gestalt einer Keule. An diesem keulenförmigen Körper entstehen nun ringförmige Einkerbungen, welche sich mehr und mehr vertiefen, so daß nach einiger Zeit an Stelle der Keule parallele Scheiben erscheinen, die durch einen mittleren Stiel zusammengehalten werden. Das so entstandene Gebilde hat fast das Aussehen eines Koniferenzapfens, nur daß nicht einseitig ausladende Schuppen, sondern übereinanderliegende Scheiben von der Spindel zusammengehalten werden. Die Spindel schrumpft nun zusammen, die einzelnen Scheiben trennen sich und schwimmen als Medusen im Meere umher. Nach vorhergegangener Befruchtung kann aus den Eiern der Medusengeneration wieder eine ungeschlechtliche Larven- und Polypengeneration gebildet werden. Diesen Wechsel von ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Generation hat man Generationswechsel genannt. Er wurde zuerst 1819 bei den Tunikaten entdeckt, und zwar von unserem Dichter Adalbert v. Chamisso, der auch ein hervorragender Naturforscher war.

In der Tierwelt auf einige wenige Kreise beschränkt, scheint es, als ob sich der Generationswechsel in der Pflanzenwelt als eine ganz gewöhnliche, weitverbreitete Erscheinung herausstellen wollte. Bei den Phanerogamen ist der Pflanzenstock eine Vereinigung von Sprossen. Jeder Sproß besteht aus mehreren übereinander stehenden Gliedern, von welchen die oberen jüngeren stets unter Beihilfe und durch Vermittelung der unteren älteren entwickelt werden. Zu einer Pflanze verbunden, führen sie einen gemeinsamen Haushalt, und es hat unter ihnen eine Teilung der Arbeit stattgefunden. Sprosse, die mit ihren Blättern oder grünen Geweben Baustoffe zubereiten, heißen Laub sprosse, Sprosse, die der Fortpflanzung dienen, Blüten. Als erste Anlage der Sprosse erscheinen bekanntlich Knospen, und diese sind entweder Laubknospen oder Blütenknospen. Die Sprosse, welche aus den Laubknospen hervorgehen, bleiben in den meisten Fällen mit dem betreffenden Stocke verbunden und erscheinen als Zweige desselben; die Sprosse, welche aus den Blütenknospen entspringen sind, lösen sich dagegen nach erfolgter Befruchtung und Fruchtbildung ganz oder teilweise von dem Stocke ab, und es entsteht dort, wo früher die Blütenknospe gestanden hatte, eine Narbe. Jeder Sproß kann als eine Generation aufgefaßt werden, und dementsprechend könnte auch der bei allen Phanerogamen beobachtete Wechsel in der Ausbildung von Laub sprossen und Blüten sprossen oder von Laubknospen und Blütenknospen an ein und demselben Stocke als Generationswechsel bezeichnet werden.

Noch einleuchtender erscheint die Sache bei den Kryptogamen. Aber dennoch ist der Generationswechsel auch hier nicht so allgemein, wie man meinen möchte, und unter den hier vorher besprochenen nur bei den Florideen, einigen Braunalgen (Diktyotazeen) und bei den Uredineen unter den Pilzen vorhanden. Man kann nur dann von einem Generationswechsel sprechen, wenn derselbe in regelmäßiger Folge ganz unabhängig von äußeren Bedingungen auftritt. Neuere Untersuchungen haben aber das interessante Resultat ergeben, daß man das Auftreten von geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generationen bei manchen Pflanzen in der Hand hat und durch Änderung der Bedingungen willkürlich hervorrufen kann. So kann man nach Belieben durch veränderte Ernährung und Beleuchtung *Vaucheria* zwingen, bald Schwärmisporen, bald Geschlechtsorgane zu bilden, und daselbe ist bei einer Reihe von Pilzen gelungen, sogar Blütenpflanzen kann man jahrelang so ziehen, daß sie gar keine Blüten bilden und dies erst tun, wenn man sie durch neue Bedingungen dazu zwingt.

Aber wenn nun auch nicht jede Abwechslung geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Vermehrung Generationswechsel ist, so gibt es doch einige Fälle im Pflanzenreich, wo ein wirklicher Generationswechsel um so klarer und für diese Pflanzenabteilungen ganz besonders charakteristisch auftritt. Dies ist der Fall bei den Farnen und Moosen.

### Die Fortpflanzung der Farne und Moose.

Wenn hier von Farnen die Rede ist, so wird diese Abteilung in der Botanik etwas weiter gefaßt als im gewöhnlichen Sprachgebrauch und begreift außer den Farnkräutern auch die Schachtelhalme und Bärlappe in sich.

Die alten Kräuterbücher enthalten in dem Kapitel, das von den Farnen handelt, stets den Hinweis auf die merkwürdige Erscheinung, daß die genannten Gewächse zwar nicht blühen und fruchten, sich aber dennoch reichlich fortpflanzen und vermehren, daß sie häufig ganz

unerwartet in der Kluft einer Felswand oder in der Ritze einer alten Mauer aufstauen, ohne daß man dort früher Samen zu sehen Gelegenheit hatte. In Deutschland fabulierten man in verfloßenen Zeiten davon, daß die Samen der Farnkräuter nur zur Zeit der Sonnenwende auf eine geheimnisvolle Weise ausgebildet würden, und daß diese Samen nur von Eingeweihten unter Anwendung gewisser Zaubersprüche in der Johannisnacht gesammelt werden könnten. Allerdings wurde gegen diese abergläubische Meinung schon in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts angeknüpft. Namentlich der gelehrte Verfasser eines damals weitverbreiteten Kräuterbuches, Hieronymus Bock, erzählt in seinem Werke, daß er ohne alle Beschwörungsformeln jedesmal im Hochsommer „Farnkrautsamen“ erhielt, sobald er unter die Wedel der Farne ein Tuch oder ein Wollkrautblatt ausbreitete. Aber selbst zur Zeit Linnés herrschte über diese „Farnkrautsamen“, womit offenbar die von den Wedeln abgefallenen Sporengeläuse gemeint waren, und über die Beziehungen derselben zu Früchten ein vollständiges Dunkel.

Wenn wir die Sache vorläufig ganz unbefangen untersuchen, so ergibt sich das Folgende über die Fortpflanzungsmittel dieser Abteilung. Die Farnpflanze trägt keinerlei Geschlechtsorgane. Sie bildet nur Sporangien voll brauner Sporen. Bei den meisten Farnen wird diese Aufgabe von den grünen, oft feingefiederten Blättern mit besorgt, die zunächst wie andere Blätter Assimilationsorgane sind. In einigen Fällen dagegen entstehen die Sporangien an besonders geformten Sporenblättern (Sporophyllen), so z. B. an den auch in der europäischen Flora vertretenen Gattungen *Allosorus*, *Struthiopteris* und *Blechnum*. Bei anderen, wie z. B. dem Königsfarn (*Osmunda regalis*), bilden sich nur an dem oberen Teil eines Blattwedels Sporangien, während die unteren Abschnitte laubartiges Aussehen haben. Sehr eigentümlich nimmt sich der auf S. 253, Fig. 4, abgebildete, in den mexikanischen Gebirgsgegenden heimische Farn *Rhipidopteris peltata* aus. Neben den fächerförmigen flachen Wedeln, an denen keine Sporangien entstehen, entwickeln sich auch Wedel, welche einem Trichter oder einem flachen Napf ähnlich sehen, und in deren Vertiefung die Sporengeläuse aus den Oberhautzellen hervorgehen. Wieder bei anderen, wie z. B. bei *Platyserium alcicorne*, nehmen die mit Sporengeläusen besetzten Wedel die Gestalt von Rentiergeweihen an, während die Blätter ohne Sporangien grüne Lappen bilden, die der Borke der Baumstämme aufliegen.

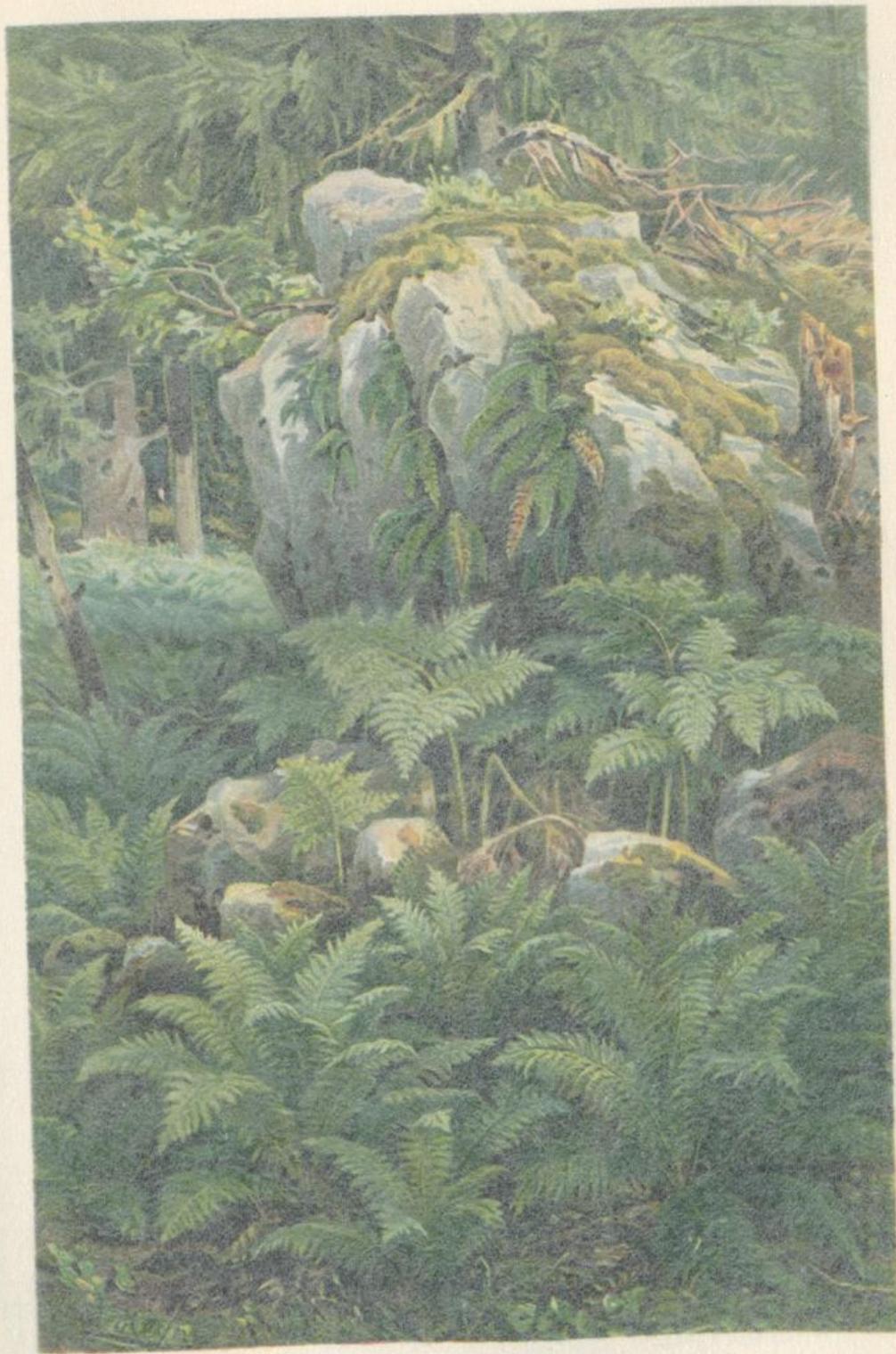
Wir wollen der Sporenerzeugung etwas nachgehen. Bei den Polypodiaceen, einer Abteilung der Farne, welcher die meisten europäischen Arten angehören, und deren verbreitetste Formen auf der beigehefteten Tafel „Farne auf einer diluvialen Moräne in Tirol“ von C. Heyn meisterhaft dargestellt wurden, sieht man braune Häufchen an der Rückseite der Wedel (s. Abbildung, S. 253, Fig. 5). Es erheben sich daselbst über den das grüne Gewebe durchziehenden Strängen Zellengruppen wie kleine Polster; jede Zelle dieser polsterförmigen Wülste kann zu einem gestielten Sporangium auswachsen, und bisweilen besteht ein einziges Häufchen aus nicht weniger als 50 solchen gestielten Sporenbehältern. Ein solches Häufchen heißt ein *Sorus*. Auch bei den *Zyathaceen*, zu welchen die meisten Baumfarne gehören, bilden sich die Häufchen an der unteren Seite der Wedel aus, aber der Träger (*Rezeptakulum*) für jedes Häufchen ist hier ein Zapfen, welcher auf der Wedelfläche senkrecht steht. Die aus den Oberhautzellen dieses Zapfens hervorgehenden Sporenbehälter sind sehr kurz gestielt und werden von einer Haut umhüllt, die den sporangientragenden Zapfen wie ein Becher umgibt (s. Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11 und 12). Bei den zarten, ungemein zierlichen, bisweilen an Moose erinnernden, zumeist den tropischen Gegenden angehörigen *Hymenophyllaceen* erstrecken sich die Stränge, welche die Wedelabschnitte durchziehen, über den Rand des grünen Gewebes

[Zur Tafel: »Farne«.]



