

# Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Elementarorganismus.

Von **E. Crato.**

Mit Tafel XII—XV.

Die practischen Arbeiten zu vorliegender Abhandlung sind in den Jahren 1891 bis 1893 in dem botanischen Institut der Universität Kiel ausgeführt worden. Aeusserer Umstände veranlassten, dass ich mich nach meinem Wegzuge von Kiel der ausführlichen Beschreibung der Beobachtungen nur zeitweilig widmen konnte. Infolgedessen konnte eine systematische Anordnung des Stoffes nicht streng durchgeführt werden; es sei deshalb gestattet die Einleitung mit den üblichen „Ergebnissen“ zu verschmelzen. Ich hoffe auf diese Weise Zweck und Ziel der Arbeit klarer zum Ausdruck bringen zu können.

Die hier am eingehendsten berücksichtigten Theile der Zelle sind das Lamellensystem und die Physoden. Diese beiden bei der Besprechung der Elementarorganismen noch ungewohnten Bezeichnungen sind Namen für ganz bestimmte Theile derjenigen Substanz, die von vielen als „Protoplasma“ bezeichnet wird, und zwar stellt das Lamellensystem denjenigen Theil dar, der als mechanische Grundlage, als Gerüstwerk des „Protoplasma“, also auch des ganzen Organismus, dient. Dieses Gerüstwerk besteht, wie schon der Name sagt, aus zarten Lamellen, welche nach Art eines Schaumes angeordnet sind. Das Ganze ist demnach auch vergleichbar mit einem Wabenbau, welche Bezeichnung theils von Bütschli selbst, theils bei Besprechung der Arbeiten dieses Forschers benutzt wird. Wenn ich nun bei gleicher Beurtheilung der diesbezüglichen Struktur dennoch einen anderen Namen wähle, so hat dies darin seinen Grund, dass ich nur die Lamellen, nicht aber die Kammerflüssigkeit für einen wichtigen, für einen der lebenden Bestandtheile des Elementarorganismus halte. Bei dieser Auffassung erscheint es wohl gerechtfertigt, dass ich die Lamellen, oder die Platinlamellen, worunter dasselbe verstanden wird, besonders in der Bezeichnung hervorhebe.

Unter Physoden verstehe ich bläschenartige Gebilde, die mit den Lamellen in innigster Beziehung stehen, gewissermassen die ausführenden Organe des Plastins, welches letzteres durch das Lamellensystem repräsentirt wird, darstellen. Der Inhalt dieser Bläschen besteht aus sehr reactionsfähigen, bereits individualisirten Substanzen, denen ein freies Bewegungsvermögen innerhalb

der Lamellen zukommt. Nicht nur als Transportorgane für plastische Baustoffe und als Speicherungsorte für individualisirte Substanz sind die Physoden anzusehen, sondern auch als wichtige, chemische Werkstätten und vornehmlich als Athmungsorgane der Zellen. Die Hülle der Physoden besteht aus Theilen der sie einschliessenden Lamelle. Zu den Physoden gehören der bei Weitem grösste Theil der als Mikrosomen resp. Körner des Protoplasma bezeichneten Gebilde.

Die Physoden, als auch die übrigen Zellorgane, wie Zellkern, Chromatophoren, stehen zu dem Platinlamellensystem in einem ähnlichen Verhältniss, wie (einem Schaume eingelagerte) Russpartikelchen zu den Lamellen eines makroskopischen Schaumes, d. h. sämtliche Zellorgane (Zellkern, Physoden und Chromatophoren) sind den Lamellen eines Schaum- oder Wabenwerkes, nicht aber den Maschen derselben eingelagert. Sämtliche Maschen, gleichviel von welcher Grösse, sind sammt ihrem Inhalte für das Leben der Zelle von untergeordneter Bedeutung. Sie sind aber zur Entfaltung des Plastines nöthig, wie die Luft zur Entfaltung eines Seifenschaumes.

Nach diesen Vorbemerkungen sei es zunächst gestattet, an die Arbeiten anderer Forscher anzuschliessen und in kurzen Zügen zu vergegenwärtigen, was unter „Protoplasma“ verstanden wird, resp. was hier darunter verstanden werden soll, und welche Strukturverhältnisse dieser Substanz beigemessen werden. Von einer ausführlichen Besprechung kann umsomehr Abstand genommen werden, da in den letzten Jahren von mehreren Autoritäten Uebersichten gegeben worden sind, so von Flemming in den „Ergebnissen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1891 und 1893/94;“ ferner eine Gesamtübersicht über die diesbezüglichen Forschungen von Bütschli in den „Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma, 1892“ schliesslich von Hertwig in „Die Zelle und die Gewebe, 1892“ und von A. Zimmermann in den „Sammelreferaten auf dem Gebiete der Zellenlehre, 1893.“

Ogleich der Begriff „Protoplasma“ genau seit einem halben Jahrhundert (1846) in die Wissenschaft eingeführt ist, ist seine Begrenzung zur Zeit keine einheitliche. Deswegen möchte ich, ohne auf die geschichtliche Entwicklung näher einzugehen, den augenblicklichen Stand dieser Frage hier skizziren. Am weitesten fasst den Begriff des „Protoplasma“ Strasburger, indem nach ihm das Protoplasma in vielen Zellen den gesammten Zellinhalt ausmacht. Nach Strasburgers Auffassung besteht das „Protoplasma“ aus 1) Zellkern, 2) Centrosphären, 3) Cytoplasma und 4) Chromatophoren. Weitere Einschlüsse, sofern sie vorhanden sind, werden unter der Bezeichnung „Metaplasma“ zusammengefasst. Das Cytoplasma, welches hier im Anschluss an Andere als Protoplasma bezeichnet sei (s. u.), besteht nach Strasburger aus einer hyalinen und zähflüssigen Grundsubstanz, dem Hyaloplasma. Dieses letztere zerfällt in eine dichtere, körnchenfreie Hautschicht und in ein, von letzterer eingeschlossenes, dünnflüssigeres, körnchenreiches Körnerplasma (nach Nägeli Polioplasma). Im Bezug auf die Strukturverhältnisse

steht demnach Strasburger auf einem ähnlichen Standpunkte, wie ihn Berthold in den „Studien über Protoplasmamechanik“ einnimmt.

Im Gegensatz zu Strasburger versteht Reinke in seinem Lehrbuche unter Protoplasma nur dasjenige Stoffgemenge, welches Strasburger mit Cytoplasma bezeichnet. Dementsprechend sind die wichtigsten Bestandtheile einer Pflanzenzelle nach Reinke 1) Protoplasma, 2) Zellkern, 3) Chromatophoren, 4) Saftraum etc. In diesem engeren Sinne fassen wohl zur Zeit die meisten Botaniker diesen Begriff auf. Leider ist mir die Originalliteratur der beteiligten Forscher nicht zur Hand, so dass ich mich hierin auf mein Gedächtniss verlassen muss.

Von medicinisch-zoologischer Seite wird ebenfalls das Wort „Protoplasma“ nur für einen begrenzten Theil des Zellinhaltes gebraucht. So unterscheidet Hertwig den Zellkern von „dem übrigen Theil der Zelle, dem Protoplasma.“ Das Protoplasma selbst theilt Hertwig (wohl in Anschluss an Pfeffer, de Vries etc.) ein in Hautschicht oder Hyaloplasma und in Körnerplasma. Hyaloplasma bedeutet hier also etwas anderes als bei Strasburger, welcher letzterer damit die Grundsubstanz des Cytoplasma, im Wesentlichen gleich dem Protoplasma Hertwig's abzüglich der körnig aussehenden Einschlüsse, bezeichnet. Wieder etwas Anderes verstehen Leidig und seine Anhänger unter Hyaloplasma, indem sie diejenige Substanz so nennen, die sich zwischen dem muthmasslichen, spongiösen Gerüstwerk befindet, und welches Hyaloplasma nach den genannten Forschern das eigentlich Lebendige darstellen soll.

Eine ähnliche Eintheilung wie Hertwig vertritt Flemming mit den Worten: „Den Körper der Zelle mit Ausschluss des Kernes (und wo sie vorkommt, der Membran) bezeichne ich hier, wie früher und gleich manchen Anderen als: Zellsubstanz oder Zellenleib.“

Es tritt hier für Protoplasma eine neue Bezeichnung auf. Hertwig bezeichnet dies weder als zweckdienlich noch als berechtigt. Hierüber kann man verschiedener Meinung sein. Für diejenigen, die sich sehr eingehend oder sehr wenig mit der Materie beschäftigen, könnte leicht, ohne grosse Missverständnisse hervorzurufen, der alte Name „Protoplasma“ beibehalten werden. Anders ist es allerdings für diejenigen, die sich in die Materie einarbeiten und sie verstehen lernen wollen. Aus eigener Erfahrung weiss ich, wie sich dem Studirenden immer neue Plasmaarten offenbaren — d. h. in der Litteratur. Nur mit Mühe findet man sich zurecht und muss allmählich die Beobachtung machen, dass die verschiedenen Forscher bald für dieselbe Substanz verschiedene Namen gebrauchen, bald mit ein und demselben Namen verschiedene Substanzen bezeichnen. So z. B. gebraucht v. Kupffer für das innerhalb des Cytoplasma-Strasburger aufgefundene Gerüstwerk den schon zweimal vergebenen Ausdruck: Protoplasma. Ausserdem nennt er dieselbe Substanz auch Cytoplasma. Flemming nennt die analogen Bestandtheile Filarmasse oder auch Mitom. Leidig gebraucht hierfür den Ausdruck Spongioplasma. Den Rest des Strasburger'schen Cytoplasma (also letzteres, abzüglich der vermeintlichen Fäden,) nennt

v. Kupffer Paraplasma, Flemming Interfilarmasse oder Paramitom, viele Botaniker Enchylema, einige zoologische Forscher Hyaloplasma. Wieder andere sprechen ihn als zellsaftähnliche Flüssigkeit an u. s. f.

Doch es sei hier auf diese Frage nicht weiter eingegangen, da, wie sich zeigen wird, nach der in dieser Abhandlung vertretenen Auffassung, auf beide Bezeichnungen Verzicht geleistet werden muss; denn ich hoffe den Nachweis erbringen zu können, dass die Substanz, die theils als Protoplasma, theils als Cytoplasma, theils als Zellsubstanz bezeichnet wird, aus mehreren heterogenen Dingen besteht, dass ferner die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Theile innerhalb der Zelle in einem so anderen, als bisher gedachten Verhältniss zu einander stehen, dass uns von ganz allein die umstrittenen Begriffe Protoplasma oder Zellsubstanz entschwinden. Immerhin sei hier in Bezug auf die oben erwähnte Namenänderung ein Theil der Flemming'schen Begründung wiedergegeben, zumal daraus hervorgeht, dass es Flemming weniger auf die Namen- als auf die Begriffsänderung ankommt. Er schreibt in der „Zelle“ 1894 p. 42: „Wenn man einerseits das Protoplasma eine Flüssigkeit oder Emulsion nennt, andererseits ein Gemenge, wieder andererseits eine Substanz mit complicirter Struktur; wenn die einen das Faden- oder Netz- oder Wabenwerk einer solchen Struktur als Protoplasma bezeichnen, die Anderen dagegen die Substanz so nennen, die zwischen den genannten Theilen eingeschlossen ist; während neue Benennungen hervortreten, die Portionen in dieser Substanz als Archoplasma, Kinoplasma unterscheiden; während die Körnchengebilde in der Zelle immer näher auf ihre unleugbar hohe biologische Bedeutung erforscht und von Manchen, gegenüber der sonstigen Substanz, für das Wesentlichste gehalten werden — lässt sich doch in der That schwer einsehen, welchen besonderen Nutzen ein Gesamtname für den ganzen Zellenleib, wie „Protoplasma“ heute noch haben kann. Es steht ja fast so, dass jeder, der ihn braucht, auch dabei sagen muss, was er damit meint, wenn er sicher und allgemein verstanden werden will“<sup>1)</sup>.

Sofern hier die Bezeichnung „Protoplasma“ noch gebraucht wird, wird das Protoplasma-Reinke, welches gleichbedeutend ist mit dem Cytoplasma-Strasburger, darunter verstanden; also diejenige, bei schwächerer Vergrößerung mehr oder weniger schleimig und gekörnt aussehende Substanz, die in den Zellen an Vegetationspunkten die Zelle, abgesehen vom Kerne, meist ganz erfüllt oder in älteren Zellen einen Wandbeleg bildet, ausser diesen letzteren aber noch häufig die Zelle in dickeren und dünneren Strängen durchsetzt. Dies trübe, schleimartig aussehende Gemenge scheint in den Zellen vieler höherer Pflanzen im wesentlichen Gegensatz zu dem klaren, meist farblosen Zellsaft zu stehen. Es wird sich zeigen, dass dies nur scheinbar der Fall ist, dass vielmehr in dem trüben Schleim tausende und aber-

<sup>1)</sup> Man vergl. hierzu den Aufsatz von Waldeyer in der „deutschen Medicin. Wochenschrift“ 1895, No. 45 u. ff.

tausende von kleinen Kämmerchen (Waben) sich befinden, die in physiologischer Hinsicht den grossen Zellsaftkämmerchen fast gleichwerthig zu setzen sind; dass dagegen die Wände, die zarten Lamellen, die die einzelnen Waben von einander trennen, für den Elementarorganismus von allergrösster Bedeutung sind, indem sie nicht nur der gesammten Zelle als Grundlage, den einzelnen Organen als Stütze dienen, sondern weil sie auch aus der wichtigsten Substanz aller Organisirten, aus dem lebensthätigen Plastin bestehen.

Zu beweisen, dass dem schleimigen Gemenge „Protoplasma“ eine lamellose Struktur zukommt, wird mit eine Hauptaufgabe dieser Abhandlung sein. Nicht minder wichtig ist es, den Nachweis zu erbringen, dass die so viel umstrittene „Protoplasmastruktur,“ (denn auf dieses, bereits einen ganz bestimmten Wissenszweig bildende Gebiet werden wir durch diese Untersuchungen mitgeführt,) dem Beobachter in vielen Fällen so klar und deutlich entgegentritt, dass sich ein im mikroskopischen Sehen Geübter ein völlig vorurtheilfreies Bild von dem Baue einer Zelle zu geben vermag. Schon viele Beobachter haben an solchen Objekten die „Protoplasmastruktur“ selbst beobachtet, aber sie haben die letztere verkannt, indem sie die zarten Plastinlamellen für Protoplasma- oder Cytoplasmalamellen hielten, nicht ahnend, dass das geheimnissvolle Räthsel, von dessen Lösung Manche die Erklärung der wunderbarsten Lebensphänomene erhofften, offenkundig vor ihnen lag, und irreführt durch dicke Schleim- oder Protoplasmalamellen höherer Pflanzen, deren dicke Lamellen jedoch secundärer Natur sind und denen erst noch ein feinerer Lamellenbau, eine schaumförmige Struktur zu Grunde liegt. Die Beobachtung der einzelnen Lebensphänomene in den Lamellen, und insbesondere die Beziehungen der Physoden zu den Lamellen wird uns, zumal bei reichlicher Benutzung des Mikrometers, scharf unterscheiden lehren zwischen Plastin- und zwischen Protoplasmalamellen.

Nachdem nunmehr festgestellt, was hier unter „Protoplasma“ verstanden wird, mögen die verschiedenen Ansichten, die über die feinere Struktur dieses Gemisches bestehen, ihren Hauptgruppen nach in Kürze besprochen werden, wobei ich mir wiederum gestatte, mit auf die ausführlichen Besprechungen in den oben genannten Werken zu verweisen. Insbesondere gilt dies für die rein theoretischen Erwägungen einzelner Forscher, welche hier übergangen werden dürfen, da wir uns nicht mit molecularen, sondern mit sichtbaren Strukturen befassen wollen.

Auch von einem Eingehen auf die Altmann'schen Arbeiten möchte ich Abstand nehmen. Es ist möglich, dass die von Altmann als „Granula“ bezeichneten Gebilde mit den Physoden in Beziehung stehen bezw. damit identisch sind. Es ist aber auch möglich, dass in den „Granulis“ theilweise Gerinnungsprodukte des Plastins vorliegen, welche letzteres z. B. bei Jodbehandlung bisweilen ein sehr feinkörniges Aussehen erhält. Betreffs der Granula selbst kann ich also ohne speziell darauf gerichtete, eingehende Arbeiten mir kein Urtheil erlauben. Sicher kann ich aber (in Uebereinstimmung mit Flemming) die

Granula nicht als Elementarorganismen auffassen, sondern ähnlich wie die Physoden nur als Organe eines Organismus, voraussichtlich von gleicher Bedeutung wie die Physoden.

Die älteste und zur Zeit besonders in botanischen Kreisen wieder zu Ehren gekommene Ansicht über die Protoplasmastruktur ist die, dass das Protoplasma eine mehr oder weniger zähflüssige Grundsubstanz besitzt, in welcher Körnchen, Vakuolen, lose Fibrillen etc. eingelagert sind, so dass das Gesamtgemenge eine Art Emulsion darstellt. Der wichtigste Punkt liegt meines Erachtens bei dieser Auffassung darin, dass im „Protoplasma“ eine strukturlose Grundsubstanz, welcher ein sichtbares Gerüstwerk völlig mangelt, angenommen wird und dass dieser Grundsubstanz spezifische Lebenskräfte innewohnen. Nach dieser Anschauung wird der höchste Prozentsatz des schleimigen Gemenges als lebendig angenommen. Morphologisch betrachtet würde darnach ein Stück „Protoplasmastrang“ einer Urticazelle auf dem Längsschnitt etwa wie Fig. 64, auf dem Querschnitt wie Fig. 64b aussehn. Obschon jeder Autor etwas variirt, schliessen sich im Allgemeinen folgende Forscher dieser Auffassung an: Berthold, Frank Schwarz und in neuerer Zeit Strasburger.

Eine andere Gruppe von Forschern, insbesondere zoologische, nimmt an, dass das „Protoplasma“, abzüglich der Körnchen, aus zwei verschiedenen Substanzen bestehe, von denen die eine ein schmiegsames Gerüstwerk, bestehend aus netzartig verbundenen Fädchen, die andere die zwischen den Fädchen befindliche Masse darstellt. (Vergl. Fig. 65.) Es wird des Oefteren versucht unter dieser Rubrik viele Forscher kategorisch zusammenzufassen. Ich halte dies für sehr gewagt und der Sache als solchen nicht dienlich, denn wer sich einmal mit dem Studium der Zelle befasst, darf unmöglich an rohen, äusseren Formen stehen bleiben, sondern das Endziel muss immer die Erkenntniss der lebendigen Substanz, des innigen Zusammenwirkens der einzelnen Theile und der Bedeutung derselben für den Organismus bleiben. Obwohl dieses Ziel gewiss den beteiligten Forschern vorschwebt, sind dennoch z. B. Frommann und Leydig unter derselben Rubrik angeführt, obgleich der eine lediglich das Gerüstwerk, der andere nur die Zwischensubstanz als das Lebende ansieht. Ich möchte diese Gruppe in drei verschiedene trennen und zwar

- 1) in diejenige, deren Vertreter nur das Gerüstwerk als lebendig ansehen,
- 2) in diejenige, deren Vertreter nur die Zwischensubstanz als lebende Substanz bezeichnen und
- 3) in diejenige, deren Vertreter sowohl dem Gerüstwerke als auch der Zwischensubstanz die Eigenschaften des Lebens zuerkennen.

Die Anhänger der Gruppe 1 nehmen an, dass die Zwischensubstanz aus einer wässerigen, dem Zellsaft ähnlichen, leblosen Flüssigkeit besteht. (Wenn ich nicht irre, thun dies u. a. Frommann und Schmitz.)

Die Vertreter der zweiten Gruppe vermögen nur in dieser Zwischensubstanz das Lebendige zu erkennen und sehen das nach ihrer Auffassung

vorhandene spongiöse Gerüstwerk (Spongioplasma) nur als Stützgerüstwerk für die lebendige, sich zwischen dem Gerüst hin und herbewegende Masse (Hyaloplasma) an (Schäfer, Leydig, Brass).

Zur dritten Gruppe, deren Vertreter sowohl dem Gerüstwerk als auch der Zwischensubstanz Lebenseigenschaften zuerkennen, gehören zur Zeit viele Botaniker und die meisten Zoologen, bezw. Mediciner. Es liegen allerdings wenig bestimmte Angaben vor, meist wird auch, soviel sich ersehen lässt, das Gerüstwerk als der wichtigere Theil angesehen, immerhin werden der als Paraplasma, Enchylema, Interfilarmasse, Paramitom etc. bezeichneten Zwischensubstanz plasmatische Eigenschaften beigelegt. In dem Grade dieser Beimessung werden wohl die einzelnen Forscher differiren. In bestimmter Weise äussert sich Waldeyer zu dieser Frage, indem er schreibt: „Mit unseren jetzigen Hilfsmitteln werden wir die Frage noch nicht entscheiden können, welchem der beiden Strukturelemente des Protoplasmas der Vorrang zukomme, wenn es sich um die Erklärung der biologischen Eigenschaften der Zelle handelt. Ich meinerseits zweifle nicht, dass auch der Interfilarmasse eine wichtige Rolle zufalle und dass letztere auch bei pathologischen Vorgängen wohl zu beachten sei, wie die namentlich von v. Recklinghausen studirten hyalinen Bildungen erweisen. . . . Jedenfalls sollte die Interfilarsubstanz bei weiteren Zellstudien eben solche Berücksichtigung finden, wie ihre augenfälligere Schwesterbildung, die Filarmasse!“

Unter diese Kategorie ist auch bedingungsweise die von Flemming vertretene Ansicht zu setzen. Obgleich dieser Autor sich selbst ausdrücklich hierzu bekennt, kann ich doch nur „bedingungsweise“ schreiben, denn ein der Zellsubstanz (Protoplasma) zu Grunde liegendes, festeres, in sich verbundenes Gerüstwerk, dessen Annahme doch das Wesentliche bei dieser Gruppe ist, vermag Flemming nur bedingungsweise, nicht aber voll und ganz anzuerkennen. Flemming verhält sich in dieser Beziehung noch abwartend, und deswegen kann auch von uns kein endgültiges Urtheil gefällt werden. Bemerkt sei nur, dass sobald in einer Zelle nur ein nicht fest verbundenes Gerüstwerk, sondern mehr oder weniger isolirte Fäden, wenn auch von verhältnissmässiger Grösse und einiger Verzweigung, angenommen werden, dieselben einer zusammenhängenden Grundmasse, der Interfilarmasse, eingelagert sein müssten. Dies würde sich aber direkt an die Auffassung von Berthold, Strasburger etc. anschliessen, welche auch lose Fäden von etwas festerer Consistenz in einer weichen Grundsubstanz (dem Hyaloplasma) nicht selten zu erkennen vermögen.

Die letzte hier zu besprechende Ansicht über die Struktur des „Protoplasma“ ist diejenige von Bütschli. Dieselbe gipfelt bekanntlich darin, dass nicht ein aus Fäden bestehendes Netzwerk die festere Substanz im „Protoplasma“ bildet, sondern dass die als Fädenwerk sichtbaren Gebilde der jeweilige Ausdruck eines Lamellensystemes sind; dass also nicht ein spongiöses, sondern ein lamellöses Gerüstwerk dem Protoplasma zu Grunde liegt. Vergl. Fig 65, insbesondere den Unterschied, den die Querschnittsbilder dieser Figur zeigen.

Diese den Thatsachen entsprechende Anschauung ist von Bütschli auf theoretischem Wege erschlossen worden. Sie wird zur Zeit fast von allen Forschern negirt. Bezüglich der Flemming'schen Ansicht möchte ich auf die citirte Abhandlung „die Zelle, 1894 p. 54 u. ff.“ verweisen. Hertwig, welchem Flemming im Wesentlichen beistimmt, äussert sich zu Bütschli's Theorie folgendermassen (l. p. 19): „Das Bild, welches andere Forscher als Faden- und Netzwerk mit kommunikirenden, die Flüssigkeit bergenden Maschenräumen beschreiben, deutet Bütschli als Waben und Schaumwerk mit allseitig abgeschlossenen Räumen; er bemerkt aber selbst zu dieser Deutung, dass bei der Kleinheit der in Frage stehenden Strukturen nach dem mikroskopischen Bilde allein eine feste Entscheidung darüber, ob Netz- oder Wabenstruktur vorliege, sich nicht treffen lasse, (p. 140), denn „in beiden Fällen müsste das mikroskopische Bild dasselbe sein.“

Soll nun bei der Deutung die Aehnlichkeit mit künstlich hergestellten Schäumen, durch welche sich schliesslich Bütschli in seinem Urtheil bestimmen lässt, den Ausschlag geben?“

Es ist von mir weiter unten mehrfach diese Frage berührt worden. Wenn uns die Natur, wie Bütschli noch annimmt, kein anderes Material lieferte, als Strukturen mit knapp 1  $\mu$  Wabendurchmesser, so würde hier allerdings ein auf unabsehbare Zeit strittiger Punkt bleiben. Zwei ihrem innersten Wesen nach grundverschiedene Ansichten würden neben einander bestehen bleiben müssen. Aber zum Glück giebt uns die Natur reichlich Mittel und Wege in die Hand, der Entscheidung dieser Frage erheblich näher zu treten.

Ob uns hier die von Bütschli ausgeführten Arbeiten über die Oelseifenschäume von einem gewissen Nutzen sind? Flemming äussert sich p. 54 hierüber folgendermassen: „Bütschli's Werk enthält in seinem Anfangstheil, in Anknüpfung an seine früheren Arbeiten, interessante Studien über das mikroskopisch-physikalische Verhalten von Oelseifenschäumen, die ich hier, wo es sich um Strukturverhältnisse der Zelle handelt, nicht zu berühren habe; denn das Verhalten derartiger todter und nichtorganisirter Substanzen könnte wohl für die Beurtheilung von Zellstrukturen erst in Betracht kommen, wenn durchgehende analoge Verhältnisse (also Schaum- oder Wabenstrukturen) bei den letzteren wirklich als allgemein bestehend nachgewiesen wären, was nach meinem Erachten durch Bütschli's Buch und Arbeiten keineswegs erreicht ist.“

Diesem Urtheil vermag ich mich nicht anzuschliessen. Wohl können die betreffenden Studien nicht ausschlaggebend für die direkte Beurtheilung der Protoplasmastrukturen sein. Bütschli hebt dies selbst im genügenden Maasse hervor. Dennoch waren diese Studien meines Erachtens unbedingt erforderlich. Sie werden jederzeit bei Beurtheilung von Protoplasmastrukturen eine wichtige Rolle spielen müssen, indem sie in meisterhafter Weise darlegen, wie unsere nicht ausreichenden Hilfsmittel zu ergänzen sind.

Wenn diese trefflichen Arbeiten an unzweifelhaften Schäumen, durch

welche bewiesen wird, dass sehr feine Schäume mit unseren besten optischen Instrumenten nur als Netzwerk scheinbarer Fäden, im längs-gestreckten Zustande nur als rein längsfibrilläre Gebilde zu erkennen sind, nicht von einer Autorität durchgearbeitet und sicher gestellt worden wären, würde dann nicht den Vertretern der Wabentheorie stets entgegengehalten werden: Wie kommt ihr dazu, einen lamellosen Aufbau anzunehmen, wo ihr doch selbst nur ein Fädenwerk seht?

Ohne Bütschli's Arbeiten würde die Antwort auf diese Frage wohl immer zu Gunsten der Fädentheorie ausfallen. Durch Bütschli's Arbeiten ist aber zur Evidenz erwiesen, dass ein als sehr feines Netzwerk erkennbares Bild, dessen Maschengrösse etwa  $1 \mu$  nicht überschreitet, eben sowohl der Ausdruck eines Fädenwerkes, als der eines Lamellenwerkes sein kann.

Wer also überhaupt ein so feinmaschiges Netzwerk zu erkennen vermag, wird ohne Weiteres zugeben müssen, dass es bei alleiniger Inbetrachtziehung dieses Befundes unmöglich ist, sich sicher für die eine oder die andere Anschauung zu entscheiden. Dadurch werden zunächst beide Theorien als völlig gleichberechtigt hingestellt, was als ein ausserordentlicher Fortschritt zu bezeichnen ist. Es kommt nunmehr lediglich darauf an, die eine oder die andere Auffassung durch weitere Beobachtungen zu stützen und wenn möglich durch eine Reihe von Gründen zu beweisen. Dies soll eines der Ziele der vorliegenden Abhandlung sein.

Aus derselben wird hervorgehen, dass eine Reihe anderer Gründe uns veranlassen werden, der Bütschli'schen Auffassung im Wesentlichen beizutreten und durchwegs eine lamellöse Struktur im pflanzlichen Protoplasma anzunehmen. Zunächst ist es die Thatsache, dass nicht sämtliche Protoplasmen so feinschaumig sind, wie Bütschli annimmt, sondern dass des Oeffteren erheblich grosswabigere Strukturen vorkommen. Die grosswabigen und kleinwabigen Strukturen sind durch zahlreiche, nirgends eine Lücke lassende Uebergänge mit einander verbunden. Wie des Weiteren unter „Phanerogamen“ ausgeführt worden ist, finden sich z. B. folgende Uebergänge in Bezug auf den Cubikinhalte der Waben: 27000; 7820; 5830; 2460; 857; 340; 216; 91; 64; 50; 27; 8; 3,4;  $1 \text{ cb } \mu$ . Mit Leichtigkeit liessen sich hier noch viele, vielleicht sämtliche Grössen zwischenschalten. Die Struktur der Schäume mit 27000 bis herunter zu incl.  $8 \mu$  ist nun ohne Weiteres durch direkte Beobachtung (Erkennung der einzelnen Lamellen) als wabenförmige bezw. lamellöse Struktur erkennbar. Die beiden letzten Grössen sind theils zweifelhaft, theils scheinbar fibrillär gebaut. Beide bieten jedoch bei der einzelnen Einstellung genau dasselbe Bild, wie die deutlich erkennbaren Schäume. Man vergl. hierzu die gesammten Figuren. Dass die als Linien sichtbaren Lamellen überall gleichwerthig sind, geht aus dem specifischen Verhältniss, in welchem ihre Inhaltkörper, die Physoden etc., zu ihnen stehen, hervor. Dieselben treiben die nirgends dicker als  $\frac{1}{3} \mu$  erscheinenden Linien stets torulös auf. Die Physoden gleiten in den Lamellen der deutlich erkennbaren Schäume in genau derselben Weise umher, wie in den

als spongiöses Gerüstwerk erscheinenden Lamellensystemen feinwabiger Protoplasmen. In beiden Fällen treten die Physoden aus den sichtbaren Lamellen in solche, die zur Sehachse senkrecht stehen und infolgedessen nicht gesehen werden können; es sieht dann aus, als ob die Physoden aus den Fäden in den Wabenraum treten könnten.

Bezüglich der ausführlicheren Begründung der Wabenstruktur sei auf die folgende Arbeit verwiesen und hier nur noch das bei Phanerogamen gegebene Résumé angeführt, in welchem nach Feststellung der vielfachen Grössenübergänge und der sonstigen, gleichartigen Erscheinungen der Schluss gezogen wird, dass für alle pflanzlichen Elementarorganismen, in denen bei der einzelnen Einstellung ein Netzwerk zarter, stärker lichtbrechender Linien zu erkennen ist, dessen Grössenverhältnisse jedoch aus den oben angedeuteten Gründen eine Entscheidung über die eigentliche Struktur nicht zulassen, stets dann eine lamellöse Struktur anzunehmen ist, wenn 1) die Physoden in dem spezifischen Verhältniss zu den Linien stehen, also wenn sie sämtlich die Linien mehr oder weniger auftreiben, 2) wenn die Linien eine Stärke von  $0,3 \mu$  nicht überschreiten und 3) wenn die Physoden bei ihren Bewegungen scheinbar weder an die Maschen, noch an die Linien gebunden sind. Im letzteren Punkte liegt zugleich die wesentliche Bedingung, dass alle Erscheinungen an lebendem Materiale erkannt werden müssen; ausserdem wird eine gewisse Verfolgung der inneren Lebenserscheinungen der Zelle hierdurch bedingt.

Da nun von allen Zellen, die ich einer längeren und gründlicheren Untersuchung unterworfen habe, nur eine Art, nämlich die der Spirogyraarten, nicht mit genügender Deutlichkeit den lamellösen Aufbau des „Protoplasma“ erkennen liessen, so glaube ich berechtigt zu sein, allen pflanzlichen Elementarorganismen die erwähnte Struktur beimessen zu können. Dass nicht alle Pflanzen die diesbezüglichen Verhältnisse mit gleicher Leichtigkeit und Schärfe erkennen lassen, hat seinen Grund theils in den Grössenverhältnissen, vornehmlich aber in der mitunter sehr schwachen Lichtbrechungs-differenz der einzelnen Theile. Von vornherein habe ich mir zum Princip gemacht, nur mit lebendem, ungefärbtem Materiale zu arbeiten, infolgedessen ich des ebenso berechtigten als beliebten Einwandes, Fixirungsgebilde gesehen zu haben, enthoben bin, dafür aber auch eine lange Beobachtungszeit und vor Allem ein sehr gutes Instrument in die Waagschaale werfen musste. Nicht unerwähnt möchte ich lassen, dass ich am liebsten mit einer homog. Immers  $\frac{1}{20}$  von Winkel-Göttingen und einem mittelgrossen, möglichst einfachen Stative desselben Optikers arbeitete. Nicht selten nahm ich die starken Okulare von Zeiss zu Hilfe.

Wie erwähnt bin ich betreffs des „Protoplasma“ im Wesentlichen zu der Ansicht Bütschli's gelangt. Anderes Material, wie insbesondere die Verfolgung bestimmter Einschlusskörper, der Physoden, ferner der fortschreitenden Entwicklung der einzelnen Maschenräume, der Zellwandbildung etc. etc., haben jedoch in mir die Ueberzeugung erweckt, dass der Elementarorganismus

nicht in „Protoplasma“, Zellkern, Chromatophoren und Zellsaft, einzutheilen ist. Durch die diesbezüglichen Forschungen wird vielmehr das „Protoplasma“ in mehrere wesentlich von einander verschiedene Theile zerlegt und zwar 1) in das Lamellensystem, 2) in die den Lamellen eingelagerten Physoden, und 3) in die in den Kammern des Systemes enthaltene Flüssigkeit. Die letzteren, von wässriger Flüssigkeit erfüllten Kammern, deren Inhalt von Bütschli, in Anlehnung an andere Forscher „Enchylema“ genannt wird (wodurch indirekt angezeigt wird, dass Bütschli das Gemisch von Enchylema und Lamellensystem noch als eine engere physiologische Einheit, als „Protoplasma“, zu betrachten geneigt ist), zeigen bei weiterer Verfolgung, dass die Kammerflüssigkeit in direkten Gegensatz zur Lamellensubstanz und im Wesentlichen gleichwerthig mit dem Zellsaft zu setzen ist. Es sind in erster Linie nur die Grössenverhältnisse, durch welche sich die kleinen Kammern des „Protoplasma“ von den grösseren Zellsaftkammern unterscheiden. Der Inhalt ist bei Beiden eine klare, wässrige Flüssigkeit. Die verschiedene Grössenentwicklung erfolgt aus Zweckmässigkeitsgründen. Dass dieselbe an und für sich nicht unbedingt nöthig ist, geht daraus hervor, dass es viele Pflanzen giebt, in denen sämtliche Kämmerchen gleichgross ausgebildet werden, wie z. B. bei vielen Algen. Da dort die Kämmerchen von ziemlicher Grösse sind, hat man sie einfach als Zellsaftkammern angesprochen. Bezüglich des Enchylema war man nicht in besonderer Verlegenheit, da man die einzeln verfolgbaren Plastinlamellen für Protoplasmalamellen hielt. Beim specielleren Studium verschwindet jedoch das Enchylema von selbst, resp. es zeigt sich, dass es bei den erwähnten Algen in morphologischer und physiologischer Beziehung mit der Flüssigkeit in den Zellsaftkammern identisch ist.

Aehnlich wie bei diesen Algen verhält es sich in den Vegetationszellen vieler höherer Pflanzen, nur dass man hier infolge der viel kleineren Dimensionen den Kammerinhalt als Enchylema bezeichnen könnte, da hier, abgesehen vom Zellkern und Chromatophoren, die ganze Substanz „Protoplasma“ genannt wird. Bei weiterer Verfolgung zeigt sich jedoch, dass einige oder eine dieser kleinen Kammern durch einfache Flüssigkeitsaufnahme zu einer grösseren Kammer, dem Zellsafttraum, heranwachsen.

Es stehen sich demnach zunächst zwei wesentlich verschiedene Bestandtheile innerhalb der Zelle gegenüber:

1) ein System zarter, schaumförmig angeordneter Lamellen, das Plastinlamellensystem, und

2) die in den grösseren oder kleineren Kammern (Waben) dieses Systemes befindliche wässrige Flüssigkeit, die Kammerflüssigkeit, unter welchen Begriff sowohl der Zellsaft, als auch die von Bütschli als Enchylema bezeichnete Flüssigkeit zu rechnen sind. Die Kammerflüssigkeit ist in erster Linie als Füllflüssigkeit anzusehen; für die Lebensthätigkeit der Pflanze ist sie nur von sehr untergeordneter Bedeutung.

Das Plastinlamellensystem dagegen ist der wesentlichste Theil der Zelle. Ihm kommen die vitalen Eigenschaften zu, die man bisher dem „Protoplasma“

zuschrieb. Es wird sich zeigen, dass dies Plastinsystem gewissermassen die Seele der ganzen Zelle repräsentirt. In ihm, d. h. in seinen Lamellen scheidet sich der Zellwandstoff aus. Die Zellwände stehen deshalb, im Durchschnitt so lange wie die Zelle resp. das Gewebe lebt, unter direkter Leitung von lebenskräftigem Plastin. Die Zellwand kann nur so lange wachsen und Umbildungen (abgesehen von Zersetzungen) erleiden, so lange lebendes Plastin in ihr enthalten ist. So tritt uns das Plastinlamellensystem als der Formbildner des ganzen Zellwandcomplexes, der ganzen äusseren Pflanze entgegen. Es bildet die Grundlage und das ursprünglichste mechanische System des ganzen Organismus.

Dieselbe Funktion besitzt es auch in der Zelle selbst. Es wird sich zeigen, dass die wichtigen Zellorgane, wie der Zellkern, die Physoden und die Chromatophoren den Lamellen, durchaus nicht den Maschenräumen eingelagert sind, also etwa wie Russpartikelchen den Lamellen eines Seifenschaumes. Die einzelnen Organe hängen in den zarten Plastinlamellen und können sich darin verschieben; es dient demnach das Lamellensystem allen anderen Organen als Stütze, dem gesammten Elementarorganismus als mechanisches System. Während nun die Physoden mit dem Plastinsysteme aufs engste verknüpft sind, bilden die Kerne und Chromatophoren selbst kleine, kunstvoll zusammengesetzte Apparate. Sie sind zwar den Plastinlamellen ebenfalls eingelagert und mithin auf dieselben angewiesen, stehen denselben jedoch als ziemlich selbständige Organe gegenüber.

Es ist demnach in Bezug auf den morphologischen Aufbau des Elementarorganismus folgende Fassung anzunehmen:

Der Zelle zu Grunde liegt ein System zarter Lamellen, welche schaumförmig angeordnet sind (Plastin-Lamellensystem, Gerüstsubstanz, mechanisches System). Die von den verschiedenen Lamellen gebildeten Kammern, welche in den einzelnen Zellen theils von gleicher, theils von verschiedener Grösse sind, enthalten eine klare, wässrige Flüssigkeit (Kammerflüssigkeit, unter welchem Begriff sowohl Zellsaft, als Enchylema-Bütschli fallen).

Den Lamellen eingelagert und mit ihnen auf das Engste verbunden sind bläschenartige, die Lamellen stets torulös auftreibende Gebilde, die Physoden. Der Inhalt derselben besteht aus individualisirter, in den Lamellen frei beweglicher Substanz. Die Umhüllung dieser letzteren ist keine constante, sondern eine wechselnde; stets besteht dieselbe jedoch aus der Substanz der Plastinlamellen. Der Wechsel in der Umhüllung besteht lediglich deshalb, weil sich der an und für sich unbehütete individualisirte Physodestoff in der Lamelle selbst verschiebt. In ähnlicher Weise wie die Physoden sind Kern und Chromatophoren den Plastinlamellen eingelagert. Diese Organe sind ebenfalls an und für sich unbehütet, doch sind sie in analoger Weise wie die Physoden stets von Lamellensubstanz straff umspannt. Auch hier wechselt infolge von langsamer Verschiebung dieser Organe in den Lamellen die jeweilige Umhüllung.

Im Gegensatz zu der Physodensubstanz, welche keinen bestimmten

organisirten Bau mehr besitzt (denn öfters vorkommende Ausscheidungen in derselben kann ich nicht als organisirten Bau bezeichnen), sind der Kern und die Chromatophoren in sich völlig abgeschlossene, selbst wieder kunstvoll gebaute Organe der Zelle. Ein Verschmelzen und Aufgehen dieser beiden Organe in die Plastinlamellensubstanz kommt nicht vor, dagegen ist dies oft der Fall bei der Physodensubstanz. Die Physoden sind eben ausführende Organe des Plastins, und wir können die Zelle demnach in folgende Haupttheile zerlegen:

- 1) Plastinlamellensystem mit Physoden und Differenzirungen (s. später),
- 2) Kern } den Lamellen eingelagerte, in sich selbst abge-
- 3) Chromatophoren } schlossene Organe,
- 4) Kammerflüssigkeit.

Bezüglich der Centrosomen möchte ich mir, da ich nur an lebenden und ungefärbten Materiale Studien angestellt habe, kein Urtheil erlauben.

Zu der Frage: ob und welchem der oben angeführten Zellbestandtheile eine besondere Wichtigkeit, gewissermassen primäre Lebenseigenschaften zuzuschreiben sind, wird man sich betreffs der Hauptorgane im grossen Ganzen verneinend zu verhalten haben. Dass die Chromatophoren überhaupt fehlen können, also für das Leben der Zelle nicht von derjenigen Wichtigkeit, wie Kern und Plastinsystem sein können, ist ja hinlänglich bekannt. Auf die in Bezug auf Lebenserscheinungen untergeordnete Bedeutung der Kammerflüssigkeit wurde bereits hingewiesen. Es bleiben demnach nur noch der Kern, das Plastinsystem und die Physoden, welche mit einander in Concurrenz treten könnten.

Wie nach der ganzen Lage der Dinge zu erwarten ist, kommen nun weder dem Lamellensysteme, noch dem Kerne, noch den übrigen vorhandenen Organen vitale Eigenschaften im besonderen Maasse zu, sondern es ist ein Organ, wie schon die morphologischen Beziehungen zeigen, auf das andere angewiesen. Es ist weder das Lamellensystem allein, noch der Kern, noch ein anderes Organ allein im Stande, längere Zeit die specifischen Lebenserscheinungen, insbesondere Fortpflanzung, hervorzubringen.

Auf experimentellem Wege ist die Thatsache bereits vor mehreren Jahren von Verworn nachgewiesen. Verworn äussert sich (nach einer Angabe von Flemming) folgendermassen: Der Kern ist nicht als automatisches, regulatorisches und physiologisches Centrum der Zelle anzusehen; seine physiologische Bedeutung liegt allein in seinen Stoffwechselbeziehungen zum übrigen Zellkörper, und durch diese besitzt er einen Einfluss auf die Funktionen des letzteren.

Verworn wendet sich hierbei namentlich auch gegen die mehrfach vertretene Ansicht, dass der Kern allein der Träger der Vererbungsstoffe sei. Nach seinen Versuchen ist weder Protoplasma ohne Kern, noch Kern ohne Protoplasma lebensfähig, beide sind Träger der Vererbungssubstanzen, was sich vererbe sei die für jeden Organismus eigenthümliche Art des Stoffwechsels.

Dass der Stoffwechsel allein nicht das Ausschlaggebende ist und wohl gewiss nach Verworn auch nicht sein soll, liegt klar zu Tage. Der Stoffwechsel ist sicher ein sehr wichtiger Vererbungsgegenstand. Für viel wichtiger halte ich allerdings, wie aus dem letzten Kapitel hervorgehen wird, die Vererbung des Willens, welchem Alles untergeordnet ist. Zur Zeit für uns fassbarer, als der Stoffwechsel und jene geistigen Eigenschaften ist die Vererbung der spezifischen Anordnung der einzelnen Theile, der Strukturverhältnisse. So zeigt das Platin bei den verschiedenen Pflanzengruppen ganz auffallende Unterschiede, worauf in der vorliegenden Abhandlung hingewiesen ist.

Bezüglich besonderer Wichtigkeit eines einzelnen Organes lässt sich zur Zeit eben nichts Bestimmtes aussagen. Unsere chemischen Kenntnisse der einzelnen Organe selbst, als auch ihrer Leistungen sind zur Beantwortung dieser Fragen doch zu mangelhaft, und morphologisch betrachtet sehen die Dinge überall anders aus.

Sollte sich z. B. betreffs der sichtbaren Erscheinungen ein Laie darüber äussern, wem in einer in normalem vegetativem Zustande befindlichen Zelle von *Chaetopteris* oder *Ectocarpus*, in welcher sowohl das Platinlamellensystem, als auch der Kern, die Physoden und die Chromatophoren vollkommen klar und deutlich zu sehen sind, die hauptsächlichsten Lebenseigenschaften zukämen, so würde er nach einigen Stunden Beobachtung sich gewiss dahin äussern, dass die Physoden in erster Linie den Eindruck des frei Beweglichen hervorrufen, und als das eigentlich Lebende in der Zelle anzusehen sind, denn diese kriechen ähnlich wie Amöben unter Formveränderungen in dem ruhenden Lamellensysteme umher. Frügen wir ihn, wer nächst den Physoden die meisten Lebens- resp. Bewegungserscheinungen zeige, so könnte er bei günstigem Materiale leicht antworten: Die Chromatophoren. Das Lamellensystem würde erst an dritter Stelle kommen. Am Zellkern sind hier, wie auch in den nicht gerade in Zelltheilung befindlichen Zellen höherer Pflanzen so gut wie keine Bewegungserscheinungen zu bemerken.

Wird dem Unparteiischen dagegen die Zelle eines Staubfadenhaares von *Tradescantia*, oder ein Brennhaar von *Urtica* oder schliesslich ein Zellstück von *Bryopsis* vorgelegt, so würde er sein Urtheil dahin zusammenfassen, dass die Hauptbewegung dem Lamellensysteme zukomme, und dass sich neben diesem noch die Physoden durch ein von der Lamellensubstanz unabhängiges, lebhaftes Hin- und Herbewegen (in den Lamellen) auszeichnen, während die Chromatophoren und Zellkerne eigene Bewegung so gut wie nicht zeigen.

Schliesslich um eine vollständig gesunde *Cladophorazelle* befragt, würde ein Laie leicht zur Antwort geben, dass Bewegungserscheinungen innerhalb dieser Zellen überhaupt kaum wahrzunehmen sind.

Ebensowenig Anhaltspunkte betreffs der Wichtigkeit, wie die Bewegungserscheinungen, giebt die Verbreitung der einzelnen Organe, da wir wohl fast in allen pflanzlichen Zellen neben dem Lamellensysteme Kerne, Physoden

und Chromatophören vorfinden. Wenn schon in einzelnen Zellenarten dieses oder jenes Organ in scheinbar rudimentärem Zustande vorhanden ist, wer möchte ihm deshalb seine Wichtigkeit absprechen? Kann nicht z. B. der Leucoplast eines Embryosackes eine ganz bedeutende Arbeit zu leisten haben, ohne welche an ein Weiterleben der Zelle nicht zu denken ist? — Die Quantität steht mit der Leistungsfähigkeit hier selten in einem proportionalen Verhältniss. Alles das, was wir in vielen Zellen in verhältnissmässigen Ummengen sehen, z. B. Zellwand, Stärke etc. ist für das Leben des Elementarorganismus an und für sich ganz ohne Belang. Das eigentlich Lebendige ist aber oft in diesen Zellen nur mit Mühe zu finden. Wie sehr das relative Mengenverhältniss der einzelnen Zellorgane in den einzelnen Lebensphasen der Zelle wechselt, wird des Näheren an *Giraudia* (s. d.) gezeigt werden.

In dieser Abhandlung möge deshalb das Lamellensystem sammt den ihm eingelagerten Organen als gegeben hingenommen werden, und jedes einzelne Organ möge in Bezug auf den Lebensprozess gleich viel Sitz und Stimme haben, so dass wir den Organismus eben nur als Organismus, als Gesamtheit, als zielbewusste Zusammenwirkung der einzelnen Organe miteinander betrachten. Kein Organ steht über dem anderen, aber alle stehen unter einer einheitlichen Leitung, unter dem uns in seinem Wesen unergründlichen Willen.

### Fucus.

Bei den *Fucus*-Arten sind abgesehen von den Uebergängen in vegetativer Hinsicht zwei Arten von Zellen zu unterscheiden, die Zellen der Hyphen und die des Parenchyms.

Die parenchymatischen Zellen (vergl. Fig. 6 und 7) zeichnen sich durch einen sehr einfachen Aufbau des Zellorganismus aus. Man erblickt in der Regel, bei hoher Einstellung, zunächst einige annähernd gleichmässig vertheilte Chromatophoren. Ausser diesen fallen dem Beobachter sofort stark lichtbrechende, tröpfchenartige Gebilde von verschiedener Grösse (Physoden) in die Augen. Diese Tröpfchen zeigen bei längerer Beobachtung schwach amöboide Formveränderung. Sie bleiben auch nicht alle, wie meist die Chromatophoren, ruhig an einer Stelle liegen, sondern ein Theil der Physoden gleitet anscheinend willkürlich umher.

Ausser den Chromatophoren und Physoden sind zunächst eine Anzahl stark lichtbrechende, zarte, meist gerade oder nur schwach gebogene Fäden sichtbar. Dieselben sind zu einem mehr oder weniger regelmässigen, aus Fünf- und Sechs-Ecken bestehendem Netzwerk angeordnet. Oftmals ist nur eines dieser Polyeder zu sehen. Die anderen (scheinbaren) Fädchen deuten aber durch ihre Richtungen etc. die Anwesenheit von weiteren Polyedern an, welche letztere infolge der kugelförmigen Gestalt der Zelle nur theilweise sichtbar sind. Würde man also eine derartige Zelle herausnehmen und von allen Seiten betrachten können, so würde sich zeigen, dass die ganze Hülle durch ein Netzwerk stark lichtbrechender Linien in Polyeder eingetheilt

erscheint. Es stossen je drei solcher Linien scharf auf einander, und es ist an den Knotenpunkten keinerlei Verdickung zu bemerken; es sei denn, dass zufällig ein Chromatophor oder eine Physode sich in einem Knotenpunkte befindet. Diese Linien sind ungefähr  $\frac{1}{10} \mu$  breit. Sie stellen, wie sich gleich zeigen wird, nichts Anderes dar, als die Kanten von äusserst zarten Lamellen, welche nach dem Zellinnern zu verlaufen. Die Maschen des Netz- oder Schamwerkes sind verschieden gross.

Ausser diesen regelmässig angeordneten, stark lichtbrechenden Linien sind bei hoher Einstellung, an günstigem Material auch noch andere stark lichtbrechende, unregelmässig angeordnete Fädchen sichtbar. Diese treten jedoch nur sporadisch auf. Sie krümmen sich meist lebhaft hin und her, verzweigen sich bisweilen aderig und können stellenweise sogar den Eindruck eines unregelmässigen Netzwerkes hervorrufen, so dass man anfangs geneigt ist, das so viel umstrittene Protoplasmanetzwerk, wenn auch nur in einem Theil der Zelle, aufgefunden zu haben. Die erwähnten Fädchen sind nicht gleichmässig dick, und bei genauerer Untersuchung zeigt sich, dass es fadenförmige Differenzirungen innerhalb der sehr zarten wandständigen Lamelle sind (vergl. unten). Diese fadenförmigen Differenzirungen können sich zu kleinen Kügelchen, vielleicht Physodenanfängen, zusammenziehen, oder sie können auch wieder verschwinden. Nicht selten bleiben sie längere Zeit als sich hin- und herkrümmende Fädchen erhalten. Sie sind nicht an eine Masche des zuerst erwähnten, von den scharfbegrenzten Linien gebildeten Netzwerkes gebunden, sondern sie erstrecken sich häufig über mehrere solcher Maschen und können auch von einer Masche in die andere hingeleiten. Besonders in Zellen mit kleinmaschigerem Bau ist dies häufig zu beobachten.

Ich halte diese sporadisch und nur bei günstigem Material auftretenden Differenzirungen nicht für constante Bestandtheile der wandständigen Lamellen, sondern für auftretende und meist nach kurzer Zeit wieder verschwindende Stoffwechselprodukte innerhalb der Lamellen. Die Begründung dieser Ansicht möge weiter unten im Zusammenhange erörtert werden.

Dies sind die hauptsächlichsten Erscheinungen an der Peripherie des Zelleibes.

Stellt man nun mit Hilfe der Mikrometerschraube etwas tiefer ein, s. Fig. 8, so verschwinden zunächst die Chromatophoren, Physoden und die fadenförmigen Differenzirungen.

Die stark lichtbrechenden Linien des regelmässigen Netzwerkes, d. h. die Begrenzungslinien der Polyeder lassen sich dagegen weiter nach dem Zellinnern verfolgen. Deshalb sei zunächst auf diese Linien, abgesehen von etwaigen Einschlüssen in denselben, näher eingegangen.

Durch Vor- und Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube ist leicht zu constatiren, dass diese bei der einzelnen Einstellung als Fäden erscheinenden Linien nichts anderes sind als der jeweilige Durchschnitt zarter Lamellen. Es erstrecken sich mithin zarte Lamellen von der Peripherie nach dem Zellinneren.

Beim weiteren Hinabdrehen des Tubus treten bald andere Lamellen auf, was an der geänderten Richtung des verfolgten scheinbaren Fadens sofort zu erkennen ist. Hierbei ist zu sehen, dass die verschiedenen Lamellen bald mehr zusammenlaufen, bald weiter auseinandergehen.

Bei Einstellung auf den optischen Durchschnitt der Zelle zeigt sich, dass die Lamellen, welche an die Zellwand oder vielmehr an die Lamelle, die der Zellwand anliegt, stossen, meistens senkrecht zur letzteren stehen (v. Fig. 9).

Es entspricht dies der Alveolarschicht Bütschli's, welcher diese Verhältnisse an erheblich kleinmaschigeren Lamellensystemen fand.

Bei noch tieferer Einstellung sind die einzelnen Lamellen der unteren Zellhälfte deutlich sichtbar.

In Folge der Zartheit und Durchsichtigkeit der Lamellen ist derjenige Theil derselben, welcher zur Sehachse ungefähr senkrecht steht, nicht sichtbar, wie dies ja auch z. B. bei einem Seifenschaum der Fall ist. Von ihrer Anwesenheit kann man sich jedoch leicht überzeugen, wenn man Schnitte in den verschiedensten Richtungen durch das Parenchym ausführt. Bei der Beobachtung derselben wird man überall die oben beschriebenen Verhältnisse finden.

Es ergibt sich mithin ohne Zweifel, dass eine Parenchymzelle von *Fucus* von einer Anzahl Lamellen durchsetzt wird und dass diese genau in derselben Weise angeordnet sind, wie die Lamellen eines makroskopischen Schaumes, z. B. eines Seifenschaumes.

