

bringt niemals Wasser ein, um ihn quellen zu machen. Entweder löst er sich in dem Wasser auf, oder er bleibt ganz unverändert.

Nägeli's Mizellentheorie ist wohlgeeignet, der Vorstellung über die inneren Vorgänge bei der Quellung zu Hilfe zu kommen. Da manche organisierten Substanzen, wie Zellmembranen, Stärkekörner und Kristalloide, optische Doppelbrechung zeigen, glaubt Nägeli, daß die Mizellen selbst kristallähnliche Molekülgruppen seien, doch könnte die Doppelbrechung auch durch Spannungen in den Substanzen hervorgerufen sein. Wichtig ist es, hervorzuheben, daß diese Theorie voraussetzt, daß verschiedene Bestandteile des Körpers, als Protoplasma, Zellwände, Zellkerne, Stärkekörner usw., aus Mizellen verschiedener Größe und Eigenschaften bestehen. Das ist auch viel wahrscheinlicher, als daß alle Gewebesubstanzen aus ganz gleichartigen „Lebenseinheiten“ bestehen sollen, wie manche Forscher annehmen. Wenn wir, um unsere Vorstellungen über viele Lebensvorgänge zu klären, ohne solche theoretische Ansichten nicht auskommen, so muß man andererseits sagen: sehen kann man mit unseren optischen Hilfsmitteln von diesem molekularen Aufbau nichts. Gewisse Schlüsse können freilich aus dem optischen Verhalten der Gewebesubstanzen im polarisierten Lichte wegen des ähnlichen Verhaltens von Körpern bekannter Struktur gezogen werden. Die optische Untersuchung der Zellwände und geformten Inhaltkörper der Zelle ist ein interessantes Gebiet der Forschung, doch können wir hier auf dessen Inhalt nicht eingehen.

Wollen wir uns mit dem begnügen, was dem bewaffneten Auge sichtbar gemacht werden kann, dann kann der Grundsatz aufgestellt werden, daß alle Pflanzenkörper sich aus Protoplasten oder Zellen aufbauen, die das allgemeine, und zwar sichtbare Formelement sind. Auf der untersten Stufe des Pflanzenreiches ist die Zelle zugleich die ganze Pflanze, da z. B. niedere Algen nur aus einer einzigen Zelle bestehen, wie man sagt „einzellig“ sind. Es gibt nur eine einzige noch einfachere Organisation, die wir bei den Schleimpilzen oder Myxomyzeten finden. Hier gilt der Begriff der Zelle nur für ihre Sporen, mit denen sie sich fortpflanzen. Ihre vegetativen Zustände, die Plasmodien, sind hautlose Protoplasamassen, durch Zusammenfließen der Sporenhalte entstanden, aber ohne Ähnlichkeit mit dem in Zellen gegliederten inneren Baue aller anderen Pflanzen.

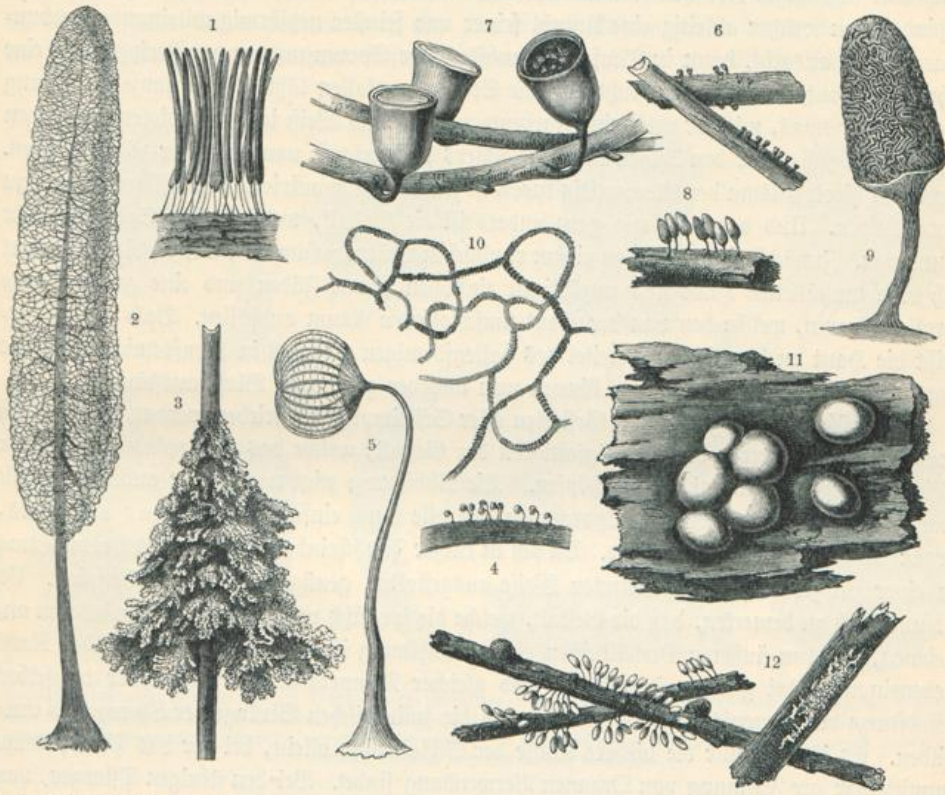
Das ausgesprochene Streben nach Formenbildung gibt sich aber auch schon auf dieser untersten Stufe der Pflanzenwelt zu erkennen. Die formlosen Plasmodien wandeln sich bei der Fortpflanzung zu den mannigfaltigsten und zierlichsten Gestalten um, die nicht von Einfachheit und Niedrigkeit sprechen lassen.

## 2. Sichtbare Formenbildung des Protoplasmas.

Im ersten Bande ist das Protoplasma schon in seiner formbildenden Tätigkeit betrachtet worden, aber nur in bezug auf innere Raumverhältnisse. Hier kommen wir darauf zu sprechen, daß das Protoplasma auch bestimmte äußere Formen anzunehmen und sich zur „Pflanze“ zu gestalten vermag.

Ein mit Vorliebe auf der Rinde abgefallener dürerer Kiefernzweige vorkommender Schleimpilz, *Leocarpus fragilis* (s. Abbildung, S. 9, Fig. 12), bildet als sogenanntes Plasmodium eine schmierige gelbe Masse, die dem zerfloßenen Dotter eines Hühnereies täuschend ähnlich sieht. Dieses Plasmodium ist aus der Vereinigung gelblicher kleiner, aus Sporen ausgefrochener

Protoplasten entstanden und stellt einen hautlosen Protoplasmakörper dar. Diese Masse überzieht die abgestorbenen, auf dem Boden liegenden Zweige als eine dünne Schicht, an welcher besondere Hervorragungen nicht zu erkennen sind. Noch am späten Abend kann man den *Leocarpus* in der angegebenen Gestalt als Plasmodium sehen. Im Laufe der Nacht erheben sich aber an bestimmten Stellen Buckel und Warzen, und die ganze Masse sieht dann wie grob geförnt aus. Gegen Morgen sind aus diesen Erhabenheiten verkehrt-eiförmige, an dünnen



Scheimpf'sche: 1) Gruppe von Sporenträgern von *Stemonitis fusca*, 2) ein einzelner dieser Sporenträger, vergrößert; 3) Sporenträger von *Spumaria alba* an einem Grasblatte; 4) Gruppe von Sporenträgern von *Dictydium umbilicatum*; 5) Sporenträger desselben, vergrößert; 6) Sporenträger von *Craterium minutum*; 7) dieselben, vergrößert; 8) Sporenträger von *Arcyria punicea*; 9) ein einzelner Sporenträger, vergrößert; 10) Stiel des netzförmigen Kapillitiums aus demselben; 11) Sporenträger von *Lycogala Epidendron* auf einem Holzstücke; 12) rechts ein Plasmodium, links mehrere Sporenträger von *Leocarpus fragilis* auf Holzstücken.

Stielen aufsitzende birnförmige Körper geworden, die nun nicht mehr schmierig sind, sondern eine dünne trockene Haut haben und im Inneren zahlreiche haarförmige Fäden und dazwischenliegende staubartige schwarze Sporen enthalten. Zu dem Aufbau derselben braucht der *Leocarpus* ungefähr zwölf Stunden, und hat man die Geduld, die ganze Nacht hindurch die sich formende Masse zu beobachten, so kann man tatsächlich sehen, wie sich der schleimige gelbe Körper von der Unterlage erhebt, abrundet, eine Haut bekommt und die birnförmige Gestalt annimmt. Ähnlich wie *Leocarpus* entwickelt auch *Dictydium umbilicatum* seine Sporenbälter (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4 und 5). Die lichtbraune zerflossene, gestaltlose Protoplasma-masse erhebt sich zu einem runden Strange, der an seinem oberen Ende sich keulenförmig