Farne auf einer diluvialen Moräne in Tirol.  
Nach der Natur von Ernst Heyn.



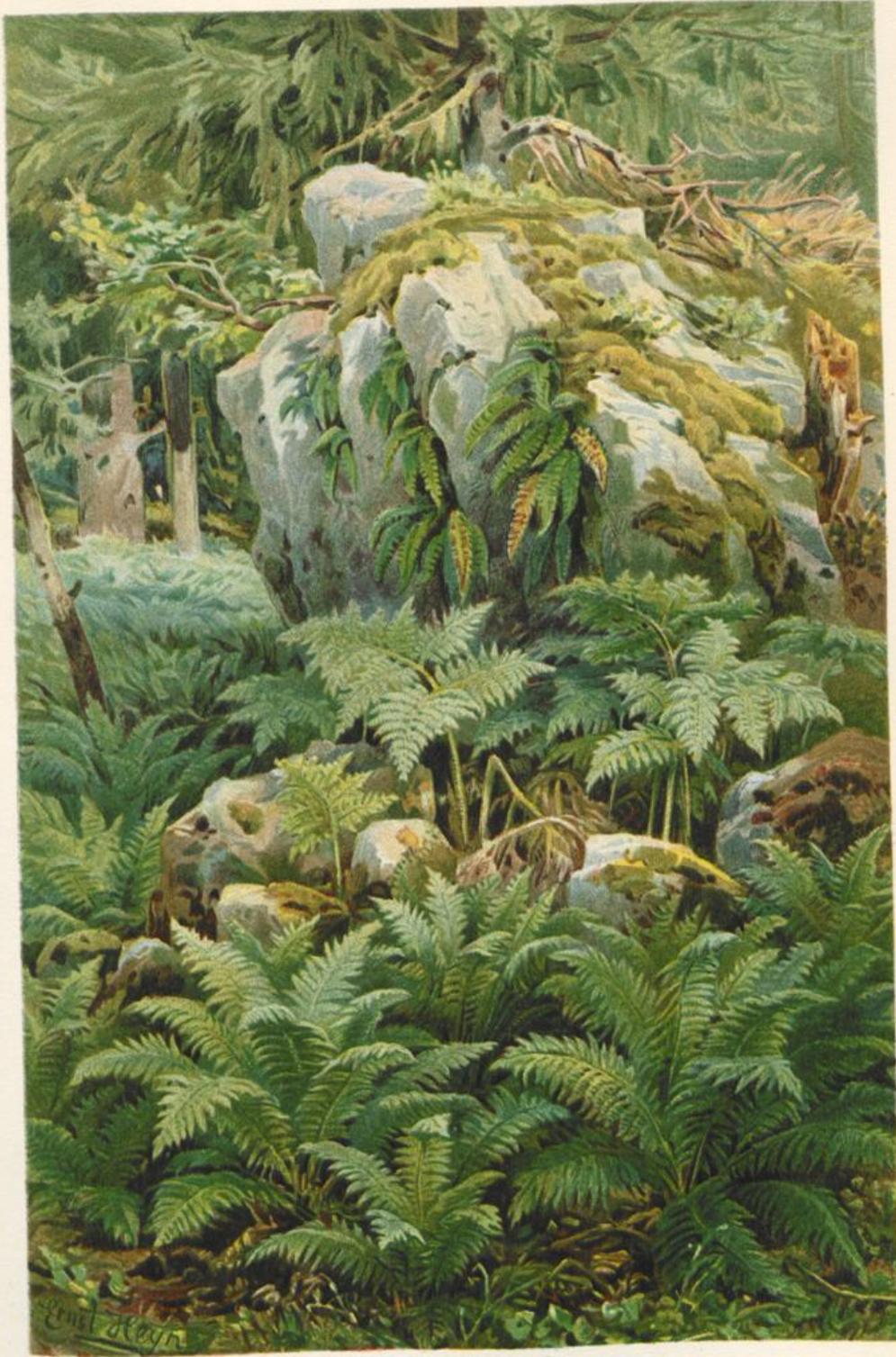


Farne auf einer diluvialen Moräne in Tirol.  
Nach der Natur von Ernst Hegn.

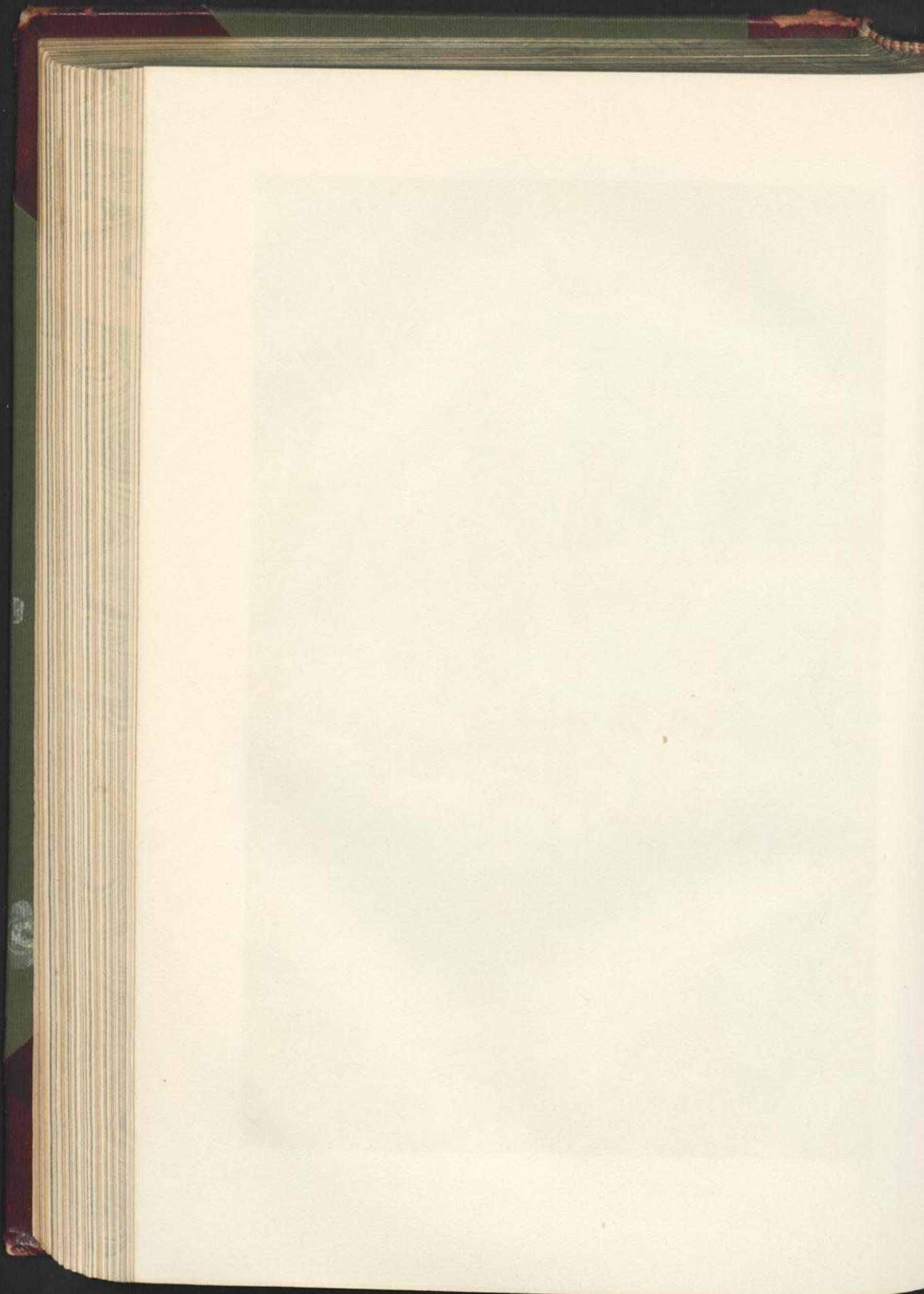
unerwartet in der Kluft einer Felswand oder in der Ritze einer alten Mauer aufstauhen, ohne daß man dort früher Samen zu sehen Gelegenheit hatte. In Deutschland fabulirte man in verflohenen Zeiten davon, daß die Samen der Farnkräuter nur zur Zeit der Sonnenwende auf eine geheimnißvolle Weise ausgebreitet würden, und daß diese Samen nur von Eingeweihten unter Anwendung gewisser Zauberwörter in der Johannisnacht gesammelt werden könnten. Allerdings wurde gegen diese abergläubische Meinung schon in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts angeführt. Komentlich der gelehrte Verfasser eines damals weitverbreiteten Kräuterbuchs, Hieronymus Bod., erzählt in seinem Werke, daß er ohne alle Beschwörungsformeln jedesmal ein Dutzend Farnkrautfrüchte, sobald er unter die Wedel der Farnen ein Tuch oder ein Wellkrautblatt ausbreitete. Aber selbst nur Zeit Linne's herrschte über diese „Farnkrautfrüchte“, womit offenbar die aus den Wedeln abgefallenen Sporengelände gemeint waren, und über die Beziehungen derselben zu Fruchten der verschiedensten Gattungen.