Dass auch der Zellwand nur ebensolch zarte Lamellen anliegen, welche den Elementarorganismus gewissermassen nach aussen abschliessen, ist mit Hilfe von Wasser entziehenden Mitteln leicht zu constatiren. Lässt man z. B. Zuckerköschung oder Glycerin einwirken, so hebt sich die wandständige Lamelle von der Zellwand ab und es zeigt sich, dass sie in allen Dingen vollständig den im Inneren der Zellen befindlichen Lamellen entspricht. (Vergl. Fig. 18 u. 19.) Demnach liegt der Zelle ein vollständiges Lamellensystem zu Grunde. Durch die verschiedenen Lamellen wird die Zelle in eine grössere oder geringere Anzahl von Kammern getheilt.

Die einzelnen Lamellen, gleichgültig ob innere oder wandständige, sind vollkommen farblos und durchsichtig. Sie besitzen eine ausserordentliche Zartheit, da sie kaum  $\frac{1}{10}$   $\mu$  Durchmesser haben. Zumal bei *Fucus serratus* fand ich, ähnlich wie bei *Ascophyllum*, fast unmessbar feine Lamellen, von etwa  $\frac{1}{15}$   $\mu$ . Bei sehr starker Vergrösserung (hom. Im.  $\frac{1}{20}$ ), wobei das Ocularmikrometermass sofort die  $\mu$  anzeigte, waren die Lamellen noch erheblich zarter, als die die einzelnen  $\mu$  abtheilenden Striche.

An eine weitere Differenzirung der Lamellen, zum wenigsten der Breite nach, ist ernstlich nicht zu denken. Es wird sich später zeigen, dass bei den verschiedenen Pflanzen sowohl die Lamellen als auch die Maschenräume ungleich dick, bezw. gross sind. Weiter wird sich zeigen, dass überall dieselben

Verhältnisse, dieselbe Anordnung der einzelnen Theile dem Elementarorganismus zu Grunde liegt; jedoch Lamellen von der erwähnten Zartheit werden wir nur noch bei wenigen Pflanzen begegnen. Ueberall, wo weitere Strukturverhältnisse in dem sog. „Protoplasma“ erkennbar sind, erscheinen die betreffenden Formelemente fleischiger und dicker.

An dieser Stelle sei im Voraus noch erwähnt, dass die hier besprochenen Lamellen durchaus nicht dem „Protoplasma“ höherer Organismen entsprechen, sondern dass sie nur ein Theil dieses Kollektivbegriffes sind, und zwar derjenige Theil des Protoplasma, der von einigen Autoren überhaupt nicht anerkannt, von anderen als fibrillär bezeichnet und schliesslich von Bütschli und mir als ein dem Protoplasma zu Grunde liegendes Lamellensystem erkannt worden ist. Dass man in vorliegendem Falle sich ohne Weiteres und zweifellos von dem Lamellensysteme resp. der Wabenstruktur überzeugen kann, hat darin seinen Grund, dass hier im Verhältniss zu den höheren Pflanzen ausserordentlich grosse Waben vorliegen. Bei den höheren Pflanzen messen die Waben sowohl nach Bütschli's, als nach meinen Befunden c.  $\frac{1}{2}$  bis  $1 \mu$ , hier jedoch bis  $10 \mu$  im Durchmesser. Es werden uns des Weiteren Fälle begegnen, wo sie noch erheblich grösser sind. Kleinere Waben als mit  $\frac{1}{2} \mu$  Durchmesser konnten aber bisher noch nicht gefunden werden.

Die Lamellen der Parenchymzellen von *Fucus* bestehen aus einer festen, jedoch plastisch weichen Masse, dem Plastrin (s. später).

An den Berührungslinien, bezw. Kanten der verschiedenen Lamellen sind, wie bereits erwähnt, Verdickungen nicht zu bemerken. Es sei auch nochmals darauf hingewiesen, dass sich die wandständigen Lamellen durch Nichts von den im Zellinneren befindlichen unterscheiden.

Wie nun oben gezeigt wurde, befinden sich in der wandständigen Lamelle Chromatophoren, Physoden und fadenförmige Differenzirungen. Die wandständige Lamelle selbst ist, den obigen Ausführungen zufolge, nicht sichtbar, jedoch durch Drehen der Zelle, durch Contraktionsmittel etc. leicht nachweisbar.

Die erwähnten Gebilde sind auch in den im Inneren der Zelle befindlichen Lamellen vorhanden; nur sind in normalen vegetativen Zellen die Chromatophoren vereinzelt im Zellinneren anzutreffen, die Physoden dagegen zum grossen Theil dicht an den Kern gelagert. Immerhin ist auch ein beträchtlicher Theil der letzteren in dem Lamellensysteme zerstreut (v. Fig. 8 u. 9).

Der Kern befindet sich in den parenchymatischen Zellen fast stets im Centrum der Zelle. Häufig ist er, da sich die Physoden dicht um ihn herumlagern, nicht direkt zu sehen.

An diesen übersichtlich gebauten Zellen ist auch das Verhältniss, in welchem Lamellensystem einerseits, Kern, Physoden und Chromatophoren andererseits zu einander stehen, klar und deutlich zu beobachten.

Am geeignetsten dazu sind diejenigen Chromatophoren und Physoden, die sich in einer, im Inneren der Zelle befindlichen Lamelle befinden (s. Fig. 8 u. 9). Aus der Beobachtung geht hervor, dass die Chromatophoren den äusserst

zarten Lamellen eingelagert sind. Diese Letzteren werden dadurch an den betreffenden Stellen, wie leicht erklärlich, bedeutend aufgetrieben. Andererseits ist der Chromatophor auf allen Seiten von einem unmessbar dünnen, nicht sichtbaren Häutchen von Lamellensubstanz (Plastin) umgeben. In Fig. 8 sind die betreffenden Chromatophoren in der Profilstellung sichtbar. Auch hier findet nirgends eine Ansammlung von Plastin statt, sondern scharf und knapp umschliessen die Plastinlamellen die Chromatophoren.

Die Chromatophoren können sich innerhalb der Lamellen verschieben. Dies ist hauptsächlich vor und nach der Zelltheilung zu beobachten, da sich vor der Zellkernteilung sowohl Physoden, als auch Chromatophoren zum grössten Theil um den Kern sammeln. Das Lamellensystem verändert hierbei seine ursprüngliche Lage fast gar nicht, sondern die Chromatophoren und Physoden gleiten in den Lamellen nach dem Kern hin, wobei sie oft mehrere Lamellen passiren müssen. Das Hingleiten dieser im Verhältniss so kolossalen Chromatophoren in den kaum  $\frac{1}{10} \mu$  dicken Lamellen setzt eine ganz bedeutende Dehnbarkeit der Lamellensubstanz voraus.

Aehnlich wie mit den Chromatophoren verhält es sich auch mit den Physoden. Der Inhalt derselben ist ebenfalls von einem elastischen, aus Lamellensubstanz bestehenden Häutchen umgeben. Dies ist nun nicht so zu verstehen, als ob die Chromatophoren oder die Physoden von einer besonderen, äusserst dünnen Membran umgeben seien, sondern die Plastinlamelle, welcher der Chromatophor resp. die Physode eingelagert ist, liefert selbst die Umhüllung für die Chromatophoren und Physoden. Infolgedessen bilden beim Umhergleiten der Physoden und Chromatophoren stets andere Lamellentheile die betreffenden Häutchen. Mithin gehören die erwähnten Häutchen nicht den Chromatophoren oder den Physoden, sondern der Lamellensubstanz, dem lebenden Plastin, an.

Die Physoden treiben die Plastinlamellen je nach der Grösse mehr oder weniger auf. Da der Physodeninhalt zähflüssiger Natur ist und verhältnissmässig sehr schnell in den verschiedenen Lamellen umhergleiten kann, so muss die Dehnbarkeit und Contractilität der Plastinlamellen eine ganz bedeutende sein. Andererseits muss dem Physodeninhalt eine gewisse Gewalt innewohnen, die ihm entgegenstehenden Schwierigkeiten mit Leichtigkeit zu überwinden. Denn das Umhergleiten der Physoden ist keineswegs ein langsames Verschieben, sondern nach eigenem Willen bewegt sich die Physode in dem ruhenden Lamellensysteme umher.

Hierbei schiebt sie sich bald als Kugel fort, bald treibt sie allerlei amöboide Fortsätze und Ausstülpungen, und erweckt dann unwillkürlich den Eindruck eines kleinen selbständigen Lebewesens. Es sind nur immer einige Physoden, die sich zur Zeit in Bewegung befinden. Eine bestimmte Richtung besitzen sie nicht, sondern sie kriechen meist ad libitum umher, bald an einem Chromatophor, bald an einer in Ruhe befindlichen oder selbst auf Wanderung begriffenen Physode vorbeigleitend. Die Grösse dieser interessanten Gebilde ist, wie erwähnt, sehr verschieden. Sie finden sich von kaum wahrnehmbaren

Körnchen (c.  $\frac{1}{10} \mu$ ) bis zur Grösse von  $2 \mu$  Durchmesser in derselben Zelle vor. Ueber eine bestimmte Grösse (c.  $2 \mu$ ) gehen sie nicht hinaus. Bereits die kleinsten Körnchen bewirken eine Auftreibung der Lamellen und sind der Bewegung fähig.

Häufig liegen die grösseren Physoden in traubenförmigen Klumpen zusammen. Zumal um den Kern herum bilden sich solche Ansammlungen (s. Fig. 9). Nicht selten sind hierbei die Physoden noch als einzelne, kugelförmige Gebilde sichtbar. Bisweilen lagern sie sich jedoch so dicht, dass sie sich gegeneinander abplatten und dann nur durch sehr zarte Linien (Lamellen) von einander getrennt erscheinen. Hin und wieder sind sogar diese Linien nicht oder undeutlich sichtbar, durch Behandlung mit Glycerin etc. kann man jedoch diese compacten Massen wieder trennen, da sich bei dieser Behandlungsweise die einzelnen Physoden abrunden und theilweise etwas von einander entfernen (vergl. Fig. 34). Hierbei braucht die Zelle nicht abzusterben. Die isolirten Physoden zeigen bei dieser künstlichen Trennung sofort ihre normale Grösse und ihre zugehörige Plastinhaut, woraus hervorgeht, dass sie nur dicht aneinander gelagert waren, wobei aber jede einzelne Physode durch ihre Plastinhaut von der Nachbarphysode getrennt war.

Es wahrt sich so jede Physode ihr charakteristisches Verhältniss zur Lamellensubstanz, zum Plastin der Zelle, und kann bei Bedarf jeden Augenblick sich von dem compacten Haufen entfernen und ihre Thätigkeit in einem beliebigen Theile des Lamellensystems entfalten, was auch häufig genug der Fall ist.

Die oben erwähnten fadenförmigen Differenzirungen treiben die Lamellen ebenfalls an den betreffenden Stellen auf. Es werden somit durch die kleinsten Einschlüsse die äusserst zarten, hyalinen Lamellen mehr oder weniger aufgetrieben. Die geringste Differenzirung darin macht sich durch eine Anschwellung bemerkbar, welche ihrerseits, infolge des verschiedenen Lichtbrechungsvermögens der beteiligten Theile, sichtbar wird.

Der Kern ist in analoger Weise, wie die Chromatophoren und Physoden, den Lamellen eingelagert.

Ausserhalb der Lamellen, also in den Kammern (Waben), befindet sich in der Zelle nur noch klare Flüssigkeit, der Zellsaft.

Mithin besteht eine Parenchymzelle von *Fucus* zunächst aus einem Gerüstwerk zarter Lamellen, welche nach Art eines Schaumes angeordnet sind. Dieses Lamellensystem bildet gewissermassen ein der Zelle zu Grunde liegendes mechanisches System. Es besteht aus Plastin und besitzt vitale Eigenschaften. Die einzelnen Organe der Zelle, wie der Zellkern, die Chromatophoren und die Physoden, sind den Lamellen eingelagert. Sie sind also gewissermassen dem Lamellensysteme untergeordnet, zum Mindesten auf dasselbe angewiesen. Die Organe können sich aber nach eigenem Belieben in den Lamellen umher bewegen und sowohl unter sich, als auch mit jeder einzelnen Stelle des Lamellensystemes in direkte Berührung treten. Ein Unterschied zwischen den genannten Organen besteht insofern, als die Physoden als eigentliche Trabanten des Plastinsystemes anzusehen und, wie sich noch

weiter zeigen wird, auf das Innigste mit diesem verkettet sind; die Chromatophoren und der Kern sind dagegen zwar den Lamellen eingelagert, aber doch immerhin als Organe von grösserer Selbständigkeit zu betrachten.

Nach demselben Princip wie die Parenchymzellen sind auch die Hyphenzellen von *Fucus* gebaut. Nur ist bei diesen das Lamellensystem kleinschiger als in den Parenchymzellen. Die Hyphenzellen sind für das Studium des Protoplasma deswegen sehr schätzenswerthe, ja geradezu bedeutungsvolle Objekte, da sie Uebergänge zu dem scheinbar so complicirt gebauten „Protoplasma“ höherer Pflanzen bilden. Wir werden nämlich neben unzweifelhaft wabig gebauten Zellen solche kennen lernen, deren „Plasma“ rein fibrillär gebaut erscheint, und den Schluss ziehen müssen, dass diesen Zellen ebenfalls ein lamellöser Aufbau zu Grunde liegt. Zunächst sei jedoch auf normal entwickelte Hyphenzellen näher eingegangen.

Als Beispiel diene eine beliebig gewählte Hyphenzelle von 14  $\mu$  Breite und gegen 110  $\mu$  Länge (vergl. als Beisp. Fig. 13). Bei hoher Einstellung war zunächst ein scheinbares Netzwerk zarter Fäden zu sehen, die zu mehr oder weniger regelmässigen Polyedern (5 und 6 Ecken) verbunden waren. Die Fäden zeigten ungefähr dieselbe Stärke, wie die in den Parenchymzellen als Fäden erscheinenden Lamellenkanten, also c.  $\frac{1}{10}$   $\mu$ .

Die Weite der Maschen betrug hier im Durchschnitt 4—5  $\mu$ . Die Zahl der bei hoher Einstellung sichtbaren Maschen belief sich der Breite nach auf c. 3, der Länge nach auf 23. Es waren mithin bei höchster Einstellung c. 70 Maschen sichtbar. Beim Senken des Tubus war auch hier, zumal in den von Kern und Chromatophoren freien Enden der langgestreckten Zelle, sehr schön und unzweifelhaft zu sehen, dass dem Organismus ein sehr zierlich gebautes Lamellenwerk zu Grunde lag. Es befanden sich in der erwähnten Zelle 4—5 Wabenschichten übereinander. Die Zelle wurde also durch die Lamellen in annähernd 300 einzelne Kammern getheilt, in welchen sich der Zellsaft als klare, farblose, wässrige Flüssigkeit befand.

Der Kern, die Chromatophoren, die Physoden und sporadisch auftretende fädige Differenzirungen waren in genau derselben Weise wie in den Parenchymzellen den einzelnen Lamellen eingelagert, letztere an den betreffenden Stellen mehr oder weniger auftreibend.

Es findet sich demnach in den Hyphenzellen genau dasselbe Princip in der Anordnung und gegenseitigen Beziehung der einzelnen Theile des Zellleibes, wie in den Parenchymzellen, nur mit dem Unterschiede, dass das Lamellensystem in den Parenchymzellen c. 1—2 Dutzend grosse Kammern (Waben, Zellsafräume), in den betreffenden Hyphenzellen dagegen etwa 300 kleinere, aber vollständig ebenbürtige Kämmerchen bildet.

Ueber die völlige Gleichwerthigkeit der Lamellen, der Physoden u. s. w. in den beiden Zellarten wird der Beobachter keinen Augenblick im Zweifel sein.

Der Wabendurchmesser, also die Grösse der Zellsafräume, ist in den einzelnen Hyphen derselben Pflanze, und wie voraus bemerkt sei, derselben

Hyphenzellen, keineswegs immer ein annähernd gleich grosser. So fand ich z. B. im Januar des Oefteren in nebeneinander liegenden Hyphen desselben Schnittes Waben mit sechs, mit vier, mit zwei und noch wenigeren  $\mu$  Durchmesser (s. Fig. 10, Fig. 11 und Fig. 12). Trotz dieser Verschiedenheit lässt sich in der Regel an allen Zellen eines *Fucus*büschel's der lamellöse Aufbau der Elementarorganismen durch einfache mikroskopische Beobachtung zweifellos feststellen. Nur hin und wieder finden sich Hyphenzellen, in denen das Lamellensystem eine derartige Kleinheit erreicht, dass es mikroskopisch allein nicht mehr sicher entscheidbar ist, ob der Zelle ein Lamellensystem oder ein Netzwerk zarter Fäden zu Grunde liegt (z. B. Fig. 11 u. 12). Die letzteren Fälle sind diejenigen, die wegen der Beurtheilung der Protoplasmastruktur höherer Pflanzen ein hervorragendes Interesse beanspruchen, da in beiden Fällen bei der mikroskopischen Betrachtung analoge Bilder erhalten werden. Dem „Protoplasma“ scheint darnach hier wie dort eine netzartig fibrilläre Struktur zu Grunde zu liegen.

Betreffs der Hyphen von *Fucus* stellt Fig. 10 bzw. 11 einen derartigen Fall vor. Während in den Nachbarhyphen die lamellöse Struktur noch deutlich erkennbar war, sah das, der Zelle Fig. 11 zu Grunde liegende Gerüst zum grössten Theile vollständig längsfibrillär gebaut aus. An einigen Stellen der Zelle war jedoch auch hier die lamellöse Struktur deutlich zu erkennen. Die längsfibrillär gebaut aussehenden Theile erinnerten sofort an das „Protoplasma“ von *Bryopsis*, *Urtica* u. a. Bei letztgenannten sind die Waben, um solche handelt es sich in Wirklichkeit, um ein Geringes kleiner (vergl. Fig. 51, 75 u. andere). Man glaubt sowohl hier wie dort zarte, immerhin etwas stärkere, zu einem Netzwerk verbundene Fäden zu sehen. Die Fäden resp. Lamellen erscheinen bei kleinmaschigem Lamellensystem etwas dicker und fleischiger als in den Zellen, in welchen sich grosse, deutlich verfolgbare Lamellen vorfinden (vergl. Fig. 12, 67, u. a.). Es ist möglich, dass in den gegebenen Fällen die Lamellen etwas dicker (vielleicht  $\frac{1}{5} \mu$ ) sind. Voraussichtlich liegt aber nur eine optische Erscheinung vor, da man auch bei unseren stärksten Vergrösserungen bei der jeweiligen Einstellung, ausser dem scharfen Bild, unter oder über demselben befindliche stark lichtbrechende Gegenstände mitsieht. Diese Erscheinung lässt sich z. B. in etwas schräg liegenden Lamellen der Parenchymzellen sehr schön und genau verfolgen, sobald sich in solchen Lamellen eine Physode befindet. Durch Auf- und Niederdrehen der Mikrometerschraube überzeugt man sich leicht von der Lage der Lamelle. Ist nun eine Physode in derselben enthalten, so sieht man diese anfangs verschwommen, dann immer deutlicher neben der stark lichtbrechenden Linie auftreten und zwar bisweilen so, dass sie schon recht deutlich neben der Lamelle sichtbar ist. Bei weiterer Verfolgung stellt sich aber heraus, dass die Physode bei schärfster Einstellung in der Lamelle selbst liegt.

Bei sehr kleinmaschigen Lamellensystemen ist es daher nicht zu verwundern, dass bei der jeweiligen Einstellung darüber und darunter liegende

stark lichtbrechende Gebilde, wie Lamellen und Physoden, theilweise mitgesehen werden und das Bild dadurch an Schärfe verliert. Immerhin können bei genügend langer Beobachtung, selbstredend unter Verwendung bester Instrumente und dazu geeigneten Materiales, die betreffenden Strukturverhältnisse vollkommen deutlich erkannt werden.

Nicht nur im Gesamtbilde, sondern auch in den Einzelheiten stimmen die Objekte von *Fucus*, *Bryopsis* und *Urtica* überein (vergl. Fig. 11, 51 und 75). So findet man bei allen dreien oft einige Waben etwas grösser ausgebildet. Diese mehr oder weniger als deutliche Bläschen erscheinenden Waben sind schon früher als im „Protoplasma“ befindliche „kleine Vakuolen“ erkannt worden. Häufig liegen zwei oder mehrere solcher etwas grösseren Waben dicht aneinander, in welchen Fällen dann die Schaumnatur deutlich zu Tage tritt. In den Lamellen dieser Schäume sieht man mitunter Physoden umhergleiten.

Ebenso ist das Verhältniss der Physoden zur Lamellensubstanz in allen drei Fällen gleich schwer zu erkennen. Die Physoden scheinen theils in, theils an den Fibrillen des Netzwerkes, theils aber auch deutlich in den Maschen desselben zu liegen. Nicht selten hat es den Anschein, als ob die Physoden während der Beobachtung von einer Masche in eine andere, oder auch von einer Masche in eine Fibrille gleiten.

Das Netzwerk besitzt bei dem kleinmaschigen Bau, wie bei dem deutlich lamellosen in allen drei Fällen ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen als die dazwischen befindliche wässrige Flüssigkeit.

Die Uebereinstimmung in den betreffenden drei Objekten ist also eine sehr weit gehende, ja eine vollkommene, soweit dies überhaupt bei verschiedenen Pflanzenspecies möglich ist; denn wenn auch bei allen Pflanzen immer dieselbe Anordnung und gegenseitige Beziehung der einzelnen Theile dieselbe ist, so hat doch jede Pflanzenspecies etwas Eigenartiges im Aufbau ihrer Elementarorganismen.

Es wirft sich jetzt die Frage auf, welche Struktur wird der zuletztbesprochenen Hyphenzelle von *Fucus* zu Grunde liegen? Während in den benachbarten gleichartigen Zellen die lamellöse Struktur überall deutlich zu Tage trat (es waren wie bereits erwähnt, in den verschiedenen Zellen Schäume, deren Waben 3—6  $\mu$  Durchmesser besaßen), konnte in einem grossen Theil der fraglichen Zelle die Struktur nicht deutlich erkannt werden, oder vielmehr, es wurde der Eindruck hervorgerufen, als ob der Zelle ein System zarter, netzartig verbundener Fäden, also ein spongiöser Bau zu Grunde liege, mithin eine Struktur, wie sie jetzt von den meisten zoologischen und auch einigen botanischen Forschern angenommen wird.

Durch Bütschli's eingehende Untersuchungen ist aber dargethan worden, dass ein ebensolches Bild auch durch sehr feine Schäume hervorgerufen wird. Das mikroskopische Bild allein kann demnach in diesem Falle nicht die gewünschte definitive Auskunft darüber ertheilen, ob hier ein spongiöser oder lamellöser Bau zu Grunde liegt; und doch wird man auf Grund der

vorhandenen Uebergangsstadien wohl keinen Augenblick im Zweifel sein, dass hier ein lamellöser Bau vorliegt, denn in allen Hyphenzellen wird dasselbe mikroskopische Bild erhalten, nur in verschiedenen Grössen. In allen Fällen, in denen infolge der Grössenverhältnisse eine mikroskopische Entscheidung noch möglich ist, lässt sich ohne Weiteres die lamellöse Struktur feststellen. Daran schliessen sich einige zweifelhafte Fälle, denen sich zum Schluss die oben beschriebenen, vollständig spongiös gebaut aussehenden Formen mit c.  $1\ \mu$  Wabenquerdurchmesser anreihen. Es fehlt mithin in dieser Entwicklungsreihe kein Stadium und nirgends kommt ein Sprung vor. Deshalb könnte schon aus dieser Beobachtung allein der Schluss gezogen werden, dass den gleichen Bildern dieselbe Ursache zu Grunde liegt.

Als weiteres Beweismaterial diene das Folgende. In den ersten (grosswabigen) Fällen ist die Lage der Physoden in den Lamellen leicht zu erkennen (vergl. oben). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass derjenige Theil der Lamellen, der zur Sehachse mehr oder weniger senkrecht steht, infolge seiner Durchsichtigkeit nicht zu sehen ist. In solchen Lamellen liegende Physoden können auf den ersten Augenblick den Eindruck erwecken, als ob sie in dem Zellsaft lägen. Bei einiger Orientirung in den übersichtlich gebauten Zellen wird man sich aber schnell von diesem Irrthum überzeugen.

Da nun bei dem sehr kleinmaschigen Lamellenwerk naturgemäss sehr viele Lamellen nicht zu sehen sind, und ausserdem die besprochenen optischen Erscheinungen störend wirken, so ist es hier, wie schon oben erwähnt wurde, schwieriger zu entscheiden, ob die Physoden in den Strängen oder vielmehr Lamellen, oder in den Maschenräumen liegen, resp. ob ein Theil der bläschenartigen Gebilde den Lamellen und ein anderer, vielleicht völlig von den ersten verschiedener, den Maschen des Wabenwerkes eingelagert ist.

Das beste Mittel, welches hier zum Ziele führen wird, ist der Identitätsnachweis der beiden eventuell verschiedenen Gebilde, und zwar zunächst der chemische Nachweis. Denselben habe ich in „Morphologische und mikrochemische Untersuchungen über die Physoden. Botanische Zeitung 1893“ zu führen gesucht. Aus diesen Untersuchungen geht wenigstens das mit Sicherheit hervor, dass in den als Physoden bezeichneten Gebilden, welche eventuell in Maschenräumen liegen könnten und dann eben keine Physoden in meinem Sinne wären, dieselben chemischen Stoffe enthalten sind, wie in den sicher als Physoden characterisirten Gebilden.

Ein weiteres Beweismaterial zur Identificirung liegt in der den wirklichen Physoden entsprechenden freien, amöboiden Bewegung und allenfalls in dem starken Lichtbrechungsvermögen dieser Gebilde. Ausserdem möge noch daran erinnert werden, dass ja in den vollkommen deutlich zu übersehenden Zellen ebenfalls ein grosser Theil Physoden scheinbar in den Maschen liegt. Es sind, wie bereits hervorgehoben, diejenigen, welche in einer infolge ihrer Lage unsichtbaren Lamelle liegen.

Weiter sind behufs Erklärung dafür, dass die betreffenden Physoden von einer Masche in die andere resp. durch mehrere hindurch gleiten können,

bei alleiniger Berücksichtigung des mikroskopischen Bildes zwei Möglichkeiten vorhanden. Entweder das sichtbare Gerüstwerk besteht aus zarten Fäden, und zwischen diesen Fäden können die fraglichen Gebilde hingleiten, oder das Gerüstwerk besteht aus einem Lamellensystem, und die Physoden bewegen sich in den zur Sehachse senkrechten, also nicht sichtbaren Lamellen.

Die Fädenstruktur des Gerüstwerkes ist oben schon sehr in Frage gestellt, wenn nicht widerlegt worden. Die andere Deutung entspricht vollkommen den Verhältnissen der vollständig klar zu übersehenden Zellen, in welchen auch die Physoden von einer Masche, oder vielmehr von einer zufällig nicht sichtbaren Lamelle in eine andere gleiten.

Die letztere der erwähnten zwei Möglichkeiten würde mithin denselben Aufbau derjenigen Zellen voraussetzen, deren Struktur zweifellos erkennbar ist. Es würde also den kleinmaschigen, spongiös gebaut aussehenden Zellen in Wirklichkeit ein Lamellensystem zu Grunde liegen, und in den Lamellen würden die Physoden, deren chemische Identität in beiden Fällen erwiesen ist, umhergleiten.

Dass diese Ansicht die richtige ist, und die betreffenden Physoden tatsächlich nicht in Maschenräumen liegen, geht schliesslich auch aus dem Umstande hervor, dass die Physoden häufig aus einer Masche in einen scheinbaren Faden (Lamelle) gleiten und sich lange Zeit in demselben aufhalten, was auch bei schärfster Einstellung zu constatiren ist. Es tritt uns also auch in dieser Beziehung dieselbe Erscheinung, wie in den zweifellos lamellosen Zellen entgegen. Nun ist doch nicht anzunehmen, dass dieselben Gebilde sich bald in den eventuellen Fäden, bald in den Maschenräumen eines Gerüstwerkes aufhalten und bewegen können. Diese Erscheinung weist infolgedessen ebenfalls mit darauf hin, dass nicht netzförmig verbundene Fäden, sondern ein System von Lamellen der Zelle zu Grunde liegt. In den Lamellen gleiten die Physoden in den beliebigsten Richtungen umher und zwar bald in solchen Lamellen, die sichtbar sind, bald in solchen, die infolge ihrer Lage nicht gesehen werden können.

Auf diese Weise ergänzen sich die verschiedensten Beobachtungen und fördern gegenseitig sowohl die Erkenntniss des Lamellensystemes als auch der Physoden. Lamellensystem und Physoden stehen eben in solch inniger Beziehung zu einander, dass jede Beobachtung des einen dem anderen zu Gute kommt, dass überhaupt ein Einzelstudium nicht gut möglich ist.

Es lässt sich deshalb auf Grund der Grössenübergänge, auf Grund desselben Bildes sammt Nebenerscheinungen, auf Grund der Physodenbewegung und auf Grund dessen, dass bei sonstiger Wahrnehmung desselben Bildes in einem Theil der Zelle die lamellöse Struktur direkt beobachtet werden konnte, mit Sicherheit annehmen, dass der spongiös gebaut aussehende Theil der Hyphenzellen einen lamellosen Aufbau zur Grundlage hat; also denselben Aufbau, wie er in den vollkommen übersichtlich gebauten Zellen vorhanden ist. Andererseits liegt nicht der geringste Anlass vor, in den Zellen, in denen die mikroskopische Betrachtung allein infolge der Kleinheit nicht

mehr den gewünschten Aufschluss giebt, plötzlich eine fundamentale Verschiedenheit im Aufbau gleichwerthiger Zellen derselben Pflanzen, ja unter Umständen derselben Zelle, anzunehmen.

Der Nachweis der Lamellenstruktur der Hyphenzellen wird seinerseits wieder eine gewichtige Stütze für die Erkenntniss des „Protoplasma“ höherer Pflanzen sein, welchen, wie theilweise schon erwähnt wurde, ein ganz analoges mikroskopisches Bild zukommt. Ausserdem werden dort, wie gleich vorausbemerkt werden mag, sich ebenfalls Objekte finden, welche bei der einzelnen Einstellung zwar ein ebensolches Bild wie andere hochentwickelte Pflanzen zeigen, also ein netzartig-fibrilläres, bei denen aber bei weiterer Beobachtung doch die schaumförmige Struktur deutlich und sicher beobachtet werden kann, durch welchen Umstand die Beweisführung für den durchgängig lamellosen Aufbau der zu besprechenden Pflanzen geschlossen wird.

In den Fruktifikationszellen findet sich im Princip genau derselbe Bau wie in den vegetativen Zellen. So ist in jungen Oogonien (s. Fig. 14) zunächst die schaumförmige Anordnung der einzelnen Lamellen vollkommen deutlich erkennbar. Der Kern, die Chromatophoren und die Physoden sind auch hier den Lamellen eingelagert, und in den von denselben gebildeten Kammern befindet sich, wie in den vegetativen Zellen, eine klare, wässrige Flüssigkeit, der Zellsaft. Auch hier gleiten die Physoden bald mehr, bald weniger lebhaft in dem Lamellensysteme umher, und ihr Inhalt wird ebenso wie in den vegetativen Vegetationspunkten zur Platinbildung verbraucht. Desgleichen sind auch die fädigen Differenzirungen nicht selten wahrzunehmen. Bei zunehmendem Alter und Wachsthum des Oogoniums werden zunächst mehr Lamellen und Physoden gebildet. Ausserdem findet eine lebhafte Theilung der Chromatophoren statt (s. Fig. 15 u. 16).

Jemehr sich nun Lamellen etc. bilden, desto kleiner werden, da das Oogonium eine gewisse Grösse nicht überschreitet, die einzelnen Zellsaftkämmerchen. Dieselben sind schliesslich, da sich in den Lamellen allmählich sehr reichlich Physoden und Chromatophoren ansammeln, schwierig, aber bei günstigem Material doch sicher nachweisbar. Ebenso ist bei günstigem Materiale die Anordnung der einzelnen Theile, ihre gegenseitige Beziehung etc. deutlich zu erkennen.

Was die Grössenverhältnisse der Waben in den Oogonien anbetrifft, so fand ich in einem beliebig gewählten Schnitt, der durch ein fructificirendes Aestchen von *Fucus* geführt war, in sehr jungen Oogonien e. 7—8  $\mu$  Wabendurchmesser. Die nächst älteren, etwas herangewachsenen Oogonien besaßen 8—9  $\mu$ . In späteren Stadien wurde das Schaumwerk wieder kleiner und ging in einem noch nicht reifen Oogonium bis auf 2  $\mu$  D. herunter. In noch älteren Oogonien konnten wegen der dichten Lagerung der Physoden und Chromatophoren die Einzelheiten nicht mehr erkannt werden. Die Stadien ähneln einer Sprossspitze von *Chaetopteris*, über welche noch des Weiteren die Rede sein wird.

Soweit sichtbar, findet also bei der Oogoniumbildung nur eine Verkleinerung, eine Verjüngung des gesammten Systemes sammt seinen Einschlüssen (Physoden und Chromatophoren) statt. Nach der Befruchtung ist dann zunächst nur eine Auflockerung des Lamellensystemes durch Wasseraufnahme nöthig, um den kleinen, sich selbständig weiterentwickelnden Organismus heranwachsen zu lassen. Recht instruktiv treten diese Verhältnisse auch bei Algen auf, die sich nur auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen. Hierauf wird später zurückzukommen sein.

Nicht selten wird der Inhalt eines Oogoniums so dicht, dass ein Erkennen der einzelnen Theile, theils infolge der Kleinheit, theils infolge der dichten Lagerung und dadurch bedingten Undurchsichtigkeit, nicht mehr möglich ist.

Es findet sonach behufs Oogonienbildung ein ganz analoger Process statt, wie in den (intercalaren) Vegetationspunkten. In beiden Fällen wird durch Neubildung von Lamellen ein sehr engmaschiges Lamellensystem erzeugt, welches dann in einem späteren Stadium durch Wasseraufnahme erheblich an Ausdehnung gewinnt und die Grundlage für eine Reihe von Zellen bildet. In der Regel führt nur ein kleiner Theil des Gesamtsystemes diese Verjüngung weiter, welcher Theil mit Vegetationspunkt bezeichnet wird; jeder einzelne Theil des Lamellensystemes einer Pflanze ist aber fähig dazu. Aus jeder vegetativen Zelle kann unter Umständen ein Vegetationspunkt, ein Verjüngungsort des Plastinsystemes, des Kernes etc. werden. (Vergl. später.)

Ein erhebliches Kleiner- und Dichterwerden des Lamellensystemes findet desgleichen in den Antheridien statt. Es bleibt auch hier das Princip in der Anordnung der einzelnen Theile im Organismus dasselbe wie in den vegetativen Zellen.

Somit stellt ein mit vollständig reifen männlichen wie weiblichen Befruchtungsorganen versehener *Fucus*büschel ein System aus sehr zarten Lamellen dar, welchem die wichtigeren Organe, als Zellkerne, Chromatophoren und Physoden eingelagert sind, während sich in den von den Lamellen gebildeten Kammern wässrige Flüssigkeit (Zellsaft) befindet. Zur Stütze des ganzen Systemes, wie auch gewiss aus anderen Gründen, z. B. zum Schutze gegen äussere Einflüsse, werden in den Lamellen in gewissen Abständen festere Membranen ausgeschieden, welche den Gesamtorganismus in eine Anzahl kleinere, unabhängig von demselben eine geraume Zeit für sich selbst weiter lebende Theile, die Zellen oder Elementarorganismen, sondern.

Bemerkt sei noch, dass die Zellwand-Schutzvorrichtung für *Fucus* besonders kräftig entwickelt sein muss, da solch grossmaschige Plastinlamellensysteme, wie sie theilweise bei *Fucus* vorkommen, gegen äussere Einflüsse wenig widerstandsfähig sind. Trotzdem liebt *Fucus*, inbetreff dieser in Frage kommenden Verhältnisse einen äusserst ungünstigen Platz, den Meeresstrand, als Standort auszuwählen. Infolgedessen ist diese Pflanze gezwungen, zum Schutze ihres Plastinsystemes nicht nur sehr starke, sondern auch sehr

geschmeidige, schleimige Zellwände zu bilden, damit beim Aufschlagen auf Steine etc. die Wirkung des Anpralles möglichst abgeschwächt wird.

Bevor ich dieses für die vorliegenden Untersuchungen so vorzüglich geeignete Objekt verlasse — auf verschiedene Einzelheiten wird noch gelegentlich zurückzukommen sein — sei auf einen Punkt besonders aufmerksam gemacht.

Es wird gewiss aufgefallen sein, dass das Wort „Protoplasma“ geflissentlich gemieden, resp. in Anführungsstriche gesetzt worden ist. Zwar wird erst weiter unten der Ort sein, (vergl. auch die Einleitung) über die Berechtigung resp. den Umfang und die Anwendung dieses Begriffes zu sprechen, immerhin sei bereits hier hervorgehoben, dass bei *Fucus* ein bisher als wesentlich geltender Theil des Protoplasma, das Enchylema, fehlt. Denn es hat sich ja gezeigt, dass äusserst zarte Lamellen, von denen wir jede einzelne genau verfolgen können, vorhanden sind. Diesen sind der Kern, die Chromatophoren und Physoden in der Art eingelagert, dass diese Gebilde scharf und knapp, ohne irgend welche Platinverdickung, von den kaum messbaren Lamellen umspannt werden. Ausserdem befinden sich in den Zellen, abgesehen von etwaigen Centralkörpern, nur noch die erwähnten Zellsaftkammern, welche bei den besprochenen Arten keinen Augenblick beweifeln lassen, dass es unter sich gleichwerthige Räume im Zellenleibe sind und dass sie den Zellsafträumen höherer Pflanzen entsprechen. Hiermit sind die morphologischen Bestandtheile einer *Fucus*zelle, mit Ausnahme der als sekundär zu betrachtenden Membran, erschöpft. Aber nicht etwa aus Mangel an optischen Hilfsmitteln ist das Ziel schon erreicht, sondern weil Alles mit vollkommener Klarheit uns entgegentritt, weil jede kaum  $\frac{1}{15}$   $\mu$  starke Lamelle und äusserst geringe, in ihr gelagerte Einschlüsse leicht verfolgt werden können.

Bütschli<sup>1)</sup> nennt Enchylema diejenige Flüssigkeit, die sich in den kleinen Waben eines „Protoplasmastranges“ befindet. Bei den ausgewachsenen Zellen höherer Pflanzen, welche Bütschli hauptsächlich berücksichtigt hat, erscheint allerdings die Annahme gerechtfertigt, dass ein „Protoplasmastrang resp. Wandbeleg“ in prinzipiellen Gegensatz zu dem Zellsaft zu setzen ist. Wird aber die Entwicklung des Zellsafttraumes, als auch eine Reihe von Einzelheiten der Struktur des Protoplasmastranges genauer verfolgt, so zeigt sich, dass der Zellsaftraum nur durch Anwachsen einer oder weniger beliebiger kleiner Waben, wie sich solche zu Tausenden in einem „Protoplasmastrang“ befinden, entstanden ist. Die einzelnen Lamellen eines „Protoplasmastranges“ sind aber vollständig ebenbürtig den Lamellen der Braunalgen. Sie enthalten z. B. die Physoden genau so eingelagert, wie die letzteren. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, dass bei den höheren Pflanzen die in den kleinen Kammern enthaltene Flüssigkeit Enchylema genannt wird,

---

<sup>1)</sup> Ich wähle hier die Ansicht Bütschli's, da ich mich im Wesentlichen den Ansichten dieses Forschers anschliessen muss.

während sie bei den *Fucus*arten, auch wenn sich die Flüssigkeit in fast ebenso kleinen Waben befindet, wie bei den höheren Pflanzen, ohne Weiteres als Zellsaft bezeichnet wird.

Es fehlt demnach bei *Fucus* das Enchylema, resp. dasselbe geht in dem Begriff des Zellsaftes auf. Dadurch verschwindet ein Begriff, resp. eine Substanz, welche von den meisten Autoren als ein wesentlicher, unentbehrlicher Theil des „Protoplasma,“ von einigen sogar als der wichtigste Theil, als das einzig Lebendige, angesehen wurde.

Ich glaube, in dem Augenblicke, in welchem dem „Protoplasma“ dieser scheinbar so wichtige Theil entzogen oder vielmehr in direkten Gegensatz zu dem Lamellensystem und in innige Beziehung zum Zellsaft gebracht ist, wird das „Protoplasma“ in mehrere so wesentlich verschiedene Theile zerlegt, dass es vorläufig nicht angeht, den übrigbleibenden Theil, d. i. das Lamellensystem mit den Physoden, wieder Protoplasma zu nennen, obgleich diesem Theile die specifisch vitalen Eigenschaften, welche bisher dem „Protoplasma“ zugeschrieben wurden, zukommen.

Würde ich aus Pietätsrücksichten für diesen begrenzten Theil doch wieder den Ausdruck „Protoplasma“ gebrauchen, so würden diese Zeilen anstatt ein Beitrag zur Klärung zu sein, eine weitere Verwirrung der schwebenden Fragen herbeiführen. Um diesem möglichst vorzubeugen ist beabsichtigt, die bereits in früheren Publicationen, als auch in der Einleitung gegebenen Namen für die einzelnen Theile beizubehalten und auch die zweitnächst zu besprechende Pflanze, *Chaetopteris*, in ebenfalls möglichst ausführlicher Weise zu besprechen, wobei zugleich einige allgemeinere Punkte mitberührt werden sollen. Zunächst sei jedoch über eine den beiden *Fucus*arten sehr nahe stehende Pflanze, über *Ascophyllum nodosum*, einiges berichtet. (*Fucus vesiculosus* und *serratus* verhalten sich in allen Beziehungen gleich.)

### *Ascophyllum nodosum*

ist für die vorliegenden Untersuchungen ein ebenso günstiges Material wie die *Fucus*arten. Noch mehr als im Habitus etc. äussert sich die nahe Verwandtschaft in dem Aufbau der einzelnen Zellen. Die Pflanze, an welcher die Untersuchungen angestellt wurden, stammt aus den Gewässern Helgolands. Sie wird seit mehreren Jahren im botanischen Institut in Kiel cultivirt. Zur Untersuchung gelangten sowohl junge vegetative, als auch fructificirende Aestchen.

Die Uebereinstimmung im Bau der einzelnen Zellen mit den entsprechenden Zellen der *Fucus*arten ist eine sehr weitgehende. Ueberall tritt das Lamellensystem in analoger und für die einzelnen Zellen charakteristischer Weise, wie dies für *Fucus* näher beschrieben wurde, dem Beobachter entgegen. Die Lamellen sind hier noch zarter als bei *Fucus*, so dass eine Messung der Dicke nicht gut angeht. Sie sind gewiss weniger als  $\frac{1}{10}$   $\mu$  dick. Ihnen sind in derselben Weise, wie bei *Fucus*, der Zellkern, die Chromatophoren und die Physoden eingelagert. Letztere sind sehr verschieden gross

und zeigen häufig eine prächtige amöboide Form- und Ortsveränderung. Das Lamellensystem verändert auch hier seine Gesamtlage so gut wie gar nicht.

In den Waben des der Zelle zu Grunde liegenden Gerüstwerkes befindet sich klarer, wässriger Zellsaft, und auch bei dieser Pflanze ist von einer dem Enchylema entsprechenden Flüssigkeit durchaus Nichts wahrzunehmen. Die Klarheit und Deutlichkeit, mit welcher die einzelnen Theile der Zelle erkennbar sind, ist dieselbe, wie bei den *Fucus*arten und soviel mir erinnerlich (leider fehlen Maassangaben in meinen Notizen), sind auch die Grössenverhältnisse dieselben, wie bei den erwähnten Pflanzen.

Interessant zu beobachten ist, dass nahe verwandte Pflanzen, wie z. B. *Fucus* und *Ascophyllum* (es werden hierfür noch mehrere Beispiele anzuführen sein) auch in den Einzelheiten im Aufbau ihrer Elementarorganismen gleiche resp. sehr ähnliche Verhältnisse aufweisen.

Der gleichen, resp. ähnlichen Anordnung des Lamellensystemes und der in ihm gelagerten Organe entspricht also eine gleiche, resp. ähnliche äussere Gestaltung der betreffenden Pflanzen.

Was die Einzelheiten anbetrifft, so kann im Wesentlichen alles das, was bei *Fucus* gesagt ist, auch für *Ascophyllum* geltend gemacht werden.

### **Chaetopteris plumosa.**

*Chaetopteris plumosa*, welche zur Ordnung der *Phaeosporéen* und der Gruppe *Sphaecelarien* gehört, zeichnet sich durch einen überraschend zierlichen Aufbau des Elementarorganismus aus. Besonders gilt dies für wachsende Scheitelzellen und daran sich anschliessende junge Zellen. Wenn schon die einzelnen Lamellen nicht die bewunderungswürdige Zierlichkeit wie bei *Ascophyllum* besitzen, so ist doch die ganze Anordnung des Lamellensystemes so übersichtlich und zierlich, dass man immer von Neuem mit Freude erfüllt wird, sobald man einen Scheitel von *Chaetopteris* im mikroskopischen Gesichtsfelde erblickt. Es gehört geradezu Ueberwindung dazu, ein gutes Exemplar unbeobachtet wegzulegen, nicht wenigstens einige Stunden dem Leben und Treiben in diesen Zellen zuzuschauen.

Behufs Beobachtung legt man einfach einen jungen Spross auf den Objektträger und kann dann ohne Weiteres das lebende Material mit den stärksten Vergrösserungen stunden-, ja tagelang (wobei von Zeit zu Zeit das verdampfende Wasser zu ersetzen ist) beobachten. Unwillkürlich lenkt sich der Blick auf die jungen Zellen des Sprosses; deswegen möge die Beschreibung mit diesen begonnen werden. Da wir zu einer, von *Fucus* recht verschiedenen Pflanze kommen, sei es gestattet, nochmals die einzelnen Beobachtungen etc. ausführlich zu besprechen.

Sowohl in dem älteren Theile der Scheitelzelle als in den daran sich anschliessenden jungen Zellen fallen dem Beobachter, wenn sich nicht gerade die Zelle in bestimmten Stadien der Zelltheilung befindet, bei hoher Einstellung zunächst die braunen Chromatophoren und ferner die Physoden als

stark lichtbrechende, unregelmässig gestaltete, verschieden grosse Tröpfchen in die Augen. Ausserdem ist ein zierliches Netzwerk stark lichtbrechender Linien sichtbar. Diese zarten Linien sind ungefähr  $\frac{1}{8} \mu$  dick. Sie sind in der Weise angeordnet, dass sie ein Netzwerk von annähernd gleich grossen Fünf- und Sechsecken zu bilden scheinen, welche die Zelle in eine grössere Anzahl von Polyedern theilt. Also im Princip ist es dasselbe Bild, wie bei der nämlichen Einstellung einer *Fucus*-zelle. Je drei der erwähnten Linien stossen an einer Stelle zusammen, und auch bei dieser Pflanze ist an den Berührungspunkten eine Verdickung nicht zu bemerken. Es kommen zwar, allerdings sehr selten, auch Fälle vor, in denen vier solcher Linien zusammen zu stossen scheinen. Dies ist aber nur als besonderer Zufall aufzufassen, indem in solchen Fällen zwei Knotenpunkte dicht aneinander gerückt sind, wodurch die Verbindungslinie zwischen beiden sehr verkürzt ist. Ein solcher (doppelter) Knotenpunkt erscheint dann etwas verdickt. Ich hatte mehrmals Gelegenheit, derartige Fälle zu beobachten. Fig. 23 giebt die Entstehung eines solchen doppelten Knotenpunktes wieder. Zunächst rückten zwei noch durch ein kurzes Mittelstück verbundene Knotenpunkte immer näher, bis sich schliesslich in einem etwas angeschwollen erscheinenden Punkte vier Linien zu treffen schienen. Nach einiger Zeit wurde jedoch das frühere normale Verhältniss, d. h. dass nur drei solcher Linien sich in einem Punkte treffen, wieder hergestellt, indem die beiden dicht aneinandergelagerten Berührungspunkte wieder auseinander rückten und zwischen ihnen sich die Verbindungslamelle erneuerte.

Was die scheinbaren Linien als solche betrifft, so sind sie, wie bei *Fucus*, scharf gegen die Waben abgegrenzt. Sie sind nicht oder nur schwach gebogen und erscheinen, von eventuell darin liegenden Physoden abgesehen, vollkommen homogen. Wenn also in die Figuren scharfe, schematisch angeordnet aussehende Striche eingezeichnet sind, so ist dies mit Absicht geschehen, weil diese Art der Darstellung der Wirklichkeit am nächsten kommt. Es sind nicht, wie aus manchen Abbildungen von *Chaetopterus* bezw. *Sphacelaria* hervorzugehen scheint, gegen die Zellsafträume wenig abgegrenzte, fein punktirte dickere Linien, hinter denen ein undefinirbares Etwas verborgen liegt, sondern es sind scharf begrenzte, hyaline Linien, von solch geringem Durchmesser, dass von einer, der Breite nach darin befindlichen Struktur ernstlich nicht die Rede sein kann. Der Durchmesser beträgt hier ungefähr  $\frac{1}{8} \mu$ , bei *Ascophyllum*, wie bereits erwähnt, für die gleichwerthigen Striche nur etwa  $\frac{1}{15} \mu$ , während die kleinsten Waben sowohl nach Bütschli's Angaben, als auch nach meinen eigenen Befunden  $\frac{1}{2}$  bis  $1 \mu$  im Durchmesser haben.

Wird zunächst das zarte Fädenwerk unter Ausschluss der darin liegenden Physoden und Chromatophoren weiter verfolgt, so ergibt sich bei Benutzung der Mikrometerschraube, dass nicht Fäden, sondern wie bei *Fucus* nach dem Zellinneren zu verlaufende Lamellen vorliegen, was daran zu erkennen ist, dass beim Tiefeinstellen die scheinbaren Fäden insofern nicht gänzlich

verschwinden, als an ihrer Stelle ununterbrochen neue Linien, zunächst in derselben Ebene liegend, erscheinen. Es erstrecken sich also nach dem Zellinneren zu Lamellen, die bei jeweiliger Einstellung als zarte, stark lichtbrechende Linien sichtbar sind. Dreht man den Tubus weiter hinab, so ändern die Ebenen ihre Richtung, bis nach weiterem Drehen wieder andere Richtungen der Ebenen auftreten. Durch jeden solchen Richtungswechsel wird eine neue Lamelle angezeigt. Die Lamellen stossen ebenso scharf wie bei einem makroskopischen Seifenschaum aneinander, und die Winkel, in denen sich die Flächen schneiden, sind hier wie dort verschieden gross.

Es ist mithin in den Zellen von *Chaetopteris* im Princip derselbe Bau wie in den *Fucus*zellen vorhanden, d. h. schaumförmig angeordnete, sehr zarte Lamellen durchsetzen die Zelle und theilen dieselbe in eine grosse Anzahl kleiner Kammern, in welchen sich bei beiden Pflanzen der Zellsaft als klare, wässrige Flüssigkeit befindet. Auch in betreff der wandständigen Lamelle verhalten sich beide Pflanzen gleich. Dieselbe kann bei *Chaetopteris* in gleicher Weise wie bei *Fucus* nachgewiesen werden, und es zeigt sich hierbei, dass zwischen inneren und wandständigen Lamellen durchaus kein Unterschied wahrzunehmen ist (vergl. hierzu Fig. 20).

Das gesammte Lamellensystem ist die Grundlage und Stütze des ganzen Organismus (s. Fig. 20). Ihm sind die Organe, wie Chromatophoren, Kern und Physoden eingelagert. Sich selbst schützt es und stützt es durch Ausscheidung von festen Membranen (Zellwänden), die es in gewissen Abständen erzeugt. Das Lamellen- oder Plastinsystem bestimmt auf diese Weise die äussere Gestaltung der Zellen resp. des ganzen Organismus.

Die einzelnen Lamellen bestehen aus einer hyalinen, durchaus gleichmässigen Substanz, dem Plastin. Es sind auch hier unmessbar feine Einschlüsse (fädige Differenzirungen, sehr kleine als auch grössere Physoden) infolge des verschiedenen Lichtbrechungsvermögens wohl von dem Plastin zu unterscheiden. Die Lamellen können, ähnlich wie Flüssigkeitslamellen aneinander hingleiten und, wie schon mehrfach erwähnt, sich hin- und herbiegen. Das Material der einen Lamelle kann bei Verschiebungen leicht Material zu einer anderen Lamelle liefern. Trotzdem bestehen die Lamellen nicht aus einer Flüssigkeit, ebensowenig wie sie ein starres Gerüstwerk bilden, sondern sie sind plastisch weich, etwa wie 5—10% Gelatine. Infolge ihrer plastisch-weichen Consistenz und ihrer ausserordentlichen Zartheit folgen sie „theilweise“ den Gesetzen einer Flüssigkeit.

Diese Eigenschaften und Fähigkeiten besitzen die Lamellen jedoch nur im lebenden Zustande. Sobald sie absterben, gerinnen sie und folgen dann nicht mehr den erwähnten Gesetzen, sondern sie bilden nach dem Tode ein mehr oder weniger starres Gerüstwerk. Eine sichtbare Volumveränderung des Plastins findet hierbei nicht statt.

Das Aneinanderfortgleiten der Lamellen findet bei *Chaetopteris*, wie auch bei den übrigen *Phaeophyceen*, nur in beschränktem Maasse statt. Man sieht wohl bei längerer Beobachtung an einzelnen Stellen ein lang-

sames Verschieben der einzelnen Lamellen gegeneinander, aber im Wesentlichen behält das Lamellensystem seine ursprüngliche Gestaltung.

Das den Braunalgen zu Grunde liegende Lamellensystem befindet sich also in Ruhe und nicht, wie bei vielen höheren Pflanzen, in fliessender Bewegung. Es würde dies auch bei den grossschaumigen Gerüstwerken der Braunalgen schwer angehen, da die Lamellen solch grosser Schäume viel weniger widerstandsfähig sind als die Lamellen kleiner Schäume; eine Thatsache, welche ja aus dem praktischen Leben genugsam bekannt ist, und die sich in der Welt im Kleinen in eben derselben Weise zeigt. Es ist aus diesem Grunde eine Zelle mit grossschaumigem Gerüstwerk bei nur leichter Verletzung sofort verloren. Nur eine Lamelle braucht beschädigt zu werden, sie mag gerinnen oder platzen oder sonst wie Schaden nehmen, sofort werden die nächsten Lamellen in Mitleidenschaft gezogen. Das ganze System fängt an, sich mehr oder weniger ruckweise zu verschieben. Dadurch kommt bald hier, bald dort eines der zarten Häutchen zum Platzen; zumal die die Physoden umgebenden Theile der Lamellen reissen sehr leicht. In kurzer Zeit ist das gesammte Lamellensystem der betroffenen Zelle dem schädlichen Einflusse erlegen, und mit dem System selbstredend auch die auf dasselbe angewiesenen Organe, wie Kern, Physoden und Chromatophoren.

Anders verhält sich dies in Zellen mit sehr kleinschaumigen Lamellensystemen, z. B. bei *Bryopsis*. Hier schadet eine Verletzung des Systems bedeutend weniger. Die äusserst kleinen Lamellen platzen keineswegs so leicht wie bei den Braunalgen. Die durch den äusseren Eingriff zunächst betroffenen Theile sind allerdings verloren, aber das ganze System wird bei solch kleinen Schäumen naturgemäss nicht in so verhängnissvolle mechanische Mitleidenschaft gezogen, wie im vorigen Falle, und die unendlich viel grössere Menge der kleinen Lamellen einer *Bryopsis*-zelle kann die Gleichgewichtsstörung viel leichter überwinden, als die wenigen, aber grossen Lamellen einer Braunalgenzelle. Das kleinmaschige Lamellensystem ist also das bei Weitem widerstandsfähigere, und dies mag der Grund sein, dass die höheren Pflanzen wohl immer das kleinmaschige System besitzen. Diejenigen Pflanzen aber, die trotz recht ungünstigen Standortes dennoch ein grossmaschiges System haben, wie z. B. *Fucus*, sind gezwungen, besondere Vorsichtsmassregeln zu treffen, was bei *Fucus* durch Bildung sehr dicker und schleimiger Zellwände erreicht wird.