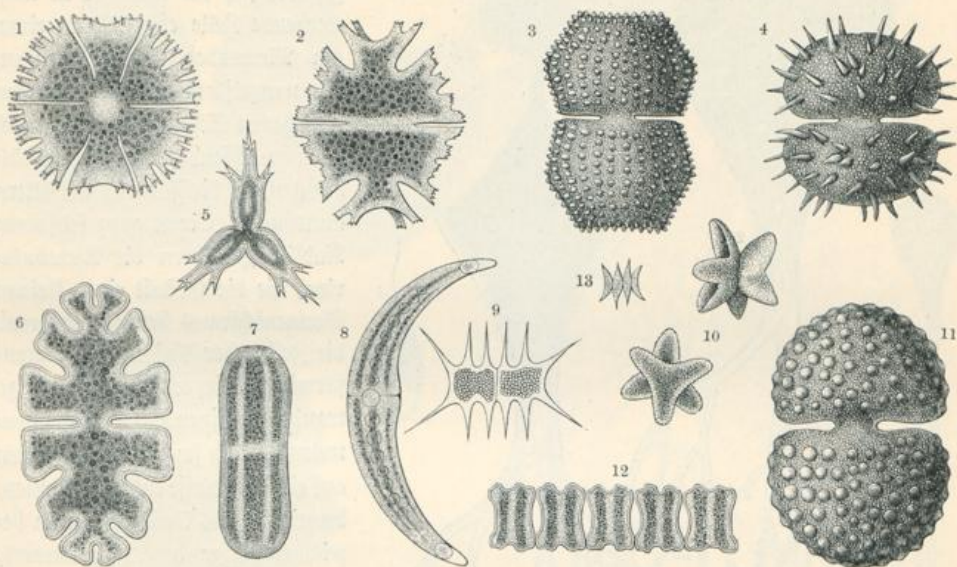
verdickt und dann in ein zierliches Netzwerk auflöst, das im Umrisse die Gestalt einer Kugel besitzt. Zwischen den Maschen dieses Netzwerkes sondert sich das Protoplasma in schwarze staubförmige Sporen, welche dem leichtesten Lufthauche zur Beute werden. Das schleimige Protoplasma der *Stemonitis fusca* (Fig. 1 und 2, S. 9) dagegen erhebt sich in Gestalt zahlreicher dichtgedrängter, ungefähr 1 cm langer Stränge. Jeder einzelne Strang gliedert sich in einen unteren stielartigen Teil und in einen oberen dickeren zylindrischen Körper. Dieser ist zunächst noch von schleimiger Konsistenz, wird aber alsbald trocken und sondert sich in eine mittlere Spindel, von welcher allseitig eine Anzahl feiner und feinsten netzförmig miteinander verbundener Fäden ausgeht, dann in Tausende staubförmiger Sporen und an der Peripherie in eine sehr zarte Haut, die später zerbricht und die Sporen ausfallen läßt. Diese ganze Gestaltung des Protoplasmas, mit der auch eine Farbenwandlung aus Weiß in Braunviolett verbunden ist, vollzieht sich unter den Augen des Beobachters im Verlaufe von ungefähr zehn Stunden. Von dem Protoplasma der *Stemonitis fusca* ist jenes des *Chondrioderma* difforme kaum zu unterscheiden. Und dennoch, wie ganz anders ist die Gestalt, welche dessen Sporenbehälter annehmen. Zunächst zieht es sich zu einem rundlichen Ballen zusammen, und in diesem sondert sich eine umhüllende Haut aus unzähligen einfachen feinen Fäden und eine große Menge dunkler Sporen, welche den von der Haut umschlossenen Raum ausfüllen. Bald darauf zerreißt die Haut an dem freien Scheitel des ballenförmigen Körpers in sternförmig abstehende Lappen, und die dunkeln Sporen können nun aus der geöffneten Blase austäuben.

Es müßten hier eigentlich die Gestalten aller Schleimpilze beschrieben werden, wenn es sich darum handeln würde, die Mannigfaltigkeit der Gestalt, welche das Protoplasma bei dieser Pflanzengruppe annimmt, zu erschöpfen. Die Abbildung zeigt noch einige andere dort mit Namen bezeichnete Formen von Sporangien, die alle durch einfache Erhärtung des Plasmodienplasmas entstanden sind. Da sich in kurzer Zeit scheinbar ganz gleiches Protoplasma in einer für jede Spezies bestimmten Weise ausgestaltet, genügen die obigen Beispiele. Es ist nur noch zu bemerken, daß die Gestalt, welche die spezifisch verschiedenen Protoplasmen annehmen, von den äußeren Verhältnissen ganz unabhängig ist, und daß sich in derselben Nacht nebeneinander bei gleicher Feuchtigkeit und gleicher Temperatur der Luft unter demselben Glassturze der birnenförmige *Leocarpus* und die zylindrischen Stränge der *Stemonitis* ausbilden. Es ist aber nur die niedere Klasse der Schleimpilze allein, bei der das Protoplasma unmittelbar zur Formung von Organen Verwendung findet. Bei den übrigen Pflanzen, von den Algen angefangen bis zu den Blütenpflanzen hinauf, finden wir als Baustein die Zelle, welche die Gewebe zusammensetzt, aus denen Organe und Pflanze bestehen.

Die Haut der Sporenbehälter der Schleimpilze enthält keinen Zellstoff, und es besteht bei diesen Gewächsen in betreff der Substanz überhaupt kein Unterschied zwischen Haut und Zellleib. Das Protoplasma der anderen Pflanzen versieht sich dagegen immer früher oder später mit einer Haut, welche aus Zellulose besteht. Schon bei den einzelligen Pflanzen findet sich diese wiederkehrende Zellform, aber selbst die kleine Protoplasmanasse, welche, in ihrer Haut eingeschlossen, den ganzen Körper solcher mikroskopisch kleinen Pflänzchen darstellt, besitzt die Fähigkeit einer ganz erstaunlichen Formenbildung.

In dieser Beziehung stehen die Algenfamilien der Diatomeen und der Desmidiaceen unerreicht da. Erstere sind schon in Band I, S. 58, abgebildet. Bei den Desmidiaceen kommen walzenförmige, halbmondförmige, scheibenförmige Gestalten in unererschöpflicher Abwechslung oft auf engem Raume in buntem Durcheinander vor (s. Abbildung, S. 11). Jede Art hält

aber mit wunderbarer Genauigkeit ihren Bauplan fest und wächst bis zu einer bestimmten Größe heran. Erst wenn diese erreicht ist, und nachdem sich die Zelle eine Zeitlang in ihren äußeren Umrissen unverändert erhalten hat, greift eine auffallende Umgestaltung zum Zwecke der Vermehrung Platz. Das Mittelstück der Zelle, welches bei allen Arten eine ringförmige Einschnürung zeigt, streckt sich, und es bildet sich in der Mitte des gestreckten Mittelstückes eine Scheidewand aus. Zugleich weiten sich die an die Scheidewand angrenzenden Teile. Aus einer Zelle sind jetzt zwei Zellen geworden. Diese bleiben aber nur sehr kurze Zeit vereinigt; die beiden Zellen fallen auseinander, und jede nimmt alsbald genau die Gestalt an, welche die Mutterzelle besaß. Alle diese Gestaltungsvorgänge, die die umhüllende Haut zeigt, sind

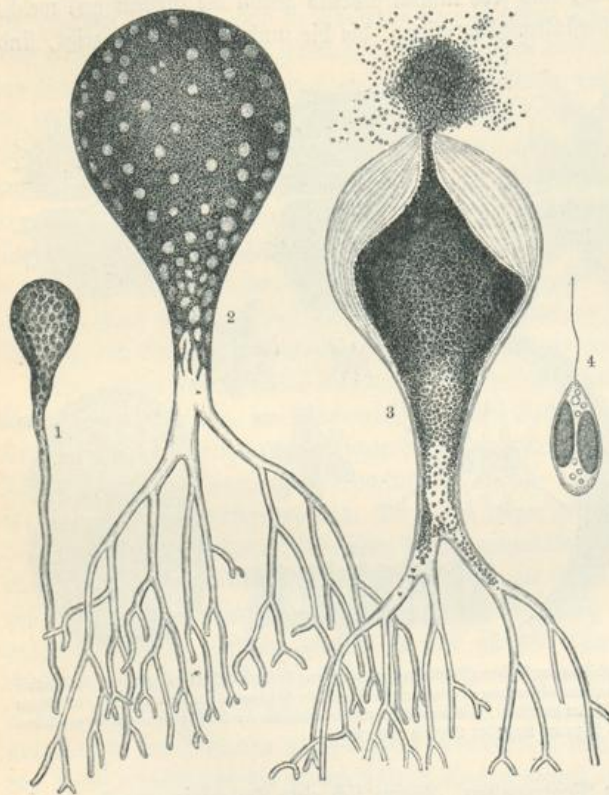


Einzellige Algen: Desmidiaceen. 1) *Micrasterias papillifera*; 2) *Micrasterias morsa*; 3) *Cosmarium polygonum*; 4) *Xanthidium aculeatum*; 5) *Staurastrum furcatum*; 6) *Euastrum oblongum*; 7) *Penium Brebissonii*; 8) *Closterium Lanula*; 9) *Xanthidium octocorne*; 10) *Staurastrum alternans*, von zwei Seiten gesehen; 11) *Cosmarium tetraophthalmum*; 12) *Aptogonium Desmidium*. Sämtliche Figuren ungefähr 200fach vergrößert.

aber das Werk des in ihr lebenden Protoplasten. Wenn sich eine Desmidiaceenzelle in die Länge oder Quere streckt, an einer Stelle ausbaucht, an einer anderen eingeschnürt bleibt, so ist das nur die Folge der Tätigkeit des Protoplasten, der seinen Leib und damit auch seine Haut dem Bauplane der Art entsprechend gestaltet und umgestaltet.

