

Zeitschrift: Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik
Herausgeber: M.J. Schleiden und Carl Nägeli
Band: 1 (1844-1846)
Heft: 1

Artikel: Zellenkerne, Zellenbildung und Zellenwachstum bei den Pflanzen
Autor: Nägeli, Carl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-357975>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

*Zellenkerne, Zellenbildung und Zellenwachsthum bei
den Pflanzen*

von

Carl Nägeli.

(Tab. I—II.)

1) Gegenwärtiger Standpunkt.

*Robert Brown*¹⁾ machte zuerst auf einen eigenthümlichen, an der Zellwandung sitzenden Körper aufmerksam, den er *nucleus* nannte. Eine Zelle besitzt nur *einen* solchen *nucleus*; höchst selten sind deren zwei vorhanden. *Schleiden*²⁾ wies das regelmässige Vorkommen des Zellenkernes in den Phanerogamen, wenigstens für die jungen Zellen nach. Er entdeckte in demselben ein besonderes dichteres Körperchen, das Kernkörperchen, welches jedoch auch fehlen kann. Der Zellenkern ist solid und besteht aus Schleim (C, H, O, N). Seine Entstehung findet in der Weise statt, dass neben den Schleimkörnchen zuerst einige grössere Kügelchen (Kernkörperchen) sich zeigen, und dass um diese Kernkörperchen die Schleimkörnchen sich anhäufen und dabei mehr oder weniger zusammenfliessen. Nach *Schleiden* bildet sich also zuerst das Kernkörperchen, und durch Anlagerung von aussen entsteht in seinem Umfange die Rindenschicht

1) Vermischte bot. Schriften V. p. 156 ff.

2) Müllers Archiv 1838 p. 1 ff. — Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik 1842, I. §. 23.

des Kerns. Der einfache Kern ist auf diese Weise fertig. Zuweilen vereinigen sich mehrere junge Kerne mit einander, und stellen einen zusammengesetzten Kern dar, welcher dann mehrere (2—3) Kernkörperchen enthält, in seiner weitem Funktion aber dem einfachen Kerne ganz gleich ist. *Schleiden* brachte den Kern in eine besondere Beziehung zur Zellenbildung, und nannte ihn deswegen Cytoblast. Er klebt entweder fest an der Zellwand, oder ist in eine Duplicatur derselben eingeschlossen. — *Endlicher* und *Unger* ¹⁾ finden in langgestreckten Zellen oft mehrere Kerne. Sie lassen den Kern entweder frei im Innern der Zelle oder doch nur lose an der Membran liegen, so dass er sogar von der strömenden Zellflüssigkeit weggespült werden kann. — Einen freien Kern beobachtete auch *Mohl* in den Mutterzellen der Sporen von *Anthoceros* ²⁾; und *ich* habe gezeigt, dass solche freie Kerne in den jungen Pollenkörnern erst in der schon gebildeten Zelle entstehen ³⁾.

Ueber die Zellenbildung herrschen noch die verschiedenartigsten Ansichten. Wenn wir sie nach der objektiven Gewissheit, mit der sie nachgewiesen wurden, ordnen, von den sichern zu den problematischen gehen, und die ganz grundlosen bei Seite lassen, so müssen sie in folgender Ordnung aufgeführt werden. Die Zellenbildung um den Kern wurde von *Schleiden* entdeckt. Nach demselben ⁴⁾ ist der Kern zuerst vorhanden. Er wirkt an seinem ganzen Umfange chemisch auf die gummihaltige Flüssigkeit, in der er liegt, ein, und verwandelt die ihn zunächst berührende Schicht in feste Gallerte. Diese Gallerte bildet eine geschlossene Blase, die sich durch aufgenommene Flüssigkeit ausdehnt, und zur Zelle wird. Der Cytoblast, der sich nicht ausdehnt, bleibt an der einen Seite der Wandung sitzen. *Schleiden* beobachtete diesen Vorgang Schritt für Schritt in der

1) Grundzüge der Botanik 1843. p. 22.

2) Linnäa 1839. p. 273.

3) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens. 1842. p. 21.

4) Müllers Archiv 1838. p. 1. — Grundzüge der wissenschaftl. Botanik I. §. 23.