Infolge der leichten Verletzbarkeit grosser Lamellen verbietet sich naturgemäss auch ein schnelles Aneinanderhingleiten. Es würde hierbei doch sehr leicht eine Lamelle Schaden nehmen können, und dadurch der ganze Elementarorganismus gefährdet werden. Aber abgesehen von der an und für sich gefährlichen Seite der schnellen Bewegung solch grosser Schäume, ist in einer Braunalgenzelle überhaupt gar kein Platz zur freien Entfaltung der Bewegung vorhanden. Es hat sich ja gezeigt, dass die ganze Zelle annähernd gleichmässig von zarten Lamellen durchsetzt ist. Das ganze Lamellensystem hat sich dadurch selbst in eine Zwangslage versetzt. Es ist eine

Lamelle mit der anderen insofern fester verbunden, als kein rechter Platz zum Ausweichen vorhanden ist. Es ist zu berücksichtigen, dass die einzelnen Kämmerchen mit einer bestimmten Menge Flüssigkeit gefüllt sind, und dass die Kammern bei eventueller Bewegung ihr Volumen innehalten müssen. Da nun mit wenigen Ausnahmen alle Kammern bei den Braunalgen (d. h. in den einzelnen Zellen) annähernd gleich gross sind, und ein Platz zum Ausweichen in z. B. eine 1000 mal grössere Zellsaftkammer, wie dies bei höheren Pflanzen der Fall ist, nicht vorhanden ist, so ist eben der freien Beweglichkeit der einzelnen Lamellen ein erhebliches Hinderniss, im eigenen Interesse der Zelle, entgegengesetzt. (Vergl. z. B. Fig. 10 u. 75.) Kleine Verschiebungen finden jedoch, wie oben bereits erwähnt, öfter statt. Diese zeigen an, dass zwischen dem Lamellensysteme niederer und höherer Pflanzen betreffs der Beweglichkeit ein principieller Unterschied nicht besteht.

Aus dem erwähnten Platzmangel findet bei höheren Pflanzen auch nie eine Bewegung in solchen Zellen statt, welche voll von „Protoplasma“ sind, wie z. B. Embryonalzellen sowohl der vegetativen als auch der Fructifikationsorgane. Das ganze Lamellensystem dieser Zellen befindet sich unter gleichen Bedingungen, wie die Zellen der Braunalgen; nur mit dem Unterschied, dass das Gerüstwerk im Durchschnitt kleinmaschiger ist. Auch hier setzen die Zellwand, die gleiche Grösse der einzelnen Kammern resp. das Fehlen einer oder mehrerer grosser Kammern (Zellsaft Räume) der freien Bewegung ein Hinderniss entgegen. Erst dadurch, dass der kleine Organismus einige von den tausenden Kammern seines Lamellensystems durch Wasseraufnahme recht bedeutend vergrössert und sich im Zusammenhang damit ein weites, bequemes Gehäuse verschafft, gewinnt das Lamellensystem Raum, sich frei zu bewegen, seinen Trieb zum Leben auch äusserlich zu entfalten. Es hat dann ähnliche Bedingungen, wie eine Amöbe auf freiem Felde.

Vielleicht ist es nicht unangebracht ein praktisches Beispiel anzuführen, obgleich ich, wie nebenbei bemerkt sei, es für sehr verfehlt halte, sich das ganze Weltall resp. die gesammten Leistungen in demselben auf chemisch-physikalische Art erklären zu wollen.

Schüttelt man in einem Glaskolben etwas Seifenlösung in der Art, dass der ganze Kolben von einer Anzahl Lamellen annähernd gleichmässig durchsetzt ist, und giesst die überschüssige Seifenlösung ab, so wird man finden, dass dies Lamellensystem auch beim Drehen des Kolbens in Ruhe bleibt. Es fehlt gewissermassen an Raum. Ein solcher Fall würde den Zellen der Braunalgen entsprechen. Zerstösst man nun die Lamellen und schüttelt zur Hervorrufung eines kleinmaschigen Schaumes ein wenig, so hat man in dem Kolben genau dieselbe Menge Lamellensubstanz, nur nicht mehr gleichmässig durch das ganze Innere des Kolbens vertheilt; sondern ein Theil der Lamellensubstanz bildet eine zarte wandständige Lamelle, welche den Kolben auskleidet und unsichtbar ist, der andere Theil ist im Kolben als ein kleinmaschiger Schaum, als kleinmaschiges Lamellensystem neben dem grossen lufteerfüllten Raum — entsprechend dem Zellsaft Raum — vor-

handen; ein Fall, der den meisten vegetativen Zellen höherer Pflanzen, z. B. *Eloдея*, entsprechen würde.

Bewegt man nunmehr den Kolben, so ist für dieselbe Menge Lamellensubstanz, wie im ersteren Falle, der genügende Raum zur freien Bewegung geschaffen, und das feinmaschige Lamellensystem fließt leicht in dem Kolben umher. —

Auf die Entwicklung des gesammten Lamellensystems einer *Chaetopteris* wird später in einer zusammenhängenden Besprechung dieser Frage zurückzukommen sein.

Nachdem auch bei *Chaetopteris* ein Lamellensystem als Grundlage der Zellen erkannt worden ist, möge ein Blick auf das Verhältniss geworfen werden, in dem die Lamellen, der Zellkern, die Chromatophoren und Physoden zu einander stehen.

Es wurde diese Frage schon bei der Besprechung von *Fucus* berührt, und das dort Gesagte trifft auch für *Chaetopteris* zu. Der Zellkern, die Chromatophoren und die Physoden sind hier wie dort den zarten Lamellen eingelagert und werden von diesen straff umspannt. (Vergl. hierzu Fig. 20, welche die Verhältnisse auf dem opt. Durchschnitt zeigt.)

Unter Berücksichtigung des bei *Fucus* Gesagten mögen hier die näheren Beziehungen der erwähnten Organe zur Lamellensubstanz, mit Ausschluss der physiologischen, erörtert werden.

Der Zellkern und die Chromatophoren sind, wie schon mehrfach hervorgehoben, den Lamellen in derselben Weise eingelagert, wie die Physoden. Dennoch besteht ein sehr wesentlicher Unterschied, welcher dadurch bedingt ist, dass Zellkern und Chromatophoren in sich selbst abgeschlossene, selbst noch weiter differenzirte Gebilde sind, während die Physoden in allerengster Beziehung zum Lamellensysteme stehen.

Sowohl den Kern als die Chromatophoren könnte man, wenn es die Grössenverhältnisse gestatteten, mittelst eines feinen Schnittes aus der Lamelle herauslösen. Es würden hierbei plastisch weiche, doch scharf begrenzte Organe erhalten werden, welche selbst wieder einen kunstvollen Bau aufzuweisen haben. Wollte man aber versuchen eine Physode in dieser Weise herauszulösen, so würde dies nicht angehen, denn anstatt eines fest abgeschlossenen Körpers würde ein mehr oder weniger zähflüssiger Tropfen beziehentlich ein Gemisch hervortreten. Bereits in der Abhandlung: „Morphologische und mikrochemische Untersuchungen über die Physoden. Bot. Zeit. 1893“ ist von mir bei Beschreibung der mikrochemischen Reactionen des Näheren auf die mehr flüssige Beschaffenheit des Physodeninhaltes hingewiesen worden. Sehr deutlich zeigt sich dies an den mit Methylenblau gefärbten Physoden der braunen Algen. Bringt man diese auf eine beliebige Art, z. B. durch Abtöten mit heissem Wasserdampf oder Aetherdampf zum Platzen, so tritt eine blaugefärbte, mehr flüssige, als weiche Masse heraus, welche sich im Zellsaft vertheilt.

Der Physodeninhalt ist also demnach kein in sich abgeschlossenes, kunst-

voll gebautes Organ, wie ein Zellkern, sondern es ist ein bisweilen im Inneren differenzirter Tropfen plastischen Baustoffes, welcher jedoch bereits in gewissem Grade individualisirt sein muss; eine Folgerung, die aus den eigenmächtigen Bewegungen hervorgeht, worüber später Weiteres.

Der Physodeninhalt steht zur Lamellensubstanz sicher in viel innigerer Beziehung als der Zellkern und die Chromatophoren, was schon aus dem erwähnten äusseren Zusammenhang hervorgeht.

Der individualisirte Physodeninhalt ist gewissermassen das ausführende Organ des Plastins. Wo Neubildungen stattfinden, sind Physoden betheiltigt. In den gewöhnlichen vegetativen Zellen besorgen sie, indem sie nach Belieben umhergleiten, den Austausch zwischen den einzelnen Theilen der Zelle. Ausserdem sind die Physoden, wie im letzten Kapitel der Abhandlung näher begründet werden wird, als die Athmungsorgane der Elementarorganismen anzusehen.

Wenngleich ich das Wesentlichste über die Physoden bereits in der vorläufigen Mittheilung „Die Physode, ein Organ des Zellenleibes. D. Bot. Ges. 1892“ erwähnt habe, so erscheint es doch gerechtfertigt, hier im Zusammenhang nochmals darauf einzugehen, zumal ich in der betreffenden, vor mehr als 3 Jahren erschienenen kurzen Mittheilung eine irrige Auffassung von dem Aufbau des Elementarorganismus hatte. Vorweg eine Klarstellung hierüber.

Ich glaubte damals in dem stets deutlich sichtbaren Lamellensystem, von dem oben die Rede war, „Protoplasma“, also den inbetreff seiner Struktur so viel umstrittenen Körper, das geheimnissvolle Mixtum Compositum, vor mir zu haben. Die Lamellen (und Bänder, wie ich mich mehrfach fälschlich ausgedrückt habe) hielt ich gleichwerthig mit den bekannten „Protoplasma“-strängen einer *Tradescantiazelle*. Die zarten, bei günstigem Material innerhalb der Platinlamellen nicht selten auftretenden fädigen Differenzirungen, von denen schon mehrfach die Rede war, hielt ich erst für die von verschiedenen Forschern bereits angegebenen sichtbaren Protoplasmafibrillen und Stränge. Bei geeignetem Material war ja an manchen Stellen der Zelle die netzförmige Verbindung dieser Gebilde deutlich zu beobachten. Deshalb war ich der Ansicht, in einigen Theilen der Zelle die „netzförmige“ Struktur des Protoplasma gefunden zu haben. Jedoch schon damals theilte ich mit, dass ich diese netzförmige Struktur nicht über die ganze Zelle verbreitet finden konnte und dass sie sich auch oftmals der Wahrnehmung wieder entzog. (Es beziehen sich diese Beobachtungen auf lebendes Material.)

Thatsächlich sind jedoch die Verhältnisse im vorliegenden Falle — wie überhaupt überall — von bewunderungswürdiger Einfachheit; ich ahnte dies nur seiner Zeit nicht, sondern hielt meine Beobachtungen selbst, als auch die Instrumente für nicht ausreichend.

Erst im Laufe der weiteren Untersuchungen stellte sich heraus, dass die, von einem Theil der betheiligten Forscher an dem Protoplasma höherer Pflanzen gefundene Struktur, welche von anderen Forschern wieder in Abrede

gestellt wird, in dem vorliegenden Falle jedem Beobachter klar vor Augen liegt. Bei *Chaetopteris* wie bei *Fucus* stellt eben das grossmaschige Lamellensystem die „Protoplasmastruktur“ dar, deren Auffindung und richtige Deutung bei dem kleinmaschigen Protoplasma höherer Pflanzen und Thiere so grosse Schwierigkeiten verursacht. Die deutlich sichtbaren Lamellen der Braunalgen sind also durchaus kein „Protoplasma“, sondern einfache Lamellen, wie sie sich zu Tausenden in einem Protoplasmastrang eines *Urticahaares* finden. Es liegt hier nicht etwa ein Wortspiel vor, sondern ein Punkt von ausserordentlicher Wichtigkeit, weil hierdurch die thatsächliche Struktur des Protoplasma angezeigt wird. Es wird hierauf später ausführlich zurückzukommen sein. Das „Protoplasma“ wird infolge dieser Erkenntniss in mehrere so principiell verschiedene Theile zerlegt, dass ich weder eine morphologische, noch eine physiologische Einheit im „Protoplasma“ zu erkennen vermag und diesen Begriff fallen lassen muss. Es wird infolge der Uebersichtlichkeit möglich, eine bestimmtere Definition der einzelnen Theile der Zelle zu geben, und bei Beurtheilungen kommt man nicht so leicht in Verlegenheit zu entscheiden, wohin dieser Theil, wohin jener Theil der Zelle gehört. Die bei den Braunalgen zu beobachtenden fädigen Differenzirungen, welche zu dem früheren Irrthum die Veranlassung gegeben hatten, sind auftretende und wieder verschwindende Stoffwechselprodukte innerhalb der Lamellen.

Es bietet sich also bei den Braunalgen Gelegenheit, das Leben und Treiben innerhalb einer Lamelle zu beobachten, was bei den kleinmaschigen Lamellensystemen höherer Pflanzen mit unseren jetzigen Hilfsmitteln unmöglich ist.

Es ist schon bei höheren Pflanzen, trotz bester Instrumente, meist recht schwierig, sich von dem als Netzwerk erscheinenden Lamellensystem an lebendem Material zu überzeugen. Kommen nun noch, wie es nach den Beobachtungen den Anschein hat und auch nicht anders zu erwarten ist, durch die nur hin und wieder auftretenden und wieder verschwindenden Differenzirungen Complicationen hinzu, welche als stärker lichtbrechende, sich über mehrere Maschen erstreckende, torulös aufgetriebene Fädchen erscheinen, so tritt leicht, da diese Differenzirungen häufig etwas dicker als die Lamellen sind, bei der Beobachtung das zarte Lamellensystem theilweise zurück. Man glaubt in einer homogenen Grundmasse torulöse Fädchen zu sehen die theils aus obigen Differenzirungen, theils aber auch aus zufällig besser sichtbaren Lamellen mit eingelagerten Physoden (Mikrosomen) bestehen. Auf Grund dieser unvollkommenen Beobachtung kann man dann leicht zu der Ansicht gelangen, dass das Protoplasma aus einer mehr oder weniger homogenen Grundmasse mit eingelagerten, theils netzartig verbundenen, theils losen Fädchen bestehe.

Was nun die Beschreibung der sichtbaren Lebensvorgänge innerhalb der Platinlamellen betrifft, so lässt sich im Wesentlichen die Tafel No. XVIII der Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft, Jahrg. 1892, zu Grunde legen

Wen schon in dem zugehörigen Aufsatz die soeben erwähnten Irrthümer in Bezug auf die Deutung des Gesehenen vorgekommen sind, so ändert dies an den Bildern als solchen nichts. Man halte nur fest, dass die doppelt contourirten Linien die Lamellen anzeigen, welche sich nach dem Zellinneren zu erstrecken, ferner dass diese Abbildungen für die oberste Einstellung der betreffenden Zelle gelten, also dass das Blatt Papier gewissermassen als die die Zelle nach Aussen abschliessende Platinlamelle anzusehen ist. Dem Beobachter zugewandt, würde dann die Zellwand zu denken sein; während nach unten zu das Lamellensystem in der angedeuteten Weise (d. h. an den doppelt contourirten Linien) sich erstrecken, und sich im übrigen Theile Zellsaft befinden würde. Es sind in den Figuren nur immer kleine Stücke einer Zelle wiedergegeben, so z. B. würde die Zelle zu Fig. 4 völlig abgebildet ca. 71  $\mu$ m lang sein. Die der Fig. 1 entsprechende Zelle würde immer noch ca. 25  $\mu$ m der Länge nach beanspruchen.

In den von den Lamellen gebildeten Waben befindet sich der Zellsaft als eine vollkommen klare, wässrige Flüssigkeit. Bei etwas tieferer Einstellung verschwindet die uns mit ihrer Fläche zugewandte Lamelle sammt ihren sichtbaren Einlagerungen, und wir erhalten ein Bild, welches uns nur den Durchschnitt der einzelnen Lamellen zeigt. Man erblickt ein scheinbares Netzwerk zarter, stark lichtbrechender Linien, welche in mehr oder weniger regelmässigen Fünf- und Sechsecken angeordnet sind. Da die nunmehr sichtbaren Lamellen senkrecht stehen, so sieht man die eingelagerten Chromatophoren nicht mehr von der Flachseite, sondern in Profilstellung. Fig. 20 dieser Abhandlung zeigt *Chaetopteris* annähernd auf dem optischen Durchschnitt, weswegen eine Anzahl der Chromatophoren in Profilstellung zu sehen sind.

Es handelt sich in der Figur um ein besonderes Stadium der Zelltheilung, weshalb sich in der wandständigen Lamelle nur vereinzelte Physoden vorfinden. Aus beiden erwähnten Figuren wird sich, trotzdem die Abbildungen von verschiedenen Objekten stammen, leicht ein körperliches Bild einer *Chaetopteris*-zelle vorstellen lassen.

Fig. 1 der Physodentafel entspricht ungefähr der Hälfte einer Seite der Fig. 20 dieser Abhandlung. An der Physodentafel zeigt sich nun, dass in einem Stück der wandständigen Lamelle, Fig. 1, eine reichliche Anzahl von Chromatophoren und Physoden liegen. Die wandständige Lamelle ist, wie früher gezeigt wurde, äusserst dünn und verändert ihre Lage nicht. Sie ist selbstredend wegen ihrer Durchsichtigkeit und Lage nicht zu sehen, desto ungetrübter treten alle sichtbaren Veränderungen in ihr hervor. Bei längerer Beobachtung sieht man nun die eine oder andere Physode zunächst ihre Umrisse verändern und schliesslich unter vielfacher Formenveränderung in der Lamelle umherkriechen. Fig. 2 der Physodentafel, wie auch Fig. 22 dieser Abhandlung, stellen solche sehr häufig auftretende Formveränderungen einer Physode dar. In Fig. 22 sind Differenzirungen innerhalb der Physoden sichtbar. Die Physode ist nun nicht etwa an eine Masche des Lamellen-

systems gebunden, sondern sie kann in sämtlichen Lamellen einer Zelle umherkriechen. Besonders in den Hyphenzellen von *Fucus*, die im Bau doch vollkommen einer *Chaetopteriszelle* entsprechen, hatte ich Gelegenheit, grosse Wanderungen der Physoden in dem ruhenden Lamellensystem zu beobachten. In Fig. 13 dieser Abhandlung ist beispielsweise der Weg einer Physode mit rothen Punkten eingezeichnet. Desgl. vergl. Fig. 44. Auch in vielen Fructificationszellen sind grössere Wanderungen nicht selten. Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass es sich hierbei um Geduldsproben handelt. Die fortwährende Beobachtung ein und derselben Physode, 4—5 Stunden und noch länger, darf den Beobachter nicht verdriessen. Uebrigens so einfach und harmlos der ganze Vorgang der Physodenbewegung ist, so fesselnd ist er doch. Nur ungern unterbricht man die Beobachtung. Am interessantesten ist in dieser Beziehung, soweit meine Kenntnisse reichen, jedenfalls *Chaetopteris*.

Bei einiger Uebung sieht man bald, welches eine zur Beobachtung geeignete Physode ist.

In der erwähnten Fig. 1 (der Physodentafel) würden sich voraussichtlich die zwei Physoden eignen, die sich in der linken, unteren Masche befinden. Die untere, mit dem Fortsatz versehene, würde sich gewiss bald unter amöboiden Formveränderungen fortbewegen und mehr oder weniger verzweigte Ausstülpungen treiben. Desgleichen würde die oben in der Ecke befindliche Physode nicht lange auf ihre charakteristischen Eigenschaften warten lassen.

Zur Beobachtung eignen sich durchschnittlich solche Physoden am besten, die scheinbar innerhalb einer Masche des Netzwerkes liegen. Diese gleiten auch besonders leicht in ein und derselben Ebene, d. h. in unserem Falle in der wandständigen Gesamtlamelle über die Berührungslinien der von unten herkommenden Lamellen hinweg. Von innen herkommende Physoden dagegen, welche in die wandständige Lamelle übertreten wollen, bleiben gewöhnlich lange Zeit an der Kante liegen. Die Ueberwindung der scharfen Biegung, es handelt sich in solchen Fällen fast stets um einen rechten Winkel, setzt der wandernden Physode Schwierigkeiten entgegen, welche erst nach und nach überwunden werden. Vorwiegend die in der wandständigen Lamelle befindlichen Physoden zeigen bei längerer Beobachtung die bereits früher beschriebenen reichlichen Formveränderungen und Verästelungen, was ja auch, da hier die Physode gewissermassen mit der Aussenwelt in Verbindung tritt, leicht erklärlich ist. Die Formveränderungen, wie sie Fig. 2 und 5 der erwähnten Tafel XVIII zeigen, kommen grösstentheils Physoden zu, welche in dem Lamellensystem umherwandern.

Die feinen Verästelungen, wie sie die übrigen Figuren zeigen, werden dagegen meist von solchen Physoden gebildet, welche in einem kleinen Distrikte ihre Thätigkeit entfalten.

In diesen Fällen scheint sich eine der wesentlichsten Bestimmungen der Physoden, ihre Wirkungsweise innerhalb der Lamellen, zu offenbaren.

Die in der äusserst zarten Lamelle hängende Physode treibt abwechselnd nach allen Richtungen hin fein verzweigte Aestchen (vergl. Fig. 4—8 der Tafel XVIII), von denen jedes die Lamelle mehr oder weniger auftreibt. Durch das Wiedereinziehen und Entsenden neuer Aestchen kommt der Physodeninhalt fast mit jedem Molekül des kleinen Platinlamellenstückes in Berührung. Die kleinsten Theilchen können so auf die denkbar günstigste Weise Stoffe an die Physode abgeben und andererseits ihr solche entnehmen, zu welcher letzteren Stoffen unter Umständen auch der active Sauerstoff gehören dürfte (vergl. letztes Capitel).

Während dieser Thätigkeit findet kein erhebliches Umherwandern der Physode statt, sondern sie bleibt meist bis zur Vollendung ihrer Arbeit in demselben Lamellenstück.

Wenn der Austausch in diesem Lamellenstück einige Stunden lang stattgehabt hat, zieht die Physode allmählich ihre Aestchen sämmtlich ein und bekommt so wieder das tröpfchenähnliche Aussehen der meisten Physoden.

Häufig wandert sie dann mit neuen Stoffen beladen, unter schwach amöboiden Formveränderungen nach einer anderen Stelle des Lamellensystems. Wie ferner früher gezeigt wurde, gleiten nicht selten Physoden von der Zellwand nach dem Zellinneren, dem Zellkern, zu, welcher letzterem sie sich häufig längere Zeit dicht anschmiegen, voraussichtlich um auch hier Stoffe abzugeben und andere aufzunehmen.

Die Physode tritt auf diese Weise sowohl mit dem gesammten Lamellensystem, als auch mit dem Zellkern in innigste Beziehung und vermittelt unmittelbar zwischen dem Kern und jeder einzelnen Stelle des im vorliegenden Falle ruhenden Lamellensystems. Sie führt gewiss dem Kern plastische Baustoffe zu, welche wohl nicht zum kleinsten Theile in der wandständigen Lamelle gebildet werden, da hier die Chromatophoren liegen und hier Kohlensäure, wie auch Sauerstoffmoleküle, von aussen eindringend, zuerst mit der lebenden, stoffbildenden Substanz in Berührung kommen. — Andererseits wird auch die Physode etwa vom Kern producirt Stoffe an die einzelnen Lamellen vertheilen. —

Auf den gegenseitigen Austausch der kleinsten Lamellentheilchen unter sich wurde bereits oben hingewiesen.

Der direkte Verkehr der Physoden mit den Chromatophoren tritt gegen den Verkehr mit dem Zellkern erheblich zurück, voraussichtlich, da von den Chromatophoren zunächst wasserlösliche, diffusionsfähige, sich also in der gesammten Zelle vertheilende chemische Körper (z. B. Zucker) gebildet werden, die dann, wo sie gebraucht werden, sei es zur Aufbaue, sei es zur Verathmung, sei es zur Bildung von Reservestoffen (wobei z. B. die Stärke als concentrirter Zucker angesehen werden kann), der Umgebung entzogen und verarbeitet werden.

Betreffs der in den Physoden enthaltenen Stoffe habe ich in der Abhandlung „Morphologische und mikrochemische Untersuchungen über die Physoden“ des Näheren gezeigt, dass in den Physoden äusserst reactionsfähige, sich sehr leicht umsetzende chemische Verbindungen vorhanden sind.

Sie enthalten, soweit meine Erfahrungen reichen, bei allen Pflanzen die am leichtesten oxydirbaren Stoffe der Zelle, resp. die am stärksten reducirenden; ein Umstand, der die Bedeutung der Physoden erst in das richtige Licht stellt. Bei den Braunalgen, wo sie eingehender studirt wurden, enthielten sie complicirte aromatische Verbindungen — insbesondere wurde Phloroglucin als Atomcomplex darin nachgewiesen.

Bei anderen Pflanzen, z. B. gewissen grünen Algen war oft kein phenolartiger Atomcomplex in den Physoden nachzuweisen.

Diese Thatsache ist insofern von Wichtigkeit, als dadurch angezeigt wird, dass die Pflanze zum Aufbau des Plastins etc. sich recht verschiedener Atomgruppen bedienen kann und bedient.

An die Bearbeitung der interessanten Frage, ob bei höheren Pflanzen die Eiweisskörper in den Physoden enthalten sind, bin ich leider aus äusseren Umständen nicht gekommen. Ich vermüthe, dass dies der Fall ist, da das Lamellensystem aus Plastin, also aus keinem Eiweisskörper in engerem Sinne besteht. Bei Verfolgung dieser Verhältnisse an reifenden Samen werden sich unter Berücksichtigung der umfangreichen chemisch-physiologischen und agricultur-chemischen Arbeiten gewiss werthvolle Anhaltspunkte ergeben.

Hervorzuheben ist ferner, dass dem Physodeninhalt eine gewisse Vitalität nicht abgesprochen werden kann; es sind nicht leblose Molekülaggregationen, die in dem ruhenden Lamellensystem umhergleiten, und die mit allen Plastintheilchen in Berührung zu kommen suchen, es sind nicht Bewegungen, die sich auf rein chemisch-physikalische Gesetze zurückführen lassen, sondern es sind Bewegungen, denen bereits ein zielbewusstes Streben zu Grunde liegt. Insbesondere bei den Braunalgen lässt sich dies gut verfolgen, da sich dort keine Protoplasmaströmung vorfindet, welche die Physoden an die betreffenden Orte hinführen könnte; sondern hier tritt deutlich zu Tage, dass die Physodenbewegung eine freiwillige ist, dass die Physoden in bestimmten Stadien an den Kern hinwandern, in anderen Stadien an die Stelle, wo neues Plastin, wo eine neue Zellwand aufgebaut werden soll u. s. f. Kurz, jeder Bewegung liegt eine bestimmte Absicht, ein bestimmter Wille zu Grunde. —

Der Schwerpunkt des Lebens, das Grossartigste des Assimilationsprozesses, liegt aber in dem Sichselbstbewusstwerden, in dem Willenskräftigwerden der Materie. Ein Stärkekorn ist todt, an und für sich unbeweglich, der Inhalt einer Physode aber besitzt derartige eigenmächtige und geistige Fähigkeiten, dass er unbedingt als „lebendig“ bezeichnet werden muss. —

Im Uebrigen findet in einer Pflanzenzelle ein so zielbewusstes, ein so geordnetes Leben und Treiben statt, die mannigfaltigen Organe greifen so harmonisch ineinander und ergänzen sich so vollkommen, dass sie einem Staatswesen zum Muster dienen könnte. Die lebenden Theile sind nicht gegen-

seitig subordinirt, sondern sämmtlich, da nöthig, coordinirt. Verlust bezw. Unterdrückung eines Organes würde den Zerfall des Ganzen bewirken.

Betreffs der Physoden ist noch darauf hinzuweisen, dass dieselben ausser unentbehrlichen Regulatoren zugleich Sammelpunkte, Aufspeicherungsorte für bereits individualisirte Materie sind, welch' letztere hauptsächlich eine Vorstufe des Plastins darstellt.

Bei der Besprechung der Zelltheilung wird auf das Ineinandergreifen der einzelnen Theile des Organismus noch einmal zurückzukommen sein.

Ausser den Physoden, welche sich in vegetativen Zellen stets vorfinden, zeigen sich bei *Chaetopteris* häufig, zumal bei längerer Beobachtung, noch als weitere sichtbare Lebenserscheinungen innerhalb der Lamellen die schon mehrfach erwähnten fadenförmigen Differenzirungen. Dieselben stellen ungleichmässig dicke, meist torulöse stark lichtbrechende Fädchen dar (vergl. Physodentafel und Fig. 20 dieser Abhandlung, in welcher ein kleines Stück Differenzirung in entsprechender Grösse eingezeichnet ist). Die Fädchen krümmen sich mehr oder weniger lebhaft hin und her. Gewöhnlich treten in der Nähe der ersten Ausscheidung noch mehrere solcher Ausscheidungen auf und diese können untereinander in Verbindung treten. Es entsteht auf diese Weise schliesslich in der Lamelle ein Netzwerk von verschieden dicken, sich hin und her krümmenden Fädchen. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind es wichtige Stoffwechselproducte. Sie haben durchaus nichts mit der „Protoplasmastruktur“ gemein, wenigstens nicht mit derjenigen „Protoplasmastruktur“, über welche zur Zeit discutirt wird.

Bisweilen treten die Differenzirungen an den Rändern der Chromatophoren auf und entfernen sich allmählich von diesen, so dass es den Anschein hat, als ob die Chromatophoren einen flüssigen Stoff, der sich in den Lamellen vertheilt, ausschieden resp. in ihrer nächsten Nähe erzeugten. Manchmal ziehen sich solche Fädchen zu kleinen Tröpfchen zusammen. Ob dies etwa Physodenanfänge sind, konnte bis jetzt nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Jedenfalls entstehen aber diese Differenzirungen häufig in der nächsten Umgebung von in voller Thätigkeit befindlichen Physoden und treten dann auch mit diesen in direkte Verbindung.

Der Physodeninhalt erstreckt sich hierbei nicht selten in die Fädchen, und es ist dann schwer zu sagen, wo die Physode aufhört und wo die Differenzirung anfängt.

Am besten scheint die Trennung noch mit Methylenblau zu gelingen. *Chaetopteris*-Physoden lassen sich lebend mit sehr verdünnter Methylenblaulösung recht gut färben, und sie behalten, wenn man die Färbung bei Zeiten unterbricht, ihr Bewegungsvermögen bei. An den fädigen Differenzirungen konnte ich dagegen eine Blaufärbung nicht beobachten. Infolgedessen liess sich feststellen, welcher Theil zur Physode und welcher Theil zur zeitweiligen Ausscheidung gehörte. Die durch Methylenblau bisweilen blaufärbten stärkeren Fäden rühren von zufällig langgestreckten Physoden her.

Die Differenzirungen verschwinden nach kürzerer oder längerer Zeit wieder. Ich kann sie nur als intermediäre Stoffwechselprodukte auffassen und hebe nochmals hervor, dass sie mit dem z. B. bei *Urtica* als Plastin-fibrillen erscheinenden Lamellenwerk nicht verwechselt werden dürfen. Sie werden auch dort in den Lamellen auftreten und dadurch die Erkenntniss des ohnehin schon schwer zu erkennenden Netzwerks (Lamellensystem) noch erheblich beeinträchtigen. Es sei daran erinnert, dass diese Differenzirungen besonders bei den sehr kleinmaschigen, längsfibrillär erscheinenden *Fucus*-zellen häufig auftraten und wesentlich zur schwierigeren Erkenntniss des Gesehenen beitrugen, dass uns dort aber die etwas grössermaschigen Nachbarzellen die gewünschte Aufklärung gaben. (Vergl. Fig. 10 u. 11.)

Woraus die Differenzirungen bei den Braunalgen bestehen, darüber konnte ausser einigen negativen Vorproben nichts ermittelt werden.

Während all' der sichtbaren Lebensvorgänge innerhalb der Plastin-lamellen ist an letzteren selbst keinerlei Veränderung zu bemerken. Sie behalten ihre gegenseitige Lage im Wesentlichen immer bei und rufen bei den Braunalgen am wenigsten den Eindruck des Lebenden hervor. Die Chromatophoren zeigen bei den stundenlangen Beobachtungen hin und wieder Formveränderungen. Auch sie können sich dabei in den ruhenden Lamellen verschieben.

Hauptbedingung für diese Beobachtungen ist gutes, lebenskräftiges Material. Junge, üppig sprossende *Chaetopterisscheitel* eignen sich sehr gut dazu. Ueberhaupt sind jugendliche Zellen älteren vorzuziehen. Auch fruktificirende Zellen der verschiedenen Braunalgen sind, zumal in den ersten Stadien, für diese Zwecke recht geeignet.

Man stellt zweckmässig die Objekte gleich mit einer brauchbaren Oel-Immersion (z. B. *Winkel*  $\frac{1}{20}$ ) bei nicht zu greller Beleuchtung ein (zu grelles Licht verwischt die Einzelheiten) und beobachtet dann ruhig. Von Zeit zu Zeit wird das verdampfende Wasser ersetzt, wobei das Deckglas möglichst nicht zu berühren ist.

Ungefähr nach 1—1½ Stunden wird sich das Material so weit an die äusseren Bedingungen gewöhnt haben, dass wenigstens an einzelnen Stellen eine normale Lebensentfaltung erwartet werden kann.

Es lässt sich die Frage aufwerfen: Ist das, was nach mehreren Stunden beobachtet wird, normal oder krankhaft?

Muss die Pflanze unter den geänderten äusseren Bedingungen nicht viel zu sehr gelitten haben?

Diese Fragen sind zu verneinen. Wohl wird zunächst durch die äusseren Eingriffe die Lebensthätigkeit der Zelle gehemmt. Es tritt eine Stockung der Bewegungsvorgänge ein, ähnlich, allerdings schwächer, wie in den ersten Stadien des Absterbens.

Die Physoden runden sich mehr oder weniger ab, sie nehmen tröpfchen-artige Gestalt an und bleiben meist ruhig an ein und derselben Stelle liegen.

Infolgedessen haben sie dazu Veranlassung gegeben, als hyaline Tröpfchen, Oeltröpfchen, Gerbstofftröpfchen, ja sogar als stärkeähnliche Gebilde (Fucosankörner) gedeutet zu werden. (Näheres hierüber und die diesbezügl. Literaturangaben finden sich in der Mittheilung „Ueber die Hansteen'sehen Fucosankörner“, Ber. d. d. bot. Ges. XI. p. 235.)

Nach einiger Zeit beginnt jedoch die Bewegung der Physoden und event. auch der Chromatophoren. Beide, insbesondere aber erstere, nehmen wieder natürliche, ungezwungene Formen an, indem sie mehr amöboide Umrisse bekommen.

Bei erkrankten Zellen dagegen ist das Bild ein völlig anderes. Das Lamellensystem, welches ebenfalls einen Schaum bildet, sieht bei erkrankten Zellen sofort anders aus. Es ist nicht schlaff oder besonders unregelmässig und doch zeigt es nicht mehr jene Frische, wie in gesunden Zellen. Die Lamellen erscheinen nicht mehr als haarseharf aneinanderstossende, äusserst zarte Linien; das Ganze zeigt nicht mehr die innere Kraft. — Alles, die einzelnen Kammern des Lamellensystems, Physoden, Chromatophoren suchen sich abzurunden, wodurch eine solche Zelle sofort ein anderes Aussehen erhält, ohne zunächst im Princip verändert zu sein. Anfangs sind die Chromatophoren noch braun, hier oder dort bewegt sich auch noch eine Physode. Aber nach kürzerer oder längerer Zeit geht die braune Farbe der Chromatophoren in eine grüne über, wobei Strukturen hervortreten scheinen. Dann verschwimmt bald hier, bald dort eine Lamelle genau in der Weise, wie es von makroskopischen Schäumen her bekannt ist.

Ein Ruck — und die Lamelle ist verschwunden. In demselben Moment verändern auch die Nachbarlamellen unter stossweisem Hin- und Herziehen ihre gegenseitige Lage. In der Nähe befindliche Physoden platzen infolge der Erschütterungen u. s. w.

Nach einiger Zeit verschwindet wieder eine Lamelle, dadurch ähnliche Erscheinungen hervorrufend, und schliesslich kommt eine kurze Zeit lang das ganze Lamellensystem einer Zelle in krampfartiges, stossweises Hin- und Herziehen. Ein beträchtlicher Theil der Physoden, besonders die grossen, platzen; die Chromatophoren werden alle gleichmässig grün und runden sich mehr oder weniger ab, meist eine linsenförmige Gestalt annehmend.

Dieser allgemeine Wirrwar dauert nur kurze Zeit, dann hört alle Bewegung in der Zelle auf. Die Zelle ist unter Zurücklassung eines Trümmerhaufens abgestorben, doch ist oft noch ein Theil des leblosen Schaumwerkes erhalten.

Auch dieser Trümmerhaufen bietet noch einiges Interesse, da hieraus mit ein Schluss auf den Aggregatzustand der Plastinlamellen gezogen werden kann.

Im Laufe der Abhandlung hat sich gezeigt, dass die Plastinlamellen vielfach den Gesetzen einer Flüssigkeit folgen. Zumal bei dem Prozess des Absterbens, bei welchem eine Anzahl Lamellen genau in der Weise, wie die Lamellen eines Seifenschaumes platzen, und wobei die Nachbarlamellen in

beiden Fällen nach denselben Gesetzen ihre gegenseitige Lage ordnen, tritt die Aehnlichkeit mit Flüssigkeitsschäumen hervor. (Vergl. das weiter oben bezüglich des Lamellensystemes Gesagte.)

Beim Absterben einer Zelle ist es im Verhältniss nur ein ganz geringer Theil der Lamellen, welcher durch Platzen verschwindet, und zwar findet dieses Zerplatzen der Lamellen nur in den ersten Stadien des Absterbens statt, in dem also die betreffende Plastinlamelle noch nicht abgestorben ist und deshalb noch Elasticität und Contractilität besitzt.

Mit dem Tode hört diese Eigenschaft, wie früher erörtert, sofort auf, und der andere, bei Weitem grösste Theil der Lamellen, fast das ganze System einer Zelle, verliert schnell die erwähnten Eigenschaften. Die hyalinen, straffgespannten Lamellen gerinnen zu feinkörnigen, welken Häutchen, ohne dabei ihr Volumen zu verändern. Die Häutchen bleiben, wie das ursprüngliche System, schaumförmig angeordnet, nur dass jene innere Spannkraft fehlt, und eine allgemeine Schlawheit und zugleich Starrheit Platz gegriffen hat. Zellkern, Chromatophoren und die nicht geplatzen Physoden bleiben wie zuvor in dem veränderten Lamellensystem hängen.

Diese Verhältnisse treten beim gewöhnlichen Absterben der Zelle ein. Es sind also nicht etwa Fixirungsmittel, welche die Lamellen zum Gerinnen bringen, sondern es liegt in dem Wesen der Lamellen selbst, im Augenblick des Absterbens zu gerinnen, ohne ihr Volumen zu verändern. Es führt mithin ein gewisser Energieverlust das vollständige Starrwerden des sonst plastischen Körpers herbei — etwa umgekehrt, wie die Zufuhr von einigen Wärmegraden feste Gelatinemischung in plastisch-weiche Substanz und schliesslich in Flüssigkeit überzuführen vermag. Berücksichtigt man noch die bewunderungswürdige Zartheit der Plastinlamellen, sowie die Consistenz von lebenden, wie durch Abpressen von der Kammerflüssigkeit befreiten Plasmodien, so muss man wohl zugeben, dass die Plastinlamellen in lebendem Zustande Einiges mit Flüssigkeiten gemein haben, dass sie aber thatsächlich eine feste, doch plastische Consistenz besitzen.

Es ist dies auch kaum anders denkbar. Wie wenig Plastinsubstanz, welche doch nur einen sehr geringen Procentsatz des als „Protoplasma“ bezeichneten Gemisches ausmacht, gehört zu einem Organismus! Ob wohl zu einem ausgewachsenen Eichbaum ein Cubikdezimeter Plastinsubstanz gehört?

Ich glaube sicherlich nicht. Und doch giebt diese geringe Menge Substanz dem Baume seine Form. Sie ist es, die aus dem Keimling den knorrigen, stolz in die Lüfte ragenden Baum bildet, die ihm die eigenthümlichen Befruchtungsorgane erzeugt etc. etc. — Die äussere Gestaltung des Organismus ist hauptsächlich das Werk des Plastins und auf seinen Willen zurückzuführen. Damit ist auch gegeben, dass das Plastin jedes einzelnen Organismus ein anderes ist. Zellkern und Chromatophoren haben mit der Ausbildung der äusseren Form der Zelle resp. des Gesamtorganismus wenig oder nichts zu thun. Das Ausschlaggebende in dieser Beziehung ist lediglich

das Plastin-Lamellensystem. Es wächst, es ordnet seine Lamellen in gewissen Abständen oftmals mit sichtlicher Mühe in eine Ebene, in welcher bald darauf Cellulosemoleküle abgeschieden werden.

Beim ferneren Wachsen der Zellwand ist es wiederum das Plastin als die Grundsubstanz der Zellwand, welches wächst, die Form bildet und dabei Cellulosemoleküle in sich einschaltet.

Diese allem Organisirten die Form gebende Substanz kann wohl kaum eine Flüssigkeit sein — im Gegentheil, eine viel Hindernisse energisch überwindende Substanz muss es sein.

Eine Substanz mit eigenem Willen, deren Eigenschaften sich deshalb wohl niemals vollkommen durch chemische und physikalische Gesetze erklären lassen werden, — sicherlich noch nicht erklärt worden sind.

Was das Leben und Treiben der im Inneren der Zelle von *Chaetopteris* gelegenen Theile betrifft, so ist schon mehrfach darauf hingewiesen worden, dass auch hier insbesondere die Physoden den Eindruck des eigentlich Lebenden hervorrufen. Ein Theil derselben führt analog wie in der wandständigen Lamelle theils kleine, theils grössere Wanderungen aus. Ein anderer Theil bleibt auch im Inneren während der Beobachtungszeit ruhig an einer Stelle. Ein bevorzugter Aufenthaltsort, gewissermassen ein Sammelpunkt für die Physoden ist die den Kern umgebende Lamelle. Letzterer ist ja, ähnlich wie die Physoden und Chromatophoren, den Lamellen eingelagert und deshalb in derselben Weise von einer dünnen Schicht Plastin umgeben, wie Physoden und Chromatophoren. Die in diese Lamelle gleitenden Physoden treten mit dem Kern in innigste Berührung.

In jugendlichen Zellen kriechen die Physoden richtig auf und an dem Kern umher. Fig. 20 u. 21 geben ein derartiges Stadium wieder. Die meisten der Physoden zeigen amöboide Umrisse, welche sie während des Abzeichnens häufig veränderten. Dass in der vorliegenden Figur 21 die Physoden vorwiegend auf der einen, und die Chromatophoren auf der anderen Seite des Kernes liegen, ist durch ein bestimmtes Zelltheilungsstadium bedingt. Für gewöhnlich finden sich die Physoden auf allen Seiten des Kernes vor.

In Fig. 20 ist die einseitige Anordnung noch ausgesprochener. Es ist dies derselbe Kern wie in Fig. 21, nur ungefähr 1½ Stunden früher und in anderem Maassstabe gezeichnet. Aus dem Vergleich der beiden Figuren ist die in der erwähnten Zeit vorgegangene Ortsveränderung der Physoden ersichtlich, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Physoden in den verschiedensten Richtungen, im buntesten Durcheinander sich bewegten. — Aus anderen Fällen ist mir bekannt, dass eine Anzahl dieser Physoden später den Kern verlässt und sich in dem Lamellensystem zerstreut. Umgekehrt begeben sich Physoden aus letzterem nach dem Kern, so dass eine Art Kreislauf zu Stande kommt. Bei all' diesem Leben und Treiben innerhalb der zarten Plastinlamellen geht Alles regelrecht von Statten. Es findet nirgends eine zwecklose Anhäufung von Physoden statt, sondern das Ganze macht jederzeit den Eindruck vollster Harmonie.

Es ist keine Beeinflussung irgend welcher Theile sichtbar. Das grossmaschige Lamellensystem verändert seine Lage fast gar nicht. Desgleichen bleibt der im Centrum der Zelle liegende Kern ruhig an einer Stelle, und auch die Chromatophoren verschieben sich während der Beobachtungszeit nur sehr wenig.

Diese stoische Ruhe theilt ferner ein grosser Theil der Physoden, der andere Theil dieser interessanten Gebilde bringt dagegen durch seine amöbenartige Form- und Ortsveränderungen erst sichtbares Leben in eine *Chaetopteriszelle* hinein. Infolge der Grössenverhältnisse und des übersichtlichen Baues ihrer Zellen gewähren die Braunalgen leichter wie andere Pflanzen Einblick in den morphologischen Bau der Zelle und in die intimsten Beziehungen der einzelnen Theile zu einander. Klar und deutlich treten dem Beobachter viele Einzelheiten entgegen, die bei höheren Pflanzen infolge der Kleinheit nicht oder nur undeutlich erkannt werden können, und der sonst im Bau für so complicirt gedachte Zelleib offenbart sich als ein ebenso einfaches, wie kunstvolles Gebilde. Wer von Interessenten Gelegenheit dazu hat, sollte nicht versäumen, sich einige Zeit mit dem Studium der Braunalgen zu befassen. Jeder wird mit neuen Gesichtspunkten herantreten und gewiss günstiges Material zur Beantwortung der ihm vorschwebenden Fragen finden.

Mit dieser Bemerkung wende ich mich nicht nur an den Botaniker, sondern an den Naturforscher überhaupt. Für uns Botaniker ist die Protoplasmafrage äusserst interessant, für andere Naturforscher, ich meine speciell die Mediciner, ist dieselbe aber von hervorragender Wichtigkeit.

Sobald man sich erst über die Struktur eines einzelnen — sei es ein pflanzlicher, sei es ein thierischer — Elementarorganismus in den wesentlichen Punkten geeinigt haben wird, so steht zu hoffen, dass auch die Arbeiten von schwieriger zu beurtheilenden Objekten erleichtert und zu gleichmässigeren Ansichten führen werden.

Ich glaube, dass bei den Braunalgen — wenigstens was pflanzliche Objekte anbetrifft — sich am ehesten übereinstimmende Resultate erzielen lassen werden, aber auch hier jedenfalls, wie allerwärts, nur bis zu einer gewissen Grenze. Doch es handelt sich bei der Protoplasmafrage zunächst nicht um individuelle, sondern um principielle Meinungsverschiedenheiten, und diese letzteren müssen und werden überwunden werden, umso mehr, als es, wie erwähnt, keineswegs eine Frage von nur wissenschaftlichem Interesse ist.

Aus diesem Grunde gestatte ich mir, die Aufmerksamkeit auf diese Objekte zu lenken. —

Bevor ich *Chaetopteris* verlasse, mögen noch die zu Tage tretenden Erscheinungen am Vegetationspunkt und in älteren Zellen besprochen werden.

Der Thallus von *Chaetopteris* zeigt bekanntlich ein ausgeprägtes Scheitelwachsthum, und zwar findet sich der Vegetationspunkt im vorderen Theile der Scheitelzelle. Der dem Thallus zugewandte hintere Theil derselben Zelle

besitzt bereits ein ebenso grossmaschiges Lamellensystem wie die sich anschliessenden jungen Zellen, von welchen bisher die Rede war. Es entspricht also gewissermassen die Scheitelzelle einer ganzen Sprossspitze höherer Pflanzen; nämlich der Summe der Zellen vom Vegetationspunkt bis einschliesslich der jüngsten, fertig ausgebildeten, d. h. bereits mit grösseren Zellsafträumen versehenen Zellen.

Der vordere Theil der Scheitelzelle ist, analog den Zellen des Vegetationspunktes einer Sprossspitze „voll von Protoplasma“. Bemerkte sei, dass in der Scheitelzelle von *Chaetopteris* nur ein Zellkern vorhanden ist, der sich inmitten der Zelle befindet. Er liegt infolgedessen ungefähr auf der Grenze zwischen dem dichten „Protoplasma“ und dem aufgelockerten Lamellensystem.

In dem dichterfüllten vorderen Theil der Zelle lassen sich in den meisten Fällen Einzelheiten nicht erkennen. Kleine Physoden und kleine Chromatophoren, beide annähernd von derselben Grösse, liegen dichtgedrängt, so dass man weiter nichts als ein compactes Häufchen weisser, glänzender Tröpfchen, vermischt mit braunen Chromatophoren, sieht. Bewegungserscheinungen sind hier nicht zu beobachten. Das Ganze ähnelt einem Ei von *Fucus*, oder einer Frucht von *Haplospora*, wenn diese sich in dem Stadium der grössten Dichtigkeit befinden.

Im mittleren Theile der Zelle, in welchem ebenfalls noch eine grosse Anzahl kleiner Physoden und Chromatophoren vorhanden sind, ist diese Lagerung derselben nicht mehr so dicht. Das „Protoplasma“ ist infolge von Wasseraufnahme gelockert. Die anfangs äusserst kleinen Maschen des Lamellensystems erweitern sich zu den grösseren Zellsafträumen; ein analoger Vorgang, wie bei den an den Vegetationspunkt angrenzenden Zellen höherer Pflanzen.

Hierbei ist zwar ein bemerkenswerther, jedoch, wie sich zeigen wird, nicht principieller, sondern nur individueller Unterschied in der Auflockerung des Lamellensystems vorhanden; nämlich bei *Chaetopteris* dehnen sich alle Maschen gleichmässig aus, während bei den höheren Pflanzen nur einige der zahllosen kleinen Kämmerchen bedeutend an Grösse zunehmen und dann den Namen „Zellsafträume“ führen.

Es zeigen sich dementsprechend bei *Chaetopteris* an das dichte Conglomerat anschliessend kleine, gleich grosse Zellsafträume, welche durch zarte Lamellen von einander getrennt werden, in grösserer Anzahl.

Diese Lamellen sind die uns nun schon so oft entgegengetretenen Lamellen des Plastinsystems, welches auch hier der Träger der Physoden und Chromatophoren ist.

Bei den höheren Pflanzen dagegen bleibt das dichte Lamellenwerk grösstentheils erhalten, und nur wenige Maschen erweitern sich, wodurch ein secundär schaumförmiger Aufbau zu Stande kommt. Die Wände dieses groben Schaumwerkes bestehen jedoch erst aus dem feinen Schaumwerk resp. aus der Masse, deren Structurerkenntniss die bekannten Schwierigkeiten

bietet. Ich möchte ganz besonders auf die Auseinanderhaltung dieser beiden Faktoren hinweisen, da dieselben schon mehrfach bei Besprechung der Protoplasmafrage nicht genügend aneinandergehalten worden sind, infolgedessen sie anstatt zur Aufklärung, nur zur Verwirrung beigetragen haben.

Bei *Chaetopteris* ist also von dem Augenblicke an, von welchem überhaupt Struktur- und Anordnungsverhältnisse wahrnehmbar sind, sofort das im Laufe der Abhandlung näher beschriebene Lamellensystem zu erkennen; diesem sind im ersten wie im letzten Stadium die Physoden und Chromatophoren in gleicher Weise eingelagert.

Bei den höheren Pflanzen findet dagegen eine secundäre Auflockerung des Lamellensystems statt, indem nur einzelne Waben sich vergrössern und somit ein grob vakuolisirter Schaum entsteht. Infolgedessen werden diese dicken „Protoplasmaiwände“ von einem feinen Schaumwerk, dem Plastinlamellensystem, gebildet. Zu den Lamellen dieses feinen Schaumwerkes stehen die Physoden in dem erörterten Verhältniss, während sie einer „Protoplasmaiwand“ zu Tausenden eingelagert sein können. Die Lamellen von *Chaetopteris* sind durchaus gleichwerthig mit den ausserordentlich kleinen Lamellen des Plastinwerkes höherer Pflanzen.

Weiter rückwärts, d. h. im ältesten Theile einer Scheitelzelle von *Chaetopteris* ist das Lamellensystem durch weitere Wasseraufnahme noch mehr gelockert. Die Chromatophoren und ein Theil der Physoden sind hier zu ihrer normalen Grösse herangewachsen. Was insbesondere die Physoden betrifft, so sieht man dieselben eifrig bei ihren interessanten Arbeiten. Das Bild in diesem ältesten Theile der Scheitelzelle gleicht vollkommen dem der angrenzenden jungen Zellen, von welchen bisher vorwiegend die Rede war.

Es sind nunmehr die wichtigen Fragen zu beantworten: Besitzt das dichte „Protoplasma“ im vorderen Theile der Scheitelzelle Struktur oder nicht? Ist es eine homogene Masse, welcher Chromatophoren und stark lichtbrechende Tröpfchen ad libitum eingelagert sind, oder ist die wabige Struktur schon hier vorhanden, und sind hier bereits die Chromatophoren und die Physoden äusserst zarten Plastinlamellen eingelagert? Ist also von Anfang an im Princip genau derselbe Bau vorhanden, wie in den übersichtlich gebauten vegetativen Zellen, oder nicht?

Einen Fingerzeig zur Beantwortung dieser Frage giebt die Thatsache, dass unter der grossen Anzahl der beobachteten *Chaetopteris*scheitel einige vorhanden waren, bei denen die wabige Struktur bis an die äusserste Spitze deutlich und zweifellos zu erkennen war. Das Lamellensystem war natürlich kleinmaschiger, als im älteren Theile der Zelle. Anordnung und Verhältniss der einzelnen Zellbestandtheile zu einander waren aber genau dieselben, wie in den früher beschriebenen Fällen, d. h. die Physoden und Chromatophoren waren ebenfalls zarten Lamellen eingelagert.

Zur endgültigen Beantwortung dieser Frage wird jedoch in erster Linie die Entstehungsweise eines solchen Vegetationspunktes zu berücksichtigen sein. Ich muss leider gestehen, dass ich für diesen speciellen Fall die

betreffenden Vorgänge nicht verfolgt habe, obgleich ich sicherlich hunderte Male sehr günstiges Material unter den Händen gehabt habe.

Fast an jedem, im Wachsthum begriffenen Scheitel von *Chaetopteris* wird man die ganze Entwicklungsreihe vor sich haben, da die Seitensprosse ganz analoge Vegetationskegel besitzen wie der Hauptspross, und man in der Regel die Seitensprosse in allen Entwicklungsstadien vor sich hat. Die Seitensprosse entstehen bekanntlich aus rein vegetativen, vollständig übersichtlich gebauten Zellen. Kenntlich sind diese Zellen bereits vor der Bildung der ersten Ausbuchtung, der künftigen Sprossspitze, an ihrem reichlichen Physodeninhalt. Die Physoden befinden sich vorwiegend in dem vorderen, nach aussen zu gelegenen Theile der Zelle und rücken später in die nach und nach entstehende Ausbuchtung hinein.

Anfangs befinden sich in den betreffenden Zellen nur wenige Plastinlamellen, und man müsste hier Gelegenheit haben, die weitere Entstehungsweise bezw. Anordnung der einzelnen Theile zu verfolgen.

Doch da ich, wie erwähnt, die Bildung von Vegetationspunkten resp. von dichtem, sich später auflockerndem „Protoplasma“ für diesen speciellen Fall nicht verfolgt habe, sei es gestattet, Zuflucht zu anderen Objekten zu nehmen, welche in naher Beziehung zu *Chaetopteris* stehen.