Die Zellen dieser Algen sowohl wie der höheren Pflanzen sind im allgemeinen mikroskopisch klein. Bei einer Algenabteilung, den Siphoneen, erreichen dagegen sogar die einzelnen Zellen solche Größe, daß sie eine äußere Gliederung, ähnlich der höherer Pflanzen, erlangen können. Die einfachste Form, in der eine einzige solche schlauchförmige Algenzelle sich durch bloße Erzeugung von Ausstülpungen zu einer „Pflanze“ gestaltet, bietet unser kleines, auf feuchtem Boden wachsendes *Botrydium granulatum* dar, welches auf S. 12 abgebildet ist. Das einzellige Pflänzchen rundet sich nach oben zu einem eiförmigen, grünen, oberirdischen Teile von Stecknadelkopfgröße ab, nach unten wächst diese Zelle zu verzweigten Schläuchen aus, die in den feuchten Boden hineinwachsen, und so entsteht aus einer einzigen Zelle eine Pflanze,

welche mit einem Wurzelorgan und grünem, assimilierendem Sproßorgane versehen ist und trotz des Mangels an jeder Gewebebildung doch in bezug auf Arbeitsteilung sich wie eine höhere Pflanze verhält. In etwas anderer Form ist schon früher in *Vaucheria* ein Beispiel beschrieben worden, wo die ganze Pflanze ein einziger Schlauch ist. Aus der Keimzelle solcher Algen entstehen lange haarförmige Schläuche, die, wie bei der Band I, S. 22, beschriebenen *Vaucheria*, einfache Fäden bleiben können, aber bei anderen, z. B. schon bei der noch kleineren, zierlichen *Bryopsis*, einer im Mittelmeer wachsenden Alge, den Eindruck eines verzweigten Bäumchens



*Botrydium granulatum*, stark vergrößert (nach Ann): 1) Junge Pflanze mit grünem oberem Teil und farbloser Wurzel; 2) Ältere Pflanze; 3) Fortpflanzung der Alge; der Inhalt ist in zahlreiche Sporen zerfallen, die nach Aufquellung der Wand diese sprengen und ins Freie treten; 4) einzelne Schwärmospore, sehr stark vergrößert.

mit ungleichlangen Ausstülpungen machen. Bei der Gattung *Caulerpa* gliedert sich die über  $\frac{1}{2}$  m lang werdende Zelle ebenfalls in einen am Meeresboden hinkriechenden, mit wurzelförmigen Ausfackungen versehenen Scheinstengel und nach oben wachsende, flache Ausstülpungen, die die Form von Blättern annehmen. Einen ganz seltsamen Anblick gewähren die *Azetabularien*, die die Gestalt eines kleinen Sonnenschirmes besitzen, während die Zellen der *Valonia* zu beerenförmigen Körpern werden, die zu traubenförmigen Rasen zusammen-treten. Welch sonderbare Gestalten auf einfache Weise entstehen können, beweist die als *Codium Bursa* bezeichnete Alge des Mittelmeeres, deren Kugel durch Verflechtung eines einzigen Zellfadens entsteht (vgl. die beigeheftete Tafel „Algenformen des Meeres“).

Trotz dieser Gestaltungsfähigkeit, die bei den Siphoneen eine einzige Zelle zeigt, finden wir schon bei den anderen Algen das Be-

streben entwickelt, durch eine Vereinigung von mehreren oder endlich von vielen Zellen zu höheren Leistungen zu gelangen. Die einzelne Zelle geht im Kampfe ums Dasein leicht zugrunde. Man denke nur an die kleinen Feinde der Algen des Süßwassers. Durch Verbindung mehrerer Zellen läßt sich schon ein etwas widerstandsfähigeres Gebäude bilden, abgesehen davon, daß auch eine Verteilung von Aufgaben an verschiedene Zellen möglich ist, während die Einzelzelle alle Arbeiten übernehmen muß.

Die einfachste Form der Zellvereinigung ist die Koloniebildung, welche namentlich bei den Algen zu ungewöhnlich reizenden Formen geführt hat.

Durch bloße Zusammenhäufung einzelner Zellen derselben Algenart, wie bei den einzelligen

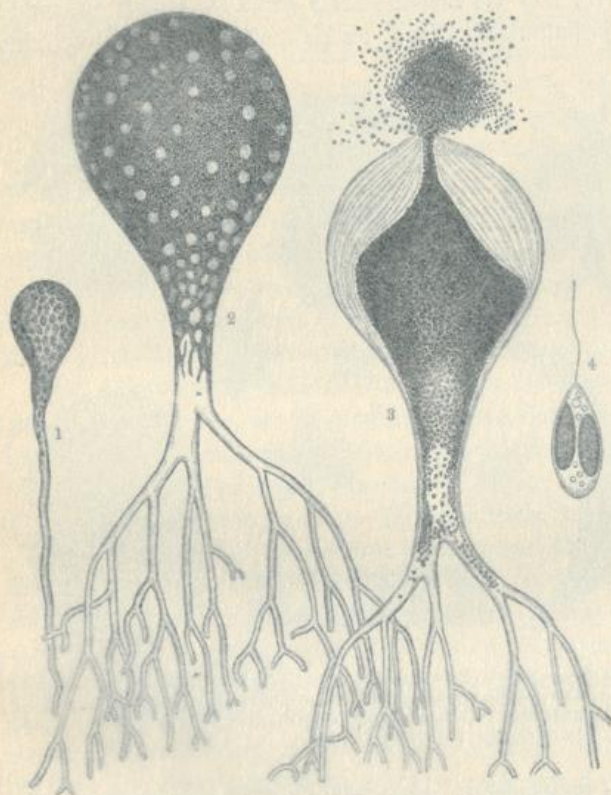


Algenformen des Meeres.

1) *Codium bursa*, 2) *Bryopsis plumosa*, 3) *Acetabularia mediterranea*, 4) *Hydroclathrum sanguineum*, 5) *Valoniopsis utriculata*, 6) *Plocamium coccineum* (sämtlich aus dem Mittelmeer), 7) *Caulerpa crassifolia* (aus Westindien).

1-6) etwa um die Hälfte vergrößert, 7) natürliche Größe.

welche mit einem Wurzelorgan und grünem, assimilierendem Sprossorgan versehen ist und trotz des Mangels an jeder Gewebebildung doch in bezug auf Arbeitsteilung sich wie eine höhere Pflanze verhält. In etwas anderer Form ist schon früher in *Vaucheria* ein Beispiel beschrieben worden, wo die ganze Pflanze ein einziger Schlauch ist. Aus der Keimzelle solcher Algen entstehen lange haarförmige Schläuche, die, wie bei der Band I, S. 22, beschriebenen *Vaucheria*, einfache Fäden bleiben können, aber bei anderen, z. B. schon bei der noch kleineren, zierlichen *Bryopsis*, einer im Mittelmeer wachsenden Alge, den Eindruck eines verzweigten Bäumchens



*Botrydium gracilissimum*, stark vergrößert (nach Kütz): 1) Junge Pflanze mit grünem oberem Teil und furchiger Wurzel; 2) Alters Pflanze; 3) Fortpflanzung der Alge; der Inhalt ist in zahlreiche Sporen zerfallen, die nach Aufquellung der Wand diese sprengen und ins Freie treten; 4) einzelne Schwärmerspore, sehr stark vergrößert.

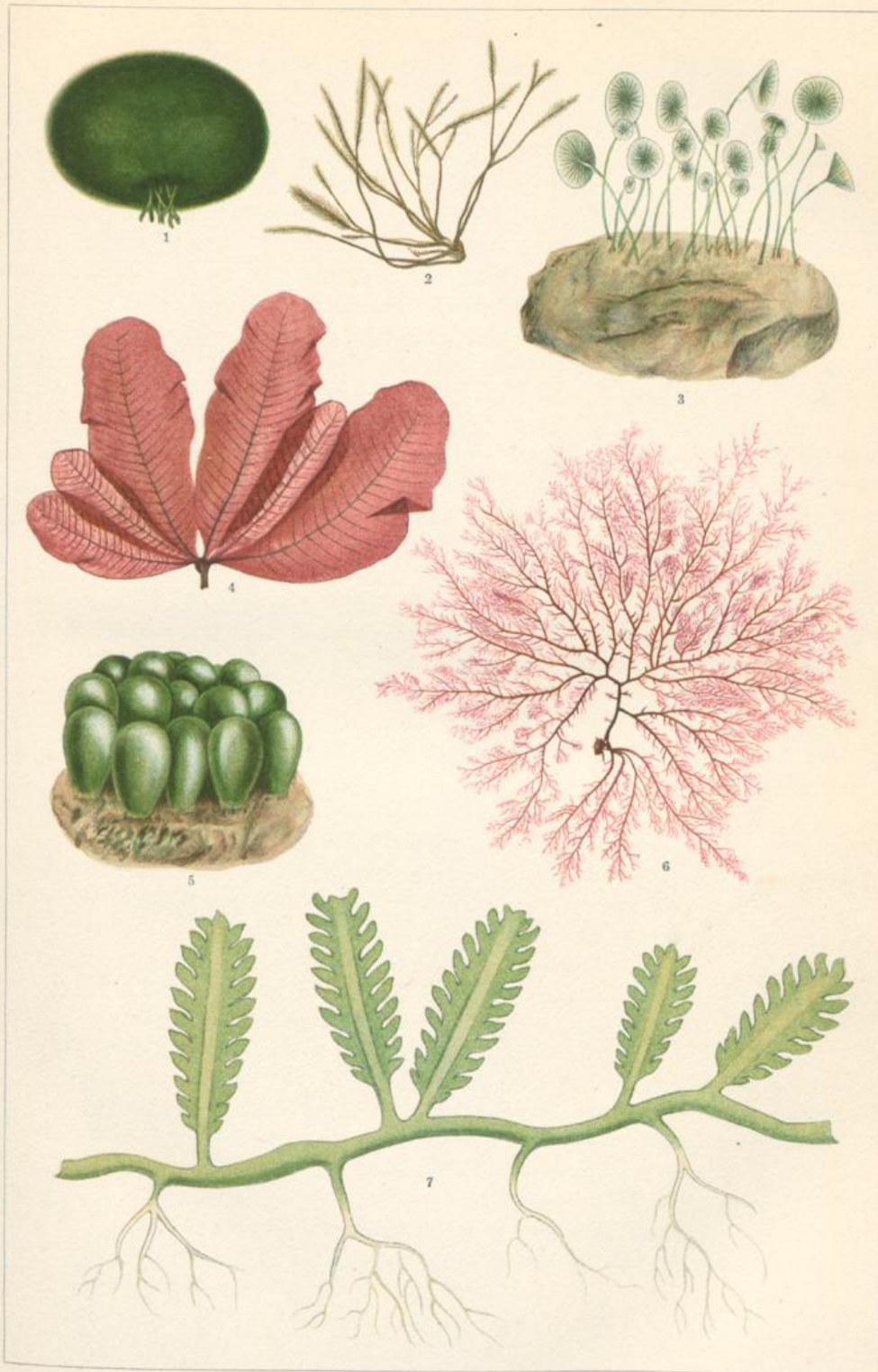
mit ungleichlangen Ausstülpungen machen. Bei der Gattung *Caulerpa* gliedert sich die über  $\frac{1}{2}$  m lang werdende Zelle ebenfalls in einen am Meeresboden hinkriechenden, mit wurzelförmigen Ausstülpungen versehenen Scheinstengel und nach oben wachsende, flache Ausstülpungen, die die Form von Blättern annehmen. Einen ganz seltsamen Anblick gewähren die *Azetabularien*, die die Gestalt eines kleinen Sonnenschirmes besitzen, während die Zellen der *Valonia* zu beerenförmigen Körpern werden, die zu traubenförmigen Rasen zusammentreten. Welch sonderbare Gestalten auf einfache Weise entstehen können, beweist die als *Codium Bursa* bezeichnete Alge des Mittelmeeres, deren Kugel durch Verflechtung eines einzigen Zellfadens entsteht (vgl. die beigeheftete Tafel „Algenformen des Meeres“).