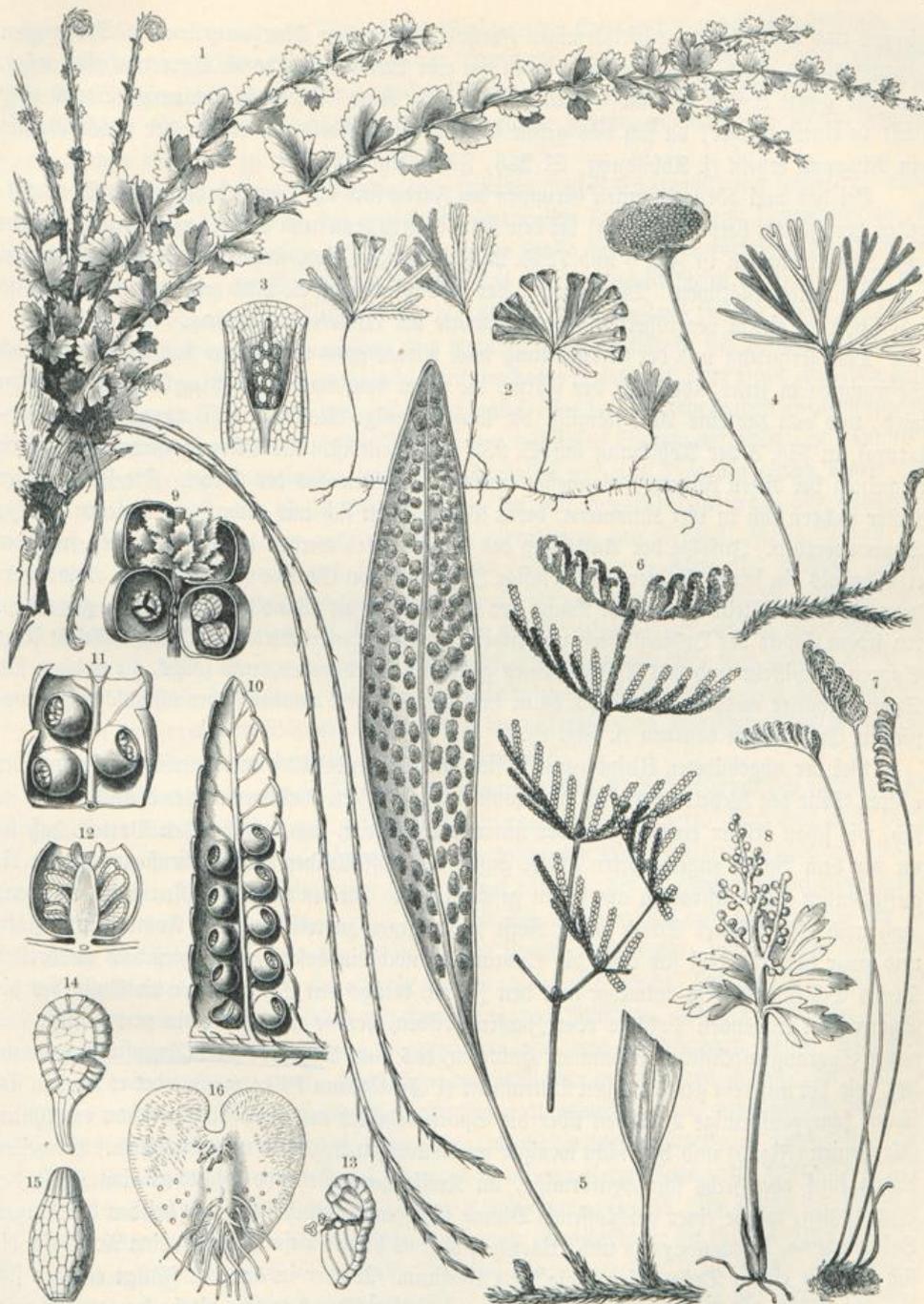
Wenn wir die Sache vorläufig ganz unbedungen annehmen, so ergibt sich das Folgende über die Fortpflanzungsmittel dieser Pflanzen. Die Fortpflanzung trägt keinerlei Geschlechtsorgan. Es bildet nur Sporangien der stamlosen Farnen. In den meisten Farnen wird diese Aufgabe von den grünen, oft feingliedrigen Blättern mit besorgt, die zunächst wie andere blattartige Assimilationsorgane sind. In jüngeren Farnen entstehen die Sporangien an besonders geformten Sporenblättern (Sporophyllen), wie z. B. an den auch in der europäischen Flora vertretenen Gattungen *Adiantum*, *Struthocarpus* und *Blachium*. Bei anderen, wie z. B. dem Königsfarn (*Osmunda regalis*), bilden sich nur an dem oberen Teil eines Blattwedels Sporangien, während die unteren Abschnitte in hartem Aussehen haben. Sehr eigentümlich nimmt sich der Farn *Polypodium*, wie z. B. in den mexikanischen Gebirgsgegenden heimische *Polypodium*, *Rhynchostylis*, *vestita* aus. Neben den flachen Wedeln, an denen keine Sporangien entstehen, bilden sich auch Wedel, welche einem Trichter oder einem flachen Kaul ähnlich sehen, und in deren Vertiefung die Sporengelände aus den Oberhautzellen hervorgehen. Wieder bei anderen, wie z. B. bei *Phlegmaria* *alicorne*, nehmen die mit Sporengeländen besetzten Wedel die Gestalt von Keimlingswedeln an, während die Blätter über Sporangien grüne Lappen bilden, die der Borke der Baumstämme aufliegen.

Wir müssen bei Sporenerzeugung etwas nachgehen. Bei den *Polypodiaceen*, einer Abtheilung der Farnen, welche die meisten europäischen Arten umfassen, und deren verbreitetste Formen auf der Insel Madeira vorkommt, sind die Sporangien auf einer blumigen Art von *Polypodium* von C. Seyn meisterhaft dargestellt worden. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, dargestellt. Die Sporangien sind über dem das grüne Gewebe durchdringenden Strängen angeordnet. Die Sporangien sind als runde Köpfechen an der Spitze der Abbildung, S. 253, Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,



Farne auf einer diluvialen Moräne in Tirol.  
Nach der Natur von Ernst Heyn.





Farne: 1) *Nephrolepis Duffii*; 2) *Trichomanes Lyelli*, 3) Sorus desselben Farne mit becherförmiger Hülle, Längsschnitt; 4) *Rhipidopteris peltata*; 5) *Polypodium serpens*; 6) Webelabschnitt von *Gleichenia alpina*, 7) *Schizaea fistulosa*; 8) *Botrychium lanceolatum*; 9) untere Seite eines Webelabschnittes von *Gleichenia alpina*, in den zwei oberen Gruben sind die Sporangien von Blättchen verdeckt, in den unteren sind sie entblößt; 10) und 11) Webelabschnitt der *Cyathea elegans*, 12) Längsschnitt durch einen Sorus und Becher von *Cyathea*, 13) Sporangium von *Cyathea*, 14) von *Polypodium*, 15) von *Schizaea*; 16) Unterseite des Prothalliums eines Moosfarne. Fig. 1, 2, 4–8 in natürl. Größe, Fig. 3, 9–16: 5–20fach vergrößert. (Zu S. 252–254.)

hinaus und bilden einen griffelförmigen Fortsatz, aus dessen Oberhautzellen die Sporangien herauswachsen. Der Fortsatz erscheint dann wie eine Spindel, welche die Sporenbehälter trägt, und der ganze Sorus hat die Gestalt einer kleinen Ahre. Jeder ährenförmige Sorus aber steckt in einem Becher, da sich das grüne Gewebe des Wedels am Rande der Abschnitte als ein Ringwall erhebt (s. Abbildung, S. 253, Fig. 2 und 3).

Bei den drei obengenannten Gruppen der Farne sind die Sporenbehälter aus Oberhautzellen der Blätter hervorgegangen, bei den Gleicheniazeeen und Schizäazeeen, von welchen zwei Repräsentanten in Fig. 6 und 7, S. 253, abgebildet sind, stehen die Sporenbehälter an umgewandelten Blättchen. Die Figur 6 der Abbildung auf S. 253 zeigt dieses Verhältnis sehr schön an einem vergrößerten Wedelabschnitte der *Gleichenia alpina*.

Dem Ursprung und der Entwicklung nach wieder ganz verschieden sind die Sporen und Sporangien in jener Abteilung der Farne, die unter dem Namen Ophioglossen begriffen wird, und von der eine Art, nämlich die lanzettförmige Mondraute (*Botrychium lanceolatum*), in Fig. 8 der Abbildung auf S. 253 dargestellt ist. Als Bildungsherde der Sporen erscheinen bei diesen Farnen Zellenester inmitten des Gewebes der Wedel. Die Zellen dieser Nester fächern sich in vier Kammern, deren Protoplasten sich mit einer Haut versehen und zu Sporen werden. Infolge der Auflösung des Fächerwerkes werden dann die Sporen frei und erfüllen als ein feines Pulver kleine blasige Hohlräume im Gewebe der Wedelteile. Die Oberhaut dieser Wedelteile ist nun zur Wand der Hohlräume, zur Wand der Sporangien geworden. An jedem Stocke der Ophioglossen unterscheidet man zweierlei Wedelteile, solche, welche keine Sporen entwickeln und das Ansehen eines grünen Laubes haben, und solche, an welchen sich Sporenbehälter ausbilden, und die dann fast nur aus den trauben- oder ährenförmig gruppierten Sporangien bestehen (s. Fig. 8).

Bei der abgebildeten *Rhipidopteris* sind die Sporenbehälter merkwürdigerweise auf der oberen Seite des Wedels entwickelt, was sonst nur sehr selten vorkommt. Gewöhnlich finden sie sich, wie schon früher erwähnt, an der unteren Wedelseite, und das hat den Vorteil, daß sie an der dem Boden zugewendeten Fläche gegen den auffallenden Regen ebenso wie gegen die auffallenden Sonnenstrahlen am besten geschützt sind. In den meisten Fällen findet übrigens auch noch ein weiterer Schutz gegen Nässe sowie gegen zu weit gehende Austrocknung statt, und zwar dadurch, daß sich über die Sporangien noch ein besonderes Schirmdach ausbreitet. Dieses Schirmdach geht entweder aus den Zellen, welche den Scheitel oder die Basis des die Sporangien tragenden Polsters oder Zapfens bilden, hervor und bildet ein zartes, über das ganze Sporangienhäufchen gespanntes Häutchen, das man *Schleierchen* (*Indusium*) genannt hat, wie bei unserem gewöhnlichen Wurmfarne (*Polystichum Filix mas*), oder es breiten sich kleine, schuppenförmige Blättchen über die Sporenbehälter aus, wie an den schon erwähnten Gleichenien (Fig. 9) und den nicht weniger merkwürdigen *Lygodien* und *Davallien*. Bisweilen bilden fünf oder sechs schuppenförmige, im Kreise herumstehende Blättchen eine Hülle der Sporangien, welche einer geschlossenen Blume täuschend ähnlich sieht, wie bei den Gattungen *Schizocaena*, *Hymenocystis* und *Diacalpe*, oder es bilden diese Blättchen eine Art Dose, die sich wie mit einem Deckel öffnet, wie bei *Cibotium*. Wieder in anderen Fällen erheben sich von der Fläche des Wedels häutige Säume und Leisten, durch welche die in langer Reihe geordneten Sporangien überdeckt werden, wie bei *Lindsaya* und *Blechnum*, oder es ist der Rand des Wedels wie gespalten, und es sind dann die Sporangien in dem engen Spalt geborgen, wie bei *Vittaria* und *Schizoloma*. Häufig rollt sich der Rand des Wedels ein und

überdeckt so die parallel zum Rand auf polsterförmigen Erhabenheiten sich entwickelnden Sporangien, wie bei *Allosurus*, *Ceratopteris*, *Ceratodactylis*, *Parkeria* und noch zahlreichen anderen Gattungen. Es herrscht in dieser Beziehung eine große Mannigfaltigkeit, die mit den wechselnden klimatischen Verhältnissen der Standorte zusammenhängt, auf die im einzelnen einzugehen aber hier zu weit führen würde.