Es bleibt sich gleich, ob die betreffende Bildungsweise an vegetativen oder an reproduktiven Zellen beschrieben wird.

Immerhin mögen mehrere Fälle zur Beleuchtung dieser Frage herangezogen werden, und sei es gestattet, zunächst zu einem recht instruktiven Beispiel, nämlich *Giraudia*, zu greifen und aus Zweckmässigkeitsgründen mit der Besprechung der Entstehung von Fruktifications-Vegetationspunkten zu beginnen.

Bei *Giraudia* scheint jeder vegetativen Zelle die Fähigkeit innezuwohnen, in den Fruktificationszustand überzutreten.

Ueber den Bau der vegetativen Zellen sei vorläufig bemerkt, dass derselbe ein leicht zu übersehender und sehr einfacher ist, da nur wenige Plastinlamellen die Zelle durchsetzen. — Es wird späterhin noch des Genaueren davon die Rede sein, und es sollen an dieser Pflanze einige wichtige Punkte besprochen werden, welche hierauf mit Bezug haben. — Bevor sich eine Zelle zur Fruktification anschickt, wird eine grössere Menge plastischen Baustoffes in den Physoden aufgespeichert. Hierauf werden aus der geringeren Anzahl grösserer Physoden eine grosse Menge kleinerer, lebhaft hin- und hergleitender Physoden gebildet. Der plastische, aus eigenem Antriebe arbeitende Baustoff wird dadurch gleichmässiger in der Zelle vertheilt. Nach dieser Baustoffvertheilung treten neue, quer durch die alten Zellsafräume hindurchgehende Plastinlamellen auf.

In welcher Weise dies geschieht, konnte bisher noch nicht durch direkte Beobachtung festgestellt werden. Die neu entstandenen Plastinlamellen besitzen sofort die gewöhnliche Zartheit, und es finden sich in ihnen auch gleich Physoden und event. Chromatophoren. Wenn es gestattet ist, eine Ver-

muthung über die Entstehung der neuen Lamellen zu äussern, so würde ich mich dahin aussprechen, dass sich voraussichtlich zwei gegenüberstehende Lamellen in der Mitte einander nähern, verschmelzen und sich dann annähernd in ihre ursprüngliche Lage zurückbegeben, dabei an der Verschmelzungsstelle eine neue Lamelle bildend. Es würde sich diese Auffassung an den oben beschriebenen Fall anlehnen, in welchem sich erst zwei, allerdings bereits durch eine Lamelle verbundene Plastinflächen, unter Absorption der betreffenden Verbindungslamelle näherten, und dann unter Regenerirung der Lamelle wieder entfernten. (Vergl. Fig. 23.)

Sicher ist, dass die Lamellen quer durch die Zellsafräume hindurch auftreten, so dass letztere dadurch getheilt werden. Durch weiteres Auftreten von Plastinlamellen wird der anfangs lockere Schaum immer dichter, und die Zellsafräume werden, da die Zelle selbst nicht weiter wächst, immer kleiner. Fig. 38 zeigt zwei neben einander liegende *Giraudiazellen*, von denen die eine ein bereits viel kleinschaumigeres Lamellensystem besitzt als die andere. Beide sind Fruktificationszellen. Sie besitzen bereits erheblich mehr Maschenräume, als vegetative Zellen (s. Fig. 37).

In der einen Zelle der Fig. 38 hat bereits die Theilung einiger Chromatophoren begonnen. Das Lamellensystem wird nun nicht mehr erheblich kleiner, wenigstens nicht so klein, dass seine lamellöse Struktur nicht mehr erkennbar wäre. Nach erfolgter Kern- und Chromatophorentheilung findet in den meisten Lamellen Zellwandausscheidung statt, wodurch die Mutterzelle in eine Anzahl Tochterzellen, die Schwärmsporen, getheilt wird. Es tritt also behufs Schwärmsporenerzeugung eine Neubildung von Lamellen und damit eine Verdichtung des Lamellensystems ein. Die Anordnung und die Bedeutung der Physoden und der Chromatophoren bleibt genau dieselbe wie in den vegetativen Zellen. —

Bei den Oogonien von *Fucus* findet ein ganz analoger Vorgang statt, nur wächst hier anfangs die betreffende Zelle noch mit. (Vergl. Fig. 14, 15 u. 16.) Die Physoden, die auch hier immer zahlreicher, aber kleiner werden, gleiten lebhaft in dem Lamellensysteme umher. Nach und nach treten Plastinlamellen gleichmässig in der ganzen Zelle auf. Man hat bei fortschreitender Reife also stets dasselbe Bild, nur in immer kleinerem Maassstabe vor sich. Wie bereits früher erwähnt, begeben sich in einem bestimmten Stadium der Kerntheilung die Physoden und Chromatophoren an den Kern, und zwar die Physoden auf die eine, die Chromatophoren auf die andere Seite desselben. Später vertheilen sich beide wieder gleichmässig in dem der Zelle zu Grunde liegenden Lamellensysteme. Durch weiteres Auftreten von Lamellen werden die Zellsafräume immer kleiner, und da auch die Physoden und Chromatophoren sich vermehren, ist es schliesslich lediglich infolge der dichten Lagerung nicht mehr möglich, die gegenseitige Lage der einzelnen Zellbestandtheile zu erkennen. Die Anhäufung wird allmählich so dicht, dass den Physoden der Platz zu freier Bewegung mangelt. Sie liegen infolgedessen als weisse, stark lichtbrechende

Tröpfchen gleichmässig und dichtgedrängt, vermischt mit den kleinen Chromatophoren, ruhig da. An Stelle des so zierlich gebauten Organismus ist infolge des Immerdichterwerdens — aber unter steter Beibehaltung der bestimmten Anordnung der einzelnen Theile — ein compakter Klumpen stark lichtbrechender Tröpfchen und kleiner Chromatophoren getreten. Die Zelle ist „voll von Protoplasma“.

In diesem Stadium gleicht sie vollkommen einer Vegetationsspitze von *Chaetopteris*, und die *Chaetopterisscheitel* entstehen sicherlich auf analoge Weise.

Nebenbei möchte ich bemerken, dass bei *Chaetopterisscheiteln* interessant zu beobachten ist, wie die kleinen, fortwährend in Theilung begriffenen Chromatophoren doch zugleich vollständig ihre Pflichten als Hauptnährer der Sprossspitze erfüllen; denn eine Nahrungszufuhr von den alten Zellen her ist wohl ziemlich ausgeschlossen, da zwischen der Sprossspitze, welche übrigens quantitativ am meisten Plastin, Physoden und Chromatophoren enthält, und den alten Zellen sich die jungen, selbst in weiterer Ausbildung begriffenen Zellen befinden.

Der gleiche Vorgang wie bei *Fucus* und *Giraudia* findet auch bei anderen Pflanzen statt. Ich müsste immer dasselbe berichten, wenn ich diese Vorgänge nun noch an Sporangien von *Sphacelaria*, *Chaetopteris* und *Ectocarpus*, an *Haplospora*früchten u. s. w. beschreiben wollte. Ueberall tritt an gewissen Stellen der Pflanzen plötzlich eine Neubildung von Plastinlamellen auf. Wenn dann das Lamellenwerk eine gewisse Dichtigkeit erreicht hat, hört in Fruktificationszellen die weitere Bildung von Lamellen zunächst auf. Die entstehende Ruhepause wird zu Kerntheilungen, zur Ansammlung von Physodenstoff, zur Stärkung der Chromatophoren und schliesslich zur Ausscheidung von Cellulosewänden, in sich besonders zu diesem Zwecke anordnenden Plastinlamellen, benutzt.

Mit anderen Worten: Der Zellinhalt theilt sich, unter Beibehaltung der ihm stets zukommenden Organisation, in eine Anzahl kleinerer Theile, in Schwärmsporen, Eier u. s. w. — Jeder dieser Anfänge eines neuen Gesamtorganismus besitzt mithin vom ersten Stadium an die rein lamellöse Struktur. Es tritt also überall dasselbe Princip auf; und doch sieht es bei jeder Species, in jedem Individuum und schliesslich in jeder Zelle anders aus, so dass auch hier in der Einheit eine unendliche Mannigfaltigkeit herrscht.

Die Anzahl der Lamellen in diesen neu formirten Zellen ist bei den verschiedenen Pflanzen eine verschiedene. Die Eier von *Fucus* z. B. erhalten sofort als Mitgift ein dichtes Schaumwerk, bestehend aus einer bedeutenden Menge Lamellen (da sich aus den grossen, dicht erfüllten Oogonien nur 8 Eier bilden). Aehnlich ist es bei den Früchten von *Haplospora*.

Viele Schwärmsporen erhalten dagegen nur wenige Lamellen, ja es scheint sogar vorzukommen, dass sich in der betreffenden Fruktificationszelle in jeder Lamelle eine Membran ausscheidet, so dass jede Schwärmspore nur

eine kugelförmig geschlossene Lamelle besitzt, der dann der Kern, die Chromatophoren und die Physoden eingelagert sind. Diese Lamelle ist selbstredend wandständig, und im Innern derselben befindet sich nur ein Zellsaft-raum. Es wären dies die denkbar einfachsten Organismen. Uebrigens werden sich im Laufe der Abhandlung bei Grün- und Rothalgen Beispiele finden, in denen sich in vegetativen Zellen in der Regel ausser der wandständigen Lamelle nur noch ein oder zwei quer die Zelle durchsetzende Lamellen finden. Diese Zellen repräsentiren also die am einfachsten gebauten Elementarorganismen.

Die erwähnten Schwärmsporen geben, sobald sie sich ungeschlechtlich (d. h. ohne Copulation etc.) fortpflanzen, von der gesammten Entwicklung einer Pflanze recht instructive Bilder. Jede Schwärmspore besitzt dieselben Bestandtheile, wie eine vegetative Zelle; nur sind in ihr die vitalen Eigenschaften eines jeden einzelnen Organs lebhaft angefacht, welche Anfachtung jedoch bereits in der vegetativen Mutterzelle begonnen hat, denn sonst wäre aus letzterer keine Fructificationszelle, keine Schwärmsporenmutterzelle, geworden.

Analog der Bildung des mitunter äusserst dichten, mitunter stets deutlich zu übersehenden Platinmaschenwerkes in den Fructificationszellen erfolgt auch die Bildung in den Hyphenzellen von *Fucus*, also in vegetativen Zellen.

Diese Zellen enthalten vor ihrer Längsstreckung zunächst ein lockeres Maschenwerk mit reichlich in ihm vorhandenen Physoden. Nach diesem Stadium findet auf Kosten der Physoden eine lebhaftete Neubildung von Platinlamellen statt. Da die Zelle selbst sich vorläufig nicht vergrössert, wird das Schaumwerk dichter und dichter, die Physoden wandern fleissig in den Lamellen umher und werden allmählich behufs Neubildung von Lamellensubstanz zum grossen Theile verbraucht. Ausserdem treten sehr oft die mehrfach erwähnten, fädigen Differenzirungen auf.

Das Maschenwerk kann schliesslich so dicht werden, dass die Struktur mit Hilfe unserer besten optischen Instrumente rein fibrillär erscheint, über welchen Umstand bereits bei *Fucus* die Rede war.

Solche Dichtigkeit, wie in dem erwähnten Falle, nimmt aber das Lamellensystem nicht immer an, sondern meist bleibt die lamellöse Struktur in allen Stadien erkennbar.

Wenn in der Zelle ein sehr feines Schaumwerk entstanden ist, hört die weitere Bildung von Lamellensubstanz auf, und nunmehr fängt die Zelle an, in die Länge zu wachsen und sich zu theilen.

Es liegt hier ein intercalarer Vegetationspunkt vor, ähnlich wie in den vegetativen Zellen von *Giraudia*, welche Pflanze ich von dem intercalaren Vegetationspunkt an eingehender verfolgt und in den Berichten der deutsch. botan. Gesellschaft 1892, p. 452 beschrieben habe. Dort ist des Näheren ausgeführt, dass nach Abtrennung der vegetativen Zellen keine weiteren Platinlamellen in den Zellen gebildet werden, sondern dass nur infolge von Wasseraufnahme das am Vegetationspunkt abgetrennte, kleinmaschige Platin-

werk in ein grossschäumiges übergeht, wodurch das Volumen der Zelle bezw. des Gesamt-Organismus um ein vielfaches vergrössert wird.

Ein sehr instruktives Beispiel liefert auch die Fadenalge *Ectocarpus litoralis*, da bei dieser Pflanze sowohl der vegetative, als auch der Fruktificationsvegetationspunkt intercalar entsteht.

In beiden Fällen findet in den sehr übersichtlich gebauten Zellen (s. u.) zunächst eine Physodenanhäufung, und dann eine Neubildung von Plastinlamellen statt.

Nach hierauf erfolgter Kerntheilung ordnen sich in den vegetativ bleibenden Zellen die Lamellen derart an, dass eine zur Längsrichtung des Fadens senkrecht stehende Hauptlamelle gebildet wird, in welcher sich die Zellwand ausscheidet. Jede der Tochterzellen kann dann weitere Plastinlamellen und Zellwände bilden, bis dann die rein vegetative Fortpflanzung des Fadens ihr Ende erreicht. Warum dieselbe ihr Ende erreicht, ist eine der vielen offenen Fragen. Im Uebrigen ist der Vorgang ähnlich wie bei *Giraudia*. Die völlig ausgebildeten vegetativen Zellen besitzen nur wenige Plastinlamellen.

Bei den sich zur Fruktification anschickenden vegetativen Zellen (s. ob.) findet anfangs ebenfalls eine Physodenanhäufung und dann Lamellenausbildung statt. Der Schaum des Lamellenwerkes wird hier etwas engmaschiger. Nach Theilung des Kernes und der Chromatophoren findet Zellwandausscheidung in vielen, wenn nicht in allen Lamellen der Zelle statt, wodurch dieselbe analog wie bei vielen anderen Braunalgen, in eine grössere Anzahl sehr einfach gebauter Organismen, Schwärmosporen, zerfällt.

Aus diesen einzelnen Beschreibungen, denen sich, wie erwähnt, noch solche von anderen Pflanzen anschliessen liessen, geht hervor, dass bei den erwähnten Pflanzen in keinem Entwicklungsstadium ein anderer als der lamellöse Aufbau vorhanden ist.

Es liegt demnach kein Grund vor, für *Chaetopteris* etwas Anderes anzunehmen, zumal eine Reihe von Beobachtungen direkt auf die lamellöse Struktur des Vegetationskegels hindeuten.

Als ein weiterer Nachweis mag noch angeführt werden, dass ich auch bei der Schwestergattung von *Chaetopteris*, bei *Sphacelaria*, in mehreren Stadien der Entwicklung die Struktur des terminalen Vegetationspunktes beobachten konnte. So zunächst in sehr jungen Scheiteln, welche ich von oben her betrachten konnte. In diesen war das Plastinlamellenwerk und die demselben in der bekannten Weise eingelagerten Organe deutlich zu erkennen. Desgleichen war dies der Fall in etwas älteren Stadien, welche sich nur dadurch unterschieden, dass das Schaumwerk bereits engmaschiger war. Die Bilder glichen fast vollkommen den von oben gesehene *Giraudia*-Scheiteln, welche letztere keine Vegetationspunkte, sondern rein vegetative Zellen darstellen. (Vergl. Ber. d. deutsch. bot. Ges. X. Taf. XXIII.) In bereits normal entwickelten Scheiteln von *Sphacelaria* ist die Lagerung der einzelnen Theile in der Regel ebenso dicht und unerkennbar wie bei *Chaetopteris*.

Doch finden sich bisweilen auch hier alte Scheitel, an denen sich der lamellöse Aufbau bis zur Spitze verfolgen lässt.

Es entsteht demnach bei der nächstverwandten Pflanze von *Chaetopteris* der Scheitel in ganz analoger Weise wie in den intercalaren und Fruktifications-Vegetationspunkten, d. h. durch Verjüngung des Lamellensystems. Die Dichtigkeit wird in der Regel, ähnlich wie in einzelnen Fruktificationszellen (*Fucus*), so gross, dass die Anordnung der einzelnen Theile nicht mehr erkennbar ist, doch lässt ein geringer Prozentsatz von Scheiteln die lamellöse Struktur immer erkennen, und bei den anderen Scheiteln ist, sobald überhaupt einzelne Strukturverhältnisse wieder erkennbar sind, sofort die lamellöse Struktur sichtbar.

Es geht hieraus wohl mit Sicherheit hervor, dass bei den in Betracht gezogenen Pflanzen sich nirgends eine Stelle findet, an welcher ein homogener Klumpen von „Protoplasma“ gebildet wird, in welchem sich Flüssigkeitströpfchen ausscheiden, die später zu den Zellsafträumen heranwachsen, dadurch der Zelle ein schaumartiges Aussehen ertheilend.

Es ist vielmehr immer die schaumförmige Struktur das Primäre, und behufs weiterer Entwicklung des Organismus muss die Plastinsubstanz die schon vorhandenen Waben durchsetzen, was stets nur durch Neubildung zarter Lamellen geschieht. Die dadurch entstandenen beiden neuen Waben, wie die neue Plastinlamelle sind sofort gleichwerthig den entsprechenden älteren Theilen der Zelle; sie nehmen auch in kürzester Zeit die Grösse der benachbarten gleichwerthigen Theile an. — So kommt es, dass der Organismus niemals die ihm zu Grunde liegende Struktur ändert, und wenn wir an der einen Stelle ein sehr grobschaumiges, an anderer Stelle ein in seiner Struktur kaum erkennbares Schaumwerk bei demselben Organismus finden, so sind dies nur secundäre, man könnte fast sagen, nebensächliche Unterschiede. Die im letzteren Falle dicht zusammengedrückte lebendige Substanz nimmt später nur mehr oder weniger grosse Wassermengen auf und dehnt sich auf diese Weise um ein Beträchtliches aus, infolgedessen sie mit der Aussenwelt in ausgiebigere Verbindung tritt und ihre Lebensfunktionen besser entfalten kann.

In dem älteren Theile von *Chaetopteris* scheiden sich nach entsprechender Anordnung der Plastinlamellen auch Längswände aus, und zwar in der Art, dass Mark- und Rindenzellen entstehen.

Da neue Plastinlamellen in diesen Zellen — vorausgesetzt, dass aus der Rindenzelle nicht eine Scheitelzelle, ein Vegetationspunkt, entsteht — nicht auftreten, sind nur wenige Plastinlamellen in diesen Zellen enthalten. Sie sind deshalb sehr übersichtlich und einfach gebaut. Die Anordnung und gegenseitige Beziehung der einzelnen Theile entspricht in allen Punkten dem oft erwähnten Schema. In den äusseren Zellen ist die Bewegung der Physoden oft eine recht lebhaft. Insbesondere finden sich nicht selten ganze Haufen winziger Physoden, welche in der betreffenden Lamelle im bunten Durcheinander sich bewegen.

Betreffs der Fructificationsorgane sei erwähnt, dass dieselben auf besonderen Trägern gebildet werden, und dass im Uebrigen derselbe Vorgang, wie bei den oben besprochenen Pflanzen, stattfindet.

Ausser dem oben erwähnten Bestreben des Plastins, mit der Aussenwelt in möglichst ausgiebige Berührung zu treten, ohne dabei jedoch an seiner Festigkeit Einbusse zu leiden, liegt es, wie bereits hervorgehoben, in dem Wesen des Plastins, auch die äussere Form des Organismus zu bestimmen.

Sich selbst unterstützt es zu diesem Ende insofern, als es in gewissen Abständen in einzelnen Lamellen feste Membranen, die Zellwände, ausscheidet.

Nur dadurch ist es dem Platin höherer Pflanzen möglich, oft mächtig in die Höhe zu wachsen, sich in dieser zu entfalten, d. h. sich durch Ast- und Blattbildung auszubreiten und dadurch eine möglichst grosse Oberfläche zu gewinnen. Ohne diese Ausscheidung fester Membranen würde z. B. das Platin eines Eichbaumes nicht den uns so trauten Baum erzeugen können, sondern es würde einen schleimigen, amöbenähnlichen Klumpen, ein Plasmodium, bilden.

Es ist durchaus nicht die Zellwand, welche wächst resp. lebt, sondern das in ihr befindliche Platin, die Grundlage der Zellwand, ist es, welches die erwähnte Formbildung hervorbringt.

Zur Begründung dieser Ansicht möge etwas näher auf die Zellwandbildung eingegangen werden.

Die Zellwände, gewissermassen die Knochen der Pflanzen, werden bei den Braunalgen in derselben Weise gebildet, wie ich es in Kürze bereits für *Giraudia* in der oben citirten Abhandlung (D. bot. Ges. 1892) beschrieben habe.

Was speciell *Chaetopteris* anbetrifft, so beobachtete ich zunächst, dass nach Auseinanderweichung der neugebildeten Zellkerne ein Theil des Lamellensystems spindelförmige Gestalt annahm.

Figur 20 zeigt die Hälfte einer solchen Zelle auf dem optischen Durchschnitt.

Die Anordnung einer Anzahl Platinlamellen erinnert demnach lebhaft an die Spindelfasern nach stattgehabter Kerntheilung. Zumal bei schwacher Vergrösserung war die Aehnlichkeit mit der Kerntonne eine frappante.

Es sei ausdrücklich bemerkt, dass in diesem Falle nicht Fasern, sondern dem Plastinsystem angehörende Lamellen dies Bild hervorriefen.

Aller Wahrscheinlichkeit nach würde eine eingehende Verfolgung der einzelnen Vorgänge wichtige Beiträge zur Erkenntniss der „Kerntonne“ bringen. In der vorliegenden Zeichnung sind die Chromatophoren nach den Zellenden zu gelegen, während die Physoden sich in den die Spindel bildenden Lamellen befinden, und zwar zunächst noch in unmittelbarer Nähe des Kernes. Ausserdem finden sich auch einzelne Physoden und Chromatophoren in anderen Lamellen des Systems vor. Während der mehrstündigen

Beobachtungszeit bewegten sich die Physoden vorwiegend auf und an dem Kern hin und her. Fig. 21 giebt z. B. die Stellung an, die die Physoden nach Verlauf von noch nicht zwei Stunden innehatten. Aus anderen Fällen ist mir bekannt, dass die Physoden nach diesem Stadium sich in dem Lamellensystem zerstreuen, dabei aber zunächst vorwiegend nach der Stelle hinwandern, wo die neue Zellwand gebildet werden soll, — giebt es hier doch Arbeit, an welcher sich die Physoden betheiligen müssen.

Ich fand des Oefteren in jüngeren Zellen von *Chaetopteris* Fälle, in welchen eine Anzahl der Physoden gewissermassen eine die Zelle in zwei gleiche Theile zerlegende Scheibe bildeten. Selbstredend befanden sich sämtliche Physoden in Plastinlamellen.

Es waren dies immer Fälle, in denen nur noch die Zellwandausscheidung fehlte, um die Mutterzelle in zwei neue Zellen zu trennen. Fig. 40 giebt eine Skizze von der Physodenvertheilung in solchen Fällen wieder.

In der Regel wird vor der Zuwanderung der Physoden, sonst kurz darauf, durch gegenseitiges Verschieben der Lamellen eine die Zelle quer durchsetzende Plastinwand gebildet, indem sich eine Anzahl gegeneinander geneigter Lamellen in eine Ebene ordnen. Eine Beeinflussung von Seiten des Kernes ist hierbei durchaus nicht wahrzunehmen, sondern die Lamellen schieben und ziehen sich in ähnlicher Weise hin und her, wie es des Oefteren in vegetativen Zellen, zumal in jüngeren, vorkommt; nach dieser die Zelle in zwei Theile trennenden Lamelle gleiten viele Physoden, wie auch einige Chromatophoren hin. (Vergl. Fig. 86.)

Man sieht an der eigenthümlichen Lage und dem besonderen Verhalten der Physoden sofort, dass ihnen eine besondere Arbeit obliegt — und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach die Materialzufuhr zur Bildung der Cellulosewand. Einen sichtbaren Verbrauch der Physoden konnte ich nicht beobachten, doch hatte ich mehrfach das Glück, an den betreffenden Stellen die erwarteten Cellulosewände auftreten zu sehen. Fast stets findet die Ausscheidung von Cellulose in allen Theilen der betreffenden Lamellen gleichzeitig statt.

Nachdem die Cellulosewand gebildet ist, gleiten die Physoden wieder in die Zelle zurück und verrichten ihre gewöhnliche Thätigkeit.

Im Gegensatz zu dieser simultanen Zellwandbildung hatte ich auch Gelegenheit, einmal eine succedane, allerdings abnormale Zellwandbildung bei *Chaetopteris* zu beobachten. Da der Fall für die succedane Bildungsweise an und für sich nicht ohne Interesse ist, sei es gestattet, ihn im Folgenden näher zu beschreiben.

In der drittletzten Zelle eines im lebhaften Wachstum begriffenen *Chaetopteris*prosses war, als die betreffende Zelle zur Untersuchung gelangte, nur ein Stück der Zelltheilung vor sich gegangen.

Fig. 39 stellt eine Skizze der Zelle vor. Im Stück 1—3 war die Zellwand bereits gebildet. Die beiden Zellkerne A. und B, be-

fanden sich in den Abschnitten 1—4. Die Kerne waren von Physoden und Chromatophoren dicht umgeben. Das Lamellensystem in den Abschnitten 4—8 entsprach noch dem der gewöhnlichen Zellen, nur waren die mittleren Lamellen vorwiegend in der Richtung der neuen Zellwand angeordnet. Auf der Grenze zwischen 3 und 4, also am Ende der bis dahin gebildeten Zellwand, befanden sich Physoden in auffällender Anzahl. Desgleichen waren noch reichlich Physoden und Chromatophoren an der neugebildeten Zellwand. Während der Beobachtung wanderten zunächst die zuletzt erwähnten Physoden und Chromatophoren zu den ihnen zukommenden Zellkernen hin. Zur selben Zeit rückten andere Physoden theils direkt, theils durch die Felder 5 und 6 nach der Mittellamelle zwischen 1 und 4. Ausserdem suchten sich die entsprechenden Plastinlamellen in 4 und 5 in eine die junge Zellwand fortsetzende Ebene zu lagern. Die Physoden von 3 kehrten nun vollends zu ihren Kernen zurück, während diejenigen in Abschnitt 4 sich an die entstehende Ebene immer dichter anschlossen. Nach mehreren Stunden war deutlich wahrnehmbar, dass sich die neue Zellwand ungefähr um die Breite von Feld 4 verlängert hatte, und dass sich eine Anzahl anderer Physoden am Ende dieses neuen Stückes, also zwischen 4 und 5 befand. Da die weitere Beobachtung durch das Hereinbrechen der Dunkelheit verhindert wurde, setzte ich zu dem Präparat Glycerin, worauf sich das Zellinnere, wie in Fig. 39c wiedergegeben ist, zusammenzog.

In den Fächern 1 bis 3 löste sich demnach der Zelleib, wie erwartet, von der neugebildeten Zellwand ab. In Abschnitt 4 war die Verbindung noch eine zu innige.

Ogleich oben bemerkt worden war, dass bei Bildung der Plastinscheidewand eine Mitwirkung des Zellkernes nicht wahrgenommen werden konnte, so scheint doch dieser Fall zu zeigen, dass eine vorangegangene Kerntheilung die Zellwandbildung begünstigt. Im vorliegenden Falle hat sich der Zellkern während der Theilung zufällig im oberen Theile der Zelle befunden, und in folgedessen ist auch hier zuerst die Zellwand gebildet worden.

Eine indirekte, auf chemischem Gebiete liegende Mitwirkung des Kernes an der Zellwandbildung ist insofern nicht ausgeschlossen, als die die Baustoffe herbeiführenden Physoden, soweit meine Erfahrungen reichen, vorwiegend aus unmittelbarer Nähe des Kernes kommen. Es ist aber sehr leicht möglich, dass dies Zusammentreffen insofern zufällig ist, als die Physoden einige Zeit vorher, nämlich vor der Kerntheilung, nach dem Kern gewandert waren, wo den Physoden jedenfalls äusserst wichtige Aufgaben, die Ernährung etc. des sich theilenden Kernes, oblagen.

Wir sehen, es mag die Bildung von Kernsubstanz, von Plastin oder von sekundärer Zellwand vorliegen, stets ist eine sichtbare Betheiligung der Physoden wahrzunehmen. Wir brauchen nur noch die chemische Labilität und die bereits erfolgte Individualisirung des Physodeninhaltes zu berücksichtigen, um ein annäherndes Bild von der Wichtigkeit dieser Gebilde im Leben und Getriebe der Elementarorganismen zu erhalten.

Im Anschluss an obige Ausführungen sei es gestattet, eine Vorstellung über die Bildungsweise der Zellwand mitzuteilen, welche sich Wiesner's Theorie anschliesst.

Wie sich gezeigt hatte, findet zunächst eine entsprechende Lagerung von Plastinlamellen sowohl bei simultaner als auch bei succedaner Zellwandbildung statt, und erst in den Plastinlamellen erfolgt die Celluloseausscheidung.

Ein Unterschied zwischen simultaner und succedaner Zellwandbildung besteht an und für sich nicht; die betreffende Bildungsart hängt davon ab, ob das Plastinlamellensystem infolge seiner Menge und Organisation im Stande ist, eine die Zelle durchsetzende Plastinlamelle auf einmal oder erst nach und nach zu bilden. Das Letztere ist bei sehr feinschaumigem Plastin der Fall, wenn in der Zelle sich ein grosser Saft Raum befindet.

In ausserordentlich starker Vergrösserung sei in Fig. 83 ein Stück Plastinlamelle nebst zwei anstossenden Lamellen wiedergegeben. Zunächst gleiten von beiden Seiten Physoden in die betreffende Lamelle.

Soweit liegen die Verhältnisse bei vielen Pflanzen klar zu Tage.

Die zugewanderten Physoden beginnen nun ihre Thätigkeit und scheiden Cellulose-Moleküle, resp. Stoffe, welche von der Plastinlamelle zu Cellulose fixirt werden, ab. Die Moleküle seien in Fig. 83b mit schwarzen Punkten angedeutet.

In Fig. 83c haben sich die Physoden unter Innehaltung ihrer Stoffausscheidung verschoben, und sind infolgedessen zwei parallele Flächen von Cellulose entstanden, welche dann, nachdem sie durch neue Zwischen- und Auflagerung verstärkt sind, die Zellwand bilden. Fig. 83d würde ein Stadium kurz vor Vollendung der Zellwand andeuten. Es zeigen sich hier zwei parallele Celluloseschichten.

Zwischen denselben und zu beiden Seiten sind reine Plastinflächen von Cellulose frei geblieben. Die beiden äusseren Flächen nehmen durch Zufließen des plastischen Plastinstoffes die gewöhnliche Stärke der Plastinlamellen an. Sie bilden die wandständige Lamelle der neuen Zelle. Die Mittellamelle bleibt äusserst zart. Auch zwischen den Cellulosemolekülen bleibt lebende Plastinsubstanz erhalten, so dass jederzeit neue Cellulosemoleküle als auch andere Stoffe eingelagert, resp. vorhandene Stoffe durch das aktive Plastin umgewandelt und aufgelöst werden können. Es ist hienach der Zelle ein Leichtes, ihre Wand zu vergrössern, letztere theils ganz, theils an einzelnen Stellen zu verstärken und auch nach Bedarf die Cellulose in einen anderen Stoff, z. B. Kork zu verwandeln, mit anderen Worten — die Zellwand bleibt infolge ihres Plastingehaltes lebend.

Infolge davon, dass in der scheinbar einheitlichen Zellwand sich zwei dichtere Celluloseflächen befinden, können sich dieselben leicht ganz oder theilweise von einander entfernen, was ja häufig genug der Fall ist. Dazu ist eine gewisse Geschmeidigkeit der Zellwand nöthig, welche Eigenschaft durch diese Auffassung gewahrt wird. Die weiche Plastinlamelle, inmitten der beiden Cellulosemembranen, setzt dem Auseinanderweichen der letzteren

kein Hinderniss entgegen, sondern sie wird sich theilen und jede der nunmehr selbstständigen Cellulosemembranen als dünne, lebensfähige Schicht bekleiden:

In den Fällen, in welchen die Membran den Gesamtorganismus gegen die Aussenwelt abschliesst, findet ein analoger Vorgang statt, nur mit dem Unterschiede, dass behufs Celluloseabscheidung die Physoden von einer Seite herantreten. Dementsprechend wird eine Cellulosewand gebildet, welche ebenfalls aussen von einer äusserst zarten Plastinlamelle umgeben ist.

Was speziell *Chaetopteris* betrifft, so liegen bei den im Wachstum begriffenen Scheiteln dieser Pflanze die Hauptzuwuchspunkte der Zellwände etwas unterhalb des Scheitels. An dieser Stelle findet also das hauptsächlichste Wachstum der wandständigen, zugleich der Zellwand zu Grunde liegenden Plastinlamelle statt. Dieser ringförmige Theil der Membran ist immer dicht mit Physoden besetzt, was jedoch nicht besonders hervortritt, da die ganze vordere Hälfte der Scheitelzelle voll von Physoden und Chromatophoren ist. Weiter oben ist aber hervorgehoben worden, dass bei Bildung von neuen seitenständigen Sprossen sich die Physoden besonders dort anhäufen, wo die Bildung von Plastinsubstanz und das Ausbuchten resp. Wachsen der Zellwand stattfindet.

Für die Zellwandbildung ist die Anwesenheit von Physoden, wie gezeigt worden ist, geradezu charakteristisch.

Da die Einwirkung von Reagentien weitere Aufschlüsse über die Zellwand giebt, sei zunächst bemerkt, dass beim Behandeln mit concentrirter Schwefelsäure die jungen Zellwände von *Chaetopteris* stark aufquellen, die älteren dagegen fast nicht.

Umgekehrt proportional damit geht der Gehalt an Phloroglucin resp. phenolartigen Körpern.

Beim Aufquellen der jüngeren Zellwand bleibt nun sowohl eine innere, als auch eine äussere, äusserst zarte Haut erhalten. Beide bestehen aus Plastinsubstanz. Das Aufquellen der gesammten Zellwand des jungen Sprosses ist jedoch kein gleichmässiges, sondern, wie aus Fig. 25 hervorgeht, ein periodisches.

Die mit a bezeichneten Zellwände sind solche, die eine Quertheilung der Scheitelzelle hervorgerufen, also an einer noch sehr jungen Zellwand sich angelagert haben, während die mit b bezeichneten durch nachträgliche Quertheilung in älteren Segmenten entstanden sind. Aus der Fig. 25 geht nun hervor, dass die äussere Membran ziemlich fest mit den primär entstandenen Zellwänden (a) verwachsen ist, dass aber auch die sekundären Zellwände (b) noch einen gewissen Einfluss auf die Quellbarkeit ausüben.

Man könnte annehmen, dass, als die primären Zellwände gebildet wurden, die Hauptmembran an den betreffenden Stellen noch besonders arm an quellungsfähiger Substanz gewesen ist, und dass dann in den erwähnten Stellen keine weitere Ausscheidung dieser Substanz erfolgt sei, sodass die äussere Plastinlamelle in verhältnissmässig inniger Verbindung mit der inneren

Zelle geblieben ist. Dies kann aber nicht stimmen, da sonst auch die jugendliche Zellwand der Scheitelzelle nicht so stark quellen dürfte.

Es ist vielmehr anzunehmen, dass an den erwähnten Stellen (a) eine Resorption des quellungsfähigen Stoffes resp. Zellwand stattgefunden hat und zwar, wie sich bei näherer Betrachtung ergibt, zu ganz bestimmten Zwecken. Nämlich durch diese Stellen steht die äussere Plastinlamelle mit dem inneren Zelleib in Verbindung. Es wandern durch diese Verbindungen dieselben oder sehr ähnliche Stoffe in die äussere Plastinwand, wie in den Physoden enthalten sind. Dies ist mit Hülfe einer Reihe von chemischen Reactionen nachzuweisen.

Wie aus Fig. 25 und besonders aus Fig. 26 hervorgeht, tritt dieser erwähnte Stoff hauptsächlich durch die mit a bezeichneten Stellen in die äussere Plastinhaut über. Es muss dies daraus geschlossen werden, dass an den bezüglichen Stellen immer am meisten dieser Stoffe sich befinden.

Dem Anscheine nach werden diese phenolartigen Körper bei wachsenden Zellwänden verbraucht, da bei solchen Zellwänden manche Theile der Plastinmembranen mit Piperonal und Schwefelsäure, mit Vanillin und Salzsäure etc. tiefroth werden, andere Theile dagegen nicht. Man vergleiche die erwähnte Figur.

Das Auftreten dieser sehr scharfen Reaction findet mitunter auch stellenweise in der stark quellbaren Substanz statt.

Fig. 25 zeigt eine Sprossspitze, in welcher im vordersten Theile der erwähnte Fall eingetreten war. Rückwärts, also an der Stelle, wo das intensivste Wachsthum der Zellwand stattfindet, hatte ein vollständiger Verbrauch des betreffenden Stoffes stattgefunden. Besonders dieser Fall deutet auf den Verbrauch der Phenole bezw. des Plastins derselben zur Zellwandbildung hin.

Mit zunehmendem Alter wird die Zellwand mit den phenolartigen Körpern ganz durchtränkt. Sie ist dann auch bei Weitem weniger quellungsfähig, woraus hervorgeht, dass chemische Veränderungen lange Zeit, ja wohl ziemlich sicher während des ganzen Lebens der Zelle, in der Zellwand vorgehen. Diese Veränderungen sind lediglich als Aeusserungen des in der scheinbar festen Zellwand enthaltenen Plastins anzusehen.

Es bedarf wohl kaum eines Hinweises, dass sämtliche Wachsthumsercheinungen und Umbildungen leicht erklärbar sind, sobald als Grundlage der Zellwand nicht ein als todt zu bezeichnender Complex von Cellulosemolekülen, sondern eine lebende, aus eigener Kraft schaffende Plastinlamelle angenommen wird. Infolge der Vitalität und freien Schaffenskraft des Plastins ist die Zellwand einer Reihe von physikalischen Gesetzen nicht unterworfen.

Was die äussere Plastinmembran anbetrifft, so erscheint es fraglich, ob ihr grosse Bedeutung beizumessen ist, da sie durch äussere Einflüsse leicht beschädigt werden kann. Immerhin ist nicht zu verkennen, dass sie, so lange sie intact ist, zur Beförderung von Baustoff für den äusseren Theil der Zellmembran herangezogen wird. Hierbei ist noch zu berücksichtigen, dass vernichtete Plastintheile wieder ersetzt werden können, und zwar sowohl

von aussen, als auch von der inneren Zelle direkt her, da die äussere Plastinschicht durch die Cellulosewand hindurch mit der inneren, geschützten in Verbindung steht. —

Es ist besonders bemerkenswerth, dass auf dem beschriebenen Wege (über a) dieselben oder ganz ähnliche Stoffe in die äussere Platinlamelle befördert werden, wie in den Physoden enthalten sind. Es sind demnach die Stoffe, die wir bereits als wichtigste Baustoffe sowohl für das Platin, als auch die Cellulosemembran kennen gelernt haben.

Da diese Stoffe so verschiedenen Zwecken dienen, ist wohl anzunehmen, dass sich in den Physoden nicht ein chemisches Individuum, sondern eine Reihe verschiedener Körper befindet.

Bemerkenswerth ist, dass der Physodenstoff die äusserste Lamelle gleichmässig durchtränkt, was in inneren Lamellen nie vorkommt. Bei älteren Zellen durchsetzt er, wie bereits erwähnt, auch die Cellulosewand. Bei diesen Betrachtungen ist immer zu berücksichtigen, dass mit einiger Sicherheit nur auf einen kleinen Atomcomplex (Phloroglucin) geprüft werden konnte, und da, wie aus der Arbeit „Morphologische und mikrochemische Untersuchungen über die Physoden. Bot. Zeitung 1893“ hervorgeht, ausser Phloroglucin noch andere, vorläufig kaum zu bestimmende Körper vorhanden sind, ist es leicht möglich, dass diese Körper bei der Zellwandbildung verbraucht werden, während die Phloroglucinverbindung zurückbleibt.

Bei jungen, im Wachstum begriffenen Zellwänden scheint aber das gesammte zuströmende Material verbraucht zu werden, da andernfalls wohl eine gleichmässige Vertheilung in der äusseren Membran stattfinden würde. Der Gesamtverbrauch ist ja leicht erklärlich, wenn berücksichtigt wird, dass bei jungen Zellwänden ausser Cellulose auch noch Platin gebildet werden muss. — Nochmals sei darauf hingewiesen, dass der hier in Betracht kommende Baustoff durchaus nicht als ein lebloser Molekülcomplex aufzufassen ist, sondern dass er bereits eignes Gestaltungsvermögen, mithin Vitalität, besitzt. Insbesondere bei *Chaetopteris*, überhaupt den Braunalgen, ist der Gestaltungstrieb des Physodeninhaltes so mächtig, dass die Physoden alle anderen Organe an sichtbaren Lebenserscheinungen ganz bedeutend übertreffen. Ferner sei nochmals daran erinnert, dass die Physoden die am leichtesten oxydirbaren und deshalb am stärksten reduzierenden Stoffe in der Zelle enthalten. Die dadurch bedingte hervorragende chemische Umsetzungs- und Bildungskraft, unterstützt durch die den Physoden innewohnende Vitalität einerseits und die leichte Beweglichkeit andererseits, lässt es leicht erklärlich erscheinen, dass die Physoden bei allen wesentlichen Neubildungen betheiligt sind, welche Vermuthung durch die sichtbaren Erscheinungen, von welchen im Laufe der Abhandlung die Rede war, durchaus bestätigt wird.

Im Anschluss an die Zellwandbildung sei es gestattet, zu einigen der schwebenden Fragen Stellung zu nehmen, und zwar zunächst zur Appositions- und Intussusceptionstheorie. Wörtlich genommen, wird wohl keine dieser beiden Theorien den Thatfachen entsprechen, sondern die Bildung der Zell-

wand wird sowohl mit Hilfe von Auflagerung als auch mit Hilfe von Zwischenlagerung stattfinden. Man hat bei Aufstellung dieser Theorie im Allgemeinen die physikalischen Gesichtspunkte zu sehr berücksichtigt, und zu wenig der Lebenskraft der Zellwand Rechnung getragen. Es mag dies darin seinen Grund haben, dass z. B. nach Nägeli's Vorstellung die Zellwand aus kleinen Bausteinen fester Substanz, den Micellen, besteht, welche letztere durch Wasser von einander getrennt sind. Das einzelne Micell soll sich nach dieser Anschauung wiederum aus Molekülen derjenigen chemischen Verbindungen zusammensetzen, welche die Trockensubstanz der Zellwand ausmachen. Ich halte diese Auffassung sammt ihren Consequenzen für nicht den Thatsachen entsprechend und bin der Ansicht, dass sich zwischen den Molekülen nicht der chemische Körper Wasser, sondern lebenskräftiges Platin befindet, wodurch völlig andere Bedingungen gegeben sind. Das Platin ist es, welches die Cellulose in Lignin, in Kork, in Schleim u. s. w. umwandelt. Nach dieser Ansicht werden eine Reihe von Einzelheiten leichter erklärlich, wie z. B. die erwähnten chemischen Veränderungen der Zellwand, die Wachsthumsercheinungen derselben u. s. w. Auch steht diese Anschauung nicht in Widerspruch mit bekannten Erscheinungen. Das verschiedene Lichtbrechungsvermögen der einzelnen Schichten ist ebenso leicht mit Hilfe der Annahme von platinreicheren und platinärmeren Schichten erklärbar, wie von wasserreicheren und wasserärmeren. Dasselbe gilt von dem Vorhandensein der verschiedenen Spannungen in den einzelnen Schichtungscomplexen.

Zum Schluss sei noch mit wenigen Worten der Mittellamelle gedacht. Nach der oben besprochenen Ansicht würden die Zellwände benachbarter Zellen durch eine äusserst zarte Platinwand, dem Reste der der Zellwand zu Grunde liegenden Platinlamelle, von einander getrennt sein.

Diese Platinlamelle entspricht, wie bereits erwähnt, der ausserhalb der Zellwand gelegenen Platinsschicht von *Chaetopteris*. In letzterer hatten wir ein Organ kennen gelernt, welches für die Zellwandbildung von Bedeutung ist. In ähnlicher Weise thätig wird auch die Mittellamelle sein. Da dieselbe in der gemeinschaftlichen Zellwand die platinreichste Schicht ist, werden auch in ihr und in ihrer unmittelbaren Nähe die Neubildungen resp. Umbildungen zuerst und am kräftigsten auftreten. Dem entsprechend erreicht z. B. die Verholzung den höchsten Grad in nächster Nähe der erwähnten Mittellamelle. Die Mittellamelle selbst, welche Dippel als Intercellularsubstanz bezeichnet, zeigt auch dieselben Reactionen, wie die äusserste Platinsschicht bei *Chaetopteris*, welche ihrerseits sich verhält, wie die im Innern der Zelle gelegenen Platinlamellen. Nämlich alle drei färben sich mit Jod gelb, sind unlöslich in Schwefelsäure und werden von sehr heftigen Oxydationsmitteln, wie Salpetersäure und chlorsaurem Kali angegriffen. Als bemerkenswerth ist noch hervorzuheben, dass sowohl bei höheren Pflanzen als auch bei *Chaetopteris* mit Zunahme der Phenolreaction in der Zellwand eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Schwefelsäure platzgreift. Der Phenolgehalt (sei es Vanillin, Coniferin oder Phloroglucin)

und die Verholzung der Zellwand scheinen in engeren Beziehungen zu einander zu stehen. Meinen Notizen zufolge scheint sogar Phloroglucin in Vanillin übergehen zu können, wenigstens finde ich angegeben, dass in nicht zu alten Zellen von *Fucus* in der Zellwand Phloroglucin nachweisbar ist, in den älteren Stielzellen dagegen Vanillin.

Welchen Weg diese phenolartigen Körper bei *Chaetopteris* in erster Linie nehmen, ist oben beschrieben worden. Sie gingen darnach zunächst in die äusserste, der Mittellamelle entsprechende Plastinschicht und lieferten von hier aus Baumaterial für den äusseren Theil der Membran. Es wirft sich nunmehr die Frage auf: Auf welchem Wege gelangen die Baustoffe in die Mittellamelle höherer Pflanzen?

Ein Hindurchsickern der Stoffe durch die Celluloseschicht ist zwar möglich, scheint aber weniger vorzukommen.

Schon bei *Chaetopteris* zeigte sich, dass diese Körper einen bestimmten Weg nehmen. Bei höheren Pflanzen ist nun in der Regel ein ähnlicher Weg offen. Die Mittellamelle steht nämlich dort durch die Tüpfel in innigem Zusammenhang mit dem Plastin der Zelle. Die Schliesshäute der Tüpfel, welche bekanntlich mit der Mittellamelle in direktem Zusammenhange stehen oder vielmehr Theile derselben sind, werden wohl häufig nur aus einer Plastinlamelle bestehen. Direkte Untersuchungen habe ich hierüber nicht angestellt. Ein Hinweis für den Zusammenhang des Plastins mit der Tüpfelmembran kann aber darin erblickt werden, dass mit dem Schwinden des Ersteren nicht selten auch das der Letzteren verbunden ist.

Dass die Mittellamelle selbst ihren Reaktionen zufolge wohl ziemlich sicher aus Plastin besteht, wurde bereits erwähnt.

Wie es jedoch mit der Identität der beiden Zellbestandtheile auch bestellt sein mag, jedenfalls ist die erwähnte Stelle sehr geeignet, die Verbindung zwischen der Mittellamelle und dem Plastinsystem der Zelle herzustellen. Es können auf diesem Wege nöthige Stoffe zur Zellwandbildung an die äussere Seite der Zelle gebracht werden, als auch eventuell schädliche Stoffe in den Intercellularraum abgesondert werden.

Um Missverständnissen vorzubeugen, sei noch bemerkt, dass die Mittellamelle wohl der Mittelplatte Dippel's entsprechen wird.

### **Sphacelaria.**

Die *Sphacelaria*arten gleichen im feineren Aufbau ihrer Zellen fast vollkommen *Chaetopteris*. Es gilt also für die *Sphacelaria*arten im wesentlichen das von *Chaetopteris* Gesagte.

Besonders erwähnenswerth ist hier die bisweilen sehr stark ausgeprägte amöboide Bewegung der Chromatophoren. Da hier kein kleinschaumiges Plastin, wie in höheren Pflanzen, die Chromatophoren umgiebt, sondern die Chromatophoren in erheblich grösseren Lamellen als sie selbst sind, liegen, lässt sich klar und deutlich entscheiden, welche Bewegungen die Chromatophoren selbst ausführen, und welche Bewegungen ihnen durch das Plastin

resp. dessen Bewegungen aufgezwungen werden. Aus den diesbezüglichen Beobachtungen geht hervor, dass den Chromatophoren eine eigene amöboide Bewegungsfähigkeit zukommt, dass sie sowohl ihre Form aus eigenem Antriebe ändern als auch in dem feststehenden Lamellensysteme sich fortbewegen können. Da beabsichtigt ist, später im Zusammenhange auf die Chromatophoren zurückzukommen, so sei an dieser Stelle nur auf die Formveränderungen, die an einem Chromatophoren innerhalb ca.  $\frac{3}{4}$  Stunden wahrzunehmen waren, und welche in Fig. 24 wiedergegeben sind, hingewiesen, desgleichen auf die schon mehrfach erwähnten Chromatophorenwanderungen von der Zellwand nach dem Zellkern und umgekehrt, wobei eine Bethheiligung des Plastins nicht stattfindet, sondern welches durchaus eine Eigenthümlichkeit der Chromatophoren selbst ist.

Ein weiterer Punkt, auf den ich die Aufmerksamkeit lenken möchte, ist der, ob es bei diesen übersichtlich gebauten Organismen möglich sein wird, tiefer in die Erkenntniss des Zellenlebens einzudringen, z. B. in Beantwortung der Frage: wo liegen trotz ihrer Aehnlichkeit im Zellaufbau die specifischen Unterschiede (selbstredend nur nach einer Richtung) zwischen dem Plastin von *Chaetopteris* und *Sphacelaria*, zwischen den einzelnen *Sphacelaria*-arten, etc.? Lassen sich hier bereits kleine, äusserliche Unterschiede wahrnehmen oder nicht? Mit allem Vorbehalt sei erwähnt, dass, soweit mir erinnerlich ist, das Plastinsystem von *Sphacelaria* trotz seines graziösen Baues nicht so gleichmässig und regelmässig gebaut ist wie das von *Chaetopteris*. Wenn dies der Fall sein sollte, so würde der Unterschied zwischen der regelmässig gebauten *Chaetopteris* und der unregelmässig verästelten *Sphacelaria* bereits im Plastinsystem ausgeprägt sein, resp. die Verästelungsart wäre nur als eine Folge des specifisch gebauten Plastinsystemes anzusehen. Bei Berücksichtigung weiterer Fragen nähern wir uns dem dunklen Gebiete der Erbllichkeit in der Richtung, dass wir die dabei statthabenden morphologischen Unterschiede des Plastins zu ergründen suchen.

Ein noch einfacheres und infolgedessen vielleicht noch günstigeres Vergleichsmaterial zur Beantwortung dieser Fragen liefern *Ectocarpus* und *Pylajella*. An diese Untersuchungen anschliessen könnte man *Fucus vesiculosus* und hier sehen, ob es schon an dem Plastin junger Pflänzchen möglich ist zu entscheiden, ob die Pflanze ein männliches oder ein weibliches Exemplar wird u. s. w. u. s. w., bis man sich schliesslich die Frage vorlegen kann: Ist die Ausbildung des Geschlechtes vielleicht nur eine Folge davon, dass sich das Plastinsystem des neuen Organismus der specifischen Plastinsystemanordnung des Spermatozoid oder der des Oogonium unterordnet.

Anhangsweise möge hier noch von einem interessanten Fall berichtet werden, auf den ich im Fasaneriepark bei Wiesbaden durch den betreffenden Förster aufmerksam gemacht wurde. Es handelte sich um einen Bastard zwischen zwei Bäumen, und zwar meines Erachtens zwischen einer Weissbuchen- und einer Eichenart. Die Bastardirung charakterisirte sich dadurch, dass der ca. 4 m hohe und entsprechend breite Busch durchweg

verschiedene Blätter hatte. Ich habe mir ca. 3 m über dem Boden ein noch nicht  $\frac{1}{2}$  m langes Zweiglein abgeschnitten, an welchem sich c. 15 zweifellose Buchenblätter und ungefähr ebensoviele missgestaltete Eichenblätter befinden. Obgleich der betreffende Zweig resp. sein Mutterast und dessen Hauptast etc. verschiedene Male einem gemeinsamen Vegetationspunkt angehört haben, haben sich doch immer die Eigenthümlichkeiten der Eltern die Waage zu halten gesucht, indem ein Aestchen vierter und fünfter Ordnung resp. dessen Vegetationspunkt sich bald zur Hainbuche, bald zur Eiche auszubilden suchte. Soviel ich in Kürze beobachtet habe, neigt immer der untere Theil sowohl des ganzen Busches, als auch jedes einzelnen Seitenästchens der Buchenart zu, während die Spitze des Baumes, als auch die der einzelnen Zweige bemüht sind, ihrem Aeusseren die Gestalt der Eiche aufzuprägen.

Ein etwaiges Nebenhergehen von Zellreihen verschiedener Herkunft ist hier ausgeschlossen. Die Verschmelzung des Plastins und der übrigen Zellbestandtheile hat offenbar regelrecht stattgefunden. In jeder einzelnen Zelle steckt die Möglichkeit zur Buche oder zur Eiche überzuschwenken. Die Kraft der Eiche ist allerdings wenigstens äusserlich der Buche gegenüber etwas geschwächt, indem es zwar das Plastin fertig bringt, die der Eiche zukommenden Blattlappen zu erzeugen, doch ist es nicht im Stande die angefangene Arbeit korrekt durchzuführen, sondern die Buche setzt ihrerseits den Lappen des Eichenblattes die der Buche charakteristische Zähnelung auf. Fig. 84 und 85 geben 2 kleine Blätter desselben Zweiges (nach getrocknetem Materiale gezeichnet) wieder.

### **Ectocarpus.**

(Vergl. hierzu Fig. 28—34, nebst Erläuterungen.)

Die *Ectocarpus*arten sind im Gegensatz zu den beiden bisher besprochenen Gattungen Pflanzen von sehr einfachem Bau. Es zeigt sich dies in ihrem Aeusseren darin, dass sie nur aus Zellfäden bestehen. Es wäre demnach vielleicht zweckmässiger gewesen, mit diesen einfachen Typen zu beginnen. Doch da sie an und für sich nichts Anderes bieten, und *Chaetopteris* diejenige Pflanze ist, mit der ich mich am liebsten beschäftigt habe, so mag diese Reihenfolge gerechtfertigt sein.

Die Zellen selbst bieten nach dem bisher Erörterten nichts principiell Neues mehr. Es liegt ihnen, wie allen anderen Zellen, zunächst wieder ein Lamellensystem zu Grunde. In den gewöhnlichen Vegetationszellen ist dies Lamellensystem sehr grobmaschig, so dass bisweilen nur wenige Lamellen diese grossen Zellen schaumförmig durchsetzen. Die einzelnen Lamellen sind hier ebenfalls von einer bewunderungswürdigen Zartheit. Sie erreichen bei den eigentlichen *Ectocarpus*arten wohl kaum die Dicke von  $\frac{1}{15}$   $\mu$  und sind oft nur mit Mühe zu erkennen. Ich sah die Lamellen besser hervortreten, wenn ich die Pflanzen in einer hellroth gefärbten Eosinlösung beobachtete. Eine genaue Messung war nicht möglich, da die Lamellen bei einer so

starken Vergrößerung, dass die einzelnen Abtheilungen eines Zeiss'schen Mikrometers die natürliche Grösse direkt in  $\mu$  anzeigten, erheblich dünner waren, als die die einzelnen Abtheilungen trennenden Theilstriche des Maasses.