Trotz dieser Gestaltungsfähigkeit, die bei den Siphoneen eine einzige Zelle zeigt, finden wir schon bei den anderen Algen das Be-

streben entwickelt, durch eine Vereinigung von mehreren oder endlich von vielen Zellen zu höheren Leistungen zu gelangen. Die einzelne Zelle geht im Kampfe ums Dasein leicht zugrunde. Man denke nur an die kleinen Feinde der Algen des Süßwassers. Durch Verbindung mehrerer Zellen läßt sich schon ein etwas widerstandsfähigeres Gebäude bilden, abgesehen davon, daß auch eine Verteilung von Aufgaben an verschiedene Zellen möglich ist, während die Einzelzelle alle Arbeiten übernehmen muß.

Die einfachste Form der Zellvereinigung ist die Koloniebildung, welche namentlich bei den Algen zu ungewöhnlich reizenden Formen geführt hat.

Durch bloße Zusammenhäufung einzelner Zellen derselben Algenart, wie bei den einzelligen

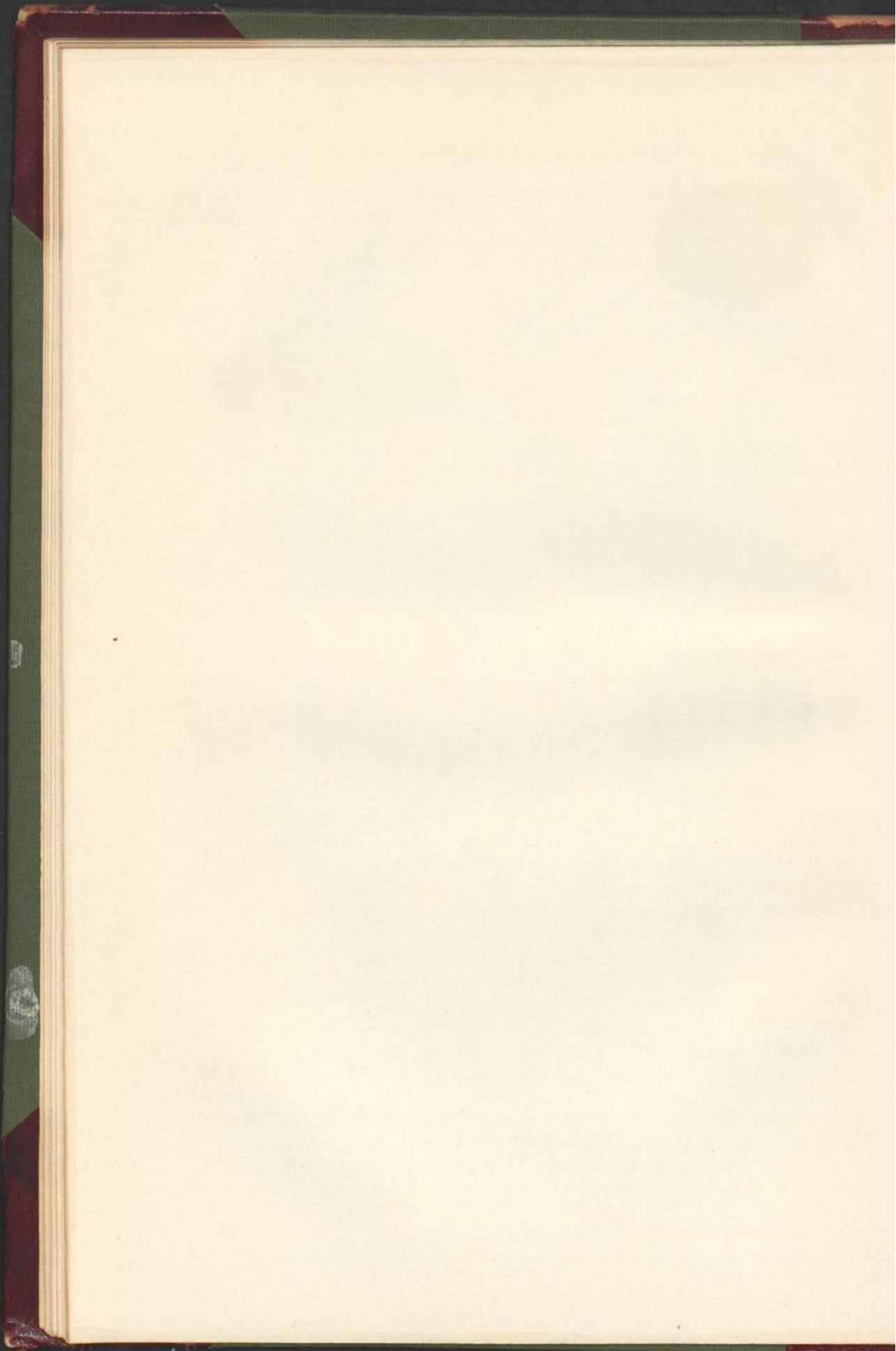


Algenformen des Meeres.

1) *Codium Bursa*, 2) *Bryopsis plumosa*, 3) *Acetabularia mediterranea*, 4) *Hydrolapathum sanguineum*, 5) *Valonia utricularis*, 6) *Plocamium coccineum* (sämtlich aus dem Mittelmeer), 7) *Caulerpa crassifolia* (aus Westindien).

1-6) etwa um die Hälfte vergrößert, 7) natürliche Größe.





grünen *Pleurococcus*-Arten auf der Oberfläche von Baumrinden (s. die Tafel „Algenformen des Süßwassers“ bei S. 14, Fig. 1), entsteht noch keine Kolonie. Eine Kolonie, an der zahlreiche, einzellige Individuen teilnehmen, hat vielmehr einen stets gleichbleibenden Umriss, so daß sie den Eindruck eines vielzelligen Individuums, einer selbständigen Pflanze, macht.

Bei den blaugrünen *Oszillarien*, die in Form dicker Häute auf feuchtem Erdboden leben, vereinigen sich kurze zylindrische Zellen zu einer fadenförmigen Kolonie, die von einer Schleimscheide umschlossen wird. Bei der verwandten Gattung *Nostoc* sind die Zellen perlchnurartig verbunden und ebenfalls durch eine große faltige Schleimmasse zusammengehalten. Diese *Nostoc*-Kolonien, die in feuchtem Kies oft in Menge auftreten, machen gar keinen pflanzlichen Eindruck. Sie sehen aus wie ein schmutzigrüner, faltiger oder kugeligter Gallertklumpen. Erst unter dem Mikroskop sieht man die zierlichen Perlfetten der sie zusammensetzenden Zellen, die noch von etwas andersgeformten und -gefärbten größeren „Grenzellen“ unterbrochen sind (vgl. die Tafel „Algenformen des Süßwassers“ bei S. 14, Fig. 4 und 5).

Am hübschesten sind einige Kolonien, die im Wasser schwimmen. Der wunderschöne *Volvox* ist in Band I abgebildet und beschrieben. Einfacher, aber nicht minder zierlich sind die auf der obengenannten Tafel abgebildeten Formen von *Pandorina*, *Pediastrum* und *Gonium* gebaut. Mit Ausnahme von *Pediastrum* tummeln sich diese Zellkolonien mit Hilfe zarter, beweglicher Wimpern im Wasser umher, und wenn sie reichlich auftreten, kann man sie zum Teil mit bloßem Auge in einem Glase Wasser, welches man aus einem Teiche schöpft, erkennen. *Pediastrum* bildet flache Scheiben, die durch Zusammentreten von anfangs innerhalb einer Schleimhülle beweglichen Schwärmern entstehen (s. auch Bd. I, S. 35).