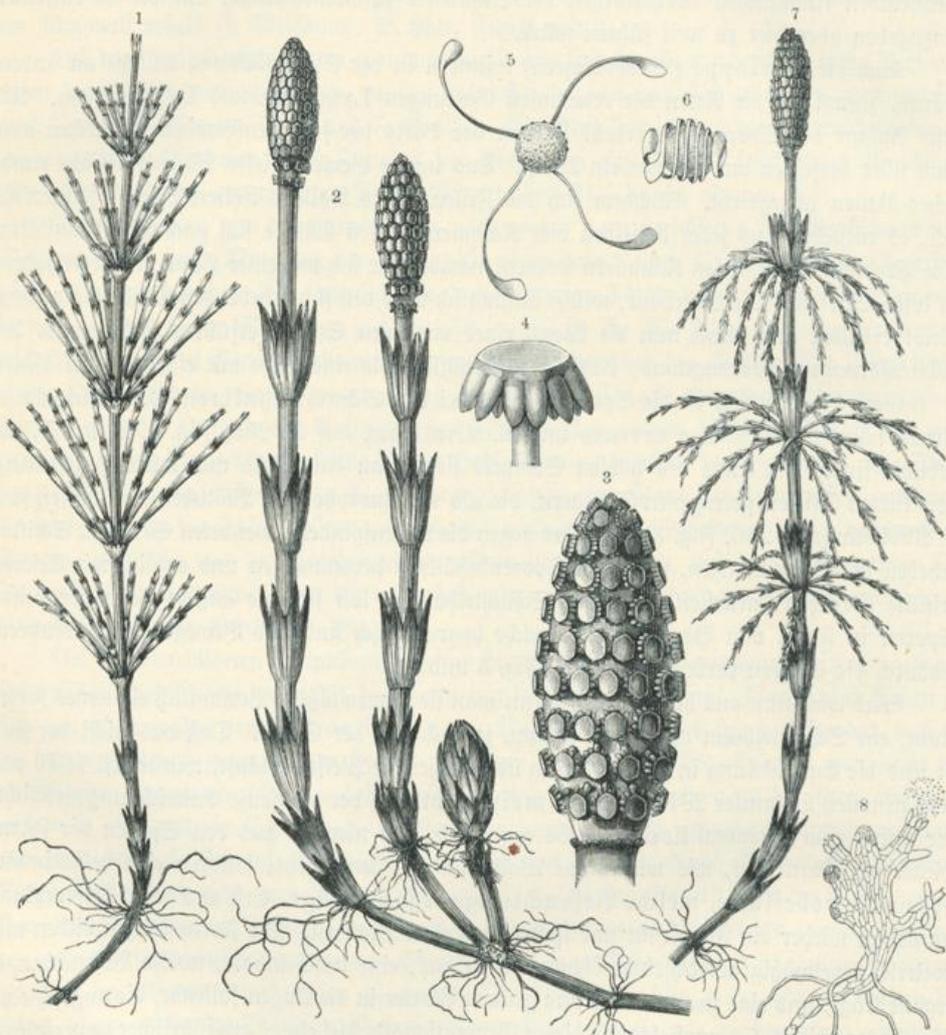
Auch die Bärlappe (*Lycopodiaceen*) erinnern in der Sporenbildung lebhaft an andere Farne, zumal an die Arten der erwähnten Gattungen *Lygodium* und *Lygodictyon*. Als erste Anlage der Sporangien erhebt sich an der Basis der schuppenförmigen Blättchen oder dicht über derselben am Stamm ein Wulst. Das innere Gewebe dieses Wulstes ist als rundlicher Ballen abgegrenzt. Nachdem sich die Zellen dieses Ballens isoliert haben, fächern sie sich, es entstehen aus jeder derselben vier Kammern, deren Wände sich nachträglich auflösen. Die Protoplasten in diesen Kammern werden, nachdem sie sich mit einer Haut umgeben haben, zu losen Sporen. Die Oberhaut, welche anfänglich über den sich erhebenden Wulst hinwegzog, bleibt erhalten und bildet nun die Wand eines mit losen Sporen erfüllten Hohlraumes des bohnenförmigen Sporangiums, das sich nachträglich wie eine Dose mit einem Deckel öffnet.

Ganz eigentümlich ist die Sporenbildung bei den Schachtelhalmen, von welchen zwei Arten, nämlich *Equisetum arvense* und *E. silvaticum*, auf S. 256, Fig. 1, 2 und 7, abgebildet sind. Am Ende des hohlen Stengels sieht man eine Ähre aus wirtelig gestellten, von kurzen Stielen getragenen Schildern, die als metamorphosierte Blättchen aufzufassen sind (s. Abbildung, S. 256, Fig. 3). Auf der gegen die Ährenspindel gewendeten Seite der Schilder erheben sich kleine Warzen, welche zu Sporenbehältern heranwachsen und endlich mit Sporen erfüllte Säckchen darstellen. Bei den Schachtelhalmen löst sich die äußere Haut der reifen Sporen in Form von Bändern los, welche hygroskopisch sind und Bewegungen ausführen, wodurch die Sporen verbreitet werden (Fig. 5 und 6).

Was wird nun aus den Sporen, wenn man sie keimen läßt? Vermutlich ein neues Farnkraut, ein Schachtelhalm oder ein Bärlapp, je nach Art der Spore. Daß das nicht der Fall ist und die Entwicklung in anderer, ganz überraschender Weise verläuft, wurde erst 1849 von dem genialen Botaniker Wilhelm Hofmeister entdeckt, der die ganze Entwicklungs-geschichte der Farne zum erstenmal klarlegte. Es ergab sich, daß niemals aus den Sporen der Farne wieder ein Farnkraut, wie wir es im Walde finden, hervorgeht, sondern eine unscheinbare grüne Gewebefläche, welche Befruchtungsorgane trägt. Erst aus deren Befruchtung entspringt wieder ein Farnkraut mit sporentragenden Blättern. Die Farnpflanzen bilden also zweierlei regelmäßig abwechselnde Generationen aus, eine unscheinbare, welche Befruchtungsorgane trägt, und eine zweite, durch ihre grünen Blätter in die Augen fallende, die ungeschlechtliche Sporen bildet. Es empfiehlt sich, diesen Generationswechsel etwas ausführlicher zu verfolgen.

Bei den Farnen erscheint die Generation, welche die Geschlechtsorgane trägt, als ein kleiner, flächenförmig ausgebreiteter Gewebekörper, von dessen unteren Seite zarte, haarförmige Wurzelhaare in die unterliegende Erde eindringen (s. Abbildung, S. 258, Fig. 1 und 8). Meistens hat dieser unter dem Namen *Prothallium* bekannte Gewebekörper die Gestalt eines herzförmigen oder länglichen Lappens und erreicht eine Länge von ungefähr 0,5—1 cm. Die Geschlechtsorgane entwickeln sich an der unteren, dem Boden zusehenden Seite des *Prothalliums*, und zwar die *Antheridien* als winzige, über die Fläche vorragende Warzen und die *Archegonien* ebendort als flaschenförmige Gebilde, welche mit ihrem bauchig erweiterten Teil in das Gewebe des *Prothalliums* eingesenkt sind und nur mit dem Halsteile sich über dieses erheben

(f. Abbildung, S. 258, Fig. 2). Bei der Mehrzahl der Farne trägt dasselbe Prothallium die zweierlei Geschlechtsorgane so verteilt, daß die Archegonien in der Nähe des herzförmigen Ausschnittes, die Antheridien hinter denselben im Mittelfeld und gegen den Rand des grünen kleinen



Schachtelhalme: 1) Sommersproß von *Equisetum arvense*, 2) Ährentragender Frühlingsproß von *Equisetum arvense*, 3) Ähre aus wirtelig gestellten Sporangienträgern von demselben *Equisetum*; 4) ein Sporangiumträger; 5) und 6) Sporen; 7) *Equisetum silvaticum*; 8) Prothallium eines Schachtelhalmes. Fig. 1, 2 und 7 in natürl. Größe, Fig. 3: 3fach, Fig. 4: 6fach, Fig. 5 und 6: 25fach, Fig. 8: 30fach vergrößert. (Zu S. 255.)

Lappens liegen. Seltener kommt es vor, daß das eine Prothallium nur Archegonien, das andere nur Antheridien trägt.

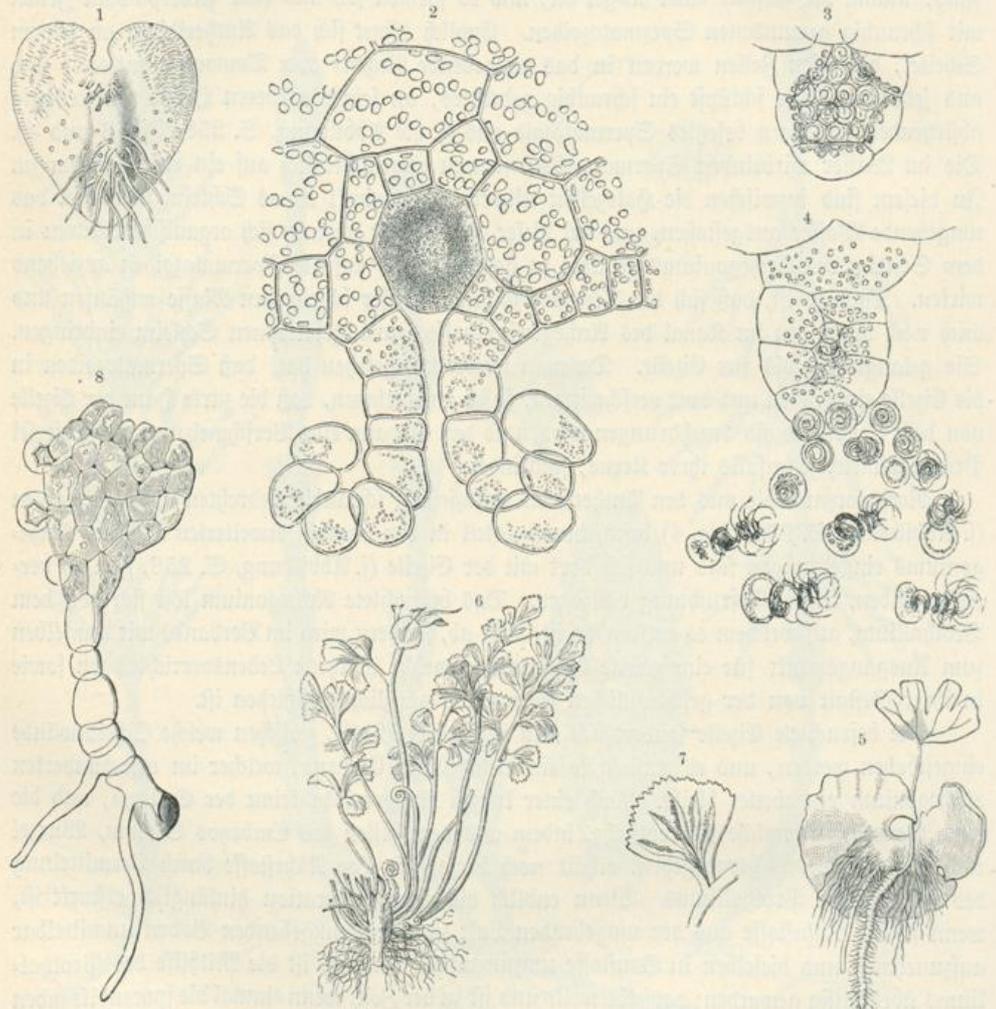
Die Archegonien haben die Gestalt einer kurzhalfigen Flasche, die mit ihrem bauchigen Unterteil in das Prothalliumgewebe eingesenkt ist. Bei seiner Entstehung aus den Oberflächenzellen des Prothalliums ist der Hals des Archegoniums anfangs mit Zellen ausgefüllt, welche sich dann in Schleim umwandeln und dadurch einen Zugang zur Eizelle eröffnen (Fig. 2).