Soviel mir erinnerlich ist, ist das Lamellensystem bei den *Ectocarpus*-arten mit bandförmigen Chromatophoren grobmaschiger, als bei *Ectocarpus Pylajella* (mit bisquitförmigen Chromatophoren). Immer aber schwankt bei in Wachstum begriffenen Pflanzen die Maschengrösse in den einzelnen Zellen ganz erheblich. Es lässt sich besonders bei *Pylajella* oft sehr schön beobachten, welchen Schwankungen die Wabengrösse in Nachbarzellen unterworfen sein kann.

Als Erläuterung möge folgendes Beispiel dienen. In einem kleinen, unter demselben mikroskopischen Gesichtsfelde befindlichen Stückchen von *Pylajella* wurden folgende durchschnittliche Wabengrößen gemessen:

- 1) in sich theilenden Zellen, solche von 4  $\mu$  Länge und 4  $\mu$  Breite,
- 2) in bereits etwas älteren vegetativen Zellen, solche von 13  $\mu$  Länge und 10  $\mu$  Breite,
- 3) in einer älteren vegetativen, dem Hauptast angehörenden Zelle, solche von 23  $\mu$  Länge und 17  $\mu$  Breite.

Bei Berechnung des Kubikinhaltes der Waben ergeben sich (unter gleichen Fehlerbedingungen) etwa folgende Werthe:

- 1)  $4 \times 4 \times 4 = 64$  mithin 1 Wabe im Durchschnitt = 64 cb $\mu$ .
- 2)  $13 \times 10 \times 12 = 1560$  = 1 : : : = 1560 :
- 3)  $23 \times 17 \times 20 = 7820$  = 1 : : : = 7820 :

Also in demselben mikroskopischen Präparate schwankte in vollständig gesunden und durchaus klar zu übersehenden Zellen die Wabengrösse von 64 cb $\mu$  bis 7820 cb $\mu$ ! Die eine Wabe ist mithin über 120 mal grösser als die andere; und trotz dieser Verschiedenheit wird kein Beobachter über die Gleichwerthigkeit der einzelnen Zellbestandtheile auch nur einen einzigen Augenblick in Zweifel sein.

Die verschiedenen Waben in den einzelnen Zellen sind meist verschieden gross, doch kommen solch grosse, wie oben erwähnte Schwankungen nicht vor. Die verschiedene Grösse der Waben in den einzelnen Zellen tritt besonders bei Contraction mittelst Zucker etc. hervor. Selbstredend muss hierbei der durch den Wasserverlust entstehende Fehler in Betracht gezogen werden. Bei der Contraction zeigt sich auch hier, dass die wandständige Lamelle in allen Stücken einer im Inneren der Zelle befindlichen Lamelle entspricht.

Die Grösse der Waben hängt auch hier im Wesentlichen von dem Alter und der augenblicklichen Bestimmung der Zelle ab. In alten ausgewachsenen Zellen sind die Waben am grössten, in jungen, in Theilung begriffenen Zellen am kleinsten. In allen Fällen ist aber die Schaumnatur des der Zelle zu Grunde liegenden Lamellensystemes leicht zu erkennen.

Was die Entstehung der Waben resp. der Lamellen betrifft, so entspricht

dieselbe vollkommen der der früher besprochenen Pflanzen. In den vegetativen Vegetationszellen werden die Waben (Zellsafträume) durch die Bildung neuer Lamellen getheilt. Ueber ein Mindestmaass geht die durch die Neubildung von Lamellen entstehende Verkleinerung des Lamellensystemes nicht hinaus, so dass hier, wie oben erwähnt, stets die Schaumnatur klar und deutlich erhalten bleibt. Sind genug Plastinlamellen — dieselben sind selbstredend die Hauptsache — und mit ihnen Waben gebildet worden, so wird ein Theil des Lamellensystemes mite inem inzwischen neu gebildeten Kerne und einer Anzahl Chromatophoren als eigenes Individuum abgeschieden. Es erfolgt dies gleichfalls in der früher beschriebenen Weise, d. h. zunächst ordnen sich eine Anzahl Plastinlamellen in eine die Zelle quer durchsetzende Ebene an. In letzterer findet die Zellwandausscheidung statt, so dass die die Ebene bildenden Lamellen der Fläche nach gespalten zur einen Hälfte der alten, zur anderen Hälfte der neuen Zelle angehören. Des Weiteren sei auf das bei *Chaetopteris* Gesagte verwiesen.

Auch die Bildung der Fortpflanzungsorgane findet principiell in derselben Weise, wie bei den früher beschriebenen Pflanzen statt; höchstens insofern in etwas primitiverer Weise, als bei *Pylajella* nicht wie bei *Chaetopteris* besondere Aestchen gebildet werden, sondern dass einfache vegetative Zellen sich in Fructifikationszellen umwandeln. Bei den *Ectocarpus*arten im engeren Sinne finden sich bereits besondere Träger für die Ausbildung der Fortpflanzungsorgane. Im Uebrigen ist der Vorgang innerhalb der Zellen derselbe wie bei *Chaetopteris* etc. Es findet zunächst eine Steigerung der Lebensthätigkeit der Zelle statt, welche sich in sichtbarer Form zuerst darin äussert, dass eine grössere Menge plastischen, individualisirten Baustoffes, d. h. dass eine grössere Menge Physodenstoff gebildet wird. Hierdurch gewinnt die Zelle verschiedene Vortheile. Zunächst verschafft sie sich einen grösseren Vorrath von Baumaterial. Ausserdem ist derselbe, wie früher gezeigt wurde, bereits zur Lebensthätigkeit angefacht und von ausserordentlicher chemischer Reaktionskraft. Es sei nur auf seine hohe Oxydationsfähigkeit hingewiesen, welche wohl so aufzufassen ist, dass der vitale Physodenstoff theilweise zur Verathmung, und die Physode selbst als Athmungsorgan und Sauerstoffüberträger dient. Jemehr nun solche, die Athmung befördernde Stoffe vorhanden sind, desto grösser kann dieselbe ausfallen, und desto grösser ist die dabei entstehende, der Zelle zu gute kommende lebendige Kraft. Sichtbar äussert sich dieser Vorgang in der Weise, dass, nachdem die Hauptanhäufung von Physodenstoff stattgefunden hat, so dass z. B. die Zellen von *Pylajella* mit Ueberosmiumsäure behandelt, total schwarz werden, ein Wiederverbrauch dieses Stoffes beginnt. Hand in Hand damit findet die Entstehung von Plastinlamellen, Kernen, Chromatophoren und Zellwänden statt, und zwar Alles in verhältnissmässig kurzer Zeit und dabei doch in reichlicher Menge. Ist dieser Vorgang beendet, sind also die Schwärmsporen gebildet, so ist fast der ganze Physodenstoff und mit ihm die leicht oxydirbaren, also lebendige Kraft und Baumaterial liefernde Substanz verbraucht. Der ganze

Zellinhalt befindet sich in einem bedeutend höheren Oxydationsstadium als vorher, und es sind vorwiegend nur noch chemisch ziemlich stabile Körper wie Plastin, Kerne, Chromatophoren u. s. w. vorhanden, welche unter normalen Bedingungen nicht weiter verbraucht werden und demgemäss auch nicht als Kraftquelle dienen. Infolgedessen findet auch äusserlich zunächst eine Stockung der Lebenserscheinungen statt. Die nächsten Vorgänge entwickeln sich langsamer und ruhiger, und die erste wieder sichtbare Aufgabe besteht darin, dass wieder jener, theilweise bereits lebendige, so leicht oxydable und selbst oxydirend wirkende Stoff, der Physodenstoff, gebildet wird. Ist hiervon wieder Vorrath geschaffen, dann geht die Arbeit weiter, dann ist wieder der nöthige Baustoff und die nöthige Kraftquelle zur weiteren Entwicklung des neuen Organismus vorhanden. Es zeigt sich mithin, dass die Physoden eine mannigfaltige Funktion haben, und dass in ihnen keineswegs ein einfacher Zellinhaltsstoff vorliegen kann. (Vergl. hierzu Fig. 33.)

Diesen verschiedenen Bestimmungen gemäss finden sich auch bei den *Ectocarpus*arten genau wie bei den anderen beschriebenen Pflanzen die Physoden als leichtbewegliche, das ganze Lamellensystem nach Belieben durchkreuzen könnende und dadurch mit den wichtigeren Organen (Kern, Chromatophoren) in direkte Verbindung tretende Organe. Man sieht auf den ersten Blick die mannigfaltigsten Formen, und Physoden von minimaler Kleinheit bis zur Grösse von 2  $\mu$  bis 3  $\mu$ . Im Zusammenhange möge später gezeigt werden, dass der Inhalt zwar im Wesentlichen derselbe, aber doch nicht der gleiche ist. Wie könnte er auch seiner Funktion entsprechend immer gleichartig zusammengesetzt sein?

Auch hier zeigt sich, dass die Beweglichkeit der Physoden in jungen und jüngeren Zellen eine regere ist. In alten Zellen liegen die Physoden vielfach in träger Ruhe da. Nur die eine oder andere bewegt sich ein wenig. Das jugendfrische Leben ist hier erloschen. Plastin, Kern und Chromatophoren, Alles ist völlig entwickelt; die Lebensthätigkeit ist eine recht geringe, und in folgedessen haben die sonst so eifertigen Physoden wenig zu thun. Immerhin ruht das Plastin nicht gänzlich in seiner Thätigkeit, sondern es verarbeitet die von den Chromatophoren producirten Stoffe, wohl ziemlich sicher hierbei in mannigfaltiger Weise unterstützt von den Physoden und dem Kern, zu neuem lebendigem Physodenstoff.

Aus welchem Grunde diese Anhäufung solch werthvoller Stoffe stattfindet, scheint auf den ersten Blick, da die meisten dieser Zellen späterhin einfach untergehen, gewiss für manchen nicht recht einleuchtend. Ich kenne einen sehr wichtigen Grund dafür, der mir diese als auch tausende andere scheinbare Verschwendungen der Natur einfach und glatt erklärt: Es ist die Bestimmung der Pflanzen für Tausende und Abertausende anderer Wesen die Nahrung zu schaffen. Wie armselig würde es mit der Thierwelt aussehen, wenn in der Pflanzenwelt das System der Sparsamkeit, dasjenige des Egoismus herrschte?

In älteren Zellen liegen die Physoden entweder in dicken Klumpen um

den Kern herum, oder sie bedecken auch mehr oder weniger grosse Flächen des Wandbeleges. Vergl. Fig. 28 u. 29. Im letzteren Falle finden sich nicht selten gürtelförmige Bänder, die die Zelle quer durchziehen.

In diesen Stadien liegen die Physoden oft so dicht aneinander gelagert, dass sie wie verschmolzen erscheinen. Bei genauer Beobachtung kann man aber in der Regel die einzelnen Physoden trennenden Plastinlamellentheile erkennen. Klar tritt das Verhältniss zu Tage, wenn man eine wasserentziehende Flüssigkeit (Glycerin) vorsichtig darauf einwirken lässt. Es runden sich dann die einzelnen Physoden ab, und es zeigt sich, dass jede einzelne Physode ihre normale Grösse beibehalten hat (s. Fig. 34).

Was das Vermögen der amöboiden Formveränderung der Physoden anbetrifft, so ist dasselbe bei den *Ectocarpus*arten auch sehr entwickelt. Besonders lassen sich die amöbenartigen Wanderungen in den oft sehr grossen Lamellen schön beobachten. Die feine Verästelung scheint hier aber nicht so schön ausgeführt zu werden, wie bei *Chaetopteris*.

Betreffs der mannigfaltigen Anordnung der Physodenanhäufung sei noch auf ein Stadium besonders hingewiesen. Es ist dasjenige, wie es Fig. 28 von *Pylajella* wiedergiebt. In der wandständigen Lamelle finden sich ganze Flächen dicht mit Physoden besetzt; doch nicht so dicht, dass eine scheinbare Verschmelzung stattgefunden hätte; sondern zwischen den einzelnen Physoden bleibt immer ein kleines Flächenstück, welches, selbstredend aus Plastin bestehend, etwas heller erscheint als die Physoden. Man glaubt deshalb auf den ersten Augenblick ein zartes Netzwerk zu erblicken und kann anfangs in dieser Meinung besonders dann bestärkt werden, wenn sich zwischen den grösseren, mehr amöboide Formen besitzenden und deshalb nicht so stark lichtbrechend erscheinenden Physoden kleinere, runde, stärker lichtbrechende Physoden befinden. Eine nähere Untersuchung zeigt aber, dass dies Netzwerk nur eine zufällige Erscheinung ist, hervorgerufen durch die besondere Anordnung der Physoden, im Uebrigen aber mit Strukturverhältnissen nicht das Geringste zu thun hat.

Dasselbe ist der Fall bei den, auch bei den *Ectocarpus*arten häufig auftretenden, fadenförmigen und torulösen Differenzirungen. Es handelt sich auch bei diesen Pflanzen um sichtbare Stoffwechselforgänge innerhalb der letzten morphologischen Abtheilung des „Plasma“, nämlich innerhalb der Plastinlamellen.

Es kann hiermit die Gruppe der *Ectocarpen* verlassen werden. Es hat sich gezeigt, dass die Zellen auf den ersten Anblick anders aussehen als z. B. eine Scheitelzelle von *Chaetopteris*, dass aber bei allen bisher betrachteten Zellen, gleichviel ob vegetative oder Fruktifikationszellen vorliegen, bei näherer Betrachtung sich in allen Zellen genau dieselben Bestandtheile und zwar in derselben gegenseitigen Beziehung vorfinden. Es ist in dieser Hinsicht gleich, ob wir eine Fruktifikationszelle von *Fucus*, oder eine vegetative Zelle von *Ectocarpus* vor uns haben.

Dies ist um so bemerkenswerther, als in den angeführten Pflanzen

mehrere sehr verschieden hoch entwickelte Pflanzen vorliegen, indem bei der einen von Geschlechtszellen überhaupt noch nicht geredet werden kann, bei der anderen dagegen wie bei den höchst entwickelten Organismen besondere männliche mit Spermatozoiden, und besondere weibliche mit Eiern versene Individuen gebildet werden (*Fucus vesiculosus*).

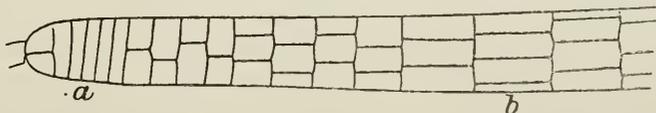
### Giraudia.

Von der Gruppe der *Elachisteen* wurde eingehender *Giraudia* untersucht. In die allgemeineren Untersuchungen konnten *Halothrix*, *Leptonema* und *Elachista* gezogen werden.

Ueber *Giraudia sphacelarioides* habe ich Einiges bereits im Jahre 1892 in den „Bericht. d. deutsch. bot. Gesellschaft“ p. 451 im „Beitrag zur Kenntniss der Protoplasmastruktur“ berichtet. Es sei gestattet, hier im Zusammenhange nochmals darauf zurückzukommen, zumal *Giraudia* infolge ihrer Kleinheit für manche Untersuchungen ein vorzügliches Material ist. Es lassen sich nämlich oftmals die ganzen Pflänzchen ohne irgendwelche Präparation bei den stärksten Vergrößerungen beobachten, und dies ist, wenn sich die Zellen sonst dazu eignen, für entwicklungsgeschichtliche Studien ein grosser Vortheil.

Bei diesem Objekt finden sich in der Nähe der Basis eine Anzahl schmaler Zellen, welche durch intercalares Wachstum gebildet werden und deren Wände zur Längsrichtung des Fadens senkrecht stehen. Jede dieser Zellen theilt sich später durch eine Anzahl zur Längsrichtung des Fadens parallel gerichteter Wände in die normal entwickelten vegetativen Zellen eines *Giraudia*-Fadens, wobei ein erhebliches Längenwachstum des Segmentes stattfindet. In Fig. 1 möge eine Skizze gegeben werden. Aus a entsteht

Fig. 1.



also durch Ausbildung von Längswänden und dabei stattfindendes Längenwachstum ein Zellcomplex b.

Bei der Bildung des ganzen Zellcomplexes b aus der ursprünglichen Zelle a findet keine Bildung von Plastinlamellen mehr statt, sondern die in der Urmutterzelle vorhandenen Lamellen wachsen nur weiter aus. Es ist einleuchtend, dass für jede Tochterzelle nur wenige Lamellen übrig bleiben. Es finden sich infolgedessen in einer ausgewachsenen *Giraudiazelle* nur wenige, die Zelle durchsetzende Lamellen. Die Figuren 35, 36 und 37 geben die Entwicklung bis zu einer ziemlich ausgewachsenen *Giraudiazelle* wieder. Zwei, ohne Weiteres erkennbare Zellen sind mit ihren Inhaltskörpern wiedergegeben; in Fig. 36 sind nur die Plastinlamellen eingezeichnet. Dieselben erscheinen auch bei *Giraudia* stets als sehr zarte, stark lichtbrechende Linien. Die Zelle der Fig. 35 ist keine Vegetationszelle, sondern ein

bereits von dem Vegetations- also Plastinbildungs-herd abgeschiedenes Segment, einem Segmente a der Uebersichtsfigur entsprechend. Die Zelle des eigentlichen Vegetationspunktes hat ein ganz ähnliches Aussehen und ist ebenso übersichtlich gebaut.

Werden Fig. 35 und 37 a verglichen, so geht daraus hervor, dass in erster Linie eine Wasseraufnahme stattgefunden hat. Ausserdem ist eine Vergrösserung und wohl auch Vermehrung der Chromatophoren nachweisbar; ferner sind mehrere Zellkerne gebildet worden, und es ist nicht ausgeschlossen, dass auch die Gesammtmenge des Plastinstoffes, nicht aber die Anzahl der Lamellen sich vermehrt hat. Schliesslich ist, trotzdem der betreffende Zellcomplex im steten, wenn auch langsamen Wachstume begriffen gewesen ist, eine Anhäufung von Physodenstoff erfolgt.

Die sicherlich als secundäre Zelleinschlüsse zu betrachtenden Phäophyceenstärkekörner mögen hier ausser Betracht bleiben. Sie sind bei der genauen Wiedergabe der Zelle mit abgebildet worden. Es sind feste, birnenförmig gestaltete Körper, die mit einem Spitzchen den Chromatophoren anhängen. Der Name Phäophyceenstärke ist ihnen von Schmitz beigelegt worden. Ihre chemische Natur ist noch unbekannt. Im Uebrigen sei auf die Abhandlung: „Ueber die Hansteen'schen Fucosankörner“ verwiesen, in welcher die bis dahin vorliegenden Angaben besprochen worden sind. (Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 1893 p. 235.)

Wie aus Fig. 38 indirekt hervorgeht, wachsen die Zellen noch etwas weiter aus, um sich dann grösstentheils in Reproduktionszellen umzuwandeln. Dies geschieht in der bei *Chaetopteris* etc. erörterten Weise, indem sich zunächst der aufgespeicherte Physodenstoff durch Bildung vieler kleinerer Physoden möglichst gleichmässig in der Zelle vertheilt. Hierbei findet fleissiges Umherbewegen der Physoden statt, und allmählich erfolgt bei den unter *Ectocarpus* beschriebenen Bedingungen die Bildung von Plastinlamellen etc. Das Lamellensystem wird immer dichter und dichter, und wenn die Maschen ungefähr die Kleinheit wie an dem vegetativen Vegetationspunkt erreicht haben, die kleinen neu gebildeten Chromatophoren, Kerne und Physoden sich gleichmässig vertheilt haben, beginnt in den meisten Plastinlamellen die Abscheidung der Zellwand.

Hierauf ziehen sich die Zelleiber von den Wänden der neugebildeten Kammern etwas zurück, und die „Schwärmosporen“ sind im Wesentlichen fertig. Die freigewordenen Schwärmosporen setzen sich nach einiger Zeit fest und treiben einen später als Haftorgan dienenden Vorkeim, in welchem eine besondere Stelle zum neuen intercalaren Vegetationspunkt, von welchem wir anfangs ausgingen, gebildet wird.

Man kann hier bei einem glücklichen Griff die ganze celluläre Entwicklung eines immerhin hochentwickelten Pflänzchens auf einmal in allen Stadien vor sich haben, und zwar, was die morphologischen Verhältnisse (mit Ausnahme des Kernes, über dessen Beschaffenheit ich keine weiteren Studien bei den Braunalgen angestellt habe) betrifft, in einer so vollkommenen Klarheit und Deutlichkeit, wie sie sich bei höheren Organismen kaum findet.

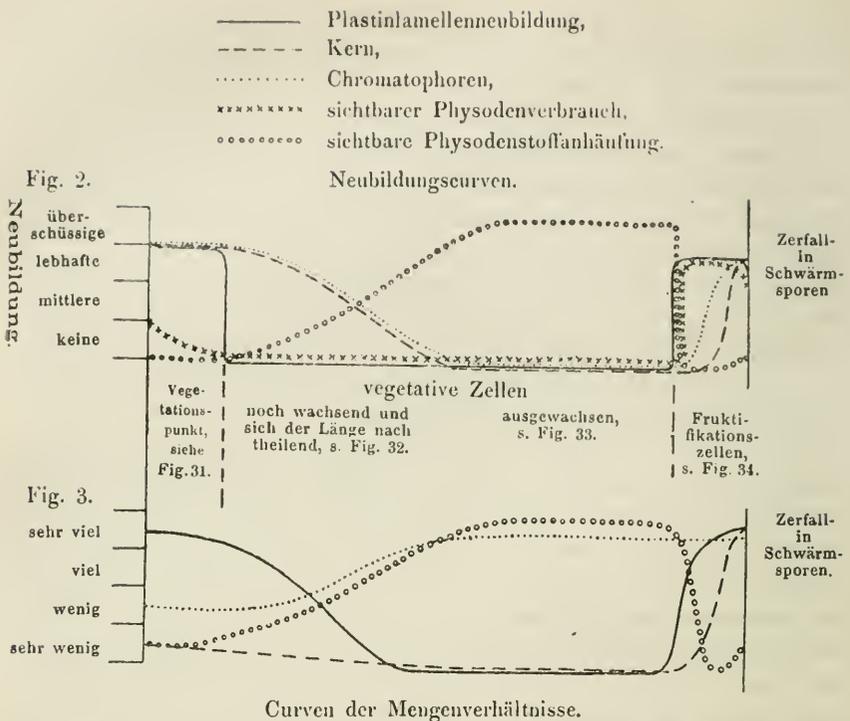
Auch bei *Giraudia* lassen sich verschiedene Entwicklungsphasen scharf unterscheiden, welche aber auch hier alle nur darin verschieden sind, dass die betreffenden Zellen mehr oder weniger lebhaft an der weiteren Produktion schon vorhandener Zellbestandtheile arbeiten.

So finden sich in den Zellen des intercalaren Vegetationspunktes die uns nun bekannten Bestandtheile, nämlich das Lamellensystem mit den ihm eingelagerten Organen, Zellkern, Chromatophoren und Physoden. Diese Vegetationszellen unterscheiden sich von den vegetativen dadurch, dass bei letzteren nur eine weitere Anhäufung von Physodenstoff, wohl auch eine Theilung der Chromatophoren, ferner ein weiteres Auswachsen der von der Mutterzelle mitgegebenen Bestandtheile stattfindet, d. h. ein Auswachsen des Kernes, der Platinlamellen, der Zellsafträume und der Zellwand, die hier alle ziemlich gleichmässig an Volumen zunehmen.

In der Zelle des Vegetationspunktes findet ausserdem noch eine Neubildung von Platinlamellen statt. Im Uebrigen ist das Leben und Treiben in den Zellen dasselbe. Wie wenig sich nun im Princip eine solche Vegetationszelle von den gewöhnlichen Zellen unterscheidet, geht daraus hervor, dass letztere Zellen, wenn sie sich eine Zeit lang erholt und gestärkt haben, die Thätigkeit ihrer Mutterzelle übernehmen und nun ihrerseits auch anfangen Platinlamellen und Zellkerne neu zu bilden. Zunächst findet in den jungen vegetativen Zellen nur eine Neubildung von Kernen statt, und zwar werden soviel neue Kerne gebildet, als der betreffende Zellcomplex Zellen erhält. Darauf folgt eine längere Ruhezeit, verbunden mit der Anhäufung von Physodenstoff. Schliesslich beginnt die Platinneubildung, womit die Zelle in den „Fruktifikationszustand“ eintritt. Es findet ein Dichterwerden des Lamellensystemes statt. Die Beziehungen der einzelnen Zellbestandtheile untereinander bleiben aber genau dieselben. Wenn eine gewisse Dichtigkeit erlangt ist, neue Kerne und Chromatophoren gebildet sind, zerfällt der ganze Zelleib auf einmal in eine Anzahl Zellen, in Schwärmsporen, welche nach ihrer Festsetzung das ganze Schauspiel von Neuem beginnen lassen. (Vergl. das bei *Chaetopteris* Gesagte.)

Die zwei Vegetationscentren unterscheiden sich also hauptsächlich dadurch, dass das eine längere Zeit hindurch in einer Richtung Zelle auf Zelle — den vegetativen Faden — abscheidet, das andere dagegen auf einmal in eine grössere Anzahl Zellen zerfällt. Die inneren Vorgänge sind im Princip die gleichen. Zur besseren Veranschaulichung mögen die Fig. 2 und 3 dienen. Fig. 2 giebt eine graphische Darstellung über die Neubildungsmenge der einzelnen Zellbestandtheile, Fig. 3 dagegen eine Darstellung über die in den einzelnen Abschnitten vorhandene Gesammtmenge der Zellbestandtheile. (Fig. 2 u. 3 s. umstehend.)

Von sog. niederen Organismen unterscheidet sich *Giraudia* dadurch, dass bei *Giraudia* die Platin- und Kernbildung auf wenige Centren beschränkt ist, oder vielmehr zeitweilig in gewissen Zellen nicht stattfindet. Bei den niederen Organismen ist diese Beschränkung in der Regel nicht vorhanden, und es findet eine ruhige gleichmässige Entwicklung von Zellen



statt. Jedoch kann auch hier das Plastin diesen gleichmässigen Vorgang unterbrechen, sei es, um sich Ruhe zu gönnen, sei es, um Reservestoffe für geahnte, ungünstigere Lebensbedingungen zu sammeln (Sporenbildung der Bacterien etc.)

Höher entwickelte Pflanzen, zu welchen wir schon *Fucus* rechnen müssen, behalten die Plastinbildungscentren bei und nehmen hierbei bald diese, bald jene äusserliche Eigenthümlichkeiten an.

Es liessen sich hier noch lange Erörterungen anschliessen. Dieselben seien jedoch auf den Hinweis beschränkt, dass auch bei den höher entwickelten Pflanzen principiell abweichende Umstände nicht auftreten. Es finden sich auch dort in den Sexualzellen dieselben Organe mit denselben Funktionen wie bei *Giraudia*. Auch in dieser Beziehung dient *Fucus* wieder als ein gutes Bindeglied zwischen mehreren scheinbar sehr verschiedenen Pflanzenformen. In allen Fällen haben wir es bei den Vegetationspunkten mit zu vollster Thätigkeit angefachten Neubildungsstätten zu thun. Beim Vorgang der Sexualität, gleichviel ob hierbei die Eizellen und die Pollenkörner resp. Spermatozoiden von Eichbäumen, von *Fucus*, oder zwei oder mehrere Schwärmsporen oder Plasmodien sich mit einander vereinigen, ist wohl in erster Linie darauf gerechnet, dass durch Vermischen des Plastines verschiedener Individuen die etwa eingetretenen Abnormitäten des einen compensirt werden, was dem Gesundheitszustand des neuen Individuum gewiss zu gute kommt.

Dass die Vermischung der sog. Geschlechtszellen zur Erzeugung eines neuen pflanzlichen Organismus nicht unbedingt nöthig ist, zeigen Brutknospen, Stecklinge etc. auf das Deutlichste. Ja, nicht selten genügt es, z. B. bei einigen Stubenpflanzen, dem *Gummibaum*, der *Pelargonie* etc. ein Blatt in die Erde zu stecken, (also einen Theil der Pflanze, welcher für gewöhnlich nach beschränkter Zeit sicher zu Grunde geht), um das Plastin zu erneuter Thätigkeit anzuregen. Die Folge davon ist die Entstehung eines neuen vollständigen Gesamtorganismus. Es ruht mithin in dem Plastin der Blattzellen — es werden hier wohl in erster Linie die Cambiumzellen in Betracht kommen — dieselbe Lebenskraft, wie in den geschlechtlichen Reproduktionszellen.

### Dictyota.

Von einer weiteren Ordnung der Braunalgen, den *Dictyotaceen*, konnte *Dictyota dichotoma* mit in den Kreis der Untersuchungen gezogen werden. Die Zellen der Mittelschicht habe ich leider seinerzeit nicht genügend berücksichtigt, um hier darüber berichten zu können.

Die am ältesten Theile des Thallus befindlichen Wurzelzellen ähneln in ihrem inneren Bau sehr einer Scheitelzelle von *Sphacelaria*. Etwas Neues, insbesondere Abweichendes wüsste ich nicht zu berichten.

Dagegen sind die Epidermiszellen, von denen eine in Fig. 45 abgebildet ist, von Interesse. Sie besitzen, wie die Figur zeigt, einen sehr einfach gebauten Zelleib, indem nur sehr wenige Lamellen die Zelle durchsetzen. Etwas thatsächlich Neues ist auch hier nicht vorhanden. Kern, Physoden und Chromatophoren stehen in dem bekannten Verhältniss zu dem Plastinsystem. Das Letztere ist hier nur sehr primitiv, und was das Interessante daran ist, es gleicht dem Plastinsysteme gewisser Grün- und Rothalgen. Man vergleiche z. B. die Zelle von *Enteromorpha clathrata*, welche in Fig. 54 wiedergegeben ist. Die beiden Zellen unterscheiden sich nur durch ihre Chromatophoren von einander.

Da der ganze Habitus einer *Dictyotazelle*, wie erwähnt, auch mit gewissen Rothalgen viel Aehnlichkeit hat, fernerhin die Bildung der ungeschlechtlichen Sporen (Tetrasporen), als auch die Ausbildung der Spermatien bei den erwähnten Pflanzen viel Uebereinstimmendes aufzuweisen hat, so wäre eine eingehendere Vergleichung nicht ohne Interesse. Vielleicht liessen sich hier weitere Beziehungen zwischen Lamellensystem und der Ausbildung der äusseren Formen feststellen.

Diesbezügliche Vergleiche dürften auch für die systematische Stellung der einzelnen Gattungen von Wichtigkeit sein.

### Halorrhiza.

Als weiteres Beispiel sei noch ein junger Zweig von *Halorrhiza vaga* in Fig. 41 abgebildet. Die Wabenstruktur des Plastinsystemes tritt sowohl hier, als auch in anderen ausgewachsenen Kopf- und Stielzellen zweifellos

zu Tage. Die Physoden sind im Durchschnitt 1  $\mu$  gross, in einzelnen Fällen erreichen sie aber eine Grösse bis zu 3  $\mu$ . Sie bewegen sich unter allerlei Formveränderungen in den Lamellensystemen umher. In den Kopfcellen sind die Physoden häufig zu traubenförmigen Massen zusammengeballt. In den inneren, chlorophyllfreien Zellen bilden sie nicht selten ähnliche Gürtel, wie wir sie bei *Pylajella* kennen gelernt haben. Die Zellwandbildung findet, wie aus der Fig. ersichtlich ist, in analoger Weise wie bei *Chaetopteris* etc. statt. Der Kern war bei dem lebenden Materiale schwer zu sehen. In der mittleren Zelle der Fig. war er dem muschelförmigen Chromatophor angelagert.

Es zeigt sich also bei dieser beliebig gewählten Pflanze durchaus Nichts Abweichendes.

### Tilopterideen.

Von der letzten Ordnung der *Phaeophyceen*, den *Tilopterideen*, konnte *Haplospora* bei den Untersuchungen berücksichtigt werden. Sowohl im Aufbau der vegetativen (s. Fig. 42), als der Fruktifikationszellen zeigte sich nach dem früher Besprochenen nichts Bemerkenswerthes. Fig. 43 stellt ein Stück einer fast ausgewachsenen, aber noch mit nur einem Zellkern versehenen *Haplospora*frucht dar.

Ausser den bisher besprochenen Pflanzen wurden noch folgende *Phaeophyceen* mehr oder weniger eingehend untersucht: *Ralfsia*, *Halothrix lumbricalis*, *Leptonema fasciculatum*, *Elachista fucicola*, *Asperococcus echinatus*, *Striaria attenuata*, *Stictyosiphon tortilis*, *Desmotrichum undulatum*, *Kjellmannia sorifera*, *Scytosiphon lomentarius* (s. Fig. 44), *Chorda Filum*, *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Gobia baltica*, *Chordaria flagelliformis* und *divaricata*, *Castagnea virescens*, *Leathesia difformis*.

Alle diese Pflanzen schlossen sich inbezug des Aufbaues und der Entwicklung ihrer Elementarorganismen den ausführlicher beschriebenen Pflanzen voll und ganz an. Es besitzt zwar jede Pflanze, jede einzelne Zelle ihre besonderen Eigenheiten, keine aber weicht von dem bekannten, verhältnissmässig einfachen Typus ab.

### Florideen.

Von den *Florideen* sind leider nur einige Arten nebenher untersucht worden. Abgesehen von dem Zeitmangel hatte dies auch noch einen anderen Grund. Ich wusste nämlich lange Zeit Nichts mit den Zellen der Rothalgen anzufangen, da darin sehr wenig zu sehen war. Erst gegen Ende der Untersuchungen gelangte ich zu der Ueberzeugung, dass bei den Rothalgen deshalb nicht viel vom Plastinlamellensystem zu sehen ist, weil überhaupt nicht viel vorhanden ist. Eine grosse Reihe der *Florideen* besitzen einen äusserst primitiven Aufbau ihrer Elementarorganismen. Das ganze Plastinsystem besteht oft nur aus wenigen Lamellen, welche die Zelle in 3—5 Kammern theilen; ja es scheint die Reduktion sogar soweit zu gehen,

dass mitunter in der Zelle überhaupt nur eine einzige wandständige Lamelle vorhanden ist, dass also am Vegetationspunkte in fast allen Plastinlamellen Zellwandstoff ausgeschieden wird, so dass schliesslich je eine oder wenige Waben des Lamellensystemes eine abgeschlossene „Zelle“ bilden.

Als Beispiel sei je eine vegetative Zelle von *Delesseria* (Fig. 47) und von *Polysiphonia* (Fig. 48) abgebildet. Aus den beiden Skizzen, in welchen die Chromatophoren und die der wandständigen Lamelle eingelagerten Physoden weggelassen sind, geht im Vergleich mit den Abbildungen anderer Zellen der einfache Aufbau ohne Weiteres hervor.

Das Bewegungsvermögen der Physoden ist bei den Rothalgen ein sehr geringes, und nur nach langer Beobachtung konnte ich Formveränderungen feststellen. Vielleicht liegt dies hauptsächlich daran, dass auf die *Florideen*-zellen die abnormen Bedingungen, welchen sie bei der Beobachtung unterlegen sind, nachhaltiger wirken als wie auf die Braunalgenzellen. Auch dort wird ja, wie früher gezeigt, die ganze Lebensthätigkeit durch die Präparation etc. zunächst gehemmt. Soviel ich bis jetzt beobachten konnte, sind im Wesentlichen die als *Florideenstärke* bezeichneten Gebilde als die Physoden anzusehen. Diese Gebilde sind ebenfalls den zarten Lamellen eingelagert, letztere dadurch an den betreffenden Stellen auftreibend. Bei längerer Beobachtung lassen sich Formveränderungen an ihnen wahrnehmen, und mit Ueberosmiumsäure behandelt färben sie sich in erster Linie grau oder schwarz.

In einer Scheitelzelle von *Ceramium* beobachtete ich im älteren Theile ein ähnliches Lamellenwerk nebst Physoden wie bei *Chaetopteris*. Der vordere Theil war nicht sicher zu diagnosticiren, ein Umstand, auf welchem bei *Chaetopteris* des Näheren eingegangen ist.

Von mehr Interesse ist eine der letzten Beobachtungen, die ich anstellen konnte. Sie betrafen die Struktur in der Trichogyne von *Phyllophora*. Eine derselben ist in Fig. 49 abgebildet. Es liegt hier wiederum ein feinschaumiges Plastinlamellensystem vor. In den Lamellen befinden sich die Physoden. Die einzelnen Zellsaftkammern sind verschieden gross. Theilweise erreicht der Schaum eine Feinheit, wie bei den höheren Pflanzen.

Dass hier eine solch verhältnismässig grosse Menge Plastinsystem vorliegt, darf uns nach allen bisherigen Beobachtungen nicht Wunder nehmen, denn wir haben es hier mit einem bei der Reproduktion nicht unbetheiligten Zellstück zu thun und haben in derartigen Fällen stets eine Anhäufung und Verkleinerung des Lamellensystemes gefunden.

Es wird durch diese Beobachtung der primitive Aufbau der vegetativen Zeilen indirekt bestätigt, denn diese müssen nach allen vorliegenden Erfahrungen ein grossschaumigeres Plastinsystem besitzen und besitzen es, wie sich gezeigt hat, thatsächlich. Wäre ein zwar kleinmaschiges, aber vielwabiges Lamellensystem vorhanden, so könnte sich dies unmöglich der Beobachtung entzogen haben, ebenso wenig wie es in den Trichogynen zu übersehen ist, zum mindesten würde man es als „Protoplasma“ vorfinden.

Irgendwie besondere, von den Braunalgen abweichende Verhältnisse konnten bei keiner *Floridee* gefunden werden.

Auch hier zeigt sich also, dass der Kern, die Chromatophoren und die Physoden zarten Lamellen eingelagert sind, und dass alle Einschlüsse die letzteren mehr oder weniger auftreiben. Das Lamellensystem bildet ebenso wie bei den Braunalgen die Grundlage der einzelnen Elementarorganismen resp. des Gesamtorganismus.

### Chlorophyceen.

#### Enteromorpha.

Bei *Dictyota* wurde bereits erwähnt, dass die Epidermiszellen dieser Pflanze mit den Zellen von *Enteromorpha clathrata* viel Aehnlichkeit besitzen. Die Fig. 45 und 54 legen davon Zeugnis ab. Beide stellen die optischen Durchschnitte der betreffenden Zellen dar.

Bei *Enteromorpha* durchsetzen demnach eine Anzahl Lamellen die Zelle schaumförmig. Die Lamellen können langsam ihre gegenseitige Lage verschieben. Sie sind wie bei den Braunalgen sehr zart, und es finden sich in ihnen die Physoden unter genau denselben Bedingungen vor, wie bei den Braunalgen, d. h. als bläschenartige, die Lamellen auftreibende Gebilde.

Die Physoden gleiten in den Lamellen nach Belieben umher. Eine Anzahl davon haben sich (in der Figur) dem Kern angeschmiegt. Der grosse Chromatophor ist durchwegs der wandständigen Plastinlamelle eingelagert, während der Kern in dem Lamellensystem aufgehängt erscheint.

Die Pflanze, an welcher die Beobachtungen angestellt wurden, befand sich theilweise im Stadium der Fortpflanzung.

Sie zeigt im Aufbau ihrer Zellen nicht die geringste principielle Abweichung von dem Baue einer einfachen Braunalgenzelle oder einer *Floridee*.

Die Wabengrösse ist im vorliegenden Falle eine mittlere, etwa 4—6  $\mu$  im Durchmesser.

#### Rhizoclonium.

Einen etwas kleineren Wabendurchmesser fand ich in einer Species von *Rhizoclonium* (Fig. 55).

#### Cladophora.

Einen erheblich grösseren Durchmesser besass dagegen eine *Cladophora*. Der optische Durchschnitt derselben ist in Fig. 68 wiedergegeben. Wenn auch die Figur dem Botaniker an und für sich nichts Neues bietet, so hoffe ich doch, dass die bisherige Auffassung durch die vorliegende Abhandlung berichtigt wird. Die äusserst zarten Lamellen, welche eine *Cladophorazelle* durchsetzen, bestehen durchaus nicht aus „Protoplasma“, sondern aus Plastin. Es liegt hier nicht ein Fall vor, in dem das „Protoplasma“ schaumförmig angeordnet ist, wie etwa in den Zellen höherer Pflanzen dicht hinter dem Vegetationspunkte, in welchen in dem feinschaumigen „Protoplasma“ einige kleine Waben zu den grösseren Zellsafträumen heran-

wachsen und dadurch eine sekundäre schaumförmige Anordnung erzeugen. Diese letzteren Fälle haben selbstredend mit der „Protoplasmastruktur“ nichts zu thun, sondern die „Struktur des Protoplasma“ ist bei den höheren Pflanzen in dem scheinbar körnigen Schleim, dem sog. „Protoplasma“, selbst zu suchen. Da diese Verhältnisse nicht immer mit genügender Schärfe auseinandergehalten worden sind, sei es gestattet, diesen wichtigen Punkt an einem einfachen Beispiel möglichst klar zu stellen.

Ein sehr dichter Seifenschaum von lamellöser Struktur, welche aber als solche mit unbewaffnetem Auge nicht erkennbar ist, sei mit dem „Protoplasma“ verglichen. Wenn nun einige von den unendlich vielen Waben des Seifenschaumes (durch Einblasen von Luft etc.) mehr oder weniger vergrössert werden, so wird hierdurch ein für das Auge ohne weiteres sichtbarer Schaum erzeugt, der allerdings mit dem ursprünglichen Schaume im engsten Zusammenhange steht, da seine Waben nur durch Heranwachsen einiger kleinen, nicht direkt sichtbaren Waben entstanden sind. Immerhin kann dieser Schaum als ein „sekundärer“ bezeichnet werden, weil er sich infolge der Grössenverhältnisse scheinbar wesentlich von dem feinen Schaum unterscheidet. Der feine Schaum erscheint als eine mehr oder weniger homogene Masse, welche die Wände des sekundären Schaumes bildet.

Ebenso verhält es sich in den Zellen vieler Vegetationskegel. Der ursprüngliche, sehr feine Plastinschaum erscheint als eine homogene Masse, als „Protoplasma“, und einige in diesem Schaum heranwachsende Waben erzeugen das leicht sichtbare Schaumwerk sekundärer Natur. Die Wände dieses letzteren Schaumwerkes sind dann selbstredend — vorausgesetzt, dass nicht zwei benachbarte Waben sich vergrösserten — von feinem Schaum, von „Protoplasma“, gebildet. Das „Protoplasma“ seinerseits zeigt aber bei näherer Betrachtung seine ihm eigenthümliche primäre Schaumnatur, und die nunmehr sichtbaren, äusserst zarten Lamellen bilden erst das der Zelle zu Grunde liegende Gerüst, das Plastinsystem. (Man vergl. Fig. 80.)

Bei vielen Algen tritt nun, wie schon früher beschrieben worden ist, ohne Weiteres das Plastinsystem dem Beobachter entgegen und zwar lediglich deshalb, weil bei den betreffenden Algen sämtliche Waben annähernd gleichmässig heranwachsen. Infolgedessen sind in einer solchen Zelle sowohl sämtliche Waben, als auch sämtliche Platinlamellen vollkommen deutlich zu sehen. Diese deutlich sichtbaren Platinlamellen dürfen nun selbstredend nicht mit Protoplasmlamellen identificirt werden.

Bei unserer *Cladophora* liegen Platin- und nicht Protoplasmlamellen vor. Die Platinlamellen sind c.  $\frac{1}{15}$   $\mu$  dick. Die geringsten Einschlüsse treiben die Lamellen auf.

Es ist mir der Vorwurf gemacht worden, dass ich seinerzeit allbekannte Dinge beschrieben hätte. Ich halte diesen Vorwurf aus den erwähnten Gründen für ungerechtfertigt und hebe nochmals hervor, dass Protoplasma und Platin zwei durchaus verschiedene Dinge sind. Der Begriff „Protoplasma“ lässt sich nicht aufrecht erhalten; das Platin dagegen ist

ein ganz bestimmter Theil des Kollektivbegriffes Protoplasma. Bei manchen Pflanzen ist das Plastinsystem infolge seiner Kleinheit ausserordentlich schwierig zu sehen, bei einer Reihe anderer Pflanzen tritt es dagegen in erstaunenswerther Einfachheit und voller Klarheit zu Tage. Mit dem Maassstab in der Hand ist es ein Leichtes in der Natur die sämtlichen Uebergänge von den feinsten bis zu den relativ grossen Schäumen zu finden. Unter ein Minimalmaass scheint sowohl nach Bütschli's als nach meinen Beobachtungen die Wabengrösse nicht hinunterzugehen. Dies Maass beträgt etwa  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$   $\mu$ . Die einzelnen strukturlosen Plastinlamellen sind wohl stets unter  $\frac{1}{2}$ , meist unter  $\frac{1}{5}$   $\mu$  dünn. Bei einer gewissen Uebung ist die Unterscheidung zwischen Plastinlamellen und Protoplasmalamellen nicht schwer, zumal das Verhältniss der Zellorgane zum Protoplasma ein völlig anderes ist, als zum Plastin. Z. B. liegen bei *Urtica* im Protoplasma eine ganze Menge Physoden vollständig eingelagert. Jede Physode aber treibt die zu ihr gehörige Plastinlamelle ganz erheblich auf. Vergl. Fig. 75 u. 76.

Es gipfelt also zunächst alles in der Auseinanderhaltung von Protoplasma-lamellen und von Plastinlamellen. Letztere sind zwar der wichtigste, procentisch aber ein sehr geringer Bestandtheil der ersteren. Die Plastinlamellen sind unbedingt nöthige Bestandtheile, ja sogar die Grundlage einer jeden Zelle, während die Protoplasmalamellen nur unter gewissen Bedingungen auftreten und durchaus nichts mit der feineren „Protoplasmastruktur“ zu thun haben.

In der Fig. 68 von *Cladophora* liegen, wie erwähnt, Plastinlamellen vor. Ihnen sind die kleinen Physoden in bekannter Weise eingelagert. Die Zahl ist hier eine geringe. Desgleichen scheint das Bewegungsvermögen hier nicht so stark ausgeprägt zu sein, wie bei anderen Pflanzen. Der Chromatophor liegt hier der wandständigen Lamelle eingelagert; ein Stück erstreckt sich nach dem Zellinneren und treibt an dieser Stelle selbstredend die zarte Lamelle ziemlich stark auf. Die Pyrenoide sind als nicht unwesentliche Organe mit von der Plastinlamelle umschlossen.

Irgend etwas von dem allgemeinen Schema principiell Abweichendes ist demnach auch hier nicht vorhanden.

Dasselbe ist der Fall in den vegetativen Zellen von *Urospora*.

### Mesocarpus.

Betreffs *Mesocarpus* kann ich mich im Wesentlichen auf das in den morphologischen und mikrochemischen Untersuchungen über die Physoden „Bot. Zeit. 1893“ Gesagte beschränken, nämlich „bei *Mesocarpus* zeigen die als Gerbstofftropfen bekannten Gebilde ebenfalls deutliche Form- und Ortsveränderung. Da sie sich durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen auszeichnen und, soweit ich bis jetzt beurtheilen konnte, in einer zarten Lamelle liegen, so sind diese Gebilde auch als Physoden anzusehen. Sie enthalten ebenfalls die am leichtesten oxydirbaren Stoffe der Zelle.“ Meines Dafürhaltens liegt in den vegetativen Zellen von *Mesocarpus* ein sehr ein-

faches Plastinsystem vor. Es scheint in vielen Fällen nur eine wandständige Lamelle und eine die Zelle der Länge nach theilende Lamelle vorzuliegen. In letzterer befinden sich der Chromatophor, der Kern und zahlreiche Physoden, in ersterer nur zahlreiche, oft lebhaft hin und herkriechende Physoden von ziemlicher Grösse. Mittelst vorsichtiger Contraction mit Glycerin resp. Zucker könnte man hier und in vielen anderen Fällen (z. B. Rothalgen, Moosen) die betreffende Frage definitiv entscheiden. Man braucht nur an günstigen Stellen die Stärke des Wandbelegs und das Verhältniss der Physoden zu diesem in Betracht zu ziehen. Ist der Wandbeleg unter  $\frac{1}{3}$   $\mu$  dick, und stehen die Physoden in einem entsprechenden Grössenverhältniss zu ihm, so liegt wohl ziemlich sicher eine einfache wandständige Platinlamelle vor.

Bemerken möchte ich noch, dass ich für einen erst zweizelligen *Mesocarpus*keimling für die ältere Zelle desselben ein „deutlich schaumförmiges Plasma“ am Ende meiner Untersuchungen notirt habe. Es würde dies den zu erwartenden Verhältnissen entsprechen. Leider liegt meinerseits nur die eine Beobachtung vor, sodass ich mir inbetreff dieser Frage kein endgültiges Urtheil zu bilden vermag.

### Spirogyra.

Eines der ungünstigsten Materiale, die ich kennen gelernt habe, ist *Spirogyra*. Wohl deuten eine ganze Reihe von Beobachtungen darauf hin, dass hier ein sehr feinschaumiges Lamellenwerk vorliegt, doch zu einer sicheren Entscheidung konnte ich nicht gelangen. Mit Sicherheit konnte ich des Oefteren ein Netzwerk feiner Fäden beobachten. Ob aber tatsächlich Fäden oder der jeweilige Durchschnitt eines Lamellensystemes vorlag, war infolge der Kleinheit nicht zu entscheiden. In den Fäden resp. Lamellen glitten die Physoden in den verschiedensten Richtungen lebhaft hin und her. Die Physoden sind hier sehr klein, dafür aber zahlreicher. Trotz ihrer Kleinheit treiben sie die sie beherbergenden Theile torulös auf. Man erhält demnach, wie auch aus Fig. 50 (opt. Durchschnitt) hervorgeht, ein ganz analoges Bild wie bei den übrigen Pflanzen. Des Weiteren fand sich bei absterbendem Materiale dieselbe Anordnung der scheinbaren Fäden, wie sich solche auch bei anderen Pflanzen in diesem Stadium vorfindet, nämlich die Fäden schienen ein ziemlich regelmässiges Netzwerk zu bilden. Diese regelmässige Anordnung ist uns schon bei dem grosswabigen Lamellensystem der Braunalgen (*Chaetopteris*) begegnet, sie findet sich fernerhin in den abgetödteten Zellen von noch zu besprechenden Pflanzen, z. B. *Bryopsis*, *Tradescantia* etc. In vielfachen Abbildungen und Erläuterungen liegt sie fernerhin in Bütschli's bekanntem Werke vor.

Die kleinen Physoden zeigen bei den *Spirogyren* ein sehr starkes Reduktionsvermögen.

Trotz der nicht sicheren Entscheidung unterliegt es für mich kaum einem Zweifel, dass bei *Spirogyra* ein sehr feinschaumiges Lamellenwerk

vorliegt. Die Bewegung des gesammten Lamellensystems erfolgt wie bei allen Pflanzen mit kleinschaumigem Plastinsystem. Fig. 50 zeigt eine der bekannten Anhäufungen auf dem optischen Durchschnitt der Zelle.

### Bryopsis.

Ein erheblich günstigeres und sehr interessantes Objekt liefert *Bryopsis*. Es ist bereits des Oefteren erwähnt worden, dass *Bryopsis* in den diesbezüglichen Verhältnissen sich den Phanerogamen anschliesst. In den schlauchförmigen Zellen befindet sich ein in seiner Dicke wechselnder „protoplasmatischer Wandbeleg“. Derselbe schliesst einen grossen Zellsafräum ein. Auf den ersten Blick zeigt sich, dass der „protoplasmatische Wandbeleg“ durchaus nicht mit den Plastinlamellen resp. der wandständigen Plastinlamelle aller bisher besprochenen Pflanzen (excl. *Spirogyra*, wo ebenfalls ein protoplasmatischer Wandbeleg vorliegt) zu identificiren ist. Hier ist ein seine Dicke fast beständig wechselndes Gemenge, das Protoplasma, dort die äusserst zarten, immer gleichdünnen Lamellen, welche von den geringsten Einschlüssen torulös aufgetrieben werden, die Plastinlamellen, vorhanden.

Bei näherer Untersuchung des „Protoplasma“ von *Bryopsis* zeigt sich sofort, dass nicht ein einheitlicher, homogener Körper vorliegt. Verhältnissmässig leicht lässt sich hier an lebendem Materiale ein feines netzartig verbundenes Fädenwerk resp. ein feines, theilweise in fliessender Bewegung befindliches Lamellensystem erkennen. Fig. 51 giebt ein derartiges Bild von oben, Fig. 52 auf dem optischen Durchschnitt gesehen, wieder.

Da hier die Grössenverhältnisse schon ziemlich geringe sind, etwa denen von *Urtica* und theilweise von *Fucus* gleich, so ist die direkte Entscheidung, ob ein Wabenwerk oder ein Fädenwerk vorliegt, nicht leicht. Es ist bereits bei *Fucus* diese Frage eingehend erörtert worden, und sei deshalb auf den betreffenden Abschnitt verwiesen (p. 428—432). Es hatte sich dort herausgestellt, dass bei *Bryopsis* ein wabenförmiger Bau vorliegt, und dass die zarten, meist nur als Linien erkennbaren Lamellen des Gerüstwerkes in allen Dingen den uns wohlbekannten Lamellen des Plastinsystemes der Braunalgen etc. entsprechen. Diese, an lebendem Materiale immerhin nur mit gewisser Mühe erkennbaren Lamellen des Plastinsystemes, von Flemming als „Filar-masse“ gedeutet, werden ihrerseits genau wie bei den Braunalgen von allen Einlagerungen mehr oder weniger aufgetrieben. Ihnen sind die Kerne, die Chromatophoren und zahlreiche lebhaft hin und hergleitende Physoden in der oft erörterten Weise eingelagert. In den vielen, kleinen Kämmerchen des Lamellensystemes findet sich hier wie dort eine klare, wässrige Flüssigkeit, die Kammerflüssigkeit oder Zellsaft. Bütschli benutzt hierfür noch den Namen „Enchylema“. Flemming bezeichnet diese wässrige Lösung als „Interfilar-masse“. Diese Kämmerchen stellen aber durchaus nichts anderes, als kleine Zellsafräume dar. Sie sind völlig gleichwerthig den Zellsaftkammern der Braunalgen, und auch bei letzteren Pflanzen erlangen sie nicht selten eine ähnliche Kleinheit, wie im vorliegenden Falle. Wie sehr die Wabengrösse schwanken

kann, haben wir bei *Ectocarpus* gesehen, wo in benachbarten, durchaus klar zu übersehenden Zellen die Wabengrösse von 64 cb $\mu$  bis zu 7820 cb $\mu$  schwankte. Es würde nicht schwer fallen Beispiele mit noch erheblich grösseren Unterschieden zu finden. Die verschiedene Grösse der Zellsaftkammern in den Zellen derselben Pflanze hat also nachweislich nichts Befremdendes. Auf den direkten Zusammenhang der verschieden grossen Kammern bei den höheren Pflanzen ist im Laufe der Abhandlung öfter hingewiesen. Die verschiedene Grösse der Zellsaftkammern ist lediglich eine Folge der ungleichen Wasseraufnahme der ursprünglich gleichgrossen Zellsafträume. (Vergl. auch später.) Die ungleiche Wasseraufnahme in den einzelnen Waben erfolgt aber wohl nur aus Zweckmässigkeitsgründen. Es bleibt dann die Hauptmenge des Plastinsystemes als feiner, sehr widerstandsfähiger Schaum vorhanden, während bei gleichmässiger Wasseraufnahme ein lockeres, grossmaschiges und sehr difficles Lamellensystem resultirt. (Vergl. hierzu p. 440.)