Die *Pandorina*-Kolonie besteht aus acht keilförmigen Zellen, die, zu einer Kugel angeordnet, von einer zarten Gallert-hülle umgeben sind. Durch diese streckt jede der grünen, mit einem roten Pigmentfleck versehenen Zellen zwei feine Fäden ins Wasser, die die Kugel in Drehung versetzen. Bei *Gonium* dagegen sind die Zellen in einer Fläche angeordnet, ebenfalls in Gallerte eingeschlossen und mit Geißelfäden ausgerüstet.

Daß diese Zellen, welche die Kolonie zusammensetzen, keine einheitliche Pflanze darstellen, sondern daß jede Zelle ihre Selbständigkeit bewahrt hat, geht aus dem Vermehrungsakt hervor, wobei jede Zelle sich teilt und wieder eine neue Kolonie bildet, die nach der Trennung aus dem Verbands allein weiterlebt. Die Verbindung der Zellen ist hier also nur für einige Zeit geschlossen und wird bei der Fortpflanzung wieder aufgehoben.

Daß die Koloniebildung einen Vorteil mit sich bringt, ist einzusehen. Die kleine grüne Scheibe von *Pediastrum* wird vom Wasser besser an die Oberfläche gehoben als eine einzelne Zelle und kann daher das Licht für ihre Ernährung besser ausnutzen. Das Scheibchen kann an Stengeln oder Blättern von Wasserpflanzen nahe der Wasseroberfläche leichter festhaften und so einen sicheren Standort gewinnen. Die Auswüchse, welche die Randzellen entwickelt haben, starren wie Hellebarden nach allen Richtungen und halten Angriffe kleiner Feinde ab. So finden wir hier schon eine Arbeitsteilung durch Vereinigung ermöglicht. Die winzigen Zellen, die die *Volvox*-Kolonie zusammensetzen, würden allein leicht ein Raub kleiner Wassertiere werden. Die mit Wimpern versehene Kugel ist schon durch ihre Größe besser vor Angriffen geschützt. Die beweglichen Wimpern lassen die kleinen Feinde nicht herankommen, und die Kugel entgleitet ihnen durch ihre drehende Bewegung.

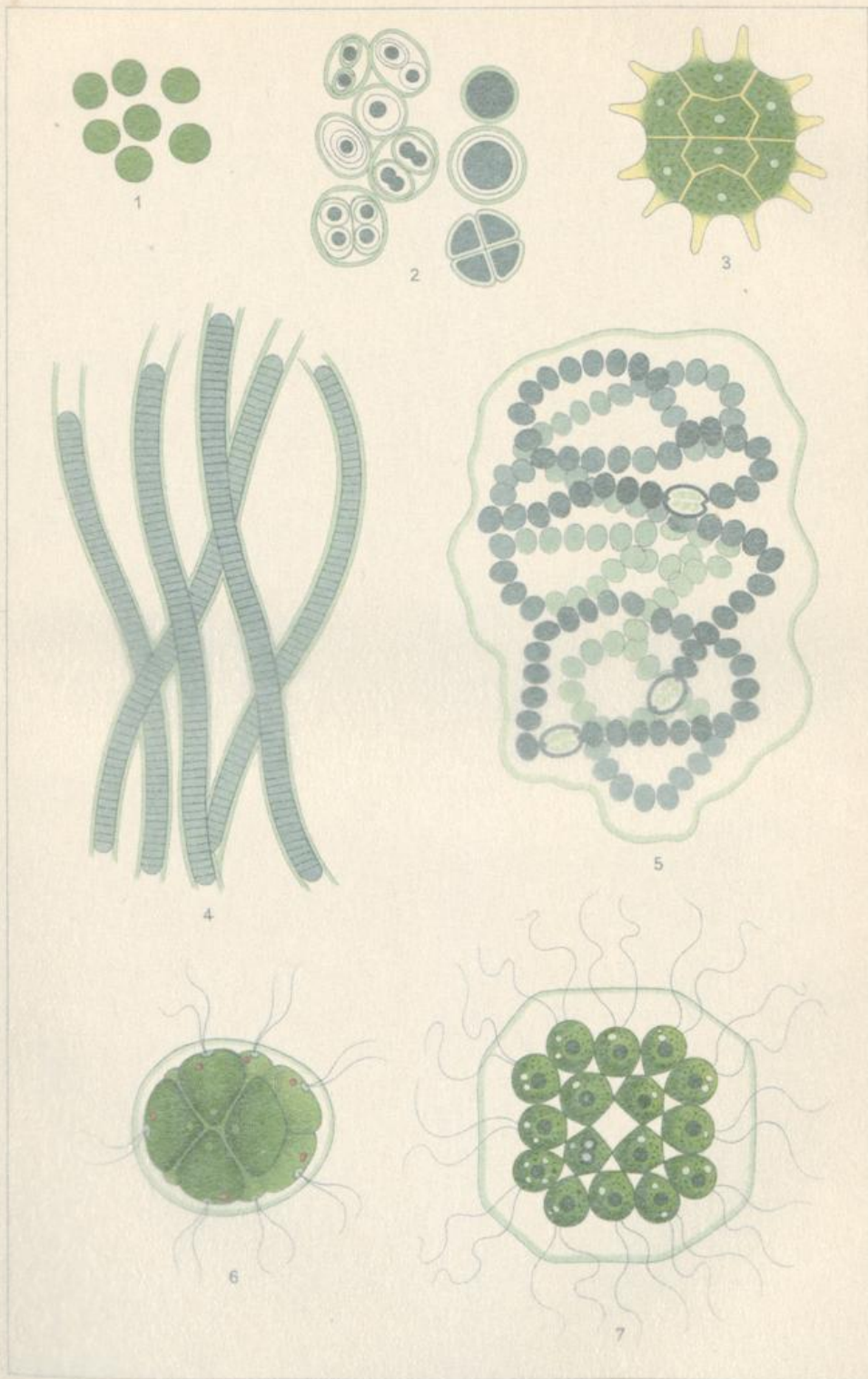
Wenn das Pflanzenleben sich auf eine höhere Stufe, d. h. zu vollkommeneren Leistungen erheben soll, dann ist mit diesen einfachen Mitteln nicht mehr auszukommen. Durch lockeres

Zusammenschließen anfangs getrennter Zellen läßt sich kein größeres Pflanzengebäude aufbauen. Daher haben denn selbst die roten Algen des Meeres, deren Körper zwar keine Kolonien sind, die aber zum Teil durch bloße Verflechtung und Verwachsung anfänglich getrennter Zellfäden entstehen, es nicht zur Entwicklung wirklich imponierender Größe gebracht.



Laminarien in der Nordsee. (Zu S. 15.)

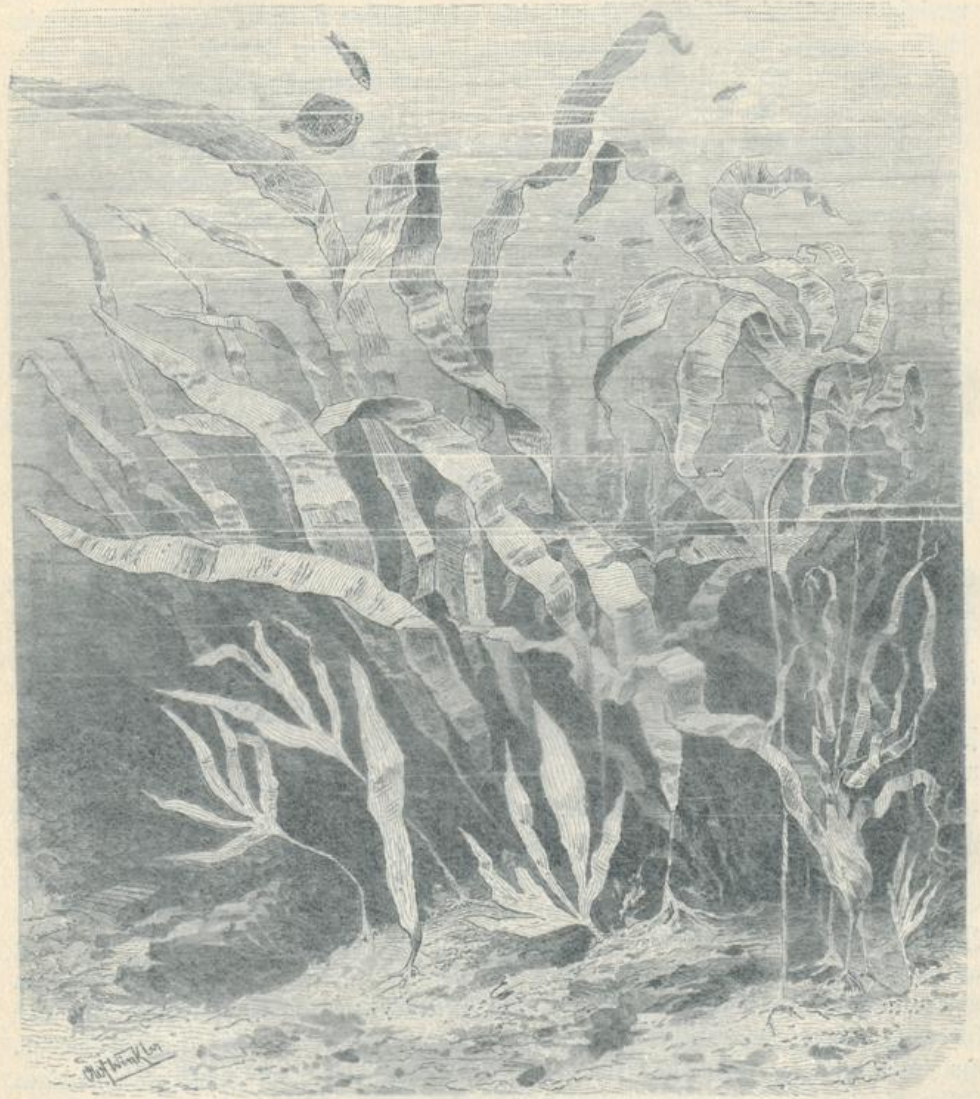
Gleichfalls auf unvollkommener Stufe des zelligen Aufbaues stehen alle höheren Pilze, obwohl diese, wie bekannt, in ihren bunten Hüten oft gar stattliche Körper darstellen. Aber ein solcher Pilzhut baut sich allmählich auf aus einem anfangs ganz lockeren Geflecht dünner Zellfäden, Hyphen genannt, welche, selbständig wachsend, immer fester aneinander schließen



Algenformen des Süßwassers und feuchten Bodens.