Flüssigkeit des Embryosackes, und dehnte ihn durch Analogie auf alle Phanerogamenzellen aus. — *Ich* habe diese Art der Zellenbildung (um einen Kern) für mehrere Organe der Phanerogamen bestätigt, und sie ebenfalls als allgemein gültig für diese Klasse von Pflanzen angenommen ¹⁾.

Eine zweite Art der Zellenbildung, neben der erstern bei den Phanerogamen vorhanden, aber nur für eine besondere Zellenart gültig, habe *ich* an den Specialmutterzellen des Pollens nachzuweisen gesucht ²⁾. Der Inhalt der Mutterzellen sondert sich in 2 oder 4 Portionen, welche jede einen freien Kern einschliesst. Um jede Inhaltsportion entsteht eine Zelle. Die zwei oder vier Zellen sind nie frei, sondern berühren gleich bei ihrem ersten Auftreten theils die Wand der Mutterzelle, theils einander selbst, und erscheinen daher als Scheidewände.

Eine dritte Art der Zellenbildung ist die Theilung des Lumens der Mutterzelle durch eine Scheidewand. *Mohl* hat dieselbe bei Conferven ³⁾, und in der Mutterzelle der Sporen von *Anthoceros* angenommen ⁴⁾. Die Wände sollen von der Membran aus nach innen wachsen. — *Unger* ⁵⁾ giebt diese Zellenbildung als die am allgemeinsten vorkommende aus. Die Scheidewände sind erst einfach und werden nachher doppelt. — *Meyen* ⁶⁾ nimmt die Vermehrung der Zellen durch Theilung ebenfalls als einen gewöhnlichen Vorgang an. Bald ist sie ihm überhaupt eine Trennung durch eine Wand, bald soll sie aber eine Abschnürung der Mutterzelle sein, indem die Membran sich ringförmig einfaltet und die Falte nach innen wächst, bis sie sich im Centrum berührt.

Als vierte Theorie über Zellenbildung kann noch erwähnt

1) Linnäa 1842. p. 252.

2) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens p. 11.

3) Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung 1835.

4) Linnäa 1839. p. 273.

5) Linnäa 1841. p. 385. — Endlicher und Unger Grundzüge §. 77.

6) Physiologie II. p. 336 ff.

werden, dass die Zellen als Höhlungen in einer homogenen Masse entstehen. *Mirbel*¹⁾ hat sie durch Untersuchungen an der Wurzel der Dattelpalme nachweisen wollen. *Endlicher* und *Unger*²⁾ nehmen sie neuerdings bei niedern Pflanzen (Algen, Flechten etc.) an. — Diese Theorie, die theils widerlegt ist, theils als blosser Behauptung ohne thatsächlichen Beweis dasteht, macht den Uebergang zu den übrigen ältern und neuern Theorien über Zellenbildung, welche entweder durch direkte Widerlegung beseitigt, oder auf indirekte Weise durch die Fortschritte der Wissenschaft unmöglich gemacht worden sind. Zu diesen letztern gehört z. B. die Annahme von *Sprengel*, dass die Zellen aus Stärkekörnern sich bildeten; die Annahme von *Meyen*³⁾, dass die Membranen der Algensporen und der Zellen im Eiweisskörper der Saamen durch Colliquesciren von Kügelchen entstühnden³⁾ u. s. w.

Ueber die Entstehung der Zellen in Rücksicht auf die bedingenden äussern Verhältnisse sind die Ansichten ebenfalls getheilt. Nach *Schleiden*⁴⁾ bilden sich die neuen Zellen bloss innerhalb Mutterzellen. Nach *Mirbel*⁵⁾ und *Unger*⁶⁾ entstehen dieselben auch ausserhalb von Zellen, entweder an ihrer Oberfläche, oder in einem von Zellen umschlossenen Raume.

Wenn die Zelle in ihrer ersten Anlage gebildet ist, so wächst sie. *Schwann*⁷⁾ hat zuerst Zellenbildung und Zellenwachsthum scharf unterschieden, indem er die erstere zuerst durch Anlagerung der Molecüle in der radialen Richtung geschehen, das letztere hernach durch Anlagerung der Molecüle in der Tan-

1) Nouvelles notes sur le cambium 1839.

2) Grundzüge p. 33.