Von welcher Tragweite für den einzelnen Organismus die verschiedene Ausbildungsweise ist, geht daraus hervor, dass eine Zelle mit grossschaumigem Plastinsystem äusseren, insbesondere mechanischen Einflüssen ganz erheblich leichter unterliegt, wie eine Zelle mit kleinmaschigem Plastinsystem. Aus diesem Grunde sterben die jungen Sprosse von *Chaetopteris* bei dem Präpariren sehr leicht ab, während dies bei einer *Bryopsis* nicht der Fall ist. Mit *Chaetopteris* muss man sehr behutsam umgehen, um die Zelle nicht zu verletzen; von *Bryopsis* schneidet man behufs Beobachtung einfach ein Stück der Zelle ab. Das feinschaumige Lamellensystem letzterer Pflanze wird hierdurch wenig beeinflusst, der grosse Zellsaftraum tritt mit der umgebenen Flüssigkeit in direkte Verbindung, wobei ein gegenseitiger Stoffaustausch stattfindet. Trotz alledem lebt die Pflanze, resp. das Stück der Pflanze ruhig weiter und regenerirt sich, sobald die wirklich wichtigen Organe, d. h. ein Stück unverletztes Lamellensystem mit eingelagerten Kernen, Physoden und Chromatophoren, vorhanden sind, sehr schnell.

Die verschiedene Ausbildung der Grösse der Zellsaftkammern hat also weniger einen ernährungsphysiologischen Zweck, als vielmehr die wichtige Aufgabe die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen äussere Einflüsse zu erhöhen. Die Funktion und der Inhalt der verschieden grossen Zellsaftkammern derselben Zelle ist im Wesentlichen die gleiche. Es kommt ihnen stets eine sekundäre Rolle zu. Das Lebendige, das Wirksame in der Zelle ist das Plastinsystem sammt den ihm eingelagerten Organen. Die Zellsaftkammern, gleichviel welcher Grösse, sind nur als Hilfsmittel zur Entfaltung der lebendigen Substanz anzusehen. Es wird dies sowohl durch die chemischen Reaktionen, als vor Allem durch die Entwicklungsgeschichte bestätigt. Mithin liegt kein Grund vor für gleichwerthige Zellbestandtheile verschiedene Namen zu wählen. Insbesondere halte ich die Bezeichnung „Enchylema“ nicht für angebracht, da hierunter in botanischen Kreisen ein allerdings nur der Theorie nach vorhandener wichtiger Bestandtheil des „Protoplasma“ ver-

standen wurde und z. Z. wohl noch verstanden wird. Schon weiter oben ist dargethan worden, dass in der Pflanze Körper von ähnlichen Eigenschaften, wie solche für das Enchylema theoretisch angenommen wurden, zwar vorhanden sind, aber nicht in den kleinen Zellsaftkammern, den Enchylemabehältern Bütschli's, sondern in den Physoden. Dass sich in den Zellsaftkammern auch diffusible organische Stoffe befinden, ist deshalb durchaus nicht ausgeschlossen. Trotzdem geht es aus den erwähnten Gründen nicht an, dafür den Ausdruck „Enchylema“ beizubehalten. Es stellt sich vielmehr bei reiflicher Ueberlegung die unbedingte Nothwendigkeit heraus, sowohl den Kollektivbegriff „Protoplasma“, als auch die Bezeichnung „Enchylema“ fallen zu lassen.

Es ist dies umso eher nöthig, als die Unterschiede und die bereits herrschende Verwirrung zu grosse sind, um hier aus Pietätsrücksichten alte Namen für thatsächlich neue, scharf begrenzte Dinge beibehalten zu können.

Es findet sich nach Obigem bei *Bryopsis* ebenfalls nichts principiell Neues. Auch hier liegt dem Organismus ein sehr zartes Platinlamellensystem zu Grunde. Den Lamellen sind wie überall die Kerne und die Chromatophoren, desgleichen die lebhaft hin und hergleitenden, stark reducirend wirkenden Physoden eingelagert.

Als neu tritt uns hier die ungleich grosse Ausbildung der Zellsaftkammern entgegen, indem eine oder wenige Waben zu einer verhältnissmässig sehr grossen Wabe, dem bekannten Zellsaftraum, heranwachsen. Das übrige Wabenwerk bleibt ziemlich kleinmaschig. Das kleinmaschige Lamellensystem bekommt infolgedessen Platz sich zu bewegen, seine Lust zum Leben auch in dieser Richtung zu entfalten. Wir sehen infolgedessen bei *Bryopsis* das „Protoplasma“ fliessen. Bei den bisher besprochenen Pflanzen (excl. *Spirogyra*) konnte die „fliessende Bewegung des Protoplasma“ nicht beobachtet werden, und zwar einfach aus dem Grunde, weil dort den grossen Zellsafträumen kein feinschaumiges „Protoplasma“ gegenüber stand, sondern nur ein grosswabiges Plastinsystem vorhanden war, welches die Zelle gleichmässig durchsetzte, und dem deshalb der nöthige Spielraum fehlte. Gewisse Zelleinschlüsse sehen wir hier wie dort in unabhängiger Bewegung. Es sind dies die Physoden, die sich in beiden Fällen in dem Plastinsystem frei bewegen.

Bezüglich der fliessenden Bewegung des gesammten Lamellensystemes sammt Einschlüssen sei auch auf das bei *Chaetopteris* Gesagte hingewiesen. Es wurden dort zum Vergleich verschiedene Seifenschäume innerhalb eines Glaskolbens herangezogen.

Hier sei noch darauf aufmerksam gemacht, dass die Anordnung der Platinlamellen bei solchen Schäumen, die sich in fliessender Bewegung befinden, keine regelmässige ist. Das ganze Lamellensystem ist an vielen Stellen mehr oder weniger in die Länge gezogen. Infolgedessen erscheint es mehr fibrillär. Bütschli hat die Thatsache, dass fliessende Schäume längsfibrillär erscheinen, ausführlich in seinem bekannten Werke besprochen

und auch bereits darauf hingewiesen, dass bei längsgestreckten Schäumen die Querwände häufig recht schwierig zu sehen sind. Sobald diese beweglichen Theile aber an irgend einer Stelle zur Ruhe kommen, so tritt die wabige Struktur in Form von regelmässigeren Polyedern deutlich zu Tage. Man vergl. z. B. die Figuren von *Urtica*. In der Nähe des Kernes, d. i. am kompakten Plasmatheile unserer Figuren 75 und 76 befindet sich das gesammte System in Ruhe. Die Waben sind deshalb regelmässiger. In den Strängen dagegen ist das System in fließender Bewegung, weswegen die Struktur längsfibrillär erscheint. Die Uebergänge lassen sich an lebendem Materiale oft verfolgen. Tödtet man während der Beobachtung fließendes, längsfibrillär erscheinendes „Plasma“ ab, z. B. durch Zufließenlassen von Ueberosmiumsäure, so kann man deutlich verfolgen, wie das längsgestreckte Lamellensystem kurz vor dem Absterben eine der regelmässigeren Form ähnliche Anordnung annimmt. Man erhält auf diese Weise den Bütschli'schen Oelseifenschäumen sehr ähnliche Bilder. Fig. 53 ist ein derartiges Stück von *Bryopsis*; Fig. 70 von *Allium*, Fig. 72 zeigt ein Stück Plastinsystem von *Aloe* einige Zeit vor dem Absterben.

Im lebenden Zustande ist die regelmässige Form zwar ähnlich, aber doch anders. Die Anordnung ist gewissermassen plastischer und geschmeidiger; nach dem Absterben dagegen mehr starr. Dieser spezifische Unterschied trat uns schon bei den Braunalgen entgegen, wo ebenfalls das Plastinsystem während des Absterbens eine etwas andere, als „starr“ zu bezeichnende Anordnung annahm.

Da die einzelnen Vorgänge vielemale unter dem Mikroskop verfolgt worden sind, so ist für die hier besprochenen Fälle die Annahme von vorliegenden Gerinnungsprodukten etc. ausgeschlossen. Es wurden vor und nach dem Tode, wie auch während des Absterbens dieselben Lamellen, dieselbe principielle Anordnung der einzelnen Theile beobachtet.

Was die Physoden anbetrifft, so geht aus der Vergleichung der gesammten Figuren hervor, dass für gewöhnlich die Physodengrösse der Wabengrösse proportional ist. Während bei den grossmaschigen Braunalgen verhältnissmässig grosse Physoden in beschränkter Anzahl vorhanden sind, finden sich bei *Bryopsis* eine grosse Anzahl kleiner Physoden in dem dichten Lamellenwerke vor. Dieselben treiben, wie erwähnt, die Lamellen mehr oder weniger auf. Auch hier sind die Physoden nicht von gleicher Grösse; grössere und kleinere bewegen sich mitunter ausserordentlich schnell in dem Lamellensysteme umher, und zwar erfolgt die Bewegung unabhängig von der Bewegung des gesammten Lamellensystemes. So finden sich sehr oft Physoden, welche, bei schwächerer Vergrösserung gesehen, direkt gegen den Strom zu schwimmen scheinen. Näher betrachtet zeigt sich jedoch, dass die eigenmächtige Physodenbewegung in den Plastinlamellen die entgegengesetzte Bewegung des Lamellensystemes selbst übertrifft. Die bereits früher konstatierte eigenmächtige Bewegung der Physoden lässt es leicht erklärlich erscheinen, warum eine Anzahl Mikrosomen, das sind die Physoden,

in entgegengesetzter Richtung dicht aneinander hingeleiten. Jeder einzelnen Physode steht auch hier jede beliebige Stelle des Lamellensystemes zur Verfügung.

Formveränderungen der Physoden lassen sich infolge der Kleinheit und der meist schnellen Bewegung nicht so leicht nachweisen wie bei den Braunalgen. Dass die Physoden bei *Bryopsis* ebenfalls chemisch sehr reaktionsfähige, leicht oxydable Körper enthalten, wurde bereits mehrfach erwähnt.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass sich auch bei *Bryopsis* mitunter ähnliche fädige Differenzirungen finden, wie bei den Braunalgen. Dieselben wirken bei anfänglicher Beobachtung sehr störend, indem sie infolge ihres meist kräftigen Lichtbrechungsvermögens die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und dadurch das nicht so grell hervortretende Lamellensystem mehr oder weniger zurücktreten lassen, so dass es bei intensiver Verfolgung dieser Differenzirungen scheinen kann, als ob letztere einer ziemlich homogenen Masse, dem „Protoplasma“, als lockere, torulös aufgetriebene, sich lebhaft hin und herkrümmende Fäden eingelagert seien. Thatsächlich liegen diese Differenzirungen genau so, wie bei den Braunalgen, den Plastinlamellen der Pflanze eingelagert. Die Differenzirungen erstrecken sich hier meist über mehrere Maschen. Bei ähnlichem Lichtbrechungsvermögen wie die Plastinlamellen erschweren die Differenzirungen die Beurtheilung des Geschehenen oft beträchtlich. All diese Untersuchungen werden wesentlich erleichtert durch die Anhaltspunkte, die uns die so übersichtlich gebauten Braunalgen geben. Man muss sich hierbei selbstredend vor dem Schematisiren hüten; nichtsdestoweniger wird man aber nach vielfachen Beobachtungen zu der Ueberzeugung gelangen, dass im Princip eine *Bryopsis* und auch die anderen Grünalgen genau nach demselben Schema gebaut sind wie die Braunalgen. Dasselbe gilt von den noch zu besprechenden übrigen Pflanzen.

### Cyanophyceen.

Von den *Cyanophyceen* erwies sich für die vorliegenden Untersuchungen *Calothrix confervicola* als geeignet, und zwar waren es die dem Haarende zu gelegenen Zellen, welche einen Einblick in den inneren Aufbau der Zellen gestatteten.

In dem etwas schematisirten Uebersichtsbilde Fig. 56 ist das Mittelstück resp. das Verbindungsstück zwischen den vegetativen Zellen und dem eigentlichen Haar wiedergegeben. Die erste und die letzte Zelle sind in den Fig. 57 u. 58 möglichst genau abgebildet. Aus den drei Abbildungen geht hervor, dass ein allmählicher Uebergang von einem dichten zu einem lockeren Schaumwerk vorhanden ist. In den letzten, grosswabigen Zellen trat die Struktur wieder zweifellos zu Tage. Es liess sich jede einzelne der sehr zarten Lamellen gut verfolgen. Sie waren genau wie bei den Braunalgen schaumförmig angeordnet und entsprachen auch in ihrem übrigen Verhalten durchaus den Lamellen der erwähnten Pflanzen. Diesen Plastinlamellen sind auch hier kleine bläschenartige Gebilde eingelagert, welche

neben den meisten übrigen Eigenschaften auch diejenige mit den Physoden gemeinsam haben, dass sie ebenso wie letztere die am leichtesten oxydierbaren Stoffe der Zelle enthalten. Da diese, vielfach als „Körner“ bezeichneten Gebilde in Bezug auf ihr Vorkommen innerhalb der Lamellen, ferner durch ihr spezifisches Verhältniss zu den Lamellen, wie auch durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen und vor Allem durch ihre Reduktionskraft vollständig den Physoden der Braunalgen entsprechen, so unterliegt es wohl kaum einem Zweifel, dass in ihnen ebenfalls Physoden, also besondere Zellorgane, vorliegen. (Man vergl. die verschied. Fig.)

Weiter nach den im Wachsthum begriffenen Zellen zu wird das Lamellensystem immer dichter. In der Endzelle unserer Figur hat es bereits die Dichtigkeit wie in den meisten sich noch theilenden Zellen erreicht. Das Schaumwerk ist hier sehr fein, und die einzelnen Lamellen lassen sich nicht mehr mit der wünschenswerthen Schärfe verfolgen. Wohl aber war das als Netzwerk erscheinende Gerüst vollkommen deutlich zu erkennen. Die Uebergänge von Zelle zu Zelle reden hier zu deutlich, als dass lange Erörterungen betreffs der Frage: ob Fädenwerk, ob Lamellensystem? hier angebracht wären. Es liegen genau dieselben Verhältnisse vor, wie sie schon mehrfach erörtert worden sind, d. h. es liegt allen Zellen von *Calothrix confervicola* ein Lamellensystem zu Grunde, und den Lamellen sind in allen Zellen die als „Körner“ erscheinenden Bläschen, die Physoden, eingelagert. Es sei gestattet darauf hinzuweisen, dass in den Uebergangszellen in Bezug auf grössere und kleinere Waben theilweise ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie in der Fruchtknotenzelle von *Aloe*, Fig. 71.

In mehreren anderen Fäden fand ich, dass in einzelnen Uebergangszellen nur eine Wabe sich besonders vergrössert hatte. Sie nahm dann centrale Stellung ein, und der übrige Theil des Plastinsystemes war als dichter Schaum, theils mehrschichtig, theils einschichtig, der Zellwand angelagert. Die Physoden lagen in diesen Fällen, wie nicht anders zu erwarten, in dem peripherischen Theile der Zelle.

Bezüglich der Chromatophoren vermag ich für *Calothrix confervicola* keine näheren Angaben zu machen.

Dagegen konnte ich bei einer Reihe, vorwiegend mariner *Cyanophyceen*, jedoch auch einer *Anabaena*art, welche in einer Wurzel von *Lemna* vegetirte, scharf begrenzte Chromatophoren finden. Meist zeigen dieselben amöboide Umriss bei ziemlich dichter Lagerung. Die Zellen haben in diesen Fällen, abgesehen von der Grösse, Aehnlichkeit mit manchen alten Zellen von *Giraudia* (Fig. 37b). Es seien die Zellen einer 8  $\mu$  breiten *Oscillaria* — es könnte aber auch sein, dass eine *Calothrix*species vorlag — in Fig. 59, und einer *Spirulina* in Fig. 60 wiedergegeben. In einer 4  $\mu$  breiten *Lyngbia*art lagen analoge Verhältnisse vor.

Wenn hier auch nur wenige Angaben vorliegen, so ist doch bemerkenswerth, dass ich in Bezug auf Plastinsystem, Physoden und Chromatophoren bei den Blaualgen nichts von der allgemeinen Norm Abweichendes finden konnte.

## Pilze.

Von den Pilzen ist als Stichprobe *Saprolegnia* in den Kreis der Untersuchungen gezogen worden. In Fig. 62 ist ein Stück eines Keimpflänzchens, in Fig. 61 ein Stück eines Mycelfadens und zwar das Uebergangsstück von dem älteren plastinärmeren zu dem jüngeren, voraussichtlich bald Schwärmsporen bildenden Theile wiedergegeben. Aus letzterer Figur, in welcher nur Rücksicht auf die Anordnung des Plastinsystemes genommen ist, geht hervor, dass im basalen Theile der Zelle ein ziemlich grossmaschiges Lamellensystem vorhanden ist. Die Lamellen sind jede einzeln genau verfolgbare, ausserordentlich zart und mehr oder weniger reichlich mit Physoden versehen. Auch hier wirkt der Physodeninhalt am meisten reducirend auf Ueberosmiumsäure. Bei *Saprolegnia* werden aber auch die Platinlamellen durch erwähntes Reagens etwas gefärbt. Nach dem Zellende zu wird das Plastinsystem dichter und dichter. Die unzweifelhafte Lamellennatur der bei der jeweiligen Einstellung als Fäden erscheinenden Wabenwände lässt sich noch ziemlich weit sicher verfolgen. Sobald das System jedoch eine gewisse Dichtigkeit erlangt hat, hört auch hier die sichere Beurtheilung der Strukturverhältnisse auf, und im dichtesten Theile erscheinen die Lamellen nur als fein geschlängelte Fäden. Dass trotzdem durchwegs ein Lamellensystem vorliegt, ist durch den successiven Uebergang als erwiesen anzusehen. Bestätigt wird es ausserdem noch durch das Bild, welches die Schwärmsporen zeigen (Fig. 62). In der Schwärmspore hat das Plastinsystem seinen Ruhestand, infolge Platzmangels zur Bewegung, angenommen und es erscheint deshalb als regelmässiges, d. h. nicht in die Länge gezogenes Wabenwerk. Es treten mithin in Bezug auf das zu Sehende überall dieselben Erscheinungen auf, wie sie sich bereits bei den früher erwähnten Pflanzen gezeigt haben.

Die Fig. 62 stellt den optischen Durchschnitt einer keimenden Schwärmspore dar. Bezüglich des centralen Theiles habe ich in meiner Originalfigur ein Fragezeichen gemacht und unentschieden gelassen, ob hier ein Kern oder eine Vakuole vorliegt. Es mag dies auffällig erscheinen, doch nehmen bei der Beobachtung die gerade vorliegenden Fragen die Aufmerksamkeit so vollkommen in Anspruch, dass Alles Andere zurücktritt. Dies ist auch der Grund, weshalb ich bei den Blaualgen z. Th. die Species nicht bestimmt habe.

In dem peripherischen Theile der keimenden Spore ist zunächst wieder als Grundlage des ganzen Organismus ein aus zartwandigen Lamellen bestehendes Plastinsystem sichtbar. Die einzelnen Kammern sind verschieden gross. Die kleinsten derselben sind von ungefähr derselben Grösse wie die Kammern bei den meisten höheren Pflanzen resp. wie bei *Bryopsis* oder recht feinschaumigem *Fucus* etc. Die an die wandständige Lamelle oder an grössere Waben stossenden Lamellen stehen senkrecht zu den in Betracht kommenden Lamellen. Dieser von Bütschli als Alveolarschicht bezeichnete

Theil des Plastinsystemes findet sich bei allen ruhenden Plastinsystemen vor. In den Waben, den grösseren und kleineren Zellsafträumen, findet sich eine klare, wässrige Flüssigkeit. Den Lamellen eingelagert finden sich wiederum die stark lichtbrechenden Physoden mit ihren chemisch so intensiv wirksamen Inhaltsstoffen.

Diese kurzen Angaben nebst den Figuren reichen wohl aus, um zu zeigen, dass bei dem beliebig gewählten Pilze sich dieselbe principielle Anordnung der einzelnen Zellbestandtheile zeigt wie bei den übrigen Pflanzen.

### Weinhefe <sup>1)</sup>.

Nachträglich sei auf die in Fig. 63 gegebene Abbildung einer längsgestreckten Weinhefe hingewiesen. Auch hier ist ein feinschaumiges Platinlamellensystem nebst demselben eingelagerten, durchaus den Physoden entsprechenden Organen vorhanden. Eine der kleinen Waben ist schraffirt. An dieser Stelle zeigte sich bei Jodbehandlung ein compacterer, sich gelb färbender Körper (Zellkern?). Also auch die Hefen weichen in den wesentlichen Punkten nicht von dem Schema ab.

### Phanerogamen.

Es sollen hier sowohl einige *Monocotyledonen* als auch *Dicotyledonen* besprochen werden. Im Laufe der Abhandlung ist bereits an verschiedenen Stellen auf *Phanerogamenzellen* Rücksicht genommen worden. In all diesen Fällen ergab sich, dass bei den besprochenen Arten den betreffenden Zellen ein sehr feinschaumiges Plastinsystem zu Grunde liegt, so dass es gewöhnlich ohne Berücksichtigung anderer Verhältnisse, auch wenn man verhältnissmässig scharfe Bilder erhält, kaum möglich ist, das Gesehene mit Sicherheit als Lamellensystem oder als Fädenwerk etc. zu deuten. Stets zeigte sich, dass das mikroskopische Bild im Princip nie von den Bildern solcher Pflanzen abwich, welche infolge ihrer Grössenverhältnisse einen durchaus klaren Einblick in den internen Aufbau der Zelle gestatteten. Trägt dieser Umstand schon ein Erhebliches zur Klärung der vorliegenden Frage bei, so sind nicht minder wichtig die umfangreichen Arbeiten Bütschli's: „Ueber mikroskopische Schäume etc.“, in welchen Arbeiten der Nachweis erbracht wird, dass sehr feine Schäume dem Beobachter nur als Netzwerk feiner Fäden erscheinen. Infolge dieser Erscheinung würden bei der Mehrzahl der Pflanzen und Thiere, selbst wenn die verschiedenen Forscher völlig gleiche Abbildungen wiedergeben, also im Mikroskop das Gleiche erblicken würden, die endgültige Entscheidung in der Strukturfrage vorläufig ein strittiger Punkt bleiben, und leider würde

<sup>1)</sup> Inzwischen konnte ich auch an einer ellipsoiden Weinhefe die lamellöse Struktur im lebenden Zustande erkennen, des Weiteren ein willkürliches Hin- und Hergleiten der kleinen, glänzenden, tropfenähnlichen Gebilde, welche demnach sicher als Physoden zu bezeichnen sind. (Beobachtet in Hofrath Dr. Schmitt's Laboratorien, Abt. Oenologie, zu Wiesbaden.)

infolgedessen auch die ganze Auffassung über den Elementarorganismus bei den einzelnen Forschern eine grundverschiedene bleiben. Denn grundverschieden in ihren Consequenzen sind Lamellen- und Fädentheorie. Was speciell die Pflanzen anbetrifft, so ist jeder Versuch, einen Compromiss zu bilden, als vergeblich zu betrachten. Bei einiger Ueberlegung und Hineindenken in das Leben und Treiben der Zelle, in die Funktionen der einzelnen Zellbestandtheile, ergibt sich, dass die principiellen Unterschiede zu grosse sind, und dass in diesem Falle die goldene Mittelstrasse wohl nicht der richtige Weg ist.

An verschiedenen Stellen dieser Abhandlung sind die Gründe angegeben worden, welche mich bestimmt haben, durchwegs die lamellöse Struktur für pflanzliche Elementarorganismen anzunehmen. Trotzdem sei es bei der Wichtigkeit, die diese Frage in betreff der Erkenntniss des Elementarorganismus beansprucht, nochmals gestattet, dieselben hier anzuführen und zu zeigen, dass die Natur uns selbst Mittel und Wege in die Hand giebt, diese Frage zu lösen.

Sämmtliche, der Abhandlung beigegebene Figuren, gleichviel ob sie eine Wiedergabe von braunen, rothen oder grünen Algen, von *Cyanophyceen*, von Pilzen oder von *Phanerogamen* darstellen, zeigen im Princip genau übereinstimmende Bilder. In allen Fällen ist bei der einzelnen Einstellung ein scheinbar aus zarten, stark lichtbrechenden Linien erscheinendes Gerüstwerk zu sehen. Die Linien erreichen nirgends die Stärke von  $\frac{1}{2} \mu$ , meist sind sie unter  $\frac{1}{10} \mu$  dick. Zwischen den Linien befindet sich eine klare, wässerige, das Licht nicht brechende Flüssigkeit. Den Linien eingelagert und dieselben stets mehr oder weniger torulös auftreibend, finden sich die als Physoden bezeichneten bläschenartigen Gebilde. Insbesondere sei darauf hingewiesen, dass gerade dies Verhältniss der Physoden zu den lichtbrechenden Linien im Wesentlichen überall das Gleiche ist, gleichviel ob ein sehr grobmaschiges Linienwerk einer Braunalge oder ein sehr feinmaschiges einer *Phanerogame* vorliegt. Fast stets, und wenn man darnach sucht, immer finden sich Physoden auch in den Maschenräumen des scheinbaren Netzwerkes. Die Identität dieser Gebilde ist durch chemische Reaktionen leicht nachzuweisen.

Su. Su. zeigt sich also, dass in allen Fällen dem Beobachter principiell gleiche Bilder entgegentreten.

Bei eingehender Verfolgung an lebendem Materiale ist fernerhin durchgängig wahrzunehmen, dass die Physoden, und zwar sowohl die in den Linien, als die in den Maschen liegenden, einer eigenmächtigen Bewegung fähig sind, ferner, dass Physoden aus den Linien in scheinbare Maschen und umgekehrt, und solche von Maschen in Nachbarmaschen gleiten können. Also auch in diesen inneren Vorgängen finden sich bei allen Pflanzen genau dieselben Erscheinungen.

Behufs weiterer Orientirung sei es gestattet zunächst von den Physoden abzusehen, um mit Hilfe derselben einen Schluss auf anderer Grundlage ziehen zu können, und uns zunächst dem zartlinien Netzwerk zuzuwenden.

Dies Netzwerk stark lichtbrechender Linien kann sowohl der optische Effekt eines spongiös gebauten Fädenwerkes, als auch derjenige eines Lamellensystemes sein. Eine direkte Entscheidung über die entstehende Frage ist nur bis zu einem gewissen Grade möglich. Schäume und Netzwerke lassen sich mittelst Anwendung der Mikrometerschraube, also auf Grund der Verfolgung jeder einzelnen Schicht des Objektes nur dann sicher von einander unterscheiden, wenn die Maschen  $1,5$ — $2,0$   $\mu$  und darüber gross sind. Es lässt sich dann bei Schäumen jede einzelne Lamelle unzweifelhaft als solche verfolgen, selbstredend nur die, deren Lage von der Richtung der Sehachse nicht zu sehr abweicht. Letzterer Umstand ist von der Beobachtung jeden Seifenschäumens her bekannt.

Wenn dagegen die Maschengrösse unter ca.  $1,5$   $\mu$  herabsinkt, so ist eine sichere Entscheidung auf optischem Wege auch mit den besten unserer jetzigen Hilfsmittel nicht mehr möglich. Ein überreichliches Beweismaterial hierfür ist in den bekannten Arbeiten Bütschli's niedergelegt. Diese Tatsache ist auf Grund der erwähnten Arbeiten als feststehend anzunehmen. Netzwerke zarter Fäden wie Lamellensysteme mit  $1,5$   $\mu$  Maschendurchmesser und darunter erscheinen nur als Netzwerke. Eventuelle Lamellen sind als solche nicht mehr verfolgbar. Insbesondere, wenn solche feine Schäume in einer Richtung gestreckt sind, erscheinen sie dem Auge auch bei verschiedener Einstellung als durchaus längsfibrillär. Am ehesten erkennt man die Schaumnatur solch feiner Lamellensysteme noch an den Stellen, an denen der Schaum zusammengeschoben wird. Es muss sich dann bei Lamellensystemen nothwendigerweise ein ziemlich regelmässiges Netzwerk, der Durchschnitt eines Wabenwerkes, zeigen.

Bei Entscheidung der Protoplasmafrage sind wir also gezwungen, die erhaltenen Bilder in solche zu scheiden, die über ca.  $1\frac{1}{2}$   $\mu$ , und in solche die unter ca.  $1,5$   $\mu$  Maschenweite besitzen. Bei ersteren kann die definitive Entscheidung durch einfaches Beobachten ohne Weiteres erfolgen; bei letzteren müssen eine Reihe von Beobachtungen und Schlussfolgerungen zu Hilfe gezogen werden.

Was die erstere Gruppe, die Bilder mit über  $1,5$   $\mu$  Maschendurchmesser, anbetrifft, so sind die von mir beobachteten bereits besprochen worden. Es hat sich in allen Fällen, ohne eine einzige Ausnahme gezeigt, dass diese Bilder die jeweiligen Durchschnitte von Lamellensystemen darstellten. All diesen Objekten diene als erste und hauptsächlichste Grundlage ein Platin-Lamellensystem. Dieses enthielt die anderen wichtigen Organe in sich eingelagert. Es hat sich gezeigt, dass dieses durch eigene Anordnung die Lage jeder neuen Zellwand bestimmte, und zwar bildete es die Zellwand nicht ausser sich, sondern in sich, um jederzeit nothwendige Veränderungen in der Zellwand vornehmen zu können. Dies Platinlamellensystem ist somit die Seele des ganzen Organismus, und der Schöpfer all jener wunderbaren Formen und Einrichtungen, die wir in der organisirten Natur bewundern.

Ein solcher Genius kann selbstredend nicht ein langweiliges Einerlei

sein; aber wie z. B. alle hervorragenden Männer das gemeinhaben, dass sie morphologisch betrachtet ähnliche Gliederung zeigen, wie die alltäglichen Durchschnittsmenschen, so haben die besprochenen Zellen das gemeinsam, dass ihnen sämtlich ein Plastinlamellensystem als Grundlage dient. Die spezifische Ausbildung dieses Systemes ist bei den einzelnen Pflanzen eine verschiedene. Innerhalb der einzelnen Gruppen scheinen die Differenzen keine sehr grossen zu sein — es sei nur an *Fucus* und *Ascophyllum*, an *Chaetopteris* und *Sphacelaria* erinnert; aber zwischen grösseren Gruppen, z. B. zwischen einer grossen Anzahl Algen und den meisten *Phanerogamen* sind deutlich merkbare Unterschiede vorhanden. In leicht greifbarer Weise erstrecken sich dieselben zunächst auf die Grössenverhältnisse und ferner auf die verschiedene Art in der Vergrösserung ihrer Waben. Auf beide Umstände ist bereits hingewiesen worden. Hier sei nochmals im Zusammenhange auf die verschiedene Wabengrösse bei den einzelnen Pflanzen hingewiesen, da dies, wie ersichtlich sein wird, zur Beantwortung der eingangs gestellten Frage ein gut Theil mit beitragen wird.

Man vergleiche hierzu vor Allen die Fig. 10—16, 20, 28, 32, 35—38, 41—45, 49—60, 62, 66—70, 72—75, 77 und 81, welche sämtlich in demselben Maassstabe 1:1200 angelegt worden sind, um dadurch möglichst anschaulich die gesammten Uebergänge vor Augen führen zu können. In ähnlicher Vergrösserung sind Fig. 79, 80 und 82 gehalten. Bei weiterer Verfolgung dieser Objekte waren in den Fig. 10, 13—16, 20, 28, 32, 35—38, 41—45, 49, 54—56, 58, 62, 68, 72, 81 infolge der Grössenverhältnisse die Lamellensysteme zweifelsohne zu verfolgen. Die anderen der erwähnten Figuren zeigten theils zweifelhafte Wabenstrukturen, theils scheinbar echte Fädenstrukturen. Manche der Objekte erscheinen an einzelnen Stellen der Zellen mehr wabig, an anderen Stellen rein fibrillär gebaut. Ersteres sind die mit ruhendem, letzteres die mit in fließender Bewegung befindlichem Lamellensysteme.

Auch das bereits in einer früheren Abhandlung benutzte Schema möge nochmals mit zur Klarlegung herangezogen werden. Die Linien deuten den mittleren Durchmesser der Waben bei den betreffenden Pflanzen an, und zwar entsprechen 2 mm der Linien 1  $\mu$  natürlicher Grösse. (Fig. 4 s. umstehend.)

Bei den mit No. 1—12 bezeichneten Objekten sind die Schäume vollständig deutlich als solche erkennbar. Es lassen sich sowohl die einzelnen Lamellen, als auch die einzelnen Kammern ohne grosse Schwierigkeiten sicher verfolgen.

Bei No. 13 und 14 liegt die Maschengrösse unter 1,5  $\mu$ . Die dem Objekte zu Grunde liegende Struktur lässt sich also aus den erörterten Gründen nicht mehr mit Sicherheit durch einfache Beobachtung feststellen. Es unterliegt wohl aber kaum auf Grund der hier angeführten Uebergänge, es liessen sich derer bei einigem Suchen noch viele finden (vergl. Fig. 5), einem Zweifel, dass in No. 13 und 14, bei Erhaltung analoger Bilder wie in 1 bis 12, die

## Schema.

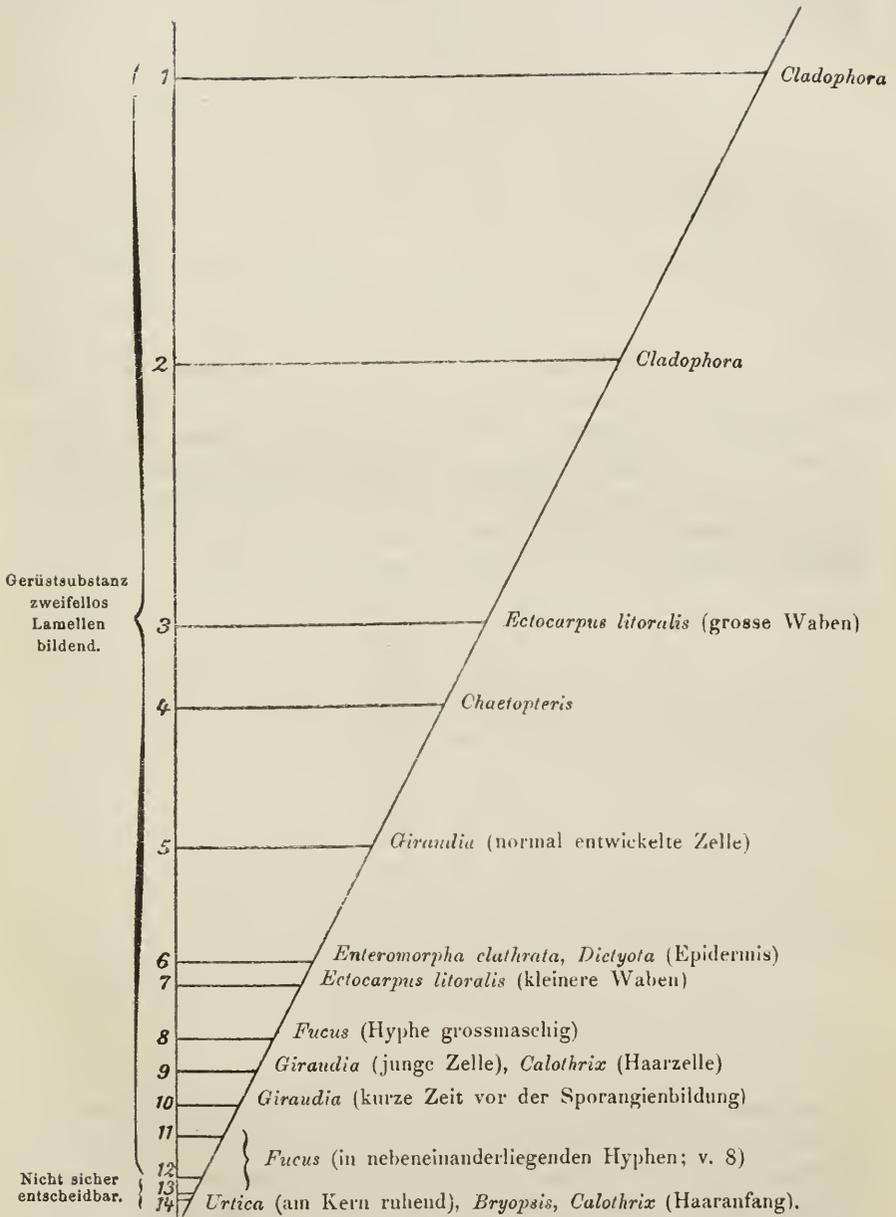


Fig. 4.

analoge Struktur, d. h. die Lamellenstruktur zu Grunde liegt. Der Schluss ist um so gerechtfertigter, als No. 13 dem sonst durchweg lamellös gebauten *Fucus* angehört, und ausserdem sich unter den höheren Pflanzen auch solche z. B. *Pelargonium* finden, in denen ein ähnlich feines Schaum-

werk wie bei *Urtica* vorhanden ist, dessen lamellöse Struktur jedoch als solche erkannt werden kann.

Fig. 5.

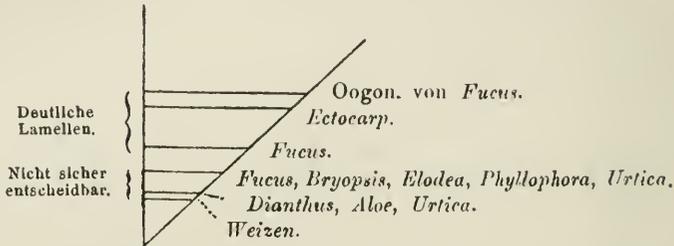
10 mm = 1  $\mu$ .

Fig. 5 giebt ein Ergänzungsstück zu Fig. 4, Uebergänge von 2  $\mu$  bis zu 0,7  $\mu$  Wabendurchmesser.

Zeigen schon die linearen Verhältnisse, dass hier absolut kein Sprung vorliegt, der zu Bedenken Anlass geben könnte, so tritt dies noch deutlicher hervor, wenn wir den Cubikinhalte der Waben ins Auge fassen. Durch einfache Rechnung ergibt sich nämlich, dass der Inhalt der in Fig. 4 angegebenen Beispiele im Durchschnitt folgende Grösse besitzt:

bei 2	=	27 000	cb $\mu$ .
3	=	7 820	"
4	=	5 830	"
5	=	2 460	"
6	=	857	"
7	=	614	"
8	=	340	"
9	=	216	"
10	=	91	"
10 a	=	64	" (s. p. 473)
11	=	50	"
11 a	=	27	" (Oog. v. <i>Fucus</i> )
12	=	8	"
13	=	3,4	"
14	=	1	"

Bei dieser Berechnung ist durchweg ein Fehler begangen worden, da die Waben nicht rein cubisch sind, sondern sich mehr oder weniger der Kugelform nähern. Im Durchschnitt würde wohl annähernd das Richtige getroffen werden, wenn sämtliche Grössen um ein Viertel reducirt würden. Hier handelt es sich aber vorwiegend um Vergleichszahlen, weswegen die angegebenen Zahlen, da sie alle mit demselben Fehler behaftet sind, ausreichen dürften.

Hieraus geht hervor, dass unter Pflanzen, über deren Strukturverhältnisse kein Zweifel walten kann, sich einestheils solche finden, deren Waben c. 8 cb $\mu$  gross sind, anderentheils solche, deren Wabengrösse 27 000 cb $\mu$

und darüber beträgt. Jeder Beobachter wird in diesen Fällen auf den ersten Blick zugeben, dass hier durchaus gleichwerthige Zellbestandtheile in Betracht gezogen worden sind. Wie die Wabengrösse bei derselben Pflanze in benachbarten Zellen schwanken kann, wurde bei *Ectocarpus* gezeigt, wo die Wabengrösse in den einzelnen Zellen 64, bez. 1560, bez. 7820 cb $\mu$  betrug.

Wenn aber die Curve mit vollem Rechte von 27 000 bis zu 8 gezogen werden kann, so darf dieselbe, glaube ich, unter sonst gleichen Bedingungen, auch herab bis zu 1, höchstens bis zu 0,5 verlängert werden, ohne dass dadurch ein Fehler begangen wird. Kleinere Waben als 1,0 resp. 0,5 cb $\mu$  kommen sowohl nach Bütschli's, als nach meinen Befunden schwerlich vor. Ich glaube sogar, dass man eher 1 cb $\mu$  als 0,5  $\mu$  als Minimalmaass setzen kann. Die kritische Grösse in Bezug auf Strukturerkennbarkeit liegt bei e. 5 cb $\mu$  Wabenhalt.

Aber trotz aller Uebergangsstadien, trotz der Erhaltung analoger Bilder wird mancher Naturforscher sich doch noch reservirt verhalten. Es möge deshalb versucht werden, die Frage noch auf andere Weise zu lösen. Wir wenden uns zu diesem Ende den weiterhin sichtbaren Erscheinungen in der lebenden Zelle zu. In dieser Beziehung sind es in erster Linie die Physoden, die durch ihr mehr oder weniger lebhaftes Hin- und Hergleiten die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Ihr Verhalten in den Zellen mit grossmaschigen Lamellensystemen ist bereits beschrieben worden. Sie gleiten dort stets in den Lamellen umher. Ausserhalb der Lamellen kommen sie nie vor. Diese Möglichkeit ist infolge ihres ganzen Zusammenhanges mit dem Plastinsystem einfach ausgeschlossen. Trotzdem erschien es, als ob ein grosser Theil der Physoden nicht den Lamellen, sondern den Wabenräumen eingelagert seien. Es waren diejenigen, die in solchen Lamellen lagen, welche zur Sehachse mehr oder weniger senkrecht lagen. Man sieht in diesen Fällen zwar die Physoden, nicht aber die durchsichtigen Lamellen, ähnlich wie in einem mit Russpartikeln versetzten Seifenschaum wohl eine grosse Reihe Russpartikelchen, nicht aber die den Partikelchen als Stütze dienenden Lamellen zu erkennen sind.

Bei weiterer Beobachtung zeigt sich in den erwähnten Fällen, dass die Physoden scheinbar von einer Masche in die andere gleiten und dass sie hierbei über die nach unten gehende, dem Beobachter als zarte Linie erscheinende Lamelle ruhig hinweggleiten. Bisweilen gleiten sie aber auch in die erwähnte Lamelle hinein, um nach dem Inneren der Zelle zu gelangen. Desgleichen wurde an anderer Stelle das umgekehrte Verhalten beschrieben. Diese Bewegungsweise ein und desselben Organes, bald zweifellos in den Lamellen, bald scheinbar in einer Masche, setzt aber ein regelrechtes Lamellensystem voraus, da doch wohl nicht angenommen werden kann, dass dasselbe Organ der Zelle sich bald im Zellsaft, bald in dem Plastin befinde. Bei den Zellen mit grossmaschigen Schäumen lässt sich nun das Lamellensystem und insbesondere das konstante Verhältniss der Physoden zum Lamellensystem theils durch Contraktion des Plastinsystemes mit Glycerin,

theils durch Drehung des Objektes (sofern es sich um Zellfäden handelt) sicher nachweisen, wodurch der oben gezogene Schluss bestätigt wird.

Dieses spezifische Verhalten der Physoden, welches zwar eine indirekte, aber sehr kräftige Stütze für die Lamellennatur ist, findet sich nun auch bei den Pflanzen mit feinschaumigen Plastinsystemen. Auch da gleiten die Physoden bald deutlich in einer sichtbaren Linie, bald in einer Masche. Es lässt sich dies schon bei „fließendem Plasma“, also in Bewegung befindlichen Lamellensystemen konstatiren. An den Stellen, wo das „Plasma“ stockt, tritt die Erscheinung sehr deutlich zu Tage. Es eignen sich deshalb besonders die Zellen an Vegetationspunkten für diese Beobachtungen, da ja in diesen Zellen das Lamellensystem wegen Platzmangels sich in Ruhe befindet, und hier oft nur die Physoden als das einzig Bewegliche in der Zelle erscheinen — übrigens ein ganz analoges Verhalten wie in den Braunalgenzellen.

Es zeigen sich also in dieser, die inneren Lebensvorgänge berührenden Beziehung bei allen untersuchten Pflanzen, gleichviel welcher Maschengröße, genau dieselben Erscheinungen, ein weiterer Beweis, dass hier gleiche Ursachen, also sich in einem Lamellensysteme bewegende Physoden, vorliegen. —

Als dritter Grund mag noch folgender angeführt werden. Die Waben sind auch bei den kleinschaumigen Lamellensystemen nicht alle von genau gleicher Größe. Einige, manchmal einzeln, manchmal zu zwei oder drei zusammenliegend sind ein wenig grösser. Ihr Cubikinhalte beträgt vielleicht 4 bis 8  $\text{cb}\mu$ , entsprechend einer Maschenweite von 1,6 bis 2  $\mu$ . Nach den bisherigen Erfahrungen müsste an diesen Waben bereits ihre eigentliche Natur, d. h. ihre die Wabe abschliessende Lamelle, erkannt werden. Dies ist auch thatsächlich der Fall. Liegen mehrerer solcher Waben zusammen, so bilden sie einen deutlichen Schaum, eine einzelne Wabe erscheint als Bläschen, als „dem Protoplasma eingelagerte Vakuole“. In den Wänden dieser deutlichen Schäume oder einzelnen Vakuolen sieht man nicht selten Physoden; wie sich solche auch in den Wänden von im Verhältniss sehr bedeutend entwickelten Waben, die dann als Zellsafträume bezeichnet werden, befinden.

Nicht weniger charakteristisch sind die aus „Protoplasmasträngen“ sich bisweilen seitlich hervorwölbenden Partien. Auch an diesen ist in der Regel die schaumförmige Anordnung nicht zu verkennen, s. Fig. 76, wengleich auch die einzelnen Linien nicht als Lamellen verfolgbar sind.

So spricht nicht ein einzelner Umstand für die lamellöse Struktur des erkennbaren Gerüstwerkes, sondern eine ganze Reihe verschiedener Beobachtungen sprechen dafür und lassen theilweise wohl schwerlich eine andere Deutung zu. Inwieweit die hier vorgebrachten Gründe als endgültige Beweise für die Lamellenstruktur angesehen werden können, vermag ich allein nicht zu entscheiden. Ich glaube aber berechtigt zu sein, für alle pflanzlichen Elementarorganismen, in denen bei der einzelnen Einstellung ein Netzwerk zarter,

stark lichtbrechender Linien erkennbar ist, dessen Grössenverhältnisse aber aus den besagten Gründen eine Entscheidung über die eigentliche Struktur nicht zulassen, stets dann eine lamellöse Struktur annehmen zu dürfen, wenn 1) die Physoden in dem spezifischen Verhältniss zu den Linien stehen und letztere mehr oder weniger auftreiben, 2) wenn die Linien eine Stärke von  $0,3 \mu$  nicht überschreiten (es ist früher erörtert worden, dass bei kleinschaumigen Plastinsystemen die Linien fleischiger erscheinen, als sie thatsächlich sind, s. pag. 428) und 3) wenn die Physoden bei ihren Bewegungen scheinbar weder an die Maschen noch an die Linien gebunden sind (vergl. oben).

In Punkt 3 liegt zugleich die wesentliche Bedingung, dass alle Erscheinungen an lebendem Materiale erkannt werden müssen; ausserdem wird eine gewisse Verfolgung der inneren Lebenserscheinungen der Zelle hierdurch bedingt. Ich bin überzeugt, dass, wenn diese drei Punkte im Vereine mit den anderen besprochenen Nebenumständen erfüllt werden, sicher kein Trugschluss gezogen wird. Uebrigens ist es oft gar nicht so leicht, alle Bedingungen erfüllt zu sehen. Manches Objekt, oder vielmehr manche einzelne Zellenart, denn es muss doch täglich ein neues Objekt benutzt werden, erfordert wochenlanges Studium. Bei manchen Objekten ist die Entscheidung leicht, bei anderen wieder, z. B. *Spirogyra*, konnte ich zu einem einwandsfreien Endurtheil nicht gelangen. Nie habe ich aber, sofern überhaupt etwas zu erkennen war, auch nur einen Punkt gefunden, der gegen die Lamellennatur der Plastinsysteme gesprochen hätte.

Allgemeine Erfordernisse für diese Arbeiten sind in erster Linie ein wirklich gutes Mikroskop. Wirklich gute Instrumente sind leider doch seltener, als man im Allgemeinen anzunehmen pflegt. Weiter erforderlich ist die geeignete Auswahl der Objekte, und dann fand ich, dass nur ununterbrochenes stundenlanges Beobachten desselben Zellstückes zum Ziele führte. Dieser Punkt mag allerdings sehr individuell sein, doch hüte man sich vor zu schnellem Urtheilen. Dieses stundenlange Beobachten ist nicht etwa langweilig, sondern es ist äusserst spannend, sogar aufregend. Letzteres ist insbesondere die Beobachtung der Physoden bei *Chaetopteris* und vielen anderen Pflanzen. Ein wichtiger Umstand, auf welchen bereits Bütschli hingewiesen hat und den ich durchaus bestätigen kann, ist der: Man hüte sich vor Ueberlichtung. Des Weiteren möchte ich jüngere Collegen darauf aufmerksam machen, auch das Lamellensystem des eigenen Nervensystemes nicht ausser Acht zu lassen. Ich rathe Jedem dringend, sobald er fühlt, dass er während der Beobachtung mehrere Tage hintereinander unruhig wird, die Arbeit einfach auf einige Monate zu unterbrechen und irgend eine andere Aufgabe, deren es ja immer genügend giebt, vorzunehmen, denn sonst kann man einer leichteren oder schwereren Neurasthenie ziemlich sicher sein.

Man verzeihe diese kleine Abschweifung. Vielleicht ist sie aber dem einen oder dem anderen der verehrlichen Leser von Nutzen.

Bevor die einzelnen Pflanzen besprochen werden, muss noch auf das Vorhandensein und die Entstehung von Plastinfäden Rücksicht genommen werden.

Man wird erstaunt fragen: Können nach den ganzen bisherigen Ausführungen überhaupt noch Plastin„fäden“ vorkommen?

Auf diese Frage ist mit „Ja“ zu antworten. Es wird sich sogleich zeigen, dass trotz dieser Thatsache das Vorhandensein des Lamellensystemes durchaus nicht in Frage gestellt wird.

„Fädiges“ Protoplasma oder vielmehr Plastin kommt in der Natur nach meinen bisherigen Erfahrungen nur an zwei Stellen vor: 1) in den Cilien der Schwärmsporen und den Ausläufern von *Pseudopodien* etc. und 2) in den Zellen höherer Pflanzen als Verbindungsfäden zwischen grösseren „Protoplasma-“ also Plastinsystemklumpen. Es sei bemerkt, dass ich gerade auf das Vorkommen solchen fädigen Plastins bei den Beobachtungen Rücksicht genommen habe. In den Cilien und den erwähnten Verbindungsfäden, welche beide bisweilen unmessbar zart sind, konnte kein Wabenwerk vorliegen. Infolge dieser Beobachtung vermochte ich mich lange Zeit nicht auf den in dieser Arbeit eingenommenen Standpunkt zu stellen.

Auch in dieser Frage sind es wieder die Braunalgen, welche die Lösung der schwebenden Frage ermöglichten, und zwar waren es Parenchymzellen von *Fucus*, an denen die betreffenden Beobachtungen gemacht wurden.

Bei der vorsichtigen Contraction des Zelleibes der erwähnten Zellen mit Glycerin — es handelte sich darum, das Verhältniss des Plastins zu den Tüpfeln bezl. den Nachbarzellen festzustellen — zeigte sich, dass die wandständige Plastinlamelle an den Tüpfeln zunächst festhaftete, während sie sich von der verdickten Zellwand leicht ablöste. Infolgedessen bildete die Lamelle zwischen dem sich kontrahirenden Haupttheile und den Tüpfeln anfangs dicke, dann, infolge der weiteren Contraction, immer dünner werdende Röhren. Vergl. Fig. 18. Die unzweifelhaft durch die Plastinlamelle gebildete Röhrenwandung war ebenso zartwandig wie ihre Muttersubstanz und enthielt anfangs Physoden und Chromatophoren in der bekannten Weise eingelagert. Letztere Organe wurden bald darauf von dem Haupttheil eingezogen; die Verbindungsröhren zwischen Haupttheil und Tüpfeln wurden infolge fortdauernder Contraction dünner und dünner. Schliesslich war die Contraction soweit vorgeschritten, dass der Haupttheil des Zelleibes eine scharf begrenzte Kugel bildete, und die ehemaligen Verbindungsröhren trotz sorgfältigster Beobachtung nur noch als äusserst zarte Verbindungs„fäden“ sichtbar waren. Es waren mithin aus der wandständigen Plastinlamelle erst Röhren, hieraus Plastinfäden, und zwar Plastinfäden von unmessbarer Feinheit gebildet worden! Vergl. Fig. 19. Der Zelleib hing als contrahirte Kugel inmitten der Zelle an diesen Plastinfäden. In der contrahirten Kugel waren die einzelnen Lamellen und in diesen die Physoden und Chromatophoren deutlich zu sehen. An einem Tüpfel hatte sich wohl infolge ungleichmässiger Contraction der Röhre eine kleine Plastinkugel gebildet. Letztere wurde nach einiger Zeit ebenfalls zu dem Haupttheil eingezogen. Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass sich der Zelleib in all diesen Stadien im lebenden Zustande befand.

Aus diesem Versuch geht hervor, dass die Plastinlamellen sehr dehnbar und andererseits sehr contractil sind. Die Hauptmasse der grossen wandständigen Lamelle ist zu der ganz erheblich kleineren Abschlusslamelle der Kugel contrahirt. Ferner ist aus anderen Fällen, z. B. von *Chaetopteris* her, bekannt, dass die Plastinsubstanz, ähnlich wie Flüssigkeiten, bei Verschiebungen des Lamellensystemes mit Leichtigkeit Substanz an benachbarte Lamellen abgeben kann, wobei letztere meist grösser und erstere kleiner wird. Die wechselnde Grösse der Lamellen, verbunden mit Stoffabgabe resp. Annahme von Nachbarlamellen findet an jedem makroskopischem Schaum bekanntlich in derselben Weise statt. Schliesslich hat sich bei dem Versuch gezeigt, in welcher Weise unzweifelhafte Fäden aus einem Lamellensystem hervorgehen. Hätte es damals die Zeit, als auch das Leben der Zelle gestattet, das Glycerin dem Objekte langsam zu entziehen, infolgedessen der Zelleib wieder anschwillt, so würde sich sicher gezeigt haben, dass diese Verbindungsfäden wieder mit in der Lamellensubstanz aufgehen.

Auf Grund der Beobachtungen an *Fucus* ist es nun ein Leichtes sich ein Urtheil über das Entstehen und über das Verschwinden der Plastinverbindungsfäden in den ausgewachsenen Zellen höherer Pflanzen, wie auch über das der Cilien zu bilden.

Wenn sich z. B. ein Plastinlamellencomplex von *Urtica* aus inneren Gründen in verschiedenen Richtungen bewegen will, so geht dies anfangs ganz glatt von Statten. Der eine Theil der Lamellen wälzt sich dahin, der andere dorthin. Schliesslich befinden sich zwischen beiden Theilen nur noch eine oder wenige Waben. Diese werden dann zunächst in die Länge gestreckt und bilden eine feine Röhre. Doch geht dies nur soweit, als es der Inhalt der Wabe gestattet. Diese röhrenförmige Wabe kann bei der leichten Dehnbarkeit und dem Anleihevermögen ihrer Lamellensubstanz schon recht langgestreckt werden und schon so den Anschein eines recht zarten Fadens erwecken. Ausserdem kann sich aber in besonderen Fällen noch das Lamellensystem dieser Wabe unter Benützung von Plastinsubstanz der benachbarten Lamellen, wohl am leichtesten an einem Ende der Wabe, zu einem thatsächlichen Faden ausspinnen, und zwar in ganz analoger Weise wie bei *Fucus*. Zerreißen thut ein Plastinfaden in einer lebenden Zelle nie. In einem solchen Faden resp. zarten Röhre können nun die Physoden ebenfalls nach Belieben umhergleiten; desgleichen kann sich daran, wie man es ja so oft beobachtet, das Lamellensystem fortwälzen. Im letzteren Falle wird der event. Faden sofort wieder der Lamellensubstanz einverleibt, resp. wird eine dünnwandige Röhre aus ihrer gestreckten Lage in eine normale Wabe zurückgebracht. Das Auftreten solch thatsächlich als Fäden anzusehenden Plastines bietet also nicht den geringsten Anhalt gegen das Vorhandensein eines Lamellensystemes.