Auch die Antheridien entwickeln sich aus Zellen der Oberfläche des Prothalliums. Zunächst erheben sich diese Zellen als Papillen über ihre Umgebung, und nachdem durch Entziehung von Scheidewänden Fächer gebildet wurden, erweitert und vergrößert sich das innerste Fach, nimmt die Gestalt einer Kugel an, und es formen sich aus dem Protoplasma Zellen mit schraubig gewundenen Spermatozoiden. Endlich öffnet sich das Antheridium an seiner Scheitel, die losen Zellen werden in das umgebende Regen- oder Tauwasser entleert, und aus jeder derselben schlüpft ein schraubig gedrehtes, an seiner vorderen Hälfte mit struppig abstehenden Wimpern besetztes Spermatozoid aus (s. die Abbildung, S. 258, Fig. 3 und 4). Die im Wasser wirbelnden Spermatozoiden steuern augenscheinlich auf ein Archegonium zu. In diesem sind inzwischen die Halszellen teilweise verschleimt; etwas Schleim wurde in das umgebende Wasser ausgestoßen, und bei dieser Gelegenheit scheinen sich organische Säuren in dem Schleim des Archegoniums gebildet zu haben, welche auf die Spermatozoiden anziehend wirken. Tatsache ist, daß sich die Spermatozoiden in dieser schleimigen Masse anhäufen und auch noch durch den im Kanal des Archegoniumhalses zurückgebliebenen Schleim eindringen. Sie gelangen so bis zur Eizelle. Da man wiederholt gesehen hat, daß Spermatozoiden in die Eizelle eindringen und dort verschwinden, so ist anzunehmen, daß die zarte Haut der Eizelle von dem Spermatozoid durchdrungen wird, und daß alsdann eine Verschmelzung der zweierlei Protoplasmen, jedenfalls ihrer Kerne, stattfindet.

Nachdem nun die aus den Antheridien entlassenen, schraubig gedrehten Spermatozoiden (s. Abbildung, S. 258, Fig. 4) durch den Halsteil in den bauchig erweiterten Teil des Archegoniums eingebracht sind und sich dort mit der Eizelle (s. Abbildung, S. 258, Fig. 2) vereinigt haben, ist die Befruchtung vollzogen. Das befruchtete Archegonium löst sich von dem Prothallium, auf welchem es entstanden ist, nicht ab, sondern wird im Verbands mit demselben zum Ausgangspunkt für eine zweite Generation, welche in ihren Lebensverrichtungen sowie in ihrer Gestalt von der geschlechtlichen Generation gänzlich verschieden ist.

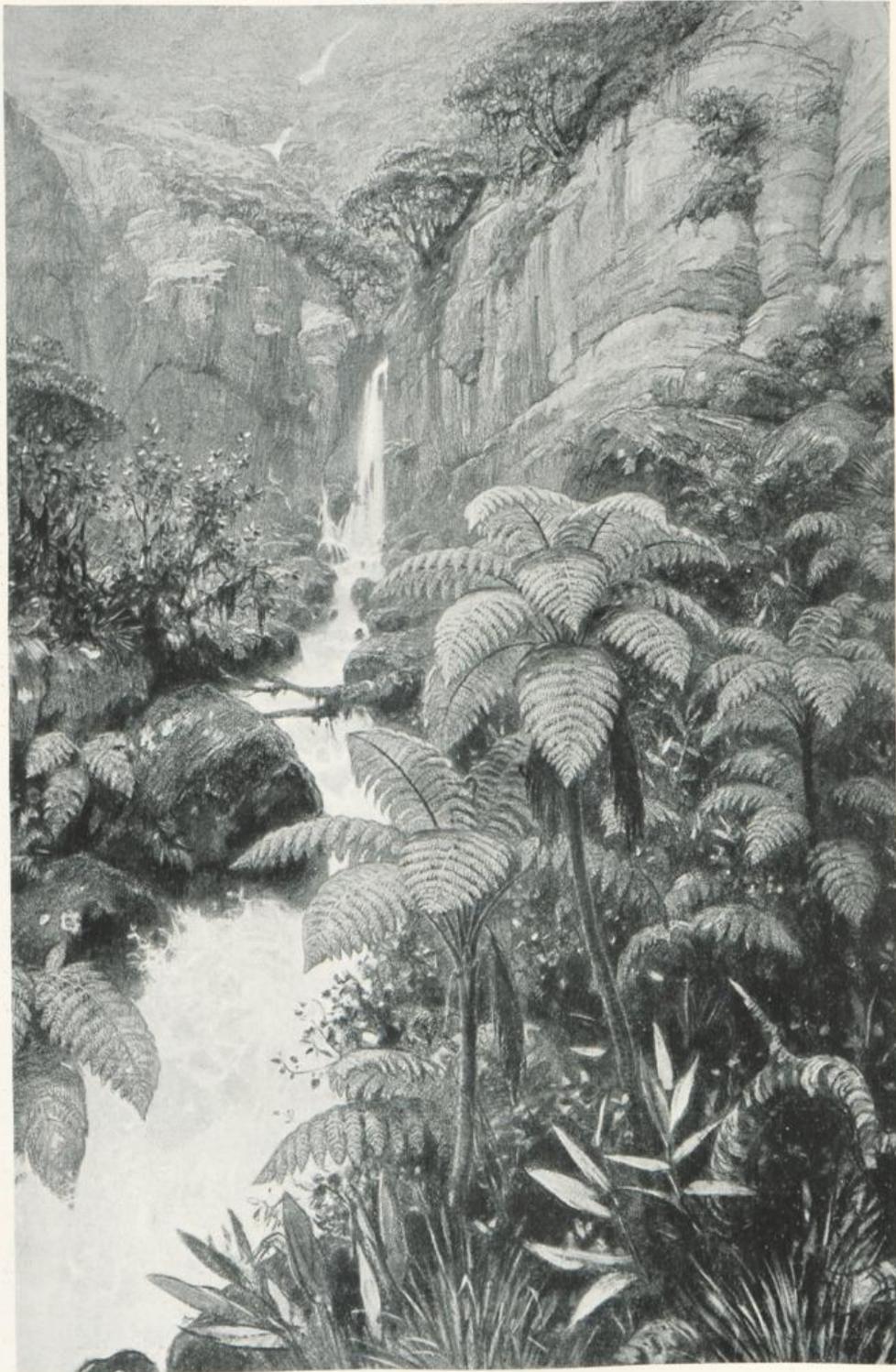
Die befruchtete Eizelle sondert sich nun in mehrere Teile, zwischen welche Scheidewände eingeschoben werden, und es entsteht so ein mehrzelliger Embryo, welcher im unveränderten Archegonium eingebettet bleibt. Nach einer kurzen Ruheperiode keimt der Embryo, und die neue Generation, welche jetzt entsteht, indem aus den Zellen des Embryos Stamm, Wurzel und Blätter (Wedel) hervorgehen, erhält noch kurze Zeit ihre Nährstoffe durch Vermittelung des mütterlichen Prothalliums. Wenn endlich die neue Generation hinlänglich erstarkt ist, wenn sie die Nährstoffe aus der umgebenden Luft und dem umgebenden Boden unmittelbar aufzunehmen und dieselben in Baustoffe umzuwandeln vermag, ist die Mithilfe des Prothalliums überflüssig geworden; dasselbe welkt und ist zu der Zeit, wenn einmal die sporenbildenden Wedel zur Entwicklung kommen, spurlos verschwunden. Von den Zellen, in die sich die Eizelle teilt, wird eine Zelle zum Anfang eines Hauptstammes, eine zweite zum Anfang des ersten Blattes, eine dritte zum Anfang einer Wurzel, und eine vierte vermittelt noch eine Zeitlang den Zusammenhang mit dem Prothallium (s. Abbildung, S. 258, Fig. 5). Das Blatt breitet sich aus, und sein grünes Gewebe erzeugt Stoffe zum Weiterbau des jungen Farnstocjes. Als bald sprießt aus dem sich verlängernden Hauptstamm ein zweites Blatt hervor, und nun ist der junge Farnstocj in betreff der zu seinem weiteren Ausbau nötigen Stoffe nicht mehr auf das Prothallium angewiesen. Das Gewebe des Prothalliums ist ohnedies inzwischen abgestorben, und dort, wo es früher gestanden hatte, befindet sich jetzt der Farnstocj mit seinen grünen Blättern (s. Abbildung, S. 258, Fig. 6). An Stelle der geschlechtlichen

Generation des Prothalliums ist die ungeschlechtliche des Farnkrautes getreten. Seine zuerst entstandenen Blätter erzeugen mit ihrem grünen Gewebe Stoffe zum weiteren Ausbau, insbesondere zur Herstellung neuer Blätter, welche in zunehmender Zahl von dem an seinem



Generationswechsel der Farne: 1) Unterseite des Prothalliums eines Milzfarnes; 2) Längsschnitt durch ein befruchtetes Archegonium mit Halsteil und Eizelle; 3) Längsschnitt durch ein Antheridium, 4) Spermatozoiden, welche das Antheridium verlassen; 5) Anfang der ungeschlechtlichen Generation, aus dem Embryo ist nach oben zu ein Blatt, nach unten eine Wurzel hervorgewachsen; 6) ungeschlechtliche Generation eines Farnes (*Asplenium Ruta muraria*), an der Unterseite der Blattabschnitte die zu länglichen Häufchen geordneten Sporengehäuse, 7) ein Blattabschnitt vergrößert, die Sporengehäuse von einem Häufchen (Indusium) einseitig bedeckt, 8) erste Entwicklungsstufe eines Prothalliums mit Antheridien am Rande (geschlechtliche Generation), welche aus einer ungeschlechtlichen, von einem Blatt abgefallenen Spore hervorgeht. Fig. 6 in natürl. Größe, Fig. 1: 5fach, Fig. 2—4: 350fach, Fig. 5: 6fach, Fig. 7: 3fach, Fig. 8: 240fach vergrößert. (Zu S. 255—258.)

Scheitel fortwachsenden, stets mässiiger werdenden und bei den Baumfarnen (s. die beigeheftete Tafel „Baumfarn im Gebirge von Ceylon“) in Gestalt einer Säule sich erhebenden Hauptstamm abzweigen. Die zweite Aufgabe der Blätter ist Bildung der Sporangien mit Sporen, aus denen die Prothallien hervorgehen (Fig. 8).



Baumfarne im Gebirge von Ceylon (Ramboddepafz).

Nach der Natur gezeichnet von E. v. Ransonnet.



*Nymphaea micrantha* (Daubenyana):

Auf den Schwimmblättern dieser *Nymphaea*-Art entstehen Sprossknospen, die sich noch auf dem mit der Pflanze verbundenen Blatte zur beblätterten und blühenden jungen Pflanze entwickeln. Nach dem Absterben des Mutterblattes kann die junge Pflanze selbständig werden. (Im Gießener Botanischen Garten kultiviert.)