3) Physiologie II. p. 336.

4) Müllers Archiv 1838. p. 1. — Grundzüge I. §. 51.

5) Sur le *Marchantia polymorpha* 1831 et 1832. — Nouvelles notes sur le cambium 1839.

6) Aphorismen 1838. p. 6, 7. — Endlicher und Unger Grundzüge §. 74.

7) Microscopische Untersuchungen etc. 1839. p. 243 ff.

gente die Zelle ausdehnen lässt. — Einen wichtigen Unterschied für das Wachsthum der Zellen bedingt die Art der Zellenbildung. Wenn die Zellen durch Theilung entstehen, so besitzen sie gleich von Anfang ihre spätere Form. Wenn sie sich aber frei in Mutterzellen (um Cytoblasten) oder ausserhalb von Zellen bilden, so sind sie anfänglich kugelförmig; und die verschiedenartigen Gestalten, welche sie nachher annehmen, müssen alle von ungleicher Ausdehnung hergeleitet werden. Es wird daher angenommen, dass die Zelle entweder gleichmässig sich ausdehnt und ihre Form behält, oder dass sie in ihren einzelnen Theilen ungleich ernährt wird und ihre Form ändert. Durch die ungleiche Ernährung entstehen platte und langgestreckte, schwammförmigē, sternförmige und verästelte Zellen.

2. Zellenkern.

a) Algen.

In der Klasse der Algen sind bis jetzt bloss bei *Spirogyra* Zellenkerne bekannt geworden. Eine genaue Untersuchung zeigt in sehr vielen Gattungen kernähnliche Gebilde und in mehreren ganz deutliche und unzweifelhafte Nuclei.

Unter den *Diatomaceen*¹⁾ besitzt *Arthrodesmus* an der Wand der Zelle ein kleines ungefärbtes Kügelchen, das sich wie ein Kernchen ausnimmt. *Euastrum* zeigt häufig in dem grünen Inhalte zwei dunkle kernartige Massen, je eine in den beiden durch die mittlere Einschnürung gebildeten Hälften. Dieselben liegen nicht an der Zellmembran fest, sondern frei in der Mitte des Lumens; sie scheinen ein dunkleres Centrum (Kernkörperchen?) und eine hellere Peripherie (Rindenschicht?) zu besitzen. — Unzweifelhaft aber beweisen die Anwesenheit der Zellenkerne für diese Ordnung folgende 2 Beispiele. *Gaillo-*

1) Die Gründe, warum ich diese Ordnung für vegetabilisch halten muss, werde ich im folgenden Hefte dieser Zeitschrift bei der Begriffsbestimmung der Pflanze und des Pflanzenreiches darlegen.

nella sp. ¹⁾ (Tab. I. fig. 1-3; Tab. II. fig. 27, 28) ist eine Diatomacee, die in Neapel häufig an Meerconferven vorkommt. Sie hat die Gestalt eines sehr kurzen Cylinders, und erscheint daher von der einen Seite als Kreis (fig. 1), von der andern als Rechteck (fig. 2). Genau im Centrum der einen Kreisfläche liegt an der Membran ein kleines Knötchen von ungefärbtem

1) Ich rechne diese Diatomacee zu der Gattung *Gaillonella*, obgleich dieselbe nicht ganz mit der generischen Diagnose von Ehrenberg übereinstimmt. Die Form ist kurz cylindrisch. Der Durchmesser der Kreisflächen beträgt 0,014 — 0,027''; die Achse varirt von 0,007 — 0,009''. Die beiden Grundflächen des Cylinders sind abgeplattet, daher derselbe von der Seite angesehen als Rechteck mit abgerundeten Ecken erscheint. Er besteht aus einer einfachen Zelle, welche im ausgebildeten Zustande folgendes Verhalten des Inhaltes und der Membran zeigt. Die ganze Zelle enthält eine wasserhelle Flüssigkeit. Der feste Inhalt besteht aus Chlorophyllkugelchen, welche in zwei kreisförmigen Bändern an der Membran liegen (Tab. II. fig. 28 I, II b). Jedes dieser Bänder nimmt die eine stumpfe Kante des Cylinders ein, und erscheint von oben ringförmig (fig. 28 II), von der Seite geradlinigt (fig. 28 I). Die Chlorophyllkugelchen liegen nebeneinander an der Membran, indem jedes derselben die letztere berührt, nicht übereinander. Die Cylinderfläche ist, soweit sie von anliegendem Chlorophyll frei ist, mit einer bandartigen, kieselhaltigen Platte umgeben. Dieselbe liegt ausserhalb der Membran (fig. 28. a), und muss nach Analogie aller übrigen solcher Bildungen als von der Zelle ausgeschiedene Extracellulärschicht angesehen werden. Dieser Kieselpanzer ist zuweilen sehr deutlich, und leicht von der Membran zu unterscheiden. Zuweilen jedoch ist er dünner, und dann nur schwer oder gar nicht als von der Membran verschieden zu erkennen.