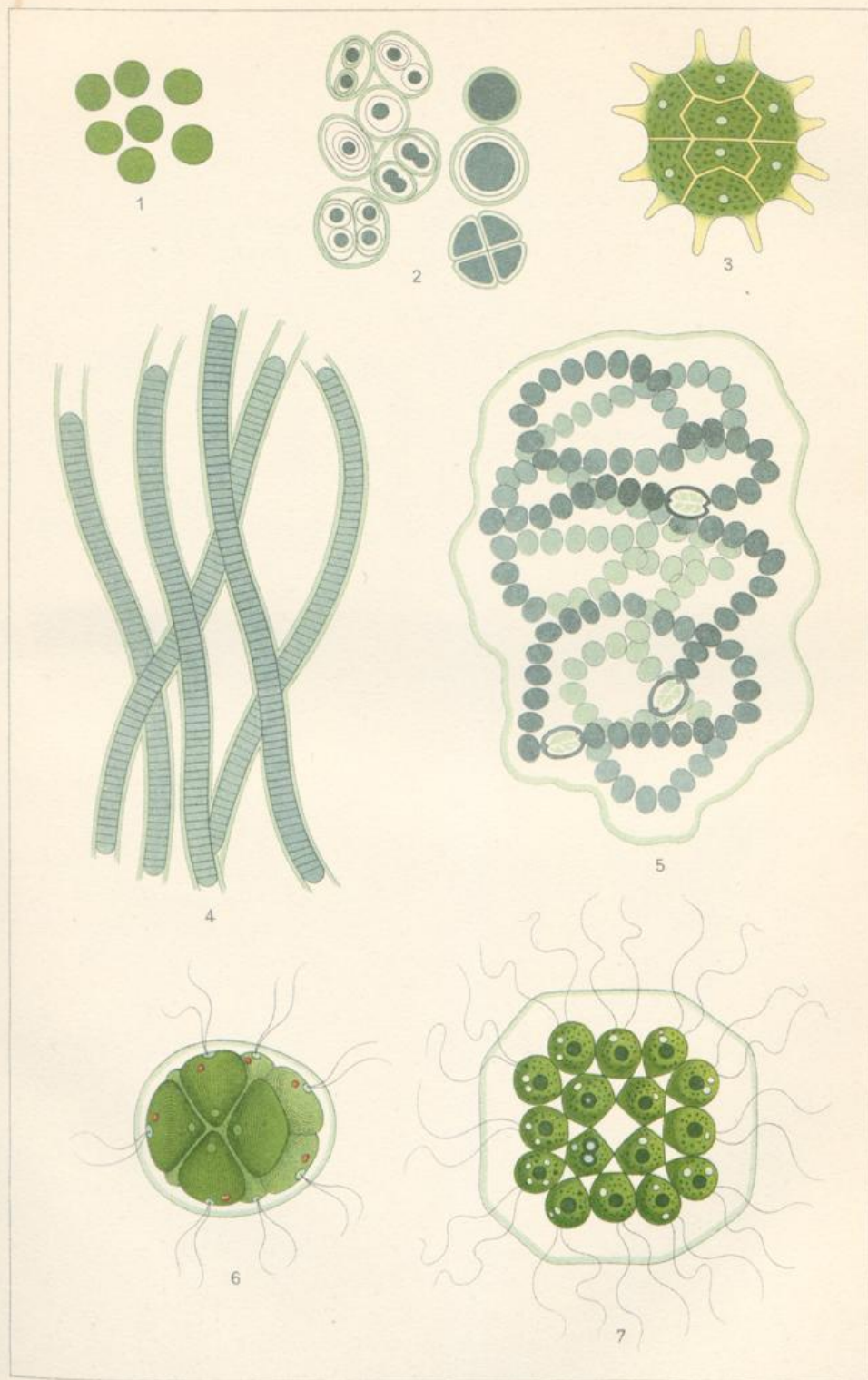
1) Die einzellige Art *Pleurococcus vulgaris*; 2—7) koloniebildende Algen: 2) *Gloeocapsa* (mit mehrfachen ineinandergelagerten Schichten) und *Chroococcus* (nach der Teilung zur kleinen Familie vereinigt), 4) fadenförmige Kolonie von *Ulothrix*, 5) *Nostoc commune*; sämtlich blaugrüne Zyanophyzeen; 3) *Pediastrum granulatum*, 6) *Pandorina Morum*, 7) *Gonium pectorale*. — Alle Figuren sehr stark vergrößert.

Zusammenschließen anfangs getrennter Zellen läßt sich kein größeres Pflanzengebäude auf-  
führen. Daher haben denn selbst die roten Algen des Meeres, deren Körper zwar keine Ko-  
lonien sind, die aber zum Teil durch bloße Verflechtung und Verwachsung anfänglich ge-  
trennter Zellfäden entstehen, es nicht zur Entwicklung wirklich imponierender Größe gebracht.



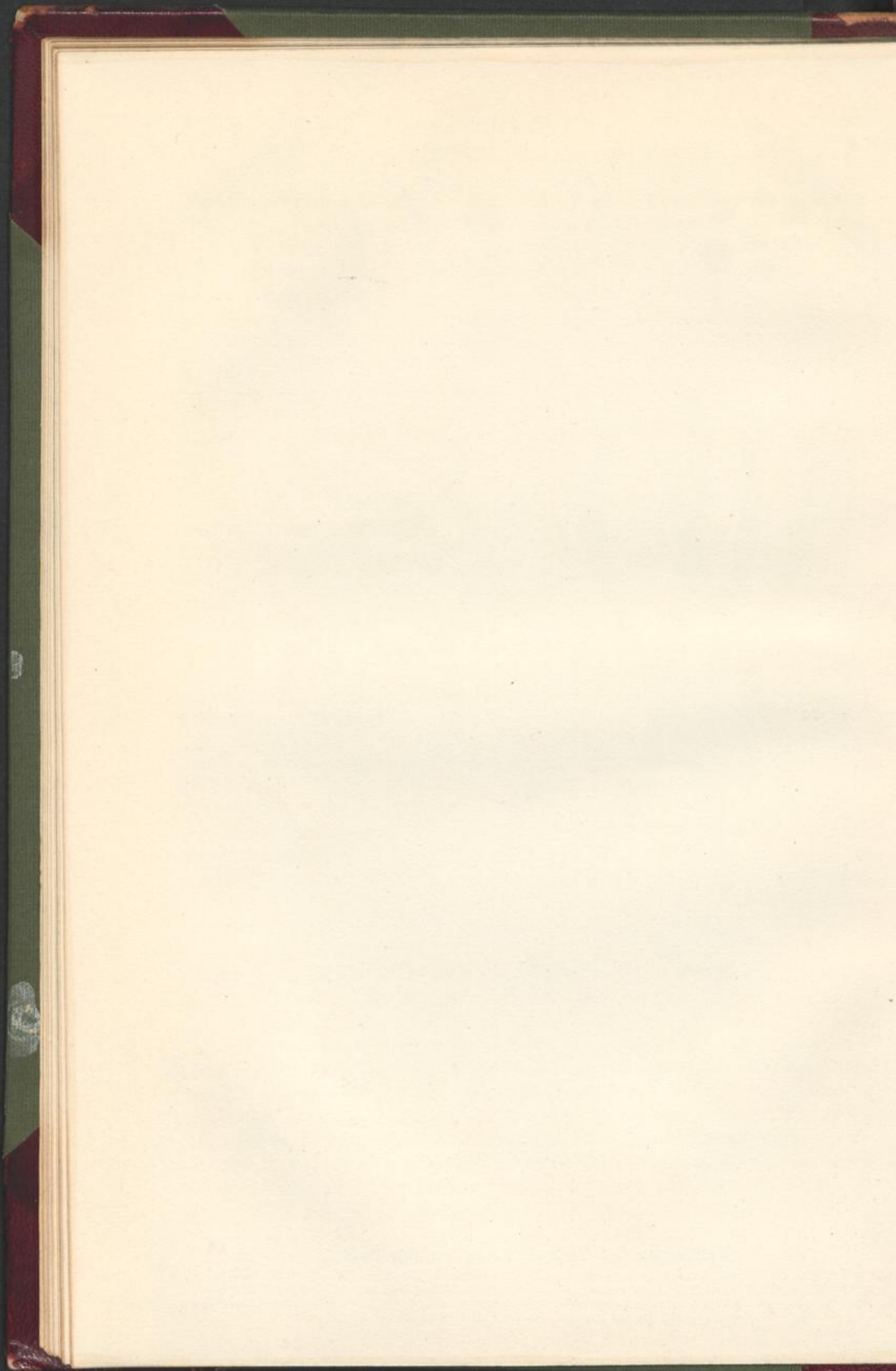
Laminarien in der Nordsee. (Zu S. 15.)