Die Schachtelhalme (Equisetinae), Bärlappe (Lycopodinae) und Wasserfarne (Hydropteridinae) stimmen, was die Gestalt der Antheridien und der Archegonien betrifft, mit den als Vorbild für die Gefäßkryptogamen soeben geschilderten Farnen im großen und ganzen überein. Das aus der Spore eines Schachtelhalmes hervorgegangene Prothallium ist anfänglich dünn und bandartig, wird später vielfach gelappt und erinnert in seiner Gestalt an gewisse Lebermoose, manchmal auch an ein kleines krauses Laubblatt. Bei den meisten Schachtelhalmen entwickeln sich Antheridien und Archegonien auf verschiedenen Prothallien. Wo das nicht der Fall ist, wird die Befruchtung der Eizelle durch die von demselben Individuum stammenden Spermatozoiden durch ungleichzeitige Entwicklung der betreffenden Organe unmöglich gemacht. Die Prothallien, auf welchen Antheridien entstehen, sind immer kleiner als jene, auf welchen sich Archegonien ausbilden. Die Antheridien entstehen aus Oberflächenzellen am Ende oder am Rande des lappigen Prothalliums, die Archegonien dagegen aus Oberflächenzellen in den Ausbuchtungen der Lappen (s. Abbildung, S. 256, Fig. 8). Die Spermatozoiden sind an dem einen Ende spatelförmig verbreitert und tragen am anderen verschmälerten Ende eine förmliche Mähne aus ungemein feinen Wimpern. Bei den Bärlappen oder Lycopodinen sind die Prothallien winzige unterirdisch lebende Knöllchen, die sehr langsam wachsen, wie in Band I, S. 413, beschrieben wurde. Bei mehreren Gattungen der Bärlappe und Wasserfarne, so namentlich bei Selaginella, Salvinia und Marsilia, sind die Prothallien, an welchen die Antheridien, und jene, an welchen die Archegonien entstehen, in der Größe auffallend verschieden. Für beide sind zwar auch Sporen die Ausgangspunkte, aber diese unterscheiden sich selbst schon durch verschiedene Größe und werden als Kleinsporen (Mikrosporen) und Großsporen (Makrosporen) unterschieden. Sie entstehen in gesonderten Mikro- und Makrosporangien. Die Kleinsporen erzeugen kleine Prothallien mit Antheridien, die Großsporen solche mit Archegonien. Das Prothallium bleibt zum größten Teile im Innenraume der Spore verborgen. Nur einzelne oberflächliche Zellen dieses unvollkommenen Prothalliums drängen aus den Rissen der stellenweise geborstenen Sporenhaut hervor, und hier bilden sich Antheridien oder Archegonien. In der Scheitelzelle des Antheridiums entsteht ein Füllgewebe und aus jeder Zelle des Füllgewebes ein schraubig gedrehtes Spermatozoid. Das Öffnen des Antheridiums und das Auskriechen der Spermatozoiden erfolgt dann in derselben Weise wie bei den Farnen. Das Prothallium, welches in den Großsporen entsteht und meist nur ein Archegonium erzeugt, ist zwar zellenreicher und umfangreicher als das männliche, verläßt aber ebensowenig wie dieses den Innenraum der Großspore, sondern drängt sich nur an einer Stelle, wo die äußere derbe Haut der Großspore aufgerissen ist, ein wenig hervor. Es hat sich eigentlich hier ein zweifaches Gewebe innerhalb einer jeden Großspore herausgebildet, nämlich das eben erwähnte Prothallium zwischen den aufgerissenen Lappen der äußeren Sporenhaut und ein im Grunde der Großspore gelagertes Reservestoffgewebe, das sehr reich an Stärke und Fett ist und als Nahrungsspeicher für das Prothallium dient, wenigstens auf so lange, als dieses die Nahrung aus der Umgebung sich nicht selbst zu verschaffen imstande ist. Die Bildung der später verschleimenden Halszellen, das Eindringen der Spermatozoiden und der Akt der Befruchtung und die Entwicklung des Embryos ist im wesentlichen nicht anders als bei den Farnen im engeren Sinne.

Die bei den Wasserfarnen und Selaginellen in der Großspore sich abspielenden Vorgänge hat man mit der Bildung der Samenanlage, wie sie bei den im nächsten Kapitel zu besprechenden Phanerogamen vorkommt, verglichen, und man hat tatsächlich vorhandene Analogien,

welche hier und dort bestehen, hervorgehoben. Mit Rücksicht auf das gleiche Ziel, welches durch diese Entwicklungsvorgänge in den verschiedensten Abteilungen des Pflanzenreiches angestrebt wird, sind solche Analogien von Bedeutung für die Vorstellung eines genetischen Zusammenhanges zwischen den Farnen und den Blütenpflanzen, der, schon seit Goethe geahnt, von W. Hofmeister durch glänzende Untersuchungen wahrscheinlich gemacht worden ist.

Was hat nun aber diese seltsame regelmäßige Aufeinanderfolge von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Generation, dieses Auseinanderziehen eines Entwicklungsganges in zwei räumlich und zeitlich getrennte Abschnitte, für eine biologische Bedeutung.

Es ist nicht anzunehmen, daß das Prothallium Stoffe sammelt, um die Sporengeneration (den Sporophyten) vorzubereiten. Dazu ist es zu winzig und unvollkommen und zu kurzlebig. Wollte man behaupten, die Befruchtung sei eine absolute Vorbedingung der Entstehung des Sporophyten, so widerlegten das eine Menge Farne, bei denen ohne Befruchtung, nicht einmal aus einer Eizelle, sondern aus dem vegetativen Gewebe des Prothalliums ein junges Farnkraut hervorsproßt. Man nennt sie apogame Farne. So könnte denn vielleicht umgekehrt die lange Vegetation der Sporenpflanze die Vorbereitung für die Geschlechtergeneration sein. Aber wie sollte man sich dann die einstige Entstehung dieses Verhältnisses denken. Das einfache Prothallium mit seinen an die Algen erinnernden Fortpflanzungsorganen war zweifellos früher da als das Farnkraut und hat vielleicht anfangs einfachere zweite Generationen erzeugt. Da aber das Farnkraut noch heute vom Prothallium abstammt, so kann es nicht als Vorbedingung für dieses gelten. Die Frage nach der Bedeutung des Generationswechsels ist heute noch nicht zu beantworten. Wir sehen und bewundern die seltsamen Wege, die die Natur mit ihren Formenbildungen einschlägt, wir erkennen wohl ein gewisses Ziel, aber den tieferen Sinn solcher verwickelten Vorgänge zu erfassen, ist uns dadurch erschwert und vielleicht unmöglich gemacht, daß wir in die einmalige Entstehung solcher Verhältnisse keinen Einblick gewinnen können und somit den Schlüssel für das Verständnis nicht besitzen.

Noch in einer anderen wichtigen Abteilung der Kryptogamen, bei den Moosen, spielt sich ein ähnlicher Generationswechsel ab, und seine Beschreibung, die vielleicht logischerweise hätte den Farnen vorausgehen können, wurde deshalb zurückgestellt, weil der Generationswechsel bei den Farnen wegen größerer Einfachheit leichter verständlich ist.

Auch die Moose, die dem Waldspaziergänger lieb und geläufig sind, besitzen einen Wechsel von sporenbildender und geschlechtlicher Generation (Sporophyt und Dophyt), und zwar sind die zierlichen Lebermoose und Laubmoosformen, deren wir uns in der Natur erfreuen, immer geschlechtliche Generationen. Sie tragen, wie die Farnprothallien, Archegonien und Antheridien, weshalb man die Moose auch mit den Farnen unter dem Namen Archegoniaten zu einer charakteristischen Abteilung des Pflanzensystems vereinigen kann. Seite 263, Fig. 10, sind diese Geschlechtsorgane abgebildet, und man erkennt am Ende eines Moosstengels die mit langem Halse versehenen Archegonien neben den kurzen ovalen, kapselähnlichen Antheridien. Gewöhnlich stehen mehrere Antheridien dicht beisammen. Jenen der Laubmoose sind sogenannte Paraphysen untermengt, Gebilde, welche an Haare erinnern, deren Bedeutung vielleicht die eines Schutzes ist. Bei vielen Arten der Moose entwickelt das eine Individuum nur Antheridien, das andere nur Archegonien, bei anderen dagegen sind Antheridien und Archegonien nebeneinander auf derselben Moospflanze ausgebildet. Ist das letztere der Fall, so zeigt entweder die Entwicklung des Archegoniums einen Vorsprung vor jener des Antheridium oder umgekehrt, wodurch eine Kreuzung verschiedener Individuen angestrebt wird.

Bei einigen Lebermoosen erheben sich um die Antheridien und auch um die Archegonien Ringwälle, und man sieht dann die genannten Gebilde in grubigen Vertiefungen der Sprosse eingesenkt; bei anderen Lebermoosen, z. B. bei *Marchantia*, werden einzelne Lappen oder Ästchen der flachen Sprosse in gestielte Schilde und Scheiben umgewandelt, und an diesen bilden sich in besonderen Nischen und Fächern der oberen oder unteren Seite die Antheridien und Archegonien aus. Bei jenen Lebermoosen, deren Sprosse in eine stammähnliche Achse und in blättchenförmige Zellflächen gegliedert sind, entspringen die Antheridien in den Achseln der Blättchen oder am Scheitel der Stämmchen in krugförmigen Aushöhlungen. Bei den Laubmoosen schließen die Hauptachsen oder Nebenachsen mit Gruppen von Antheridien oder Archegonien ab, und es sind besondere Blättchen als schützende Hüllen und Decken ausgebildet, die man Perichätium genannt hat. Bisweilen machen diese Blättchen den Eindruck von Blumenblättern, wie z. B. bei den Widertonen (*Polytrichum*), von welchen eine Art auf der Tafel „Laub- und Lebermoose“ bei S. 264 im Vordergrund links abgebildet ist. Bei diesen sind die Antheridien und Archegonien auf verschiedene Individuen verteilt, die Hüllblättchen am Scheitel jener Stämmchen, welche mit Antheridien abschließen, sind dicht zusammengedrängt, kurz und breit, braunrotgefärbt und ahmen kleine Blumenblätter nach, welche einem scheibenförmigen Blütenboden aufsitzen. Diese Widertone sind auch das Vorbild für jene Moose, bei welchen ein recht auffallender Gegensatz zwischen den die Antheridien und den die Archegonien stützenden Hüllschuppen beobachtet wird. Die Individuen, auf welchen nur Archegonien entstehen, zeigen nämlich eine ganz andere Gestalt und Gruppierung des Perichätiums als jene, welche nur Antheridien tragen. Die Befruchtung erfolgt ganz wie bei den Farnen. Das Antheridium öffnet sich an seinem Scheitel, und die losen, in einer schleimigen Masse eingebetteten Zellen werden in das umgebende Regen- oder Tauwasser ruckweise ausgestoßen. Hier schlüpfen die Spermatozoiden aus den sie umhüllenden zarten Zellhäuten aus und schwimmen mit Hilfe langer Wimpern, deren jedes zwei besitzt, im Wasser herum (s. die Abbildung, Bd. I, S. 29, Fig. 9 und 10). Sie gelangen durch den geöffneten, nur mit Schleim ausgefüllten Hals in die erweiterte Basis des Archegoniums, dringen in die Eizelle ein und befruchten sie.