Die Fortpflanzung und die Entwicklungsgeschichte zeigen folgende Thatsachen. Der Cylinder, der zu diesem Ende hin im Verhältniss zum Durchmesser seiner Grundfläche um Weniges länger wird, theilt sich durch eine Wand in zwei doppelt kürzere, gleiche Cylinder (Tab. I. 3). Ich sah diese Theilung sowohl an solchen Individuen, die einen deutlichen Panzer besaßen, häufiger jedoch an solchen, bei denen der Panzer zu fehlen schien. Sobald die Theilung erfolgt ist, so trennen sich die beiden Hälften von einander, und sind zwei neue

Schleim (fig. 1, 2, n). Von diesem Kernchen aus laufen mehrere farblose Schleimfäden (Saftströmchen wie in *Spirogyra* etc.) an der Wandung hin, seltener durch das Lumen; constant aber geht ein solcher Strang quer durch die Achse der Zelle zum Mittelpunkt der gegenüber liegenden Kreisfläche. Bei der Fortpflanzung theilt sich die Zelle durch eine mit den beiden End-

selbstständige Individuen. — An jüngern Individuen, wo sich das Chlorophyll erst noch bildet, liegt es über die ganze eine Grundfläche zerstreut (Tab. I. fig. 1), Erst nachher rückt es an die Kante des Cylinders. Die sich bildenden Chlorophyllkügelchen sind entweder gleichmässig an der Kreisfläche vertheilt, oder, was häufiger der Fall ist, sie sind radienartig um den im Centrum befindlichen Kern geordnet, und liegen in den von diesem Kerne ausstrahlenden Strömungsfäden (Tab. II. fig. 27). Wenn wir zwischen dieser Gaillonella und einer Confervenzelle oder einer Zelle von *Spirogyra* eine Parallele ziehen, so stimmen alle drei darin mit einander überein, dass sie sich durch eine Wand theilen, dass sie gleichen Inhalt (wasserhelle Flüssigkeit und wandständiges Chlorophyll) besitzen, und dass sie Extracellulärsubstanz ausscheiden. Mit *Spirogyra* hat Gaillonella überdem darin Aehnlichkeit, dass das Chlorophyll in Bändern gelagert, und dass ein Kern mit Saftströmung vorhanden ist; mit *Conferva* darin, dass das Chlorophyll sich in Strömungsfäden an der Wand bildet. Von beiden unterscheidet sich diese Gaillonella, dass jede Zelle ein Individuum ausmacht, und dass das Chlorophyll zwei seitliche, und die kieselhaltige Extracellulärsubstanz ein mittleres kreisförmiges Band bildet.

Nach Ehrenberg's Diagnose der Sektionen sollte die beschriebene Diatomacee eigentlich zu den *Desmidiaceen* und nicht zu den *Naviculaceen*, wohin Gaillonella gehört, gestellt werden, denn die erstern haben einen *einschaligen*, die letztern einen *zwei- oder mehrschaligen* Panzer. Sie würde dann unter den *Desmidiaceen* eine neue Gattung bilden, die durch ihre cylindrische Gestalt und ihren einschaligen, in Gestalt eines cylindrischen Bandes auftretenden Panzer charakterisirt wäre. Ich kann mich jedoch nicht entschliessen zu den vielen Genera ein neues hinzuzufügen. Denn soweit meine Untersuchungen reichen, so stimmt Gaillonella, die nach Ehrenberg einen zwei- oder mehrschaligen Panzer besitzt, mit der beschriebenen Pflanze wesentlich überein. Die Linien nämlich, welche eine Trennung des

flächen parallele mittlere Wand (fig. 3). Sogleich zeigt nun jede der beiden neuen Zellen ein Kernchen mit dem durch die Achse gehenden Schleimstrang; und zwar liegt dasselbe an den abgekehrten Grundflächen der Tochterzellen (fig. 3. n). — *Navicula* sp. ¹⁾ hat in der Mitte (ob der Membran anliegend oder frei, weiss ich nicht) einen Kern mit einem Kernkörperchen.