Gleichfalls auf unvollkommener Stufe des zelligen Aufbaues stehen alle höheren Pilze, obwohl diese, wie bekannt, in ihren buntfarbigen Hüten oft gar stattliche Körper darstellen. Aber ein solcher Pilzhut baut sich allmählich auf aus einem anfangs ganz lockeren Geflecht dünner Zellfäden, Hyphen genannt, welche, selbständig wachsend, immer fester aneinanderschließen



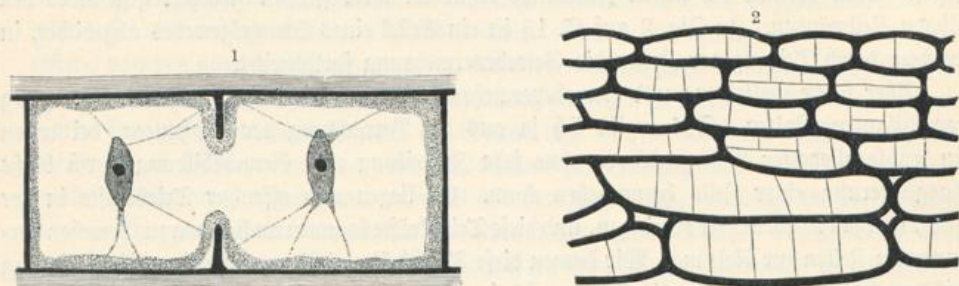
### Algenformen des Süßwassers und feuchten Bodens.

1) Die einzellige Art *Pleurococcus vulgaris*; 2—7) koloniebildende Algen: 2) *Gloeocapsa* (mit mehrfachen ineinandergelagerten Schleimhäutchen) und *Chroococcus* (nach der Teilung zur kleinen Familie vereinigt), 4) fadenförmige Kolonie von *Oscillaria*, 5) *Nostoc commune*; fälschlich blaugrüne Cyanophyzeen; 3) *Pediastrum granulatum*, 6) *Pandorina Morum*, 7) *Gonium pectorale*. — Alle Figuren sehr stark vergrößert.



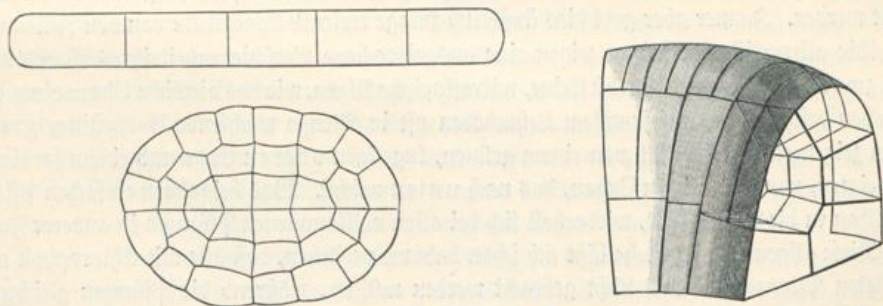
und sich endlich so innig miteinander verschlechten und verbinden, daß ein bestimmt begrenzter, fester, ja beim Feuerschwamm und ähnlichen Pilzen sogar harter Körper entsteht.

Ein nachhaltiger Fortschritt in der Gestaltung wurde aber erst durch die Art der Zellvereinigung erreicht, die man als Gewebebildung bezeichnet hat. Der Unterschied eines Gewebes gegenüber locker verbundenen Zellkolonien besteht darin, daß bei der Vermehrung der Zellen keine Trennung derselben erfolgt, daß vielmehr die durch Teilung entstandenen Zellen dauernd fest miteinander verbunden bleiben.



Zellteilung: 1) Zelle einer Spirogyra in Teilung; das Chlorophyllband ist der Deutlichkeit wegen fortgelassen; 2) Zellteilung in dem Rindengewebe eines Stengels. (Zu S. 15 und 16.)

Auf diese Weise können nicht nur größere Flächen, sondern auch Körper aufgebaut werden, wie man das schon bei gewissen großen Meeresalgen (s. Abbildung, S. 14) feststellen kann. Die Laminarien der Nordsee bilden schon sehr stattliche Pflanzen mit breiten, blattähnlichen



Entstehung eines Zellfadens, einer Zellfläche und eines Zellkörpers durch Zellteilung. (Zu S. 16.)

Organen und festen, unzerreißbaren Stengeln. Beide bauen sich aus Geweben auf, die durch wiederholte Teilung vorhandener Zellen sich vermehren. Die Bildung eines Gewebes aus einer Zelle ist, rein äußerlich betrachtet, ziemlich einfach, wie die obenstehende Abbildung erläutern kann. Betrachten wir z. B. die Zelle einer fadenförmigen Spirogyra, welche sich zur Teilung ansetzt, so beginnt dieser Vorgang immer mit der Teilung des Zellkernes, wodurch zwei Kerne entstehen, die auseinanderrücken. Dann beginnt langsam die Bildung der Trennungswand, welche die Zelle vollständig in zwei Zellen teilt. Von der vorhandenen Wand wächst eine ringförmig aus ihr hervortretende Membran gegen die Mitte so lange, bis sie sich vollständig geschlossen hat. Jede der entstandenen Zellen wächst nun in die Länge, und dadurch verlängert sich auch der ganze Faden. Er stellt also ein einfaches Zellgewebe dar, welches von der Keimzelle



seinen Anfang nahm und durch fortgesetzte Teilung in derselben Richtung einen Faden aufbaut. Findet die Zellteilung nicht immer in derselben Richtung, sondern nach verschiedenen Richtungen derselben Ebene statt, dann entsteht statt der Fäden eine Zellfläche, und wenn die Teilwände nach drei Richtungen des Raumes sich bilden, bauen sich, immer durch denselben einfachen Wechsel, Zellkörper auf (vgl. Abbildungen, S. 15).

Bei der Spirogyra kann man den Vorgang der Zellteilung gut unter dem Mikroskop verfolgen. Bei den meisten Pflanzen entstehen die Zellwände plötzlich und in vielen Zellen zugleich. Man erkennt die neuen Zellwände dann an ihrer großen Feinheit gegenüber den älteren Zellwänden. In Fig. 2 auf S. 15 ist ein Stück eines Stengelgewebes abgebildet, in welchem durch Teilung der Zellen die Gewebevermehrung fortschreitet.

Aber bloße Zellteilung und Gewebevermehrung ist noch nicht die Ursache der Erzeugung von Pflanzengestalten. Das ergibt sich ja aus der Betrachtung der Siphoneen, bei denen ein wohlgegliederter Pflanzenkörper ohne jede Zellteilung und Gewebebildung durch bloße Ausgliederung einer Zelle hervorgehen kann. Es liegen also offenbar Triebkräfte in der Zelle, welche die Form hervorbringen, und diese Triebkräfte kommen auch in den zu Geweben verbundenen Zellen zur Geltung. Wir kennen diese Triebkräfte nicht und bezeichnen ihre Wirkung mit dem Worte „Wachstum“. Es ist wohl einzusehen, daß auch bei den vielzelligen Pflanzen die Gestalt nur durch Hinzukommen des Wachstumes zur Gewebebildung zustande kommen kann. Es genügt nicht, daß sich an vorhandene Zellen neue anlagern. Dadurch könnte sich wohl das Volumen eines Pflanzenkörpers ändern, die Gestalt würde aber unter Umständen die gleiche bleiben. Sollen äußere Gegenstände, soll eine Gliederung in verschiedene Teile, in Stengel, Zweige und Blätter usw., stattfinden, so kann das nur durch eine ungleiche Verteilung des Wachstumes in den verschiedenen Regionen eines Pflanzengebäudes ins Werk gesetzt werden. Immer aber geht dies äußerlich zutage tretende Wachstum von den Zellen aus.

Die allermeisten Pflanzen zeigen eine ausgesprochene Verschiedenheit ihres Wachstumes nach zwei Richtungen. Selbst kleine, mikroskopische Algen, wie das niedliche Characium oder das oben beschriebene, auf feuchtem Lehmboden oft in Menge wachsende Botrydium granulatum zeigen einen Gegensatz von einem grünen, kugeligen oberen Ende und einem farblosen, verzweigten, wurzelähnlichen Organ, das nach unten wächst. Was bei solchen einfachen Pflänzchen schon in die Augen fällt, wiederholt sich bei allen vollkommenen Pflanzen in anderer Form.

Diese allgemeine Tatsache läßt sich schon dadurch verstehen, daß alle mit Chlorophyll ausgerüsteten Pflanzenteile ans Licht gebracht werden müssen, während die Pflanzen gleichzeitig eines festen Standortes auf einem Boden bedürfen, dem sie meistens auch Nährstoffe entziehen. So ist dieser durchgehends herrschende Gegensatz (die Polarität der Pflanze) teleologisch schon aus den allgemeinen Ernährungsaufgaben begreiflich, wenn auch nicht damit erklärt.