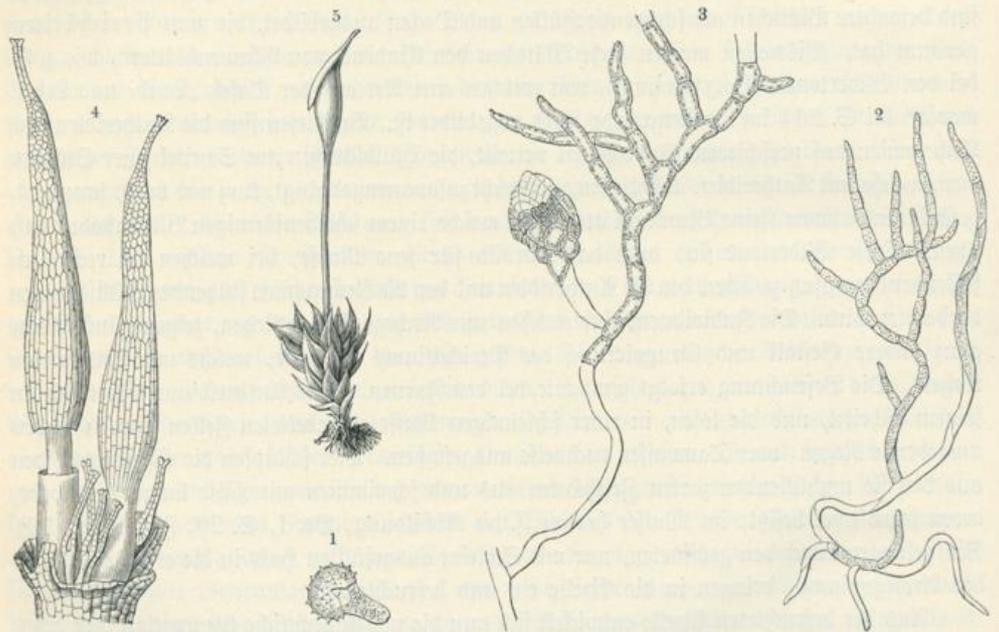
Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich nun die ungeschlechtliche Generation (der Sporophyt), aber es ist überraschend, daß diese nicht wie bei den Farnen ein beblättertes Pflanzengebilde ist, sondern eine langgestielte Kapsel, die, da sie sich von diesen Moospflänzchen nicht trennt, wie eine Frucht aussieht und von den älteren Botanikern auch als „Moosfrucht“ angesehen und so genannt wurde. Diese ungeschlechtliche Generation entwickelt sich in folgender Weise. Der Zellkörper, welcher durch Zellteilungen aus der im flaschenförmigen Archegonium geborgenen Eizelle nach der Befruchtung entstanden ist, gestaltet sich zu einem büchsenförmigen Körper, und unter demselben entsteht ein Stiel oder Träger der Büchse, dessen meistens knollig angeschwollene Basis in das Gewebe des Moosstämmchens eingesenkt ist. Wenn sich der Stiel der Büchse in die Länge streckt, wird das Archegonium nahe der Basis quer durchgerissen, und es bildet die frühere Hülle jetzt eine über die Büchse gestülpte Mütze, die auf dem Sporangium oft sitzen bleibt (s. Abbildung, S. 262, Fig. 4 und 5). Später wird diese Mütze abgeworfen, und die Büchse, die also ein Sporangium darstellt, da deren Füllgewebe sich mittlerweile in zahlreiche einzelne lose Sporen umgewandelt hat, öffnet sich und gibt die Sporen bei der geringsten Erschütterung den Winden preis. Die mannigfachen Formen der Mooskapsel werden durch die Abbildung auf S. 263 erläutert.

In der Abbildung auf S. 264, Fig. 1—11, erscheinen die seltsamen Gestalten der auf

dem Rote von Renttieren, Rindern und anderen Wiederkäuern wachsenden Splachnazeen (*Splachnum luteum*, *vasculosum*, *ampullaceum*) sowie das in Band I, S. 102, besprochene Smaragdmoos (*Schistostega osmundacea*) abgebildet.

Wie bei den Farnen sind die Sporenbehälter auch bei den Moosen während ihrer Entwicklung gegen schädliche äußere Einflüsse, zumal gegen Vertrocknung, geschützt, namentlich dadurch, daß die Mooskapseln bei den meisten Moosen durch einen zierlichen Deckel verschlossen sind, der sich erst nach der Reife der Sporen ablöst (S. 263, Fig. 1—3).

Beim Öffnen der Kapsel kommt dann ein zweiter Schutz zum Vorschein, der die reifen

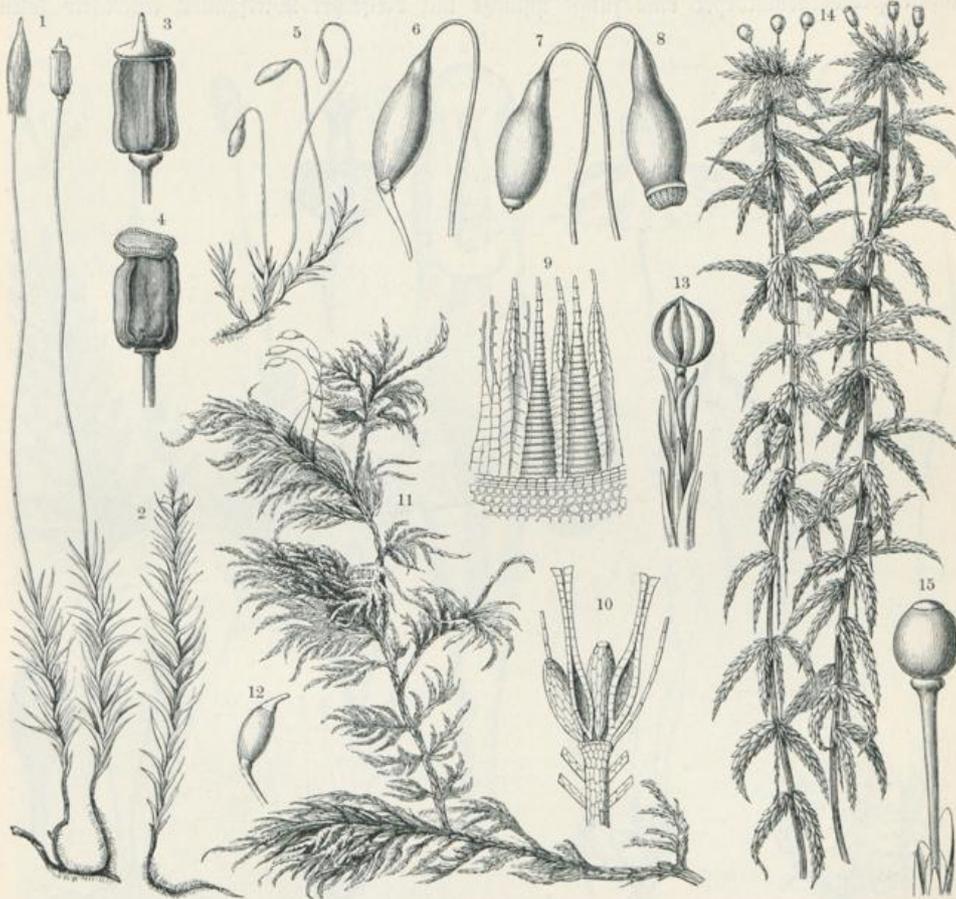


Generationswechsel der Moose: 1) eine feine ungeschlechtliche Spore, 2) Protonema, 3) Protonema mit der Knospe eines Moosstämmchens, 4) Scheitel eines Moosstämmchens mit Archegonien und zwei aus den Archegonien hervorgegangenen jungen Kapseln; 5) Moosstämmchen, an dessen Scheitel aus einem dort entstandenen Archegonium eine gestielte Kapsel als zweite, ungeschlechtliche Generation hervorgegangen ist; in der endständigen Blüthe werden ungeschlechtliche Sporen ausgebildet. Fig. 1—3: 350—400fach, Fig. 4 ungefähr 80fach und Fig. 5: 5fach vergrößert. (Zu S. 261.)

Sporen vor Benetzung durch Regen beschützt. Es ist das ein aus zahnförmigen Streifen bestehender Besatz des Randes der Kapsel (Mundbesatz oder Peristom genannt). Seine Zähne sind hygroskopisch, biegen sich bei trockenem Wetter zurück, um den Sporen den Austritt zu gewähren, und neigen sich bei feuchtem Wetter wie ein schützendes Dach zusammen. Die Sporenkapseln der Andreaazeen und Torfmoose sind kugelig und öffnen sich in anderer Form (Fig. 13 und 14). Bei den meisten Lebermoosen bilden sich neben den Sporen in der Kapsel noch seltsam geformte Zellen von Spindelform mit schraubig gewundenen Zellstoffleisten. Sie machen wegen ihrer Hygroskopizität wurmartige Bewegungen und werfen dadurch die Sporen aus der Kapsel heraus. Wichtig für das Verständnis ist es, nicht zu vergessen, daß diese scheinbare Frucht der Moose deren ungeschlechtliche Generation, also etwas Selbständiges, darstellt und trotz der geringen Ähnlichkeit dem ganzen Farnkraut mit Blättern und Wurzeln entspricht. Beide stellen einen Sporophyten dar.

Clarum

Die keimende Moosspore bildet kein Prothallium wie die Farnspore, aber ein grünes, mit bloßem Auge sichtbares Gespinnst zarter Fäden (Fig. 2). Man hat es Vorkeim oder *Protoneura* genannt. Einige der Zellfäden sind farblos oder gebräunt, mit schiefstehenden Querwänden versehen und dringen wie Wurzeln (Rhizoïden) in den Boden ein, die anderen sind

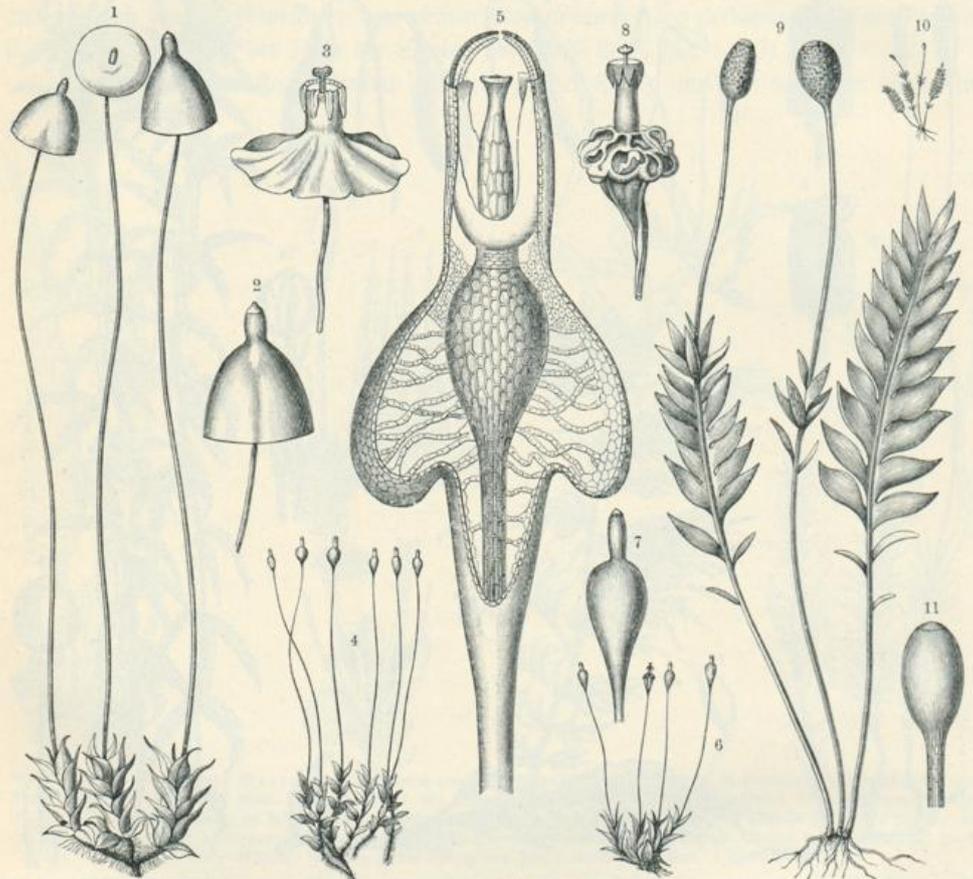


Laubmoose: 1) *Polytrichum commune*, das Sporangium links von der Mütze verfüllt, das Sporangium rechts entblüht, 2) dasselbe Moos in früherem Entwicklungsstadium; 3) Sporangium von *Polytrichum commune* mit Deckel, 4) dasselbe nach dem Abfallen des Deckels; 5) *Bryum caespiticium*, 6) Sporangium desselben Mooses mit aufspitzer Mütze, 7) dasselbe ohne Mütze, aber noch zugebedelt, 8) dasselbe abgedelt, der Mundbesatz sichtbar, 9) ein Stiel des Mundbesatzes; 10) Antheridien, Archegonien und Paraphysen des *Bryum caespiticium*; 11) *Hylocomium splendens*, 12) Sporangium desselben; 13) *Andreaea rupestris* mit aufgesprungenem Sporangium; 14) *Sphagnum cymbifolium*, die kugelförmigen Sporangien desselben an dem Exemplare links noch geschlossen, an jenem rechts geöffnet, 15) ein einzelnes Sporangium desselben Mooses. Fig. 1, 2, 5, 11, 14 in natürl. Größe, Fig. 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13 und 15: 3-5fach, Fig. 9 und 10: 150fach vergrößert. (Zu S. 260.)

lebhaftgrün und breiten sich über dem Boden aus. Aus einigen grünen Zellen des Protoneuras wachsen nach einiger Zeit knospenartige Gebilde hervor (s. Abbildung, S. 262, Fig. 2 und 3). Aus dieser Knospe erst wird eine neue sich in Stämmchen und Blätter gliedernde Moospflanze, die wieder Geschlechtsorgane erzeugt.