Panzers in zwei oder mehrere Stücke andeuten sollen, sind die Scheidewände, durch welche sich die Zellen theilen. Wie in den fadenförmigen Algen, erscheinen diese Wände zuerst als zarte Linien, lassen bei der Zunahme in die Dicke dann zwei begränzende Linien deutlich werden, und stellen sich zuletzt als zwei durch eine mittlere dritte Linie gesonderte Lamellen dar. Die Löcher, welche Ehrenberg beschreibt und abbildet, kann ich für nichts weiter als für den Intercellularraum erkennen, den die beiden neugebildeten Zellen mit der Mutterzelle ausmachen. Diese sogenannten Löcher sind daher immer nur an den beiden Seitenrändern, da wo die Wand an die Membran stösst, sichtbar. Die confervenartigen Algen zeigen die gleiche Erscheinung.

Aus diesen Gründen muss ich die beschriebene Diatomacee zu der Gattung *Gaillonella* stellen. Diese Gattung unterscheidet sich dadurch von den übrigen Gattungen der Diatomaceen, dass die Zellen, welche jede für sich ein Individuum ausmachen, cylindrisch sind, und dass die Theilung durch eine auf die Achse senkrechte Wand erfolgt. Meist bleiben die einzelnen Individuen mit einander verbunden, und bilden längere oder kürzere Ketten. Die beschriebene Art zeichnet sich dadurch aus, dass die Tochterzellen immer nach der Theilung der Mutterzelle sich von einander trennen, ferner dadurch, dass die Individuen vollkommen cylindrisch sind, mit kurzer Achse und ebenen Grundflächen. Ob und wie sie überdem in Bezug auf Zelleninhalt, Lagerung desselben, und Formation der ausgeschiedenen kieseligen Extracellulärschubstanz von den übrigen Arten abweiche oder mit denselben übereinstimme, dafür reichen die bisherigen Untersuchungen nicht aus.

1) Diese *Navicula* kommt der von Ehrenberg Tab. XXI. fig. XV. 11, 12 abgebildeten Varietät von *Navicula striatula* Ehrenb. am nächsten. Ich fand sie in Bächen bei Zürich. Sie zeigt keine Bewegung. Der Inhalt ist braun, er erfüllt den mittlern Raum; die beiden Hörner bleiben frei davon, sie sind durchsichtig und ungefärbt.

An dem körnigen Inhalte beobachtete ich eine ziemlich rasche Strömung, indem die Körnchen von dem Kerne aus nach dem Rande hin, und wieder zu demselben zurück sich bewegten. — In *Closterium* liegt im Centrum ein Kern, welcher in einer hellen Rindenschicht ein dichtes weissliches Kernkörperchen besitzt. Durch Jod färbt er sich braun, und gleicht ganz dem Kerne in *Spirogyra*.

Die meisten Nostochinen lassen in ihren Zellen keine deutlichen Kerne erkennen. Nur *Protococcus* hat regelmässig im Centrum ein dunkles Pünktchen. In *Palmella* wird dasselbe oft als ein kleiner Ring deutlich. Während ich in den übrigen Zellen von *Undina* und *Rivularia* bloss einen feinkörnigen Inhalt erkannte, zeigten die grössern und hellern Keimzellen mehrmals 2 freie, kernartige Schleimklümpchen, welche der neuen Zellenbildung voranzugehen schienen.

Die Confervaceen bieten gewöhnlich keine Spur von Kernen. Eine nicht ganz sichere Beobachtung zeigte an keimenden Zellen von *Oscillatoria*, ähnlich wie in *Undina*, 2 Kernchen neben dem Centrum, ehe sich die Tochterzellen bildeten. — *Conferva glomerata* wächst an der Spitze so, dass je in dem Endgliede die