Anschaulich tritt der Gegensatz verschieden gestalteter Teile bei den Keimpflanzen der vollkommeneren Gewächse hervor. Der aufwärts wachsende Teil sieht anders aus als der abwärts strebende. Man nennt den letzteren die Wurzel, den ersteren den Stengel der Keimpflanze. Beide Teile unterscheiden sich durch Umrißform und Wachstumsrichtung. Sie gleichen sich darin, daß die Organe, die sie im Gegensatz zu einfachen Pflanzen hervorbringen, hervorgehen aus an ihrer Spitze liegenden embryonalen Zellmassen, die man „Vegetationspunkte“ nennt. Diese organbildenden Gewebekörper oder Vegetationspunkte, welche die höheren Pflanzen von ihrem Körpergewebe aussparen, um die Weiterentwicklung an ganz bestimmte Orte ihres Umrisses zu verlegen, bilden einen besonderen Charakter der Pflanze,

welche sie ganz wesentlich vom Tier unterscheidet. Während die übrigen Gewebe und die daraus aufgebauten Organe endlich ihre volle Ausbildung erlangen, wie man sagt „ausgewachsen sind“, behalten die Vegetationspunkte dauernd die Fähigkeit, ihre Zellen zu vermehren, in erneutes Wachstum einzutreten und neue Organe zu bilden. Nur den Vegetationspunkten verdankt ein Baum die Möglichkeit, Jahr für Jahr neue Triebe, Blätter, Wurzeln und Blüten zu bilden.

Die Vegetationspunkte sind nach bestimmten Regeln verteilt (vgl. Abbildung, S. 43), denen die Pflanzen ihre Symmetrie verdanken, die sie bei der Umbildung der Vegetationspunkte zu Organen zeigen. Bei der Keimpflanze befindet sich je ein Vegetationspunkt an der aufwärts- und an der abwärtswachsenden Spitze (Sproß- und Wurzelvegetationspunkt); der erstere, von den jungen Blättern umhüllt, bildet die Endknospe (s. Abbildung, S. 43, Fig. 3). Sobald der Sproßvegetationspunkt Blätter bildet, entstehen in deren Achseln neue Vegetationspunkte für die Seiten sprosse. Auch die Wurzel legt im Inneren neue seitliche Vegetationspunkte für die Seitenwurzeln an. Beim Wachstum des Stengels rücken die Achselvegetationspunkte auseinander, daher findet man bei der herangewachsenen Pflanze in jeder Blattachsel einen von jungen Blättern eingehüllten Vegetationspunkt, eine Knospe. Wachsen Seitensprosse und Seitenwurzeln aus, so haben beide wieder ihren Spitzenvegetationspunkt und können ebenfalls seitliche Vegetationspunkte anlegen, aus denen weitere Seitenorgane hervorgehen (Fig. 3). Nicht immer wachsen die seitlichen Sproß-Vegetationspunkte aus, sondern sie bleiben vielfach als Reserve ruhend und unentwickelt. In der Regel entstehen aber aus ihnen in symmetrischer Folge Seitensprosse. Wenn jedoch aus einem Vegetationsorgan ein anderes Organ (eine Metamorphose), z. B. Ranke, Dorn oder Blüte, entsteht, dann wird der Vegetationspunkt bei der Umbildung aufgebraucht und seine Entwicklung ist begrenzt.

Besonders wichtig ist, daß ein Vegetationspunkt neue Vegetationspunkte erzeugen kann und die Pflanze in diesen Bildungen die Möglichkeit besitzt, sich auf unbeschränkte Zeit fortzuentwickeln, wie man das an hundertjährigen Bäumen sehen kann. Jahr für Jahr altern die Gewebe eines solchen Baumes und Organe sterben in Menge ab, aber die Vegetationspunkte verjüngen sich immer wieder durch neue Zellbildung, und wenn ein solcher Baum auch uralt ist, seine Vegetationspunkte stellen ihn in eine Linie mit der jüngsten Pflanze.

Die Fähigkeit der Vegetationspunkte, Organe bestimmter Form zu erzeugen, ist aber verschieden. Wurzeln bilden immer nur Wurzelvegetationspunkte und daher auch nur wieder neue Wurzeln. Aus den Vegetationspunkten des Stengels dagegen können sich Blätter (die eine Wurzel niemals bildet), aber außerdem neue Sprosse, Seitenzweige, bilden, die wieder Blätter erzeugen, gerade wie der Hauptstengel aus seinem Vegetationspunkte. In seiner späteren Entwicklung bildet der Stengel aber auch Blüten. So ist ein solcher Keimstengel endlich bedeutend leistungsfähiger als die Wurzel. Beide sind demnach nicht bloß durch ihre Form, sondern vor allem durch die Eigenschaften ihrer Vegetationspunkte verschieden.

In diesem Verhalten, anfangs nur zweierlei Grundorgane, Stengel und Wurzel, zu erzeugen, sind alle Keimpflanzen einander gleich, so verschieden sie auch sonst aussehen mögen. Es ist das übrigens nur die Beibehaltung desselben Prinzips des polaren Gegensatzes, welches wir schon bei den niederen Algen, bei Bryopsis und Botrydium u. a., hervorgehoben haben. Es handelt sich aber nicht bloß um einen polaren, sondern auch um einen physiologischen, die Aufgabe der Organe betreffenden Gegensatz. Die ersten Aufgaben der Ernährung jeder Pflanze sind Stoffbildung und Wasseraufnahme. Immer werden zu ersterem Zweck grüne Chlorophyllhaltige Organe gebildet, die vom Licht abhängig sind und sich diesem notgedrungen zuwenden

müssen. Das Wasser wird allgemein einer Unterlage entnommen, in welche die dafür bestimmten Organe eindringen müssen. Ob nun das chlorophyllhaltige Organ bloß eine eiförmige oder eine verzweigte Ausstülpung ist wie bei *Botrydium* und *Bryopsis* oder eine bandförmige Platte wie bei *Marchantia* oder ein beblätterter Keimstengel wie bei der Bohne, ist nebensächlich. Wir erkennen überall das Organ gleicher Bestimmung und gleicher Fähigkeit. Ebenso finden wir physiologisch keinen Unterschied darin, daß die für das Substrat bestimmten Organe bei den Moosen nur haarförmige Rhizoiden, bei den höheren Pflanzen Wurzeln sind. Auf Grund dieser Überlegungen ist man dahin gekommen, die Organe gleicher Bedeutung (analoge Organe) auch gleich zu benennen, und wählte für alle nach oben wachsenden, meist Chlorophyll tragenden Organe die von Alex. Braun zuerst angewandte Bezeichnung Sproß, für das meist farblose, wasserführende Organ des Bodens das Wort Wurzel. Da alle Pflanzen in diesen ersten Schritten ihrer Entwicklung miteinander übereinstimmen, so war es nicht nur zweckmäßig, sondern notwendig, dies sprachlich klar zum Ausdruck zu bringen.

Durch diese Begriffsbildung wird die Organisation des ganzen Pflanzenreiches auf einmal einfach und übersichtlich. Bei der Entstehung jeder Pflanze aus ihrem Samen oder ihrer Keimzelle entwickelt sich zunächst nie etwas anderes als ein Sproß und eine Wurzel, und beide Teile erzeugen auch zunächst wieder bloß Wiederholungsprosse und Seitenwurzeln.

Bei den höheren Pflanzen ist der Grund, weshalb die Pflanzen trotz ihrer späteren auffallenden Verschiedenheit im Anfange dieser Entwicklung aus dem Samen so einfach und übereinstimmend organisiert sind, leicht zu erkennen. Er liegt darin, daß der Keim oder Embryo, welcher im Samen jeder höheren Pflanze verborgen ist, bei allen diesen Pflanzen den gleichen einfachen Bau und außer den beiden genannten Teilen gar keine anderen Organanlagen besitzt. Jeder Embryo besteht aus einem kurzen, die Keimblätter tragenden Sproßende und einer ebenso kurzen, aber deutlich unterscheidbaren Wurzel. Nur diese Teile können sich also bei der Keimung entwickeln, und die Übereinstimmung aller höheren Pflanzen im Zustande der Keimpflanze hat nichts Rätselhaftes mehr.

Diese Tatsachen, so einfach sie uns erscheinen, bilden doch eine wichtige Grundlage für das Verständnis des Aufbaues einer Pflanze. Wir wollen aber nach diesen theoretischen Aufklärungen nun auch die sichtbaren Entwicklungsformen selbst ins Auge fassen.

### 3. Die Ausbildung der ersten Organe der höheren Pflanzen bei der Keimung des Samens.

In jedem Samen liegt eine unvollkommen organisierte Pflanze, die man als Keim oder Embryo bezeichnet. Der Embryo, der im Samen ruht und unter Umständen 100 Jahre ruhen kann, besitzt zwar die Fähigkeit, sich zu einer Pflanze zu entwickeln, allein nur dann wird diese Fähigkeit zur Wirklichkeit, wenn gewisse äußere Bedingungen, eine bestimmte Temperatur und ein richtiges Maß von Feuchtigkeit auf den Samen einwirken können. Dann wächst aus dem unselbständigen Keim eine selbständige Pflanze heran. Bis zum Zeitpunkte dieser Selbständigkeit bezieht der Keim seine Nahrung aus einem Speicher, welcher im Samen angelegt ist, lebt von Stoffen, die noch von der Mutterpflanze herkommen, von einem Vorrat an Stärke und Fett, welcher, in besonderen Zellkammern abgelagert, dem von der Mutterpflanze