Dies fädige Plastin tritt innerhalb behüteter Zellen ausnahmslos als besagte Verbindungsfäden auf. Innerhalb des dichten Lamellensystemes einer Zelle kommen dieselben nicht vor. Sie finden sich, wie aus den

Erörterungen leicht hervorgeht, auch nur in Zellen, in denen das Plastinsystem genügend Platz zur freien Bewegung besitzt. Nie sind sie deshalb in solchen Zellen zu beobachten, in denen sich ein in Ruhe befindliches Plastinsystem befindet — es fehlen hier einfach die Vorbedingungen für ihre Bildung. Diese Fäden stellen auch nie konstante Bestandtheile der Zelle dar, sondern sie werden bei weiteren Bewegungen des Plastinsystemes früher oder später von dem sich daran hinwäzenden Plastinsysteme wieder aufgenommen.

Nach aussen hin, also nur bei sog. nackten Zellen, vermag aber das Plastinsystem, infolge seiner formbildenden Kraft, verhältnissmässig leicht solche fädige Fortsätze zu bestimmten Zwecken zu treiben. Es beweist dies die Cilienbildung der Schwärmsporen und Infusorien.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen mögen einige Arten besonders besprochen werden.

### Elodea.

Von dieser Monocotyledone eignen sich die Zellen der Vegetationspunkte für die diesbezüglichen Untersuchungen. In Fig. 66 sind zwei Zellen des endständigen Vegetationspunktes wiedergegeben und zwar im Verhältniss 1:1200. Die eine derselben ist in den Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1892 Tafel XXIII. Fig. 9 in vergrössertem Maassstabe dargestellt. Abgesehen von dem verhältnissmässig grossen Kern, sind diese Zellen bekanntlich voll von „Protoplasma“. Bei näherer Untersuchung lässt sich nun ein Netzwerk zarter Fäden resp. Lamellen in dem Protoplasma erkennen. Die als etwas stärker lichtbrechende Linien erscheinenden Fäden sind zu ziemlich regelmässigen Polyedern angeordnet, ganz ähnlich, nur in verkleinertem Maassstabe wie bei *Chaetopteris*. In den Maschen des Netzwerkes befindet sich hier wie dort eine nicht lichtbrechende wässrige Flüssigkeit.

Der Maschendurchmesser beträgt im Durchschnitt 1  $\mu$ . Es liegen also Grössenverhältnisse vor, die eine direkte Entscheidung über die eigentliche Struktur des sichtbaren Linienwerkes nicht zulassen. Die Linien selbst erscheinen hier, wie schon früher mitgetheilt wurde, nicht so zart wie bei den meisten Braunalgen. Immerhin sind sie noch ziemlich dünn, etwa  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{5}$   $\mu$ . Eine Bewegung dieses Netzwerkes findet aus Mangel an Raum nicht statt. Auch hierin gleicht mithin *Elodea* den Braunalgenzellen.

Ausser dem Netzwerk stärker lichtbrechender Linien und den dazwischen befindlichen wässrigen Maschenräumen sind noch mehr oder weniger lebhaft hin und hergleitende Physoden zu bemerken. Dieselben liegen theils in den Linien, diese ziemlich stark auftreibend, theils scheinen sie sich in den Maschenräumen zu befinden. Bei dem hin und hergleiten wandern sie von einer Masche in die andere, oder von einer Masche in eine Linie etc. Es werden demnach alle diejenigen Forderungen erfüllt, welche ich oben zur Charakterisirung eines Lamellensystemes aufgestellt hatte. Es ist mithin das scheinbare Netzwerk der zarten Linien als der jeweilige Durchschnitt eines Lamellensystemes anzusehen. Die Physoden gleiten in den

Lamellen ebenso wie bei den Braunalgen umher. Sie enthalten wie dort die am leichtesten oxydirbaren Stoffe der Zelle. Sie sind auch hier verschieden gross und führen bei ihren Wanderungen schwach amöboide Formveränderungen aus. Das gegenseitige Verhältniss der einzelnen Zellbestandtheile zu einander zeigt also eine ausserordentliche Uebereinstimmung mit dem der Braunalgen, so dass wir auch hier den Satz aufstellen müssen: Der Zelle liegt ein System zarter Plastinlamellen zu Grunde, diesem Lamellensysteme sind der Kern, die Physoden und die Leucoplasten eingelagert. In den Waben des Lamellensystemes befindet sich eine klare, wässrige Flüssigkeit.

Nicht anders sind in ihrem Aufbau die Zellen am basalen Vegetationspunkte junger Blätter beschaffen, wie aus der Fig. 67 ersichtlich ist.

Während nun beim Aelterwerden und Heranwachsen der Braunalgenzellen sich alle Kämmerchen (Waben) in annähernd gleicher Weise mit wässriger Flüssigkeit anfüllen und infolgedessen einen ziemlich gleichmässigen, sehr grossmaschigen Schaum bilden, findet bei *Elodea* die Aufnahme der wässrigen Flüssigkeit nur in einer oder wenigen der kleinen Waben statt. Letztere wachsen deshalb zu sehr ansehnlichen Räumen, den Zellsaftkammern, heran, während die Schwesterwaben ihre ursprüngliche Kleinheit beibehalten. Bei der Untersuchung älterer Zellen treten die kleinen Waben deswegen vollständig gegen den Zellsaftraum zurück; ja der feine Schaum scheint sogar in direktem Gegensatz zu dem grossen Zellsafttraume zu stehen, ähnlich wie dies der Fall ist, wenn man eine kleine Portion eines recht feinwabigen Schaumes in einem Glaskolben bringt und darin umschwenkt. Es werden dann eine oder mehrere grosse, den Kolben fast ganz ausfüllende Waben gebildet, und der Rest des feinwabigen Schaumes erscheint als eine mehr oder weniger homogene Masse, die leicht als Gesamtheit in direkten Gegensatz zu den grossen Waben gebracht wird. Die Wandungen resp. Lamellen der grossen Waben scheinen dann aus jener Gesamtmasse zu bestehen. Thatsächlich werden aber die grossen Lamellen nur aus derjenigen Masse gebildet, welche auch die Lamellen des feinen Schaumes bildet, und in den Waben des feinen, kaum erkennbaren Schaumes befindet sich dieselbe Substanz, wie in den grossen Waben.

Da sich in den älteren Zellen von *Elodea* das feinwabige Lamellensystem in fliessender Bewegung befindet, und das Lichtbrechungsvermögen der einzelnen Lamellen ein geringes ist, so sind an lebendem Materiale die Strukturverhältnisse in diesen Zellen kaum zu erkennen. Beim Abtöden der Zellen mit Ueberosmiumsäure tritt bei der Beobachtung momentan das charakteristische, ziemlich regelmässige Polyederwerk deutlicher hervor und gleicht den Figuren der bekannten Bütschli'schen Abhandlung Taf. III. Fig. 5 u. 6.

Während also die Zellen an den Vegetationspunkten sehr schöne Studienobjekte liefern, sind die älteren vegetativen Zellen wenig oder fast nicht für diese Zwecke geeignet.

### Trianea.

Das „Protoplasma“ der Wurzelhaare dieser Pflanze zeigt bekanntlich Rotationsbewegung. Man sucht sich deshalb zweckmässig die in weniger lebhafter Bewegung oder am besten in Ruhe befindlichen Theile des „plasmatischen Wandbelegs“ zur Beobachtung aus. An diesen Stellen ist zunächst ein stärker lichtbrechendes Netzwerk zu erkennen. Fig. 69 giebt ein kleines Stück des Wandbelegs wieder. Die Grössenverhältnisse des Netzwerkes gleichen etwa denen von *Elodea* oder *Urtica*. Es ist also die thatsächliche Struktur nicht ohne Weiteres erkennbar. In dem Netzwerk gleiten kleine, die scheinbaren Fäden torulös auftreibende Physoden mit stark reducirendem Inhalte in der bekannten Weise umher. Hat man erst an diesen ruhenden Stellen die Strukturverhältnisse erkannt, so fällt es erheblich leichter, dieselben auch an den in Bewegung befindlichen Theilen wahrzunehmen. Man sieht dann, wie das Maschenwerk sich mehr oder weniger schnell verschiebt. Ausserdem findet eine hiervon unabhängige Bewegung der Physoden statt. Die letzteren gleiten nicht selten in entgegengesetzter Richtung in nächster Nähe an einander vorbei.

Auch auf dem optischen Durchschnitte ist im „plasmatischen Wandbeleg“ das demselben zu Grunde liegende Lamellensystem als zartes Netzwerk stärker lichtbrechender Linien zu sehen. Die Physoden verhalten sich in derselben Weise wie in der Oberflächenansicht. Das Netz- oder vielmehr Lamellenwerk wälzt sich meist an sich selbst fort und wechselt hierbei fast beständig seine Mächtigkeit.

In der Fig. 69 sind 2 Schneeflockencrystalle und ein Calciumoxalatcrystall mit eingezeichnet. Ich muss es betreffs dieser Gebilde unentschieden lassen, ob dieselben sich in den kleinen Waben oder in der grossen, zu dem „Zellsaftraume“ herangewachsenen, befanden. Es lässt sich diese Frage nur mit Sicherheit bei Einstellung auf den optischen Durchschnitt entscheiden, was leider seinerzeit nicht geschehen ist.

Auch in den inneren chlorophyllführenden Zellen ist das zarte Netzwerk sammt den Physoden zwar schwer, an ruhigen Stellen aber doch deutlich zu erkennen.

### Hydrocharis.

Sowohl in den Wurzelhaaren als in den chlorophyllführenden Wurzelzellen waren die sich lebhaft hin- und herwälzenden Plastinlamellensysteme oft recht gut zu sehen. Die Einzelercheinungen gleichen sowohl in Bezug auf die Lamellensysteme als auch auf die Physoden denen von *Trianea*.

### Mais.

Zur Untersuchung wurde frisch gekeimter Mais verwandt. Auf Längsschnitten durch die 2—3 mm langen Blättchen konnte in vielen Zellen die schaumförmige Anordnung des Plastins erkannt werden.

In den einzelligen Wurzelhaaren, deren Plasmastruktur nicht weiter verfolgt worden ist, glitten die Physoden in allen Richtungen umher.

## Weizen.

Hiervon wurde das erste grüne, noch in der Hülle befindliche Blättchen eines frisch gekeimten Kornes benützt, und zwar wurden die inneren, langgestreckten Zellen näher untersucht. Eine dieser Zellen war  $65\ \mu$  lang und  $20\ \mu$  breit. Der Kern hatte etwa  $11\ \mu$  Durchmesser. Das „Plasma“ durchzog bereits in Strängen, analog wie in *Urtica*haaren, die Zelle. Im Wandbeleg — ich benutze der Einfachheit wegen die üblichen Ausdrücke — war ein ebensolches Wabenwerk wie in den Vegetationspunkten von *Elodea* deutlich erkennbar, und zwar kamen auf eine Strecke von  $2\ \mu$  etwa 3 bis 4 Waben. In den Waben befand sich wie bei den übrigen Pflanzen wässerige Flüssigkeit. Die Physoden waren anfänglich schwer zu erkennen, da bei diesem feinen Wabenwerk die „falsche Netzbildung“ (vergl. Bütschli, Mikroskop. Schäume etc.) etwas störend wirkte. Doch nach einiger Orientirung konnte ich die Physoden an lebendem Material sicher erkennen. Dass ich mich in der Beurtheilung nicht getäuscht hatte, ergab die chemische Prüfung, welche übrigens stets unter dem Mikroskop ausgeführt wurde. Mit Osmiumsäure wurden die als Physoden erkannten Gebilde auch hier zuerst geschwärzt.

## Tradescantia.

Die Staubfädenhaare verschiedener *Tradescantia*arten waren häufig Gegenstand der Untersuchung. Was man in diesen Zellen gemeinlich unter „Protoplasma“ versteht, ist wohl eigentlich als zu bekannt vorauszusetzen, um hier darauf eingehen zu müssen; immerhin sei erwähnt, dass hierunter in Uebereinstimmung mit den meisten Forschern dasjenige Substanzgemenge verstanden wird, das von Strasburger als Cytoplasma, und von Flemming als Zellsubstanz bezeichnet wird. Ich erwähne dies nur, um Missverständnissen, wie sie vorgekommen sind, möglichst vorzubeugen.

In dem als „Protoplasma“ bezeichnetem Gemenge lässt sich verhältnissmässig leicht, doch immerhin etwas schwieriger als bei *Urtica* und *Bryopsis*, ein ebensolches Netzwerk wie bei den letztgenannten Pflanzen erkennen. Auch hier ist das, dem Auge als Fädenwerk erscheinende Gebilde nichts anderes als der jeweilige Durchschnitt eines kleinmaschigen Lamellensystems. Die Grösse der Waben lässt sich am Besten an den Stellen des Plastinsystems messen, welche sich nicht in fließender Bewegung befinden, was vorwiegend in der Nähe des Kernes der Fall ist.

Die Lamellen erscheinen an diesen Stellen als ein ziemlich regelmässiges Netzwerk von Fünf- und Sechsecken. Der Durchmesser der einzelnen Waben beträgt an solchen Stellen knapp  $1\ \mu$ . Die Grössenverhältnisse sind demnach ungefähr dieselben wie bei *Bryopsis* und *Urtica*. (Vergl. Fig. 74.) An den in fließender Bewegung befindlichen Theilen des Lamellensystemes sind die Waben analog wie bei den erwähnten Pflanzen mehr oder weniger in die Länge gestreckt. Es erscheint in solchen Fällen das Plastin-

system oftmals rein längsfibrillär. Gerathen solche fließende, längsfibrillär aussehende Theile aus irgend einem Grunde ins Stocken, z. B. wenn sie in der Nähe des Kernes anlangen, so schieben sie sich schnell wieder zu dem regelmässigen Wabenwerk zusammen. Man vergleiche hierzu die Abbildung von *Urtica* Fig. 75, welche ebensogut als eine Abbildung von *Tradescantia* ausgegeben werden könnte.

Auf die Bildung der zarten Verbindungsfäden zwischen den einzelnen Plastinparthieen ist bereits im allgemeinen Theile näher eingegangen worden.

Das Lamellensystem, welches hier nicht mehr die Zelle dicht erfüllt, sondern vielmehr infolge Ausbildung einer sehr grossen Wabe, des Zellsaftraumes, Platz zur freien Bewegung gewonnen hat, befindet sich, wie schon angedeutet, in fließender Bewegung. Dieselbe kommt dadurch zu Stande, dass die einzelnen Lamellen aneinander hingleiten. Der erste Antrieb zu diesen Bewegungen liegt offenbar in den lebendigen Plastinlamellen selbst. Die für uns sichtbaren, verhältnissmässig rohen Bewegungserscheinungen zeigen sehr viele Analogien mit künstlich bewegten leblosen Schäumen. Der in den kleinen Kammern des Lamellensystemes befindliche wässerige Inhalt, von Bütschli noch als „Enchylema“ bezeichnet, wird durch die ihn einschliessenden Lamellen mit herumgeschleppt. Voraussichtlich ist dieser Vorgang für den Wassertransport bei höheren Gewächsen von Wichtigkeit. Das Wasser wird gewissermassen in die Höhe getragen. Die Kammerflüssigkeit bezl. das „Enchylema“ besitzt selbst durchaus kein Bewegungsvermögen, sondern die dem „Protoplasma“ zukommende Bewegung ist, abgesehen von der Physodenverschiebung, lediglich eine Aeusserung des Plastinsystemes. Dass hierbei das Plastinsystem seine einzelnen Lamellen vergrössern und verkleinern kann, wurde schon früher erörtert. Für unser Auge spielen sich hierbei dieselben Vorgänge ab, wie sie einem Jeden von makroskopischen Schäumen her bekannt sind. Es folgen also die leblosen Schäume in vielen Stücken den Gesetzmässigkeiten, welche für die lebendige Substanz maassgebend sind, und nicht umgekehrt. Mit besonderer Freude hat mich erfüllt, dass Bütschli selbst im Nachtrag zu seinem hervorragenden Werke den Erklärungsversuch zurücknimmt, den er zur Lösung dieser Räthsel herangezogen hatte. Die Plastinbewegung lässt sich eben nicht auf chemisch-physikalische Weise erklären; denn die Bewegung ist eine freiwillige — ein Ausfluss des Lebens, des dem Plastin innewohnenden Willens. Den freien Willen aber in starre Gesetze zu formuliren, das wird uns wohl nicht so leicht gelingen.

Die Physoden, im vorliegenden Falle bisher als „Mikrosomen“ bezeichnet, stellen kleine, verschieden grosse Bläschen dar. Sie stehen zu den Plastinlamellen in genau demselben Verhältniss, wie dies bei den Braunalgen etc. der Fall ist. Im Durchschnitt sind sie bei den einzelnen Arten verschieden gross. In einer Zelle wurde der Durchmesser der Physoden von  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$   $\mu$  festgestellt. Der Inhalt der Physoden stellt eine farblose oder schwach gelblich gefärbte, weiche oder flüssige Substanz dar. Dieser plastische,

individualisirte Inhalt kann sich in den Lamellen ziemlich schnell in beliebiger Richtung verschieben. Die Physoden können sich infolge dieses freien Bewegungsvermögens in derselben Lamelle bald überholen, bald in entgegengesetzter Richtung an einander hingleiten. Von mehreren in derselben Richtung hingleitenden Physoden kann die eine oder die andere plötzlich umkehren u. s. f. Ziemlich oft bewegen sich die Physoden entgegen der Richtung der Plastinbewegung und zwar nicht selten mit solcher Energie, dass sie einem ziemlich schnell fliessenden Plastinsysteme nicht nur die Waage halten, sondern in der von ihnen angestrebten Richtung auch noch vorwärts kommen.

Am leichtesten lässt sich die freie Physodenbewegung in den in Ruhe befindlichen Theilen des Lamellensystemes verfolgen. Auch hier gleiten die Physoden zum grössten Theile hin und her, und hier lässt sich am besten beobachten, wie die Physoden von einer Masche in eine andere Masche zu gleiten scheinen, wie sie sich scheinbar von einer Masche in einen Faden begeben können und umgekehrt. Es sind somit die Bedingungen erfüllt, welche im allgemeinen Theile gestellt wurden, um ein als Fädenwerk erscheinendes, direkt nicht zu entzifferndes Gebilde als Lamellensystem anzusprechen. Thatsächlich ist auch an den ruhenden Theilen des Lamellensystemes und an dem Verhältniss der Physoden zu diesem, abgesehen von der Grösse, durchaus nichts Anderes wahrzunehmen, wie bei der jeweiligen Einstellung der grossmaschigen Braunalgenzellen, z. B. einer *Fucus*-hyphenzelle.

Als bemerkenswerth ist bei *Tradescantia* noch hervorzuheben, dass der Inhalt der kleinen Waben, also die Kammerflüssigkeit — das „Enchylema“ — ebenso, d. h. blau oder roth gefärbt ist, wie der Inhalt der grossen Zellsaftwabe. Die Färbung der zarten Plastinlamellen ist in dem blauen bezl. rothen Medium, wie leicht erklärlich, nicht zu erkennen. Dagegen sind der Kern und die Physoden farblos, letztere bisweilen schwach gelblich gefärbt. Beide heben sich bei Einstellung auf ihren optischen Durchschnitt scharf von der gefärbten Umgebung ab. Auch in den dichtesten Schichten von „Protoplasma“ lässt sich die Färbung des „Enchylema“ sicher erkennen. Der ganze „Plasmacomplex“ erscheint nur infolge der vielfachen Einlagerung der ungefärbten Physoden heller, als der Zellsaft.

Einige andere Zelleinschlüsse wurden zur Untersuchung nicht genügend herangezogen, um hier berücksichtigt werden zu können; allenfalls möchte ich noch bemerken, dass die Nucleolen Formveränderungen zeigen. Ob dieselben aktiver oder passiver Natur sind, wurde nicht weiter verfolgt. Ferner zeigten die Nucleolen der *Tradescantia*haarzellen, wie auch Einschlüsse in den Nucleolen der gefärbten Blumenkronenhaare von *Dianthus caesius* dieselbe Färbung wie der Zellsaft. Ob und wie weit diese Beobachtungen weitere Beiträge zur physiologischen Erkenntniss der Elementarorganismen bringen können, ist selbstredend nur auf Grund eingehender Arbeiten zu entscheiden, zu welchen diese Bemerkung vielleicht Veranlassung giebt.

### Allium.

In chlorophyllhaltigen Zellen von *Allium baicalense* war die Struktur des Plastins zu erkennen. Der Wabendurchmesser betrug im Durchschnitt 1  $\mu$ . Bezüglich der Physoden sind hier die Untersuchungen seinerzeit nicht abgeschlossen worden. Beim Absterben nahm das Plastin, wie übrigens in allen solchen Fällen, die starre Anordnung an, wie sie uns an den Lamellensystemen künstlicher Schäume entgegentritt. Vergl. Fig. 70.

In beiden Fällen wird das Bild durch dieselben Lamellen hervorgerufen. Im lebenden Zustande ist aber der Gesamteindruck ein plastischer, ein frischer; im abgestorbenen Zustande dagegen ein starrer. Dieselbe Erscheinung trat uns schon an den grossmaschigen Schäumen der *Chaetopteris*-scheitel etc. entgegen, und da ich die Umwandlung sehr oft unter dem Mikroskop verfolgt habe, so ist auch hier ein etwa infolge Gerinnelbildung hervorgerufener Irrthum ausgeschlossen.

### Aloe.

In einer Anzahl zum inneren Theile des Fruchtknotens gehöriger, theils langgestreckter, theils runder Zellen, welche sehr reich an „Protoplasma“, theilweise ganz erfüllt davon waren, traten ganz ähnliche Erscheinungen hervor, wie in den bisher besprochenen Zellen.

In Fig. 73 ist ein Stück einer der langgestreckten Zellen wiedergegeben. Dieselbe ähnelte, wie auch die Figur zeigt, in allen Stücken sehr den jungen Blattzellen von *Elodea* (Fig. 67). Die abgebildete Zelle ist, abgesehen vom Kerne, dicht erfüllt mit „Protoplasma“. Bei der einzelnen Einstellung ist darin deutlich das zarte Netzwerk etwas stärker lichtbrechender Linien zu erkennen. Der Wabendurchmesser dieses Maschenwerkes beträgt knapp 1  $\mu$ . Auf 2  $\mu$  kommen e. 3 Waben. Die letzteren sind hier, wie bei allen anderen Pflanzen, nicht sämmtlich gleich gross und auch nicht gleich geformt. Neben Waben von  $\frac{1}{2}$   $\mu$  finden sich solche von 1  $\mu$  D. etc. Bisweilen ist trotz der Kleinheit die Schaumnatur des dem „Plasma“ zu Grunde liegenden Gerüstwerkes zu erkennen; besonders einige Zeit vor dem Tode tritt dieselbe unzweifelhaft hervor. Dass es sich auch hier nicht um Entmischungszustände etc. handelt, geht daraus hervor, dass auch bei völlig intakten Zellen das Lamellensystem bei der jeweiligen Einstellung als Netzwerk erkennbar und durch die ganze Zelle verfolgbar ist, dass fernerhin einige Zeit vor dem Absterben dieselben vorher gesehenen Theile nur deutlicher hervortreten.

Die Physodenbewegung ist in dem ruhig stehenden Lamellensysteme sehr schön zu beobachten. Die Physoden können durch die halbe Zelle hindurch gleiten, dann umkehren und wiederum eine andere Richtung einschlagen u. s. f. Ihre Form ist dabei häufig anders als rund.

In Fig. 72 ist ein kleines Stück aus einer runden Zelle abgebildet. Es geht aus der Figur hervor, dass in Bezug auf das Plastinlamellensystem

und die Physoden gleiche Verhältnisse vorliegen, wie in den oben besprochenen langgestreckten Zellen.

Ein interessantes Stadium ist dasjenige, wie es in Fig. 71 wiedergegeben ist. In mehreren der soeben besprochenen rundlichen Zellen waren durch Flüssigkeitsaufnahme mehrere benachbarte Waben bedeutend herangewachsen. Die zwischen den einzelnen vergrößerten Waben befindlichen Lamellen durchsetzen als sehr zarte Flächen die wässrige Kammerflüssigkeit. Diese grossen, deutlich sichtbaren Lamellen sind in diesem Falle durchaus gleichwerthig den kleinen Lamellen des wandständigen feinmaschigen Plastinsystemes. In anderen Zellen hatte sich nur eine einzige Wabe durch Flüssigkeitsaufnahme zu dem „Zellsafräum“ vergrößert.

Die Fig. 71 ist auch insofern von Interesse, als sie zur Erläuterung der im Laufe der Abhandlung herangezogenen Bezeichnung „primärer“ und „secundärer“ Schaum dienen kann.

Unter „primärem Schaum“ verstehe ich den feinmaschigen Schaum des Plastinlamellensystemes, welcher (hier vorwiegend den peripherischen Theil der Zelle ausfüllend) die Grundsubstanz des „Protoplasma“ bildet, also das lediglich aus Plastin bestehende Schaumwerk. Aus oben erwähntem Grunde gehören die zarten, die „Zellsafräume“ (im Gegensatz zu „Plasma“) durchsetzenden Lamellen in diesem Specialfalle mit zu dem primären Schaum, denn es sind einzelne Plastinlamellen und durchaus nicht „Protoplasma“. Unter „sekundärem Schaum“ wird dagegen derjenige verstanden, der uns bei unvollkommener Beobachtung, z. B. bei schwächerer Vergrößerung, entgegentritt. In der betreffenden Figur würde bei schwacher Vergrößerung das „Protoplasma durch zwei Zellsafräume vakuolisirt sein“, und zwischen den beiden Zellsafräumen würde sich eine „Protoplasmlamelle“ (rechts unten am Kern) befinden. Mitunter werden an Vegetationspunkten mehrere Zellsafräume in nicht benachbarten Waben angelegt, und dadurch verschiedene „Protoplasmlamellen“ gebildet. Es ist dann das „Plasma als schaumförmig vakuolisirt“ bezeichnet worden. Sobald wir jedoch diese „Protoplasmlamellen“ genauer verfolgen und in ihnen ein ganzes System von „Plastin“-Lamellen erkennen, wird der principielle Unterschied zwischen primären und sekundären Schaumwerken wohl verständlich sein. In dem einen Falle haben wir es mit Plastinlamellen zu thun, in dem anderen mit mehr oder weniger dicken Lamellen eines Gemenges, dem erst ein Plastinlamellensystem zu Grunde liegt.

Es ist schon früher darauf hingewiesen worden, dass bisher diese beiden Schaumarten nicht genügend auseinander gehalten worden sind, und dass infolgedessen vielfache Missverständnisse entstanden sind. Ja, noch mehr. Diese sekundären Schäume scheinen verschiedene Forscher von dem richtigen Wege abgebracht zu haben. Es schweben mir augenblicklich zwei Fälle vor. Ogleich mir die betreffende Litteratur seit Jahren nicht mehr zur Hand ist, möchte ich doch aus dem Gedächtniss — selbstredend ohne sichere Gewähr — die beiden Fälle hier anführen.

Der erste Fall betrifft das Ei von *Ginkgo*, an welchem Strasburger Untersuchungen angestellt hat. So viel mir erinnerlich ist, schreibt Strasburger hierüber, dass die Zelle von zarten „Plasma“lamellen schaumförmig durchsetzt wird, dass die Lamellen sehr dünn sind und von gewissen Einschlüssen torulös aufgetrieben werden. Als ich die betreffende Arbeit las, hatte ich den Eindruck, als ob Strasburger nicht „Protoplasmalamellen“, sondern „Plastin“-Lamellen eines verhältnissmässig lockeren Schaumes beobachtet hat, dass S. also die primäre Schaumstruktur vor sich gehabt und auch richtig als Wabenstruktur gedeutet hat. Andere ungünstigere Objekte haben ihn dann nur die sekundäre, vielleicht vermisch mit der primären Struktur erkennen lassen, und in dem Glauben, dass beide Lamellenarten identisch seien, musste Strasburger — wenn er an ungünstigen Objekten in mehrere Mikren dicken „Protoplasmalamellen“ die primäre Struktur nicht zu erkennen vermochte — folgerichtig das „Protoplasma“ wieder als eine hyaline, zähflüssige Substanz bezeichnen, zumal die zarten Lamellen eines *Ginkgoeies* erst recht hyalin erschienen. Ich vermüthe, dass Strasburger deshalb von der Wabenstruktur wieder abgekommen ist, weil er bei ungünstigem Materiale in den dicken, schleimigen, sekundär schaumförmig angeordneten „Protoplasmalamellen“ keine Protoplasmastruktur zu erkennen vermochte, und es andererseits auf der Hand lag, dass dieser körnige Schleim vollständig dem Protoplasmastrang einer ausgewachsenen Zelle entsprach. Da nun in den letzterwähnten Zellen sicherlich nicht „Protoplasma“strukturen vorliegen konnten, so liess voraussichtlich S. auch die richtig erkannte Schaumstruktur des „Protoplasma“ des *Ginkgoeies* fallen, indem er die dortigen „Plastin“lamellen den „Protoplasma“lamellen ungünstigen Materials gleichsetzte. Derselbe Irrthum ist ihm, wie übrigens allen bisherigen Forschern, in Bezug auf das Plastinsystem der Braunalgen unterlaufen, wie sowohl aus dem Text als auch einer Figur von *Sphacelaria* oder *Chaetopteris* hervorgeht. In der betreffenden Figur sind die in Wirklichkeit scharf begrenzten Lamellen mit punktirten, lose begrenzten Strichen wiedergegeben.

Der andere Fall bezieht sich auf eine Abbildung in Berthold's Protoplasmamechanik. Eine einen Pilz darstellende Figur vermag ich mit Rücksicht auf das Verhältniss der Einschlusskörper (Physoden) zu den zarten Linien (Lamellen) kaum anders zu deuten, als dass in den betreffenden Zellen ein grossmaschiges „Plastin“-System vorgelegen hat.

Uebrigens scheint mir auch in einer Reihe von thierischen Zellen die „Protoplasma-“ oder „Zellsubstanz“-Struktur wider Erwarten offenkundig zu Tage zu liegen.

Deshalb ist dringend anzurathen, dass man die Lamellenstärke und das Verhältniss, in welchem Lamellen und Physoden zu einander stehen, berücksichtigt. Bei einiger Uebung wird man leicht „Protoplasma-“ und „Plastin“-Lamellen unterscheiden können.

## Urtica.

Als Versuchsobjekt diene vorwiegend die für diese Zwecke sehr günstige *Urtica pilulifera*. Die Brennhaare dieser Species verdienen wegen der Deutlichkeit, mit welcher die Einzelheiten zu erkennen sind, eine besondere Beachtung. Dass im Princip auch hier nichts anderes zu sehen ist, als bei den übrigen Pflanzen, ist schon an verschiedenen Stellen, insbesondere bei *Bryopsis* und *Tradescantia* erwähnt worden.

Die Fig. 75 und 76 geben ein Stück eines von dem Kern ausgehenden „Protoplasmastranges“ wieder. Am Kern findet sich das „Protoplasma“ nicht in Strömung. Infolgedessen hat das auch hier dem „Protoplasma“ zu Grunde liegende Lamellensystem eine gleichmässige, wabige Anordnung angenommen, ähnlich wie in den jungen Zellen von *Giraudia* etc. Die Waben sind nicht alle gleich gross. Im Mittel beträgt der Durchmesser etwa 1  $\mu$ . Die Lamellen erscheinen trotz ihrer Zartheit etwas fleischig. Die Physodenbewegung lässt sich in diesem ruhenden Lamellensysteme sehr schön verfolgen. Aehnlich wie bei den Braunalgen gleiten diese Gebilde scheinbar von einer Masche in eine andere, von einer Masche in einen Faden u. s. f. Sie gleiten eben ad libidum in einem dem „Protoplasma“ zu Grunde liegenden Lamellensysteme umher. Sie können in der äussersten, den „Plasmastrang“ nach aussen abschliessenden Lamelle ebenso schnell gleiten, wie in den inneren Lamellen; des Weiteren können sie von den inneren Lamellen in die äussere wandern u. s. w. Es kommt dies daher, dass die äussere Lamelle den inneren Lamellen durchaus gleichwerthig ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den äusseren und den inneren Lamellen eines Plastinsystemes. Bei Verschiebungen des Lamellensystemes tauschen beide ihre gegenseitige Lage oft aus; die inneren werden zu äusseren, die äusseren zu inneren Lamellen. Sämmtliche Lamellen eines Systemes bestehen aus derselben Substanz, welche wir im Anschluss an Reinke's chemische Arbeiten mit dem Namen „Plastin“ belegt haben. Nochmals sei hervorgehoben, dass „Plastin“ kein Eiweisskörper im eigentlichen Sinne ist, und dass es aller Wahrscheinlichkeit nach mindestens ebensoviele „Plastine“ wie Pflanzen- und Thier-Species, ja vielleicht sogar sovielen, wie Individuen vorhanden sind, giebt. Und selbst hiermit noch nicht genug, es wird wohl sovielen auch chemisch etwas verschiedene Plastine geben, wie Zellen; denn das Plastin ist nicht nur ein chemischer Körper, sondern zugleich ein Träger des Lebens, eine selbständige Willenskraft. In jedem Plastinsystem liegt eine gewisse schöpferische Kraft, mit Hilfe deren das Plastin neues Plastin zu erzeugen vermag. Diese schöpferische Kraft, der Ausfluss eines eigenen Willens, ist und kann nicht gezwungen sein ganz bestimmte chemische Körper zu erzeugen. Die eigene Individualität ist dem Plastin gewahrt, und sobald diese ihm genommen würde, hört es eben auf Plastin zu sein. Trotz dieser Freiheiten ist den Plastinen von dem Schöpfer aller Dinge doch ein gewisser Zwang, eine grosse Einseitigkeit auferlegt, so dass es nur im Staude ist ein mit geringen Abänderungen behaftetes, im Wesentlichen aber

gleichartiges Produkt zu erzeugen. Weshalb und warum? Diese und viele andere Fragen spielen bereits in das psychologische und philosophische Gebiet der Zellenlehre. Sie zeigen, dass der wichtigste Theil der Erkenntniss des Plastins auf Gebieten liegt, welche für gewöhnlich von der exakten Naturwissenschaft getrennt behandelt werden. Obgleich diese Trennung bei einer eingehenden Bearbeitung des Plastines an und für sich durchaus unstatthaft ist, so muss dieselbe dennoch auch hier innegehalten werden, in der Erkenntniss, dass Verfasser in dieser Richtung keinen Beitrag zur weiteren Klärung der Frage zu bringen vermag. Gegen die geistigen Arbeiten, gegen die Willenskraft treten alle anderen Eigenschaften des Plastins erheblich zurück. Denn zuerst besteht die Absicht, der Wille z. B. Cellulose zu bilden, und erst wenn dieser Wille vorhanden ist, erfolgt die betreffende chemische Thätigkeit. —

Oben wurde dargethan, dass die gegen den Zellsaft zu gelegenen Lamellen eines „Plasmastranges“ völlig gleichwerthig mit den im Inneren gelegenen Lamellen seien. Es kann hier noch hinzugefügt werden, dass auch in Bezug auf die Dicke und auf den Wassergehalt kein Unterschied besteht. Da sich diese Verhältnisse nicht nur bei *Urtica*, sondern bei allen untersuchten Pflanzen vorfinden, so geht hieraus hervor, dass ein „Protoplasmastrang“ eine besondere Hautschicht nicht besitzt. Ebenso wenig ist der Zellsaft von einer solchen umgeben. Der Zellsaft ist von denselben Dingen eingefasst, wie die Tausende von kleinen Vakuolen, den Waben eines „Protoplasmastranges“, und diese von denselben Dingen wie die grösseren Waben der Braunalgenzellen, nämlich alle sind von Plastinlamellen begrenzt. Correchter ausgedrückt muss es heissen: Die zwischen den Lamellen eines Plastinsystemes befindlichen Räume, die Waben, werden von einer wässerigen, wenig lichtbrechenden Flüssigkeit ausgefüllt, welche letztere im Leben der Zelle eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

Dieselbe Struktur wie in den die Zelle durchziehenden Strängen findet sich auch im „plasmatischen Wandbeleg.“ Bei höchster Einstellung wie auf dem optischen Durchschnitt zeigen sich dementsprechende Bilder. Fig. 77 giebt ein Stück des optischen Durchschnittes wieder, in welchem sich mehrere Wabenlagen übereinander befinden. Die Dicke dieses Belages wechselt bekanntlich sehr. Hierbei ist es leicht verständlich, dass die dem Zellinneren zugelegenen Systemtheile sich schneller bewegen, als die der Zellwand anliegenden; denn der Zellwand liegt ständig eine zarte, gemeinsame Lamelle dicht an, nämlich diejenige, welche die Zellwand gebildet hat. Diese Lamelle begrenzt auch gewissermassen den Elementarorganismus nach aussen. An dieser festliegenden Plastinlamelle wälzt sich nun das feinmaschige Plastinsystem, der „Wandbeleg“, in mehr oder weniger dicker Schicht hin, wobei sich die dem Zellsaft zugewandten Theile, da sie fast keinen Widerstand zu überwinden haben, schneller bewegen, als die an der wandständigen Lamelle haftenden Theile. Infolgedessen kommt häufig eine Ueberwälzung des Wandbelegs vor, an welcher nicht selten die wabige

Struktur des Plastinsystemes deutlich zu Tage tritt. Fig. 87 zeigt ein solches schaumförmig aussehendes Stück, wie es in derselben Weise sich aus dem „Strangplasma“ hervorwölbt. Solche, als Schäume erkennbaren Parthien nehmen beim Weiterfliessen wieder ein rein längsfibrilläres Aussehen an.

Das Spiel der Physoden ist im Wandbeleg dasselbe wie im Inneren der Zelle. Die Physoden sind hier wie dort verschieden gross, und bei starker Vergrösserung deutlich als Bläschen erkennbar. Durch Ueberosmiumsäure wird ihr Inhalt am kräftigsten oxydirt, während die in der grossen, wie den vielen kleinen Waben befindliche Flüssigkeit mit diesem Reagens nur eine hellgraue Färbung annimmt.

An dieser Stelle möge noch einer nicht weiter verfolgten Erscheinung gedacht werden. In den Zellsafräumen verschiedener Pflanzen waren bisweilen herumflottirende kugelhähnliche Gebilde zu bemerken. Bei der ihnen zu Theil gewordenen nebensächlichen Beachtung machten sie den Eindruck, als ob es vom Gesamtsystem losgetrennte Plastintheile seien, die zur Kugel abgerundet im Zellsaft umherschweben. Fig. 78 stellt ein solches Gebilde von ziemlicher Grösse einer *Urtica*haarzelle dar.

Dass sich ausserdem in den Plastinsystemen der verschiedenen Pflanzen bisweilen noch einige andere Einschlüsse (Leucoplasten) finden, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

In den chlorophyllhaltigen, am Grunde des Haares befindlichen Zellen war das Lamellensystem sammt Physoden zwar weniger gut, aber doch deutlich zu sehen.

### Dianthus.

Von *Dianthus caesius* wurden sowohl die am Plattengrunde der Kronblätter befindlichen Barthaare als auch assimilirende Zellen der Blätter zur Untersuchung herangezogen.

Was die einzelligen, zartwandigen Haare anbetrifft, so enthalten dieselben ziemlich viel „Protoplasma“. In Letzterem sind die Strukturverhältnisse etwas leichter zu erkennen als bei dem Plasma der *Tradescantia*haarzellen. Das Lamellensystem erscheint bei der Beobachtung als zartes Netzwerk. Die Grössenverhältnisse sind etwa dieselben wie bei *Urtica*. Die übrigen Erscheinungen stimmen im Wesentlichen mit denen an den zuletzt besprochenen Pflanzen überein. Besonders erwähnenswerth ist hier nur die gegenseitige Beziehung von „Enchylema“ und „Zellsaft“.

Bei *Tradescantia* wurde hervorgehoben, dass die in den grossen wie auch kleinen Waben befindliche Kammerflüssigkeit gleich gefärbt ist. In den ausgewachsenen Haarzellen von *Dianthus* ist dagegen die in den kleinen Waben befindliche Flüssigkeit weniger intensiv gefärbt als der in der grossen Wabe befindliche Zellsaft. Es lässt sich dies am besten in Haarenden, welche „voll von Protoplasma“ sind, erkennen. Bei weiterer Verfolgung dieses Umstandes zeigt sich aber, dass in jungen, noch sehr kleinen Haaren der Zellsaft etwa die gleiche Färbung besitzt wie die oben

erwähnte Kammerflüssigkeit der Haarenden; also ursprünglich befindet sich in sämtlichen Waben eine gleich gefärbte Flüssigkeit. Erst beim weiteren Heranwachsen der Zelle, wobei bekanntlich fast nur die Zellsaftmenge zunimmt, wird die intensiver gefärbte Substanz erzeugt und, da sie nebensächlicher Natur ist, in den Sekretbehälter der Zelle, in den grossen Zellsafttraum, abgesondert. Das Plastin sucht also nicht gerade schädliche, aber doch unerwünschte Stoffe an einem Ort zu lokalisieren, um sich so für die ganz erlieblich grössere Menge Lamellensubstanz ein reineres, als Umgebung der Lamellen dienendes Medium zu wahren.

Erwähnen möchte ich noch, dass sich in den Nucleolen der Kerne zwei bis drei kleine, wie der Zellsaft gefärbte (roth), aller Wahrscheinlichkeit nach flüssige Inthaltkörper befanden. (Vergl. *Tradescantia*.)

In den chlorophyllführenden Blattzellen ist das Lamellensystem ebenfalls in den lebenden Zellen deutlich erkennbar. Ich fand, dass sich das Lamellensystem in diesen Zellen verhältnissmässig langsam verschob, während die den Lamellen eingelagerten Physoden wieder recht eifrig im Umhergleiten waren. Im Durchschnitt zeigen die Waben beim Abrunden  $\frac{1}{2}$  bis 1  $\mu$  Durchmesser. Die Physoden sind verschieden gross. Sie fangen mit sehr kleinen Dimensionen an und können einen Durchmesser bis zu  $\frac{1}{2}$   $\mu$  erreichen.

Auf dem optischen Durchschnitte sieht man die Dicke des „Wandbelegs“ fast fortwährend wechseln. Die Netzstruktur, der jeweilige Ausdruck des Lamellensystemes, ist auch hier deutlich erkennbar.

Die Chromatophoren und der Kern liegen den Lamellen ebenso eingelagert wie bei den Braunalgen, nur dass dort infolge der Grössenverhältnisse die Einlagerungsart viel deutlicher zu Tage tritt, wie hier. Bei den Braunalgen sehen wir den Chromatophor oft vollständig innerhalb einer einzelnen Lamelle liegen; hier ist dies unmöglich, weil der Chromatophor eine grössere Ausdehnung hat als eine einzelne Lamelle. Er muss sich also durch mehrere Lamellen hindurcherstrecken, ähnlich wie dies bei den bandförmigen Chromatophoren einiger Braunalgen (z. B. *Ectocarpus siliculosus*) der Fall ist. Es kann infolgedessen der Schein erweckt werden, als ob das Lamellensystem um den Chromatophor herumgelagert sei. Dies ist aber, wie aus den Analogien hervorgeht, nicht der Fall, sondern die Chromatophoren resp. der Kern sind auch hier den Lamellen selbst eingelagert.

Beim Absterben der Zelle nehmen die Lamellen die schon mehrfach erwähnte specifisch regelmässige Anordnung an.

In Fig. 80 ist das wandständige Plastiusystem, nach lebendem Material gezeichnet, wiedergegeben. Bezl. Fig. 79 vergl. Figurenerklärung.

### Pelargonium.

In den Haarzellen junger Blätter verschiedener *Pelargonium*arten war die dem „Protoplasma“ zu Grunde liegende Struktur öfters sehr gut zu erkennen. Noch leichter als bei *Urtica* war bisweilen das Netzwerk

sichtbar, und an den Stellen, wo sich das nicht sehr schnell fliessende „Protoplasma“ anhäufte, war mehrfach die Schaumnatur des Gerüstwerkes an lebendem Materiale deutlich zu erkennen. Vergl. Fig. 81. Im Uebrigen gleichen die einzelnen Erscheinungen fast völlig denen von *Urtica*, *Tradescantia*, *Bryopsis* u. s. w. Da nun, wie erwähnt, bei diesem Objekte die lamellöse Struktur des Netzwerkes deutlich und verhältnissmässig leicht zu erkennen ist, so bilden die betreffenden Haare ein sehr werthvolles Material für die uns beschäftigende Frage, indem hier die thatsächliche Struktur, d. i. die lamellöse, an einzelnen Stellen durch direkte Beobachtung zu konstatiren ist und festgestellt werden kann, dass das Lamellensystem beim Weiterfliessen wieder scheinbar rein fibrilläre Gestalt annimmt. Es liegt mithin den Haarzellen von *Pelargonium* ein zartwandiges Lamellensystem zu Grunde. Den Lamellen sind Physoden in der bekannten Weise eingelagert. Dieselben besitzen auch hier eine eigene, von der Platinverschiebung unabhängige Bewegung.

### Impatiens.

Sehr jugendliche Pollen resp. Pollenmutterzellen von *Impatiens* sind, abgesehen von dem Kern und event. einer Vakuole (grosse Wabe), dicht erfüllt mit einem feinschaumigen Lamellenwerk. Dasselbe lässt sich in lebenden Zellen in den verschiedenen Schichten des Zelleibes sehr gut erkennen. Die Anordnung der Lamellen ist die spezifisch lebende und gleicht in intakten Zellen nicht den Oelseifenschäumen. In dem Lamellensysteme zerstreut finden sich auch hier die verschieden grossen, glänzenden Gebilde.

Ein ebensolches Lamellenwerk wie in den Pollen war auch in lebenden Zellen junger Samenanlagen zu erkennen.

In den Zellen des Fruchtblattes vermochte ich bei zwanzigminütiger Beobachtungszeit von Protoplasmastrukturen nichts zu erkennen, dagegen konnte ich in den Zellen eine sehr rege Physodenbewegung wahrnehmen. Auch hier waren es vorwiegend einzelne Physoden, die sich durch grosse Wanderungen auszeichneten.

Etwas von der allgemeinen Regel Abweichendes wurde demnach auch in den Fortpflanzungszellen nicht gefunden.

### Malva Alcea.

Von *Malva Alcea* wurden vorwiegend verschiedene Zellen des Blattstielgewebes untersucht. In fast allen parenchymatischen Zellen zeigte sich das Netzwerk sammt den Physoden in der bekannten Art und Weise. Bei höchster Einstellung wurden analoge Bilder erhalten wie bei *Bryopsis*. Die Grössenverhältnisse sind etwa dieselben wie bei der erwähnten Pflanze und wie bei *Urtica*. Ruhende Theile des Lamellensystemes ähneln, abgesehen von der Grösse, sehr dem etwas unregelmässig gebauten Plastinsystem von *Sphacelaria*; beim Weiterfliessen dieser Parthieen nehmen sie dagegen ein längsfibrilläres Aussehen wie das Plastinsystem von *Urtica* an.

Auf dem optischen Durchschnitte wurden dementsprechende Bilder erhalten. In Fig. 82 ist ein Stück einer chlorophyllführenden Zelle auf dem optischen Durchchnitt wiedergegeben. Die Wabenlage des Wandbelags ist meist mehrschichtig. Etwas Bemerkenswerthes bietet das Bild nach dem früher Erörterten kaum, als höchstens das, dass überall die gleichen Verhältnisse vorliegen. Hier sind zufällig mehrere Plastin-Fäden mitgezeichnet worden, über deren Bedeutung und Entstehung bereits im allgemeinen Theile dieses Abschnittes berichtet wurde.

Die Physoden erfüllen bei *Malva* dieselben Aufgaben wie bei den anderen Pflanzen.

Auch in den langgestreckten Begleitzellen der Gefäße vermochte ich das als Netzwerk erscheinende Lamellensystem sammt den ihm eingelagerten Physoden in lebenden Zellen zu erkennen.

Desgleichen erhielt ich die entsprechenden Bilder in den am Grunde der Kronenblätter befindlichen Haaren. —

Hoffentlich ist es mir durch diese Ausführungen gelungen, die in der Einleitung aufgestellten Sätze zu beweisen. Nochmals sei darauf hingewiesen, dass nirgends von dem Schema abweichende Strukturverhältnisse erkannt werden konnten, und dass dort, wo meist infolge zu kurzer Beobachtungszeit keine Strukturen zu sehen waren, was wohl vorwiegend in dem geringen Lichtbrechungsvermögen des Plastins seinen Grund haben mochte, die Art und Weise des Umhergleitens der Physoden völlig derjenigen gleich, wie in den beschriebenen Fällen, so dass die Annahme, dass gleiche Grundbedingungen vorliegen, nicht ungerechtfertigt erscheint.

### Einiges über Funktionen der einzelnen Zellorgane.

Bisher haben wir uns vorwiegend mit der räumlichen Anordnung und der aus dieser sich ergebenden Beziehung der einzelnen Zellbestandtheile zu einander beschäftigt.

Wenn nunmehr der Versuch gemacht werden soll, einiges über die Funktionen der einzelnen Zellorgane zu berichten, so kann und soll dies an dieser Stelle nur in Form einer Skizze geschehen. Es können selbstredend auch nur wenige Punkte berührt werden.

Die Besprechung der Funktionen der einzelnen Theile eines Elementarorganismus hat nach völlig anderen Grundsätzen zu erfolgen, als z. B. die Besprechung der Funktionen der einzelnen Theile einer Dampfmaschine. Letztere wird von des Menschen Hand erbaut, geleitet, gefeuert u. s. w. — Sie steht also unter dem Willen eines Anderen. Ohne den Willen des Betreffenden keine Dampfmaschine und keine Arbeitsleistung. Der Elementarorganismus aber baut sich selbst auf. So, wie er es haben will, richtet er seine Organe ein. Hoch und erhaben steht zur Zeit seine Kunst über der des Menschen. Spielend leicht bringt er die wunderbarsten und zierlichsten Formen hervor; spielend leicht erzeugt er die complicirtesten chemischen Verbindungen und mit derselben Leichtigkeit zerlegt er diese

wieder. Alles ohne Kelle und Zirkel, alles ohne complicirte chemische und physikalische Apparate. Wohl benutzt er ihm zu Gebote stehende Kräfte und Energieen — aber was ist Kraft? was ist Energie? — und angenommen Kraft und Energie wären physikalisch fassbare Begriffe, was helfen sie dem Elementarorganismus, wenn er sie nicht auszunützen verstünde? Ja, er muss sie auszunützen „verstehen.“ Der Elementarorganismus muss ein „Verständniss“ besitzen, welches über eventuellen „Kräften“ steht. Neben dem Verständniss muss aber auch der „Wille“ und das „Können“ vorhanden sein, die ihm gebotenen Dinge in der geeigneten Art und Weise zu verwerthen.

Es sind also in erster Linie Funktionen des Geistes, welche uns entgegen treten und welche mit dem Gesamtnamen „Wille“ bezeichnet werden mögen. Wo kein „Wille,“ da keine schaffende Kraft, da kein Leben! Alle mechanischen und chemischen Leistungen der Zelle sind demselben untergeordnet. Von seinen Beziehungen zur etwa vorhandenen Substanz wissen wir wohl soviel wie Nichts.

Da nun alle Einzelvorgänge in der Zelle von dieser Kraft geleitet werden, so ist es schlechterdings auch unmöglich, die Einzelercheinungen auf Grund von rein mechanischen oder rein chemischen Gesetzen zu erklären, sondern bei den betreffenden Betrachtungen muss stets darauf Rücksicht genommen werden, dass ein freier, ungezwungener Wille mit der einzelnen Erscheinung auf eine uns unerklärliche Weise innig verknüpft ist.

Immerhin sei es unter Würdigung dieser geistigen Kräfte gestattet, von mechanischen und von chemischen Funktionen der einzelnen Zellorgane zu sprechen. Jedem einzelnen Zellorgan kommen sowohl psychische, als mechanische, als auch chemische Funktionen zu.

Es kann zweckmässig mit der Frage begonnen werden: Wer giebt dem Organismus seine äussere Form, wer dient seinen einzelnen Theilen als Stütze? Auf diese Frage ist bereits im ersten Theile dieser Abhandlung eingegangen worden. Es zeigte sich dort, dass das Plastinsystem als Grundlage des gesammten Organismus angesehen werden muss. Es dient sowohl als Stütze für die einzelnen Zellorgane als für sich selbst. Sich selbst schützt es und stützt es durch Ausscheidungen von festen Membranen in gewissen Abständen innerhalb seiner Lamellen. Nur dadurch, dass es völliger Beherrscher dieser scheinbar festen Membranen ist, dass es beim Wachsen, wobei die feste Membran sich mit ausdehnen muss, nach Belieben neue feste Antheile zwischen die alten Membrantheilchen zu lagern und so gewissermassen sich selbst einen Sockel zu bauen vermag, ist es dem Platin möglich, sich in verhältnissmässig sehr geringer Menge hoch über die Erdoberfläche zu erheben und dem Gesamtorganismus beliebige Form zu geben. Hiermit ist a priori festgestellt, dass jedes Platin sich zu bewegen vermag.

Von dieser nur sehr langsam stattfindenden Wachsthumsbewegung kann man die amöboide Bewegung gewisser Platine unterscheiden. An anderer Stelle ist gezeigt worden, dass die amöboide Bewegungsfähigkeit der einzelnen Zellorgane bei den einzelnen Pflanzen eine recht ver-

schiedene ist. Z. B. ist bei den Braunalgen, wie auch in den Zellen der Vegetationspunkte höherer Pflanzen, kurzum in allen Zellen, wo annähernd gleichgrosse Zellsaftkammern (Waben) in der einzelnen Zelle vorhanden sind, die amöboide Bewegung des Lamellensystems eine sehr geringe. Hier sind es in erster Linie die Physoden, welche für uns sichtbares Leben, d. h. Bewegung in die Zelle bringen. Bei den Braunalgen fand sich auch eine ausgesprochene, amöboide Bewegung der Chromatophoren. Letztere wandern bei den erwähnten Pflanzen in den in annähernd gleicher Lage bleibenden Lamellen an denjenigen Ort und in diejenige Stellung, in der sie benöthigt werden. Bei Kerntheilungen finden sie sich am Kern, bei Zellwandbildungen in der Nähe dieser in grösserer Menge vor. Später dienen sie, wie weiter unten noch gezeigt werden wird, der Zelle als mechanische Schutzvorrichtung, indem sie die Zelle vor zu starker Beleuchtung bewahren; sie begeben sich zu diesem Ende vorwiegend in die wandständige Lamelle.

Das bekannte Phänomen der „Protoplasmaströmung“ kann sich nach den früheren Erörterungen und findet sich thatsächlich nur in solchen Zellen, in denen die Waben des Lamellensystems in Bezug auf ihre Grösse eine verschiedene Ausbildung erlangt haben. Die weiteren Ausführungen hierüber finden sich an anderer Stelle. Hier mag nur nochmals hervorgehoben werden, dass die „Protoplasmaabewegung“ stets ein mehr oder weniger schnelles Verschieben der einzelnen Lamellen des Plastinsystems ist. Unabhängig von dieser Lamellenbewegung findet eine eigenmächtige Bewegung der diesen Lamellen eingelagerten Physoden statt.