Aus der Fülle von Formen, in der die Fortpflanzung im Pflanzenreich sich abspielt, sind nur wenige herausgewählt worden, um zu zeigen, in welchem verschiedenen Gewand sich ein und derselbe physiologische Vorgang kleiden kann. Warum das so ist, darüber können wir keine

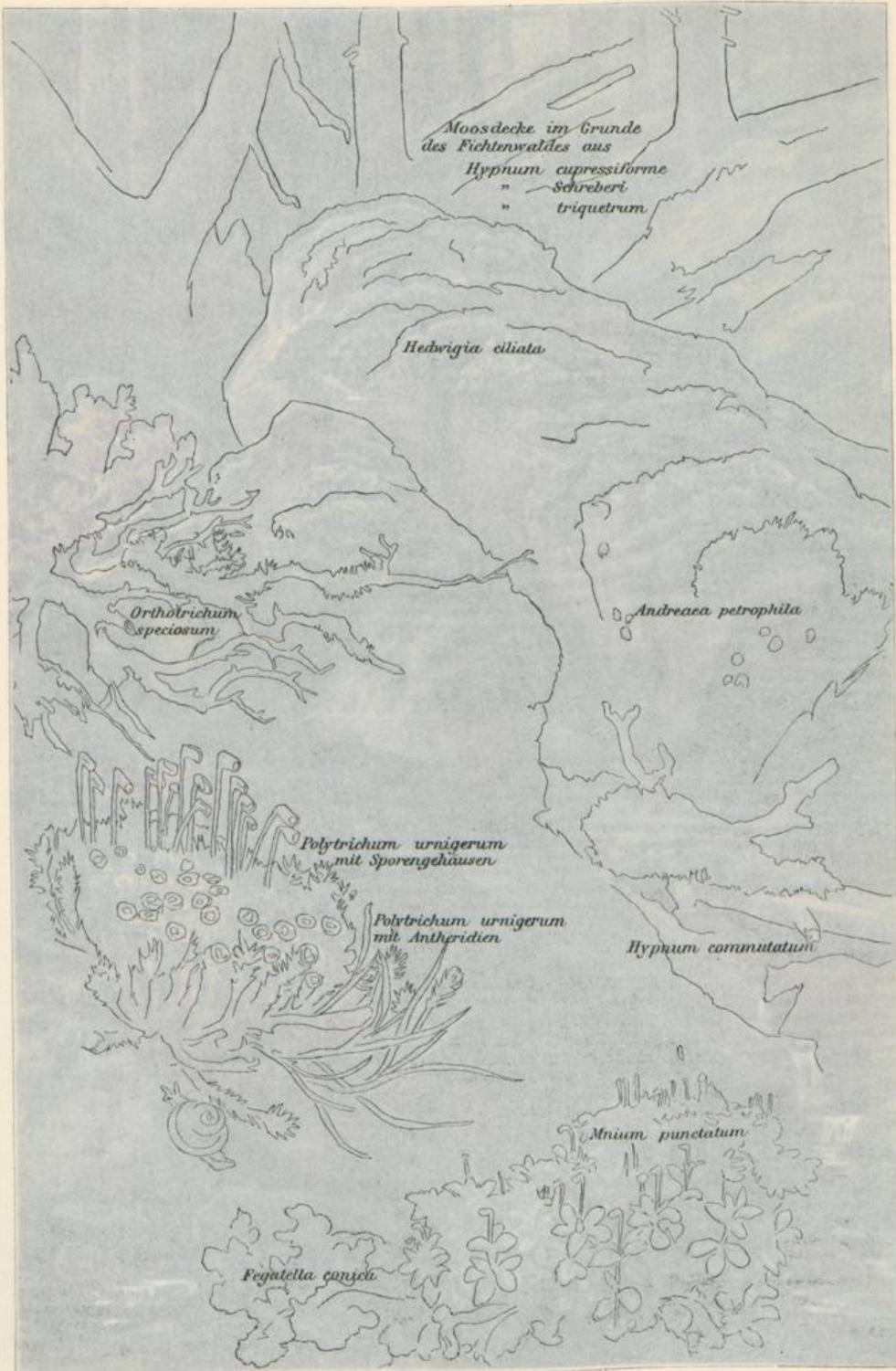
andere Auskunft geben, als das alle diese Formverhältnisse sich im Laufe unmeßbarer Zeiten nebeneinander und auseinander entwickelt haben und aus diesem Grunde existieren müssen. Das Ziel war überall das gleiche, die Erzeugung von Keimzellen. Aber diese selbst bieten uns gleichfalls nur Rätsel. Wir haben keine Erklärung dafür, warum sich aus einem einfachen Protoplasma Körper eine junge Pflanze mit vielfacher Wirksamkeit entwickeln kann.



Generationswechsel der Moose. Verschiedene Formen der Büchsen, welche als ungeschlechtliche Generation aus dem Scheitel der Moosstämchen hervordringen: 1) *Splachnum latum*, 2) eine unreife Büchse, 3) eine reife Büchse desselben Mooses; 4) *Splachnum vasculosum*, 5) Längsschnitt durch eine reife Büchse dieses Mooses; 6) *Splachnum ampullaceum*, 7) eine unreife Büchse, 8) eine reife Büchse desselben Mooses; 9) und 10) *Schistostega osmundacea*, 11) eine reife Büchse dieses Mooses. Fig. 1, 4, 6, 10 in natürl. Größe, Fig. 2 und 3: 2fach, Fig. 7—9: 10fach, Fig. 11: 15fach, Fig. 5: 100fach vergrößert. (Zu S. 261 und 262.)

Ebenjowenig begreifen wir, warum einmal ein solcher Protoplast seine Entwicklung ohne weiteres beginnt, das andere Mal erst dann, wenn ein anderer Protoplast oft von ganz geringer Masse sich mit ihm vereinigt. Betrachten wir alle die verschiedenen Keimzellen, die es gibt, so finden wir so wenig Unterschiede und so große Ähnlichkeiten, daß die Tatsache, daß aus solchen Keimzellen sich himmelweit verschiedene Pflanzenformen, hier eine zarte Alge, dort ein mächtiger Baum, entwickeln, uns nur erkennen läßt, wie unbegreiflich die täglich sich vor uns abspielenden Naturvorgänge unserem Verstande sind. Wir kommen kaum weiter, als sie zu ordnen.

[Zur Tafel: »Laub- und Lebermoose«.]



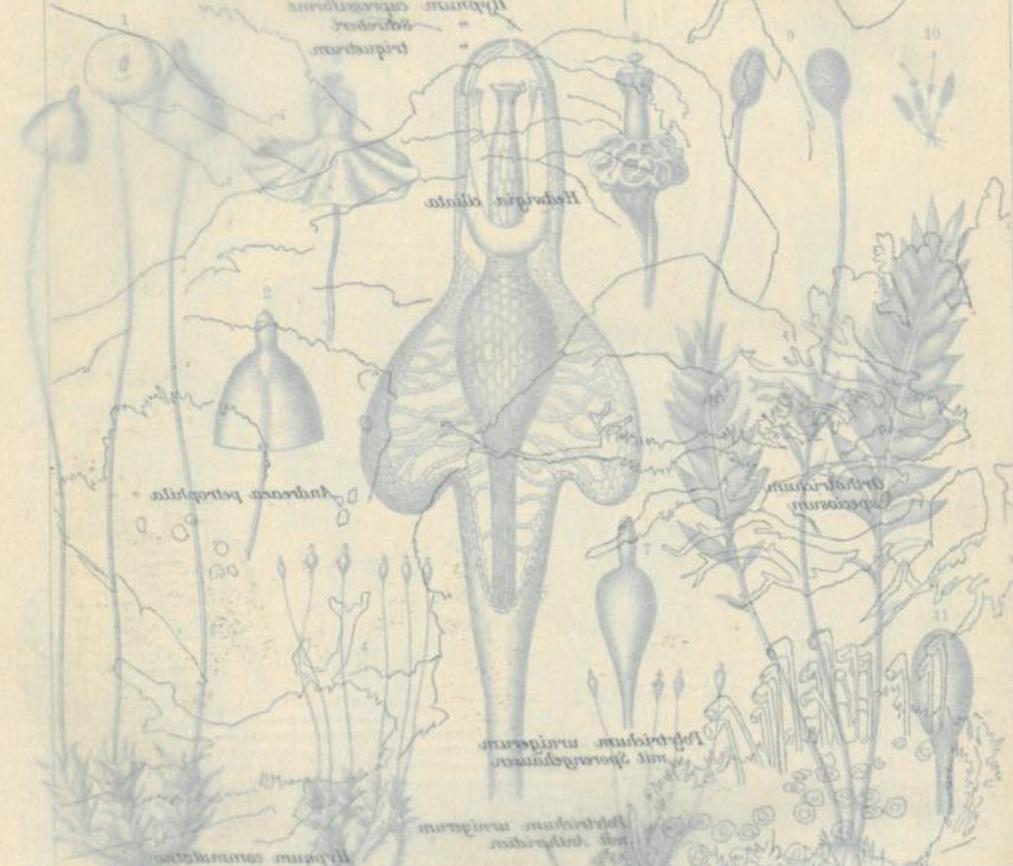
Laub- und Lebermoose.





Laub- und Lebermoose.

andere Auskunft geben, als das alle diese Formenverhältnisse sich in Laufe unmeßbarer Zeiten nebeneinander und auseinander abspielen und aus diesen Formen existieren müssen. Das Ziel war überall die Erklärung der Entstehung von Keimzellen. Aber diese selbst bieten uns gleichfalls nur wenig Aufklärung dafür, warum sie aus einem einfachen Protoplasmaleben zu jener vielfacher Wirksamkeit entwickeln kann.



Generationsfolge der Keime. Die obere Reihe zeigt die Keime der Hesperis matronalis, die untere Reihe die Keime der Lupinus. Die Keime sind in verschiedenen Stadien der Entwicklung dargestellt. Die obere Reihe zeigt die Keime der Hesperis matronalis, die untere Reihe die Keime der Lupinus. Die Keime sind in verschiedenen Stadien der Entwicklung dargestellt. Die obere Reihe zeigt die Keime der Hesperis matronalis, die untere Reihe die Keime der Lupinus. Die Keime sind in verschiedenen Stadien der Entwicklung dargestellt.

Ebenjowenig begreift man, warum einmal ein solcher Keimleib seine Entwicklung ohne weiteres beginnt, das andere mal nicht, wenn ein anderer Protoplast oft von ganz geringer Masse sich mit ihm vereinigt. Wir kennen nur alle die verschiedenen Keimzellen, die es gibt, so finden wir so wenig Aufklärung über die Ursachen, daß die Tochter, daß aus solchen Keimzellen sich hunderttausend verschiedene Pflanzenformen, die eine sehr Alge, dort ein mächtiger Baum, entwickeln und nur eben so gut wie unbegreiflich durch die uns abspielenden Naturvorgänge in ihrem Leben und die Keimwelt immer weiter abzuordnen.



Laub- und Lebermoose.