Hieraus geht hervor, dass die sichtbare Bewegung nicht die Funktion eines einzelnen Zellorganes ist, sondern dass jeder individualisirte Zellbestandtheil das Vermögen der freien, amöboiden Form- und Ortsveränderung besitzt. (Vergl. pag. 420.)

Am interessantesten und von weittragender Bedeutung ist dieselbe bei den Physoden, welche als Haupttransportorgane, als die eigentlichen Vermittler zwischen den einzelnen Organen innerhalb der Zelle (insbesondere zwischen Plastinsystem und Kern) anzusehen sind. Von vielleicht sehr hoher Bedeutung für die höheren Pflanzen kann auch die Bewegung des feinswabigen Plastinsystemes insofern sein, als dadurch in Verbindung mit anderen z. Th. bekannten Erscheinungen das Wasser gewissermassen emporgetragen wird.

Inbetreff der chemischen Arbeiten der einzelnen Zellorgane möge mit der Kohlensäureassimilation begonnen werden.

Der fundamentale, für die Pflanzen charakteristische Prozess, die Erzeugung von complicirteren, verhältnissmässig sauerstoffarmen Kohlenstoffverbindungen aus Kohlensäure, kommt wohl den Chromatophoren allein zu. Man kann die Chromatophoren in erster Linie für Condensationsapparate halten, welche befähigt sind, die an und für sich leicht zersetzbare normale Kohlensäure  $C(OH)_4$  in Kohlenstoffverbindungen mit 6 C-Atomen umzuwandeln. In den Berichten der deutsch. botan. Gesellschaft 1892, pag. 250 ist in den „Gedanken über

die Assimilation und die damit verbundene Sauerstoffausscheidung“ bereits dargethan, dass ich den ersten Prozess der Kohlensäureassimilation in erster Linie für einen chemisch-physikalischen Vorgang von verhältnissmässiger Einfachheit halte, dass vielleicht in der normalen Kohlensäure selbst die Kraft liegt, die Kohlenstoffverkettung und die damit verbundene Reduktion resp. Sauerstoffausscheidung herbeizuführen. Also die chemische Energie liegt in der normalen Kohlensäure  $C(OH)_4$  selbst, die physikalische Energie wird ihr durch Vermittelung der Chromatophoren ertheilt. Ich vermag diesen Prozess kaum anders aufzufassen, da sonstige hinlängliche Reduktionsmittel in den Zellen durchaus fehlen und ferner anzunehmen ist, dass dieser Prozess, da er doch mit die Grundlage für alle weiteren Lebensbedingungen ist, ein bestimmter, äusserst einfacher sein muss. Wie dieser Assimilationsprozess thatsächlich verläuft, darüber sind wir noch völlig im Dunkeln. Leider sind auch die Aussichten auf baldige Lösung des Problems keine günstigen, denn auch die von chemischer Seite unternommenen Arbeiten sind bis jetzt erfolglos geblieben. Zu berücksichtigen ist, dass voraussichtlich hier bereits psychische Vorgänge mit im Spiele sind.

Die Annahme, dass die Chromatophoren resp. Leucoplasten als Condensationsapparate dienen, wird dadurch gestützt, dass die Stärkekörner, doch wohl sicher Condensationsprodukte von Zucker, sich nur in resp. an den erwähnten Zellorganen finden.

Diese vorwiegend den Chromatophoren zu Gute kommende Condensationskraft fehlt aber auch dem Plastin nicht, allerdings mit der Beschränkung, dass Letzteres wohl nur Verbindungen, welche bereits mehrere C-Atome verkettet enthalten, zu condensiren vermag. Als Beispiel möge die Zellwandbildung angeführt werden. Es liegt hier offenbar ein der Stärkebildung sehr nahestehender Prozess vor. Aus diesem Grunde findet auch die Anwesenheit der Chromatophoren an jungen, resp. sich erst bildenden Zellwänden eine Erklärung, nämlich diejenige, dass die Chromatophoren einen Theil der Condensationsarbeit übernehmen, z. B. Zuckermoleküle bis zur wasserlöslichen Stärke condensiren, so dass dann das Plastin mit Hilfe der Physoden vorwiegend die Einreihung und endgültige Umwandlung nebst Fixirung der Moleküle zu besorgen hat. (S. Fig. 86 u. 83.)

Die zweite Phase des Assimilationsprozesses, die Umwandlung der ersten Condensationsprodukte in weitere chemische Verbindungen und vor allem das wichtigste und grossartigste Kunststück, die Umwandlung dieser chemischen Verbindungen in lebende Substanz scheint vorwiegend anderen Zellorganen zuzukommen.

Was hierbei die Leistungen des Plastins und der Physoden anbetrifft, so wird eine scharfe Trennung bei dem innigen Zusammenhang nicht immer vorhanden sein, zumal werden an dem Aufbau complicirterer Kohlenstoffverbindungen Beide betheiligt sein. Sehr leicht möglich ist, dass in letzterer Richtung die Kerne alle anderen Organe der höher entwickelten Zellen übertreffen.

Eine Hauptlebensfunktion dürfte aber insbesondere den Physoden allein zukommen. Es ist dies die Athmung.

Zur Begründung des Satzes, dass die Physoden die Athmungsorgane der Elementarorganismen darstellen, ist insbesondere der Umstand anzuführen, dass in den Physoden die am leichtesten oxydirbaren Substanzen vorhanden sind. Es ist naheliegend, dass, da der Athmungsprozess ein Oxydationsvorgang ist, auch in erster Linie die am leichtesten oxydirbaren Stoffe verbraucht werden, und dass an den Stellen, wo diese Stoffe lagern, also in den Physoden, die Athmungswerkstätten sich befinden. Bei der Athmung, welche also inmitten der lebenden Physodensubstanz beginnt, wird jedenfalls das Sauerstoffmolekül gespalten und die Sauerstoffatome theils direkt verbraucht, theils zur Oxydierung von nicht lebenden, an und für sich schwer zersetzbaren Verbindungen verbraucht, behufs Bildung von Wärme und (lebendiger) Kraft für den Organismus. Es findet auf diese Weise eine Sauerstoffübertragung durch die Physoden statt. Dieser Umstand gewinnt an Interesse, sobald wir uns vergegenwärtigen, dass der Physode infolge ihres eigenen Bewegungsvermögens fast ein jeder Platz innerhalb der Zelle zur Verfügung steht, dass also bei Bedarf durch Vermittelung der Physoden Sauerstoff in statu nascendi und eventl. als Ozon bezl. Wasserstoffsuperoxyd bald hier, bald dort in Wirkung treten kann.

Es wurde soeben erwähnt, dass die Sauerstoffathmung inmitten der lebendigen Substanz beginnt und zwar inmitten der Physodensubstanz. Hierbei wird gewiss ein Theil dieser Substanz verbraucht, aber, worauf besonders aufmerksam gemacht sei, ein Mitverbrauch von Plastinsubstanz findet bei der Athmung nicht statt. Alle meine Beobachtungen haben mir gezeigt, dass das Platin, die Grundlage des ganzen Organismus, überhaupt nur einen ausserordentlich geringen Bruchtheil des Zelleibes ausmacht, ferner, dass das Platin bereits ein verhältnissmässig sehr sauerstoffreicher Zellbestandtheil und deswegen zur weiteren Oxydation, zur Athmung, direkt ungeeignet ist. Das Platin ist sehr widerstandsfähig und während des Lebens mit der stabilste Körper innerhalb der Zelle. In abgestorbenen Zellen findet es sich als Gerinnsel vor. Ueber die betreffenden Verhältnisse in Gefässbündelzellen bin ich, wie ich bemerken möchte, nicht genügend orientirt. Ich glaube aber kaum, dass jemals gebildetes Platin wieder zurückgebildet und weiter verbraucht wird. Dass das Platin und dasjenige Gemenge, welches als „Protoplasma“ bezeichnet wird, sehr verschiedene Dinge sind, braucht wohl kaum noch einmal erwähnt zu werden. Von dem „Protoplasma“ als Sammelbegriff werden bei der Athmung Theile verbraucht, z. B. Physodensubstanz, ferner wohl ziemlich sicher die in den Plasmawaben befindlichen wasserlöslichen und diffusionsfähigen, also in die Platinlamellen und in die Physoden eindringenden Bestandtheile, wie gelöste Kohlehydrate (Stärke) etc., auf welcher letztere Körper dann der aktive Sauerstoff einwirken kann. Das Platinsystem des Protoplasma aber wird, wie erwähnt, nicht verbraucht. So konnte ich bei *Chaetopteris*, welches monatelang im Dunkeln cultivirt war, keine Abnahme

der Plastinsubstanz, wohl aber eine solche der Physodensubstanz beobachten. Ein Verbrauch etwa im Zellsaft gelöster Kohlehydrate etc. lässt sich auf optischem Wege nicht ermitteln.

Wie bei diesen Vorgängen das Leben und Treiben der Organe innerhalb der einzelnen Zelle ineinandergreift, sei an einigen Beispielen mit besonderer Berücksichtigung der Braunalgen erörtert. Es bieten z. B. die jungen, sich theilenden Zellen eines *Chaetopteris*sprosses oder die entsprechenden Zellen eines *Giraudia*fadens auf den ersten Blick ein anderes Bild als die älteren Zellen derselben Pflanzen. Die jungen Zellen sind hell und durchscheinend, die älteren dagegen für Licht wenig durchlässig. Es ist dies bedingt durch die Lage, Grösse und Anzahl der Chromatophoren. Vergleicht man z. B. von *Giraudia* die Fig. 35 und 37 b, so ergibt sich, dass in den jungen Zellen die Chromatophoren gegen die übrigen Zellbestandtheile zurücktreten, in den älteren dagegen die Chromatophoren wie eine „schützende Decke“, womit in Reinke's „Lehrbuch der allgemeinen Botanik“ das Chlorophyll bezeichnet wird, ausgebreitet sind. Es hat dies, wie auch aus den Arbeiten von Pringsheim und Anderen hervorgeht, seinen guten Grund.

Schon mehrfach ist des Umstandes Erwähnung gethan worden, dass die Chlorophyllkörper bei den Braunalgen besonders in den jungen Zellen, also in den Zellen mit wenig Chromatophorensubstanz, sehr viel zu leisten haben (*Chaetopteris*, *Giraudia* u. a.). Da bei den betreffenden Pflanzen eine Wanderung der Baustoffe kaum in Betracht kommt, ja in manchen Fällen ausgeschlossen ist, so fällt den oftmals noch sehr kleinen Chromatophoren der erste Theil des Assimilationsprozesses, die Bildung von einfacheren organischen Verbindungen, zu, und zwar ist in diesen Stadien einerseits die Neubildung, andererseits aber auch die Weiterverarbeitung der gebildeten Stoffe zu Plastin am grössten. Die Zellen erledigen also mit wenig Chlorophyll ausserordentlich viel Arbeit.

Es geht hieraus zunächst hervor, dass die Leistungen der Chromatophoren nicht mit ihrer Grösse proportional sind, sondern dass kleine Chromatophoren bezüglich kleine Leucoplasten die ihnen zukommende chemische Thätigkeit vollkommen erledigen können. Ferner kommt hier als zweiter wichtiger, dem Organismus zu Gute kommender Punkt in Betracht, dass die kleinen Chromatophoren der Zelle nicht zuviel Licht und somit indirekt (lebendige) Kraft vorenthalten.

Dadurch, dass in die jungen Zellen die Lichtstrahlen ungehindert eindringen können, kann in diesen Zellen eine lebhafte Athmung und mithin Kraftaufspeicherung auf Kosten der Physoden stattfinden. Die durch die Athmung gewonnenen Kräfte sind aber nirgends mehr am Platze als in diesen Zellen, den Bildungsstätten des Plastins, der Kerne, des individualisirten Physodensstoffes etc. — Soll diese lebhafte Neubildung von Plastin und Kernen in einer Zelle nicht mehr stattfinden, und ist infolgedessen der Kräfteverbrauch kein so grosser mehr, so lässt die Zelle in ihrer Athmungsintensität nach und sucht sich sogar durch die Lagerung und das Heranwachsen der Chro-

matophoren vor zu vielen, die Athmung befördernden Lichtstrahlen zu schützen. Wie weit die Bildung einer solchen „schützenden Decke“ gehen kann, zeigt Fig. 37 b. Unter dem Schutze der Chromatophorendecke findet nunmehr eine erhebliche Ansammlung von Physodenstoff statt. (S. auch pag. 480.)

Dass bei höheren Pflanzen die Verhältnisse ähnliche sind, möge mit Bezugnahme auf verschiedene Stellen aus Frank's Lehrbuch erörtert werden. Es heisst dort pag. 495: „An jungen Pflanzentheilen, welche nur erst wenig Chlorophyll enthalten, wie die sich öffnenden Blattknospen, ist selbst bei günstiger Beleuchtung ein Verbrauch von Sauerstoff zu constatiren, weil hier die Kohlensäureassimilation noch gering ist.“ In den erwähnten Pflanzentheilen liegen nun bekanntlich ebenfalls die Bildungsstätten von Plastin etc. vor. An diesen Orten findet naturgemäss ein grosser Kräfteverbrauch statt, welche Kräfte ihrerseits durch eine lebhafte Athmung mit beschafft werden. Der Athmung, also der Kräftespeicherung kommt aber auch hier der Umstand des Chlorophyllmangels ausserordentlich zu Gute. Die Lichtstrahlen haben in die Laboratorien freieren Eintritt, und ihre Energie kann voll und ganz verwerthet werden. Der oft gänzliche Mangel an Chlorophyll-Farbstoff in den Vegetationspunkten kommt insofern nicht in Betracht, als ja bei höheren Pflanzen an die betreffenden Zellen Kohlenstoffverbindungen etc. durch Zufluss aus anderen Zellen geliefert werden. Die Verarbeitung dieser wohl meist verhältnissmässig kleinemolekularen Zufliessungsprodukte zu höheren Kohlenstoffverbindungen und schliesslich zur lebenden Substanz erfolgt aber erst an Ort und Stelle, d. h. in den Vegetationszellen.

Betreffs der Knospen der Bäume steht in demselben Lehrbuch pag. 494: „Die Knospen der Bäume, die im geschlossenen ruhenden Zustande wenig von Athmung erkennen lassen, beginnen mit der Entfaltung ihrer Blätter ziemlich lebhaft zu athmen.“ Demnach beginnt auch hier die lebhaftere Athmung, sobald das Licht freieren Zutritt zu den Zellen erhält und andererseits die schützende Chromatophorendecke noch wenig entwickelt ist.

Mit der lebhafteren Athmung Hand in Hand geht auch hier die Neubildung wichtiger Zellbestandtheile. Die durch die Athmung gewonnene Kraft wird auf die Neubildungen verwendet. Sobald dieselben beendet sind, wird die „schützende Decke“ vorgeschoben, und soviel Licht bezl. Kraft zugelassen, dass bei mehr oder weniger unterdrückter Athmung eine sichtbare Substanzaufspeicherung stattfindet (pag. 480).

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei den Keimpflänzchen, bei welchen die Athmungsintensität auch dann am grössten ist, so lange die Zellen verhältnissmässig leicht von den Lichtstrahlen durchdrungen werden können.

In Bezug auf die Blüten heisst es pag. 494: „Die Blüten, welche unter allen Organen der erwachsenen Pflanze die energischste Respiration zeigen, was wohl mit der schnellen Entwicklung dieser Theile zusammenhängen dürfte.“ „Aber auch die einzelnen Theile der Blüten athmen mit verschiedener Energie und darin stehen die Sexual-Organen oben an; die

männlichen Blüthentheile und Blüthen athmen lebhafter als die weiblichen.“ Die Athmungsintensität der weiblichen Organe beträgt im Durchschnitt ungefähr die Hälfte von der der männlichen Organe.

Auch hier zeigt sich, dass die Pflanze an ihren Hauptbildungsstätten für plastische Substanz eine lebhaft Athmung eintreten lässt, und dass sie an diesen Stellen eine schützende Chromatophorendecke möglichst meidet. Wo es auf eine sehr schnelle Entwicklung von möglichst kräftigen Elementarorganismen ankommt, wo also, da die Bildung der einzelnen Zellorgane etc. nur an Ort und Stelle erfolgt (eine Wanderung solcher fertiger Stoffe findet nicht statt), zur Bildung der neuen Bestandtheile ein bedeutender Kraftaufwand nöthig ist, wie es am meisten in den Pollenkörnern der Fall ist, da ist die Pflanze bestrebt, durch eine möglichst kräftige Athmung ihre (lebendige) Kraft zu erhöhen und gewährt zu diesem Ende durch Vermeidung von Chromatophorenbildung den sie unterstützenden Lichtstrahlen freien Zutritt. Ja, die Pflanze geht sogar so weit, dass sie, damit zur völligen Ausreifung der Pollen den erwähnten Laboratorien Licht und Sauerstoff, das physische Elternpaar der lebendigen Kraft, in genügendem Maasse zur Verfügung steht, die Bildungsstätten mit Hilfe besonderer Träger möglichst frei stellt. Im Princip findet sich dies schon bei *Chaetopteris*, *Ectocarpus* u. a.

In den weiblichen Organen, wo die definitive Vollendung der Elementarorganismen nicht so eilt, ist eine weniger intensive Kräfteentfaltung resp. Athmung nöthig. Infolgedessen befinden sich diese Zellen an einem vor Licht geschützteren Platze. Ist dann in einem solchen Zellkomplex die Hauptarbeit, die Platin- und Kernbildung etc. vollendet, und soll die Aufspeicherung von Reservestoffen beginnen, so schützen sich diese Zellen in geeigneter Weise vor zu lebhafter Athmung, vor zu lebhafter Lichtenergiezufuhr. Hier geschieht es durch Schalen etc., in den vegetativen *Giraudiazellen* durch die schützende Chromatophorendecke.

Aus ähnlichen Gründen, wie hier erörtert, kommen jedenfalls auch die lichtfliehenden Plasmodien behufs Sporenbildung an's Licht, um nach vollendeter Arbeit sich wieder vor letzterem zurückzuziehen.

Es zeigt sich also im Leben der einzelnen Zellen eine sehr weitgehende Uebereinstimmung und zwar nicht nur in dem morphologischen Aufbau der verschiedensten Zellen, sondern auch in den einzelnen Entwicklungszuständen.

Athmungsintensität, Verbrauch von Physodenstoff, Neubildung von organisirten Bestandtheilen, Aufspeicherung von organischer Substanz, Lage und Grösse der Chromatophoren und sichtbare Arbeitsleistung der Physoden stehen in ganz bestimmten Verhältnissen zu einander. (S. pag. 480, Fig. 33, 37, 38.)

Nicht ganz unberücksichtigt darf hier der Vorgang der sogen. intramolekularen Athmung bleiben. Der Standpunkt, der im Allgemeinen in dieser Frage eingenommen wird, lässt sich wohl mit folgendem Satze aus Hertwig, „Die Zelle“, pag. 107, dokumentiren. Er lautet: „Dass nicht

der von aussen eindringende Sauerstoff den ersten Anstoss zu den chemischen Vorgängen der Athmung giebt, dass vielmehr innerhalb des Protoplasmas zunächst und primär eine Zersetzung des Eiweissmoleküles stattfindet, welche mit Kohlensäurebildung endigt, dass aber durch den von aussen her zutretenden Sauerstoff eine *restitutio in integrum* stattfindet.“

Es wird demnach die intramolekulare Athmung als das Primäre, als die Ursache der Sauerstoffathmung angesehen. Der Prozess der intramolekularen Athmung selbst soll auch nur ein dem lebenden Protoplasma zukommender Vorgang sein.

Wenn die zweite Behauptung richtig begründet wäre, so hätte die erste vielleicht Berechtigung. Aber der zweite Satz lässt sich sehr leicht anfechten, da auch sicher abgestorbene, nicht in Gährung etc. übergegangene Pflanzen Kohlensäure in Menge produziren. Diese von Reinke und seinen Schülern festgelegte Thatsache ist zwar vor mehreren Jahren in den Berichten der deutsch. bot. Gesellsch. ziemlich energisch zurückgewiesen worden — mir sind leider z. Z. die betreffenden Abhandlungen nicht zur Hand —, doch steht trotzdem die Thatsache als solche fest. Herr Geheimrath Reinke liess auch mich, infolge der erwähnten Widerlegungen, einen Theil der Versuche ausführen, und konnte ich nur die früher in Kiel gefundenen Resultate bestätigen. Darnach wird von abgetödteten Pflanzen in den ersten Tagen eine reichlichere Menge, späterhin eine geringere Menge Kohlensäure producirt — also diese (postmortale) Kohlensäureausscheidung erfolgt in abgetödteten Pflanzen in ähnlicher Weise wie bei der intramolekularen Athmung.

Es ist demnach gewagt, den Vorgang der intramolekularen Athmung, von welchem Vorgang wir nur durch die Kohlensäureentwicklung Kenntniss haben, als nur der lebenden Zelle eigen anzusehen.

Voraussichtlich liegt hier nicht eine vitale Eigenschaft des Protoplasma vor, sondern eine fermentative Thätigkeit eines Zellbestandtheiles, und zwar scheint ein Ferment vorzuliegen, welche sowohl bei Siedehitze, als auch in Aetherdampf etc. seine Wirkung beibehält.

Ausser der vermutheten Fermentwirkung ist auch noch eine andere Möglichkeit vorhanden. Es ist durchaus nicht ausgeschlossen, und in gewissem Grade bereits erwiesen, dass der Zellkern eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse besitzt, als das „Plasma“ d. h. als unser Plastinsystem sammt Physoden. Das Platin kann demnach vielleicht schon abgestorben sein und der Kern noch leben. Die noch lebenden Kernelemente lassen dann (auch bei Sauerstoffmangel) einen der alkoholischen Gährung nicht unähnlichen Prozess eintreten, indem sie die Vorrathsstoffe der abgetödteten Zellen zu Kohlensäure und Alkohol etc. vergähren, also der Kern würde eine für die niedersten Organismen charakteristische Arbeit ausführen.

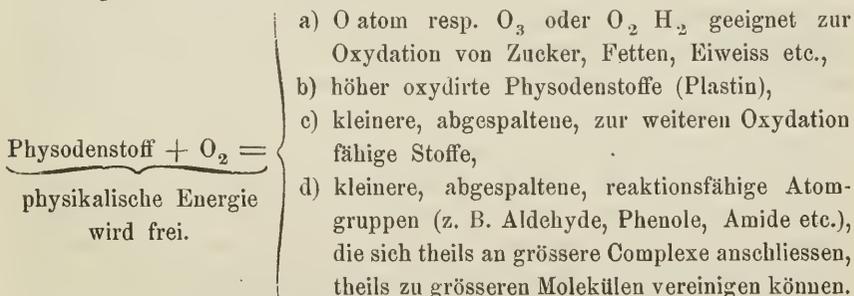
Was schliesslich speziell die Eiweisszersetzung, womit leider soviel zu erklären versucht wird, bei der intramolekularen Athmung anbetrifft, so sei darauf hingewiesen, dass die bei der intramolekularen Athmung ent-

stehende Kohlensäure nicht wohl ein Spaltungsprodukt der Eiweissstoffe sein kann. Dies hat Diakonow wahrscheinlich gemacht, denn er fand, dass die Schimmelpilze *Penicillium glaucum*, *Aspergillus niger* und *Mucor stolonifer* im sauerstofffreien Raum nur dann Kohlensäure ausscheiden, wenn ihnen Glycose mit als Nährmaterial geboten wird. Pflanzen, welche Mannit enthalten, vergähren diesen Stoff zu Kohlensäure und Alkohol, ferner wird dabei neben der Kohlensäure auch Wasserstoff ausgeschieden.

Es zeigt sich mithin, dass die bei der sog. „intramolekularen Athmung“ auftretende Kohlensäure weder ein Spaltungsprodukt von Eiweissstoffen ist, noch dass dieses Auftreten der Kohlensäure zur Zeit als eine besondere Leistung des „lebensthätigen Protoplasma“ aufgefasst werden kann. Die intramolekulare Athmung ist demnach noch eine sehr fragliche Grösse, und wohl sehr schwerlich fällt ihr die hervorragende Aufgabe zu, der Urheber der Sauerstoffathmung zu sein.

Es waren bisher die Chromatophoren als Condensationsapparate zur Darstellung für verhältnissmässig einfache Kohlenstoffverbindungen bezeichnet worden, das Plastin und insbesondere die Physoden als die Theile, in welchen ein Theil der weiteren chemischen Verarbeitung stattfindet. Die Physoden scheinen vor Allem dazu geeignet, da in ihnen allein infolge der Verathmung gewisser Stoffe eine Reihe Körper entstehen, die zur Neubildung von weiteren Verbindungen sehr befähigt sind.

Bezüglich des ersten chemischen Vorganges der Athmung liesse sich etwa folgendes Schema aufstellen:



Je nach der augenblicklichen Bestimmung der Zelle tritt die eine oder die andere der unter b bis d angeführten Reaktionen besonders in den Vordergrund.

Alle diese Leistungen werden bis zu einem bestimmten Stadium rein synthetische Vorgänge sein, und es können auf die angedeutete Weise gewiss sehr hochmolekulare Verbindungen entstehen, aber zunächst wohl immer chemische Verbindungen, an und für sich leblose Moleküle.

Nun wirft sich unwillkürlich die Frage auf: Wie, wo und wann werden diese kleineren und grösseren leblosen Moleküle individualisirt, zum selbstständigen Leben, zum geistigen Empfinden angefacht?

Es sei gestattet, dieses Problem, denn als solches kann es nur behandelt werden, vorwiegend in Bezug auf das Plastin in Erwägung zu ziehen.

Es ist wohl Thatsache, dass das Plastin schliesslich im Plastin, der

Chromatophorenstoff in den Chromatophoren entsteht. Wie das geschehen kann, davon giebt es vom theoretischen Standpunkte aus viele Möglichkeiten, von denen zwei hier angeführt sein mögen.

Zunächst können an die lebenden Plastinmoleküle — vorausgesetzt, dass wir überhaupt den Begriff Molekül auf die lebende Substanz übertragen können — eine Anzahl grösserer und kleinerer, lebloser, rein chemischer Moleküle angefügt werden. Die lebendige Kraft des Plastins könnte dann auf diese Anhängsel übertragen werden — über das „Wie“ mache ich mir kein Kopfzerbrechen mehr; es ist dies ein Prozess, den ich mir auch mit Hilfe der complicirtesten Schwingungen etc. nicht zu erklären vermag. — Durch geeignete Auswahl der aufzunehmenden Stoffe kann das Plastinmolekül heranwachsen und sich schliesslich theilen. Hiernach würde das Plastin selbst der Erreger des Lebens sein.

Im Gegensatz zu dieser Vorstellung steht aber die im Laufe der Abhandlung mehrfach hervorgehobene Beobachtung, dass zur Plastinbildung der bereits individualisirte Physodenstoff verwendet wird. Letzterer geht hierbei noch Veränderungen ein, was daran erkennbar ist, dass der Physodeninhalt leicht oxydirbar ist, während dies das Plastin nicht mehr ist. Es liegt im Plastin eine stabile Verbindung vor, was uns auch nicht Wunder nehmen kann, da das Plastingerüst als Grundlage der Zelle in der Regel sehr lange erhalten werden muss.

Auf Grund der Beobachtungen erscheint die Annahme gerechtfertigt, dass das Plastin vorwiegend durch Aufnahme bereits individualisirter Substanz wächst. Es fragt sich nunmehr von Neuem: Wo findet die erste Individualisierung dieser Stoffe statt? Vielleicht in den Physoden, vielleicht auch im Plastin, und würde dann eine Aufspeicherung nebst Weiterverarbeitung in den Physoden stattfinden. Es wird dies wohl das Zutreffende sein. Vielleicht aber findet dieser räthselhafte Vorgang im Kerne statt.

Es hat sich gezeigt, dass die Physoden zwar eigentliche Trabanten des Plastins sind, dass sie aber dennoch mit dem Kern in regem Austausch bleiben. Die Physoden umlagern den Kern oft schaarenweise und bemühen sich sichtlich mit ihm längere Zeit in direkte Verbindung zu treten. Wir sahen die Physoden von ihren Wanderungen im Plastinsysteme nach kürzerer oder längerer Zeit wieder zu dem Kern zurückkehren. Die Physoden können so in der bequemsten Weise die nöthigen Stoffe zum Kern herbeiführen, und letzterer kann diesen Stoffen die Weihe des Lebens geben. Die mit den lebendigen Stoffen beladenen Physoden wandern hierauf zur weiteren Arbeitsleistung in die Zelle zurück. Es würde sich so auch leicht erklären, dass der Kern an den Bildungsstätten für Plastin etc., d. h. an den Vegetationspunkten besonders auffällig in Erscheinung tritt. Desgleichen würde die erwiesene Unersetzlichkeit des Kernes erklärlich sein.

Die erwähnte Beobachtung kann aber auch dahin ausgelegt werden, dass der Kern besonders in chemischer Beziehung thätig ist und mehr oder weniger complicirte chemische Verbindungen an die Physoden abgiebt. —

Zum Schluss möchte ich noch hervorheben, dass über die chemische Natur des Plastins bereits seit Jahren umfangreiche Arbeiten vorliegen<sup>1)</sup>. Die werthvollsten unter ihnen sind wohl diejenigen von Reinke, da hierbei eines der günstigsten Objecte, die Schleimpilze im abgepressten Zustande, benutzt worden ist. Es wird wohl kaum eine geeignete Methode geben, um in den Besitz einer grösseren Menge verhältnissmässig reinen Plastins zu gelangen. Infolgedessen sind die erwähnten Arbeiten grundlegend für die chemische Erkenntniss des Plastins. Mit voller Absicht habe ich diesen Abhandlungen den Namen „Plastin“ entnommen, da ich der Ueberzeugung bin, dass sich unser morphologisch begrenztes „Plastin“ nahezu mit Reinke's (als auch mit Zacharias's) chemisch näher characterisirtem Körper „Plastin“ deckt.

---

<sup>1)</sup> Die Tinktionsmethoden wie auch einfache Löslichkeitsversuche können meines Erachtens nicht als „chemische“ Arbeiten betrachtet werden. Insbesondere erstere sind sehr geeignet uns auf Irrwege zu führen, sobald wir aus den Befunden Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung ziehen wollen.

---

## Figuren-Erklärung

zu Tafel XII—XV.

Mit wenigen, leicht erkenntlichen Ausnahmen sind die Physoden roth, die Chromatophoren grau gehalten.

Fig. 6. Parenchymzelle von *Fucus* bei höchster Einstellung. Ausser den Physoden und Chromatophoren sind die nach dem Zellinneren zulaufenden Lamellen als zarte Linien erkennbar. An zwei Stellen sind mehr oder weniger verzweigte, fädige, nur zeitweilig auftretende Differenzirungen zu erkennen.

Fig. 7. Eine andere Parenchymzelle von *Fucus* bei höchster Einstellung.

Fig. 8. Parenchymzelle von *Fucus* bei etwas tieferer Einstellung als Fig. 6 u. 7.

Fig. 9. Parenchymzelle von *Fucus* nahezu auf dem optischen Durchschnitt. Die Physoden sind dicht um den Kern gelagert.

In Fig. 8 n. 9 sind die Platinlamellen ebenfalls als zarte Linien sichtbar. Die Physoden und Chromatophoren sind nur diesen Lamellen eingelagert.

Fig. 10. (Vergr. 1200.) Drei benachbarte Hyphenzellen von *Fucus*, die verschiedene Wabengrösse in den einzelnen Zellen zeigend. Nur in der mittleren Zelle sind Physoden und fädige Differenzirungen eingezeichnet.

Fig. 11. (Vergr. 1200.) Eine Hyphenzelle von *Fucus* mit noch feinschaumigerem Platinlamellensystem als die Zellen der Fig. 10. Die fädigen Differenzirungen erstrecken sich meist über mehrere Maschen.

Fig. 12. (Vergr. 1200.) Hyphenzelle von *Fucus*, zeigend, dass bei feinschaumigem Lamellensysteme die Lamellen fleischiger erscheinen. (Vergl. Fig. 76.)

Fig. 13. (Vergr. 1200.) Hyphenzelle von *Fucus*, Gesamtbild. Die roth punktirte Linie zeigt den zurückgelegten Weg einer Physode in dem ruhenden Lamellensysteme an.

Fig. 14, 15 u. 16. (Vergr. 1200.) Oogonien von *Fucus* in verschiedenen Entwicklungsstadien. In Fig. 16 ist ein Theil des bereits engmaschigeren Lamellensystemes bei höchster Einstellung, ein anderer Theil nebst Kern auf dem optischen Durchschnitt wiedergegeben. Rechts vom Kern befindet sich ein noch engmaschigeres Stück eines gleichgrossen, jedoch älteren Oogoniums.

Fig. 17. Endstück einer Hyphenzelle von *Fucus*, die Lage der Lamellen bei verschiedener Einstellung zeigend.

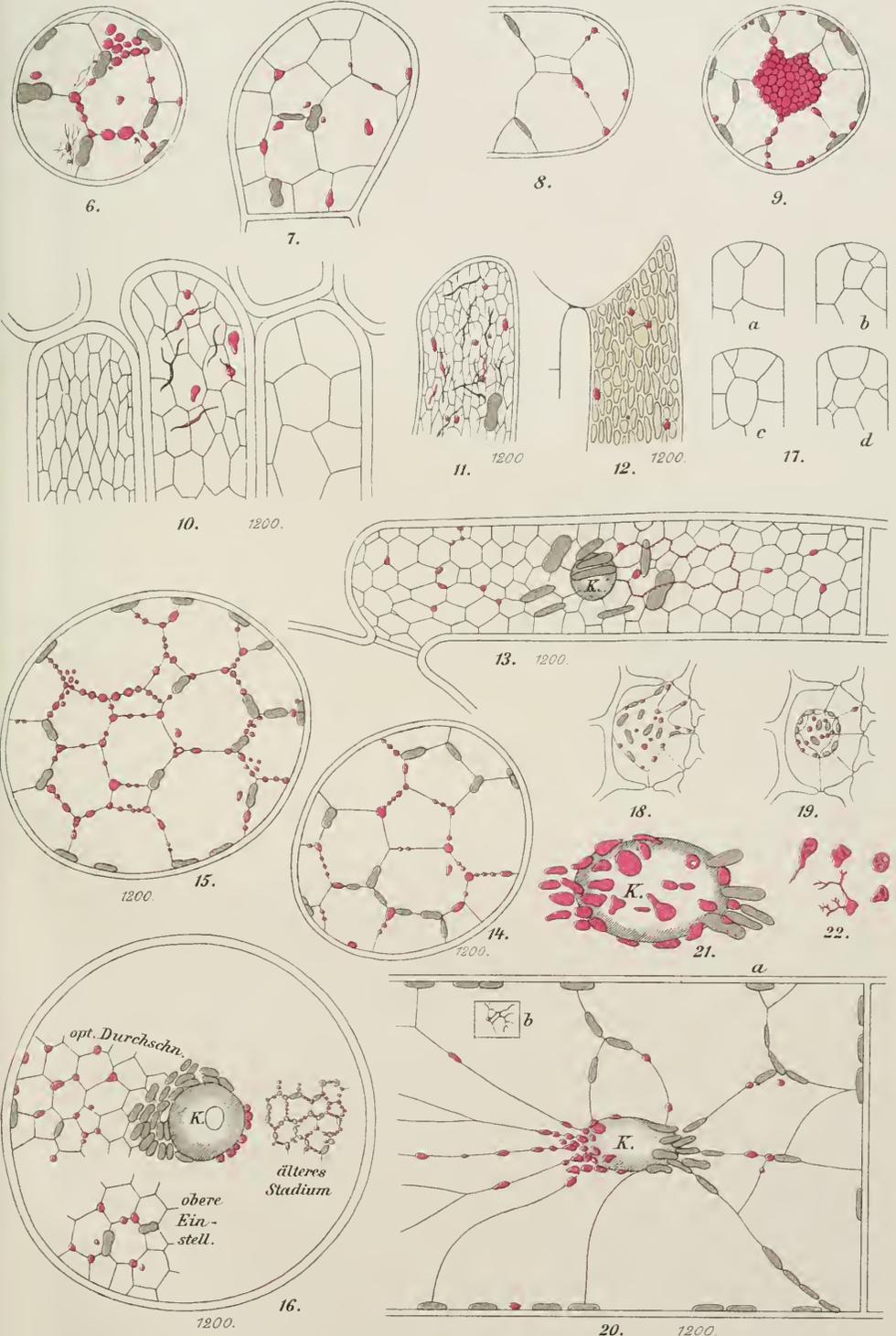
Fig. 18 u. 19. Parenchymzelle von *Fucus* nach Behandlung mit Glycerin. Darstellung der Entstehung feinsten Platinfäden aus Platinlamellen bezl. Platinröhren, welche ihrerseits aus der wandständigen Platinlamelle gebildet werden.

- Fig. 20. (Vergr. 1200.) Die Hälfte einer jugendlichen, in Theilung begriffenen Zelle von *Chaetopteris* auf dem optischen Durchschnitt. Die beiden Kerne sind bereits an ihre neuen Bestimmungsorte gewandert. Die Lamellen zwischen beiden Kernen zeigen eine spindelförmige Anordnung. Physoden und Chromatophoren befinden sich vorwiegend auf je einer Seite des Kernes (vergl. auch Fig. 16). Bei b ist ein Stück fädiger Differenzirung (bei höchster Einstellung innerhalb der wandständigen Plastinlamelle beobachtet) in derselben Vergrößerung eingezeichnet.
- Fig. 21. (Vergr. c. 2400.) Derselbe Kern wie in Fig. 20. Aus der Fig. geht die veränderte Lage der Physoden und Chromatophoren nach längerer Beobachtungszeit hervor.
- Fig. 22. Physoden von *Chaetopteris*, Verzweigungen und innere Differenzirungen zeigend.
- Fig. 23 stellt die Entstehung eines Knotenpunktes dar, in dem vier Plastinlamellen aufeinanderstossen.
- Fig. 24. Ein bezl. zwei Chromatophoren von *Sphacelaria*. Formveränderungen innerhalb einer erheblich grösseren Plastinlamelle in der Zeit von 45 Minuten.
- Fig. 25 u. 26. Durch conc. Schwefelsäure und Piperonal aufgequollene Zellwand von *Chaetopteris*, die äussere Plastinlamelle und den darin enthaltenen Gehalt an phenolartigen Körpern (wie er in den Physoden enthalten ist) zeigend.
- Fig. 27. Dieselben Verbindungen innerhalb der Zellwand auf dem Querschnitt eines älteren *Chaetopteris*sprosses mittelst Eau de Javelle kenntlich gemacht.
- Weitere Figuren von *Chaetopteris* s. Fig. 39; 40 u. 86, ferner in den Berichten d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. X Tafel XVIII.
- Fig. 28. (Vergr. 1200.) Vegetative Zelle von *Ectocarpus*. Die wandständige Plastinlamelle ist dicht mit Physoden erfüllt.
- Fig. 29. Skizze derselben Zellenart. Nur der schraffierte Theil war wie in obiger Figur mit Physoden erfüllt.
- Fig. 30. Intercalare Vegetationszelle von *Ectocarpus*.
- Fig. 31. (Vergr. 600.) Vegetative Zelle einer *Ectocarpus*-Species auf dem optischen Durchschnitt. Der Kern ist wie die Physoden und Chromatophoren den Lamellen eingelagert.
- Fig. 32. (Vergr. 1200.) Die Hälfte einer Zelle von *Ectocarpus*. Die Lamellen bei verschiedener Einstellung gezeichnet.
- Fig. 33. Skizze des (grau gez.) Physodengehaltes eines *Ectocarpus*fadens. In den (ausgebuchteten) Fruktifikationszellen ist der Physodenstoff mehr oder weniger verbraucht, während die vegetativen Zellen damit vollgestopft sind.
- Fig. 34. Trennung von Physodenanhäufungen mittelst Glycerin.
- Fig. 35. (Vergr. 1200.) Intercalare Vegetationszelle von *Giraudia* (entsprechend a der Fig. 1).
- Fig. 36. (Vergr. 1200.) Heranwachsende Zelle desselben Fadens.
- Fig. 37. (Vergr. 1200.) Ausgebildete vegetative Zellen eines *Giraudia*fadens. In den Zellen 36 u. 37 findet eine Neubildung von Lamellen nicht statt. In Fig. 37a ist eine eben ausgewachsene Zelle wiedergegeben, in der die Chromatophoren noch klein sind. In Fig. 37b ist dagegen eine ältere Zelle skizzirt. Die Chromatophoren bilden eine „schützende Decke“. s = Phaeophyceenstärke.
- Fig. 38. (Vergr. 1200.) Sich zur Fruktifikation anschickende *Giraudia*zellen. Es findet Neubildung von Plastinlamellen statt. (Vergl. Fig. 14, 15 u. 16.)

Weitere Figuren von *Giraudia* s. Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. X Taf. XXIII, Fig. 2, 4 u. 6.

- Fig. 39. Succedane Zellwandbildung (Ausnahmefall) bei *Chaetopteris*.
- Fig. 40. Skizze über die Physodenvertheilung einige Zeit nach der Zellkernteilung. Ansammlung der Physoden an den Stellen, an denen die Zellwand gebildet wird. (Zellplatte.) Vergl. auch Fig. 86.
- Fig. 41. (Vergr. 1200.) *Halorhiza*. In der oberen Zelle ordnen sich die Plastinlamellen zu einer Ebene, in der später die Celluloseausscheidung erfolgt, an.
- Fig. 42. (Vergr. 1200.) *Haplospora*, vegetative Zelle.
- Fig. 43. (Vergr. 1200.) *Haplospora*, Fruchtstück vor der Zellkernteilung.
- Fig. 44. (Vergr. 1200.) *Scytosiphon*. Der Weg einer Physode innerhalb der wandständigen Lamelle ist mit rothen Punkten angedeutet.
- Fig. 45. (Vergr. 1200.) *Dictyota*. Epidermiszelle. Am Kern befindet sich ausser den Physoden ein seiner Natur nach nicht näher charakterisirtes Körperchen. Man beachte die Einfachheit im Aufbau, und vergl. die Fig. 47, 48 u. 54.
- Fig. 46. *Melosira*. Es ist nur auf die Physoden und den Chromatophor Rücksicht genommen worden.
- Fig. 47. *Delesseria*, opt. Durchschnitt.
- Fig. 48. Haarzellen von *Polysiphonia*, opt. Durchschnitt.
- Fig. 49. (Vergr. 1200.) Trichogyn von *Phyllophora*.
- Fig. 50. *Spirogyra*. Wandständiges „Plasma“ auf dem opt. Durchschnitt. Z = Zellwand.
- Fig. 51. (Vergr. 1200.) *Bryopsis* bei hoher Einstellung.
- Fig. 52. *Bryopsis*, opt. Durchschnitt.
- Fig. 53. *Bryopsis*, wie 51, abgestorben (etwas stärker vergrössert).
- Fig. 54. (Vergr. 1200.) *Enteromorpha*, opt. Durchschnitt.
- Fig. 55. (Vergr. 1200.) *Rhizoclonium*.  
(*Cladophora* s. Fig. 68.)
- Fig. 56. (Vergr. 1200.) Skizze von *Calothrix*.
- Fig. 57 u. 58. (Vergr. 1200.) Erste und letzte Zelle obiger Skizze, genau ausgeführt. In Fig. 58 sind die Lamellen auch bei tieferer Einstellung wiedergegeben.
- Fig. 59. (Vergr. 1200.) Blaue Meeresalge. Chromatophoren und Physoden.
- Fig. 60. (Vergr. 1200.) *Spirulina*. Chromatophoren und Physoden.
- Fig. 61. *Saprolegnia*. Uebergang von dem lockeren, zweifellos lamellös gebauten zu dem dichten, scheinbar fibrillär gebauten Plastinsystem.
- Fig. 62. (Vergr. 1200.) Keimling von *Saprolegnia*.
- Fig. 63. Längsgestreckte Form der *Weinhefe*, Plastinlamellensystem nebst Physoden.
- Fig. 64. Schema für emulsionsartiges „Protoplasma“ nebst Querschnitt.
- Fig. 65. Schema für gerüstförmiges „Protoplasma“, nebst Querschnitten des Stranges bei Annahme von spongiösem (oben) und von lamellösem (unten) Bau.
- Fig. 66. (Vergr. 1200.) Zellen aus dem Vegetationspunkt von *Elodea*. Die eine möglichst natürlich gehalten, die andere in leichter zu übersehender Ausführung. (Vergl. hierzu die Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. X, Taf. XXIII, Fig. 9, welche eine der Zellen in stärkerer Vergrösserung wiedergiebt.)
- Fig. 67. (Vergr. 1200.) Zelle aus dem basalen Vegetationspunkt eines *Elodea*-blattes (wie ob.).
- Fig. 68. (Vergr. 1200.) Stück einer Zelle von *Cladophora*. Aeusserst zarte Plastinlamellen begrenzen die grössten bisher beobachteten diesbezgl. Waben.

- Fig. 69. *Trianea*. Wandständiges Plastinlamellensystem des Wurzelhaares. Ausser den Physoden sind 2 Schneeflockenkrystalle und 1 Calciumoxalaterystall eingezeichnet.
- Fig. 70. (Vergr. 1200.) *Allium*.
- Fig. 71. *Aloe*. Die sog. „Zellsafträume“ sind von einigen Plastinlamellen durchsetzt.
- Fig. 72. (Vergr. 1200.) *Aloe*; Stück aus einer runden, lebenden Zelle.
- Fig. 73. (Vergr. 1200.) *Aloe*; Stück aus einer langgestreckten, lebenden Zelle (vergl. Fig. 66 dann 11, 10, 13 und 20).
- Fig. 74. *Tradescantia*. Ruhendes „Protoplasma“.
- Fig. 75. (Vergr. 1200.) *Urtica pilulifera*. Vom Kern ausgehende Stränge.
- Fig. 76. (Vergr. 3300.) Dasselbe wie Fig. 75. In dem massigeren, den Kern einschliessenden Theil stockt die Bewegung, wesshalb hier die wabige Struktur gut hervortritt. In den dünneren Strängen befindet sich das Plastinlamellensystem in fliessender Bewegung.
- Fig. 77. (Vergr. 1200.) *Urtica*, Wandbeleg.
- Fig. 78. *Urtica*, flottirende Kugel.
- Fig. 79. *Dianthus*. Skizze. Einige Plastinlamellen durchsetzen den grossen „Zellsaftraum“.
- Fig. 80. *Dianthus*.
- Fig. 81. (Vergr. 1200.) *Pelargonium*. Plastinlamellensystem.
- Fig. 82. *Malva Alcea*. Chlorophyllführende Zelle, opt. Durchschnitt.
- Fig. 83. Schema zur Erklärung der Zellwandbildung.
- Fig. 84 u. 85 (Natürl. Gr.) Skizzen der (unregelmässig gesägten) Blätter ein und desselben Zweiges (nach getrocknetem Material gezeichnet).
- Fig. 86. Erstes Stadium der Zellwandbildung. Physoden und Chromatophoren befinden sich an der Plastinebene.
- Fig. 87. Seitliche, schauelförmig aussehende Ausbuchtung aus einem „Protoplasma“-strang.







23.



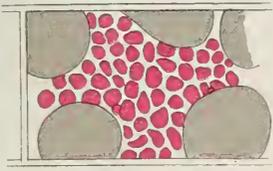
24.



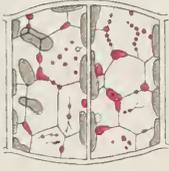
25.



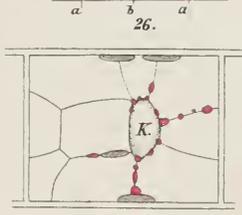
27.



28. 1200.



30.



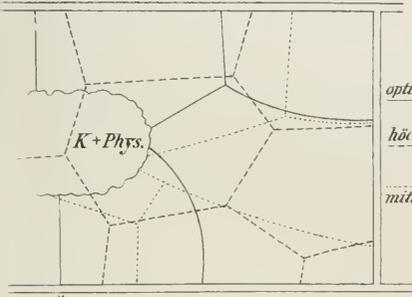
31. 600.



29.



34.

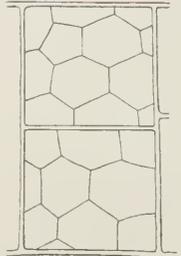


32. 1200.

optische Durchschnitt  
höchste Einstellg.  
mittlere



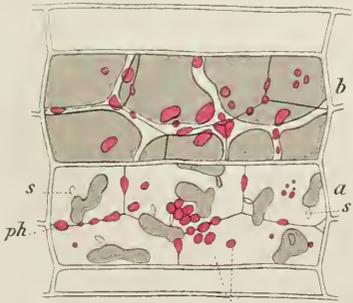
35. 1200



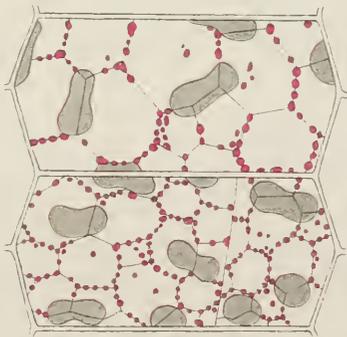
36. 1200



33.



37. ph 1200.



38. 1200.

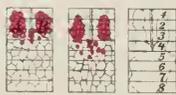


42. 1200.



41.

höchste Einstellg.  
tiefer Einstellg.



39.



40.



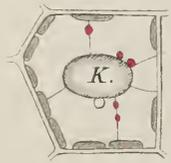
44.

1200.



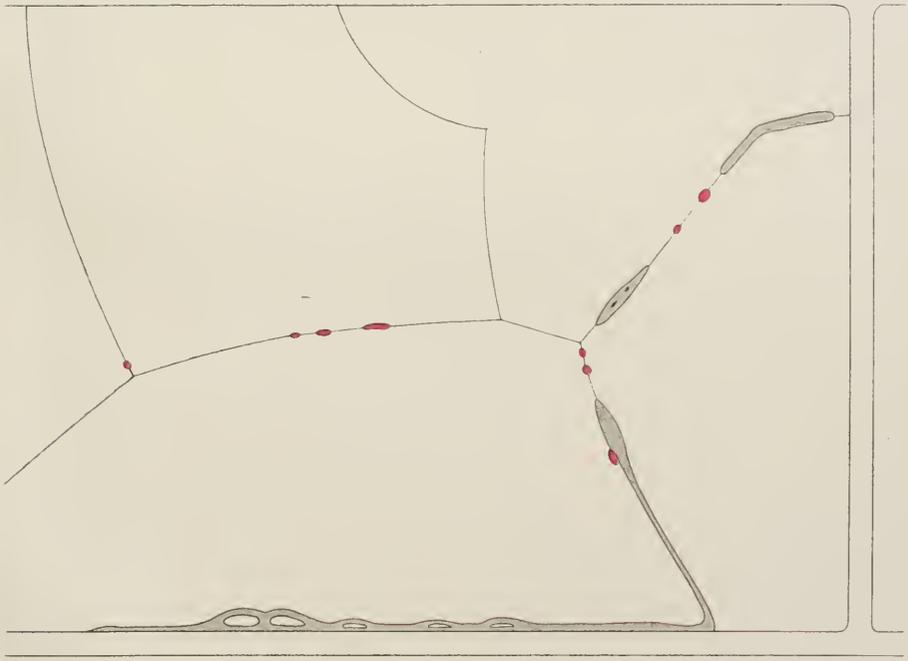
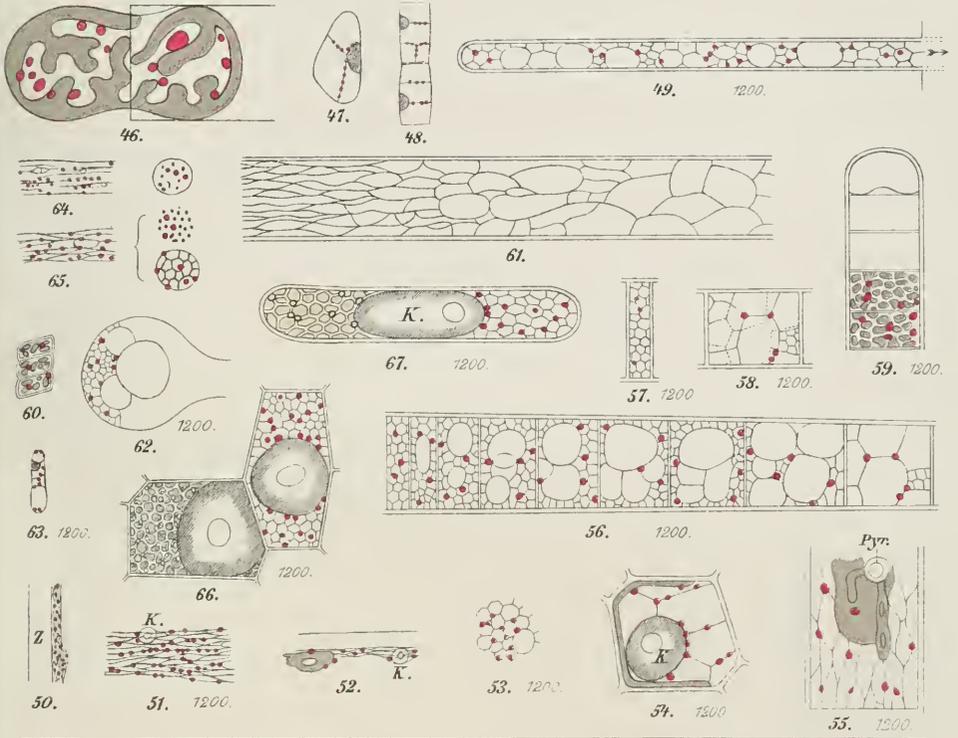
43.

1200.



45. 1200.





68. 1200.





69.



70. 1200.



71.



72. 1200.



73. 1200.



74.



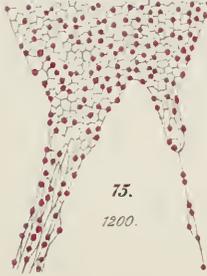
75.



77. 1200.



82.



75. 1200.



79.



80.



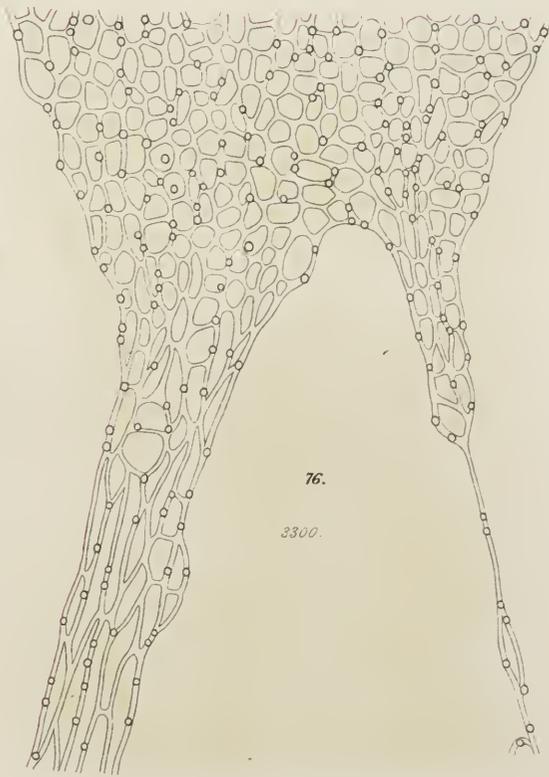
83.



81. 1200.



86.



76. 3300.



87.



84.



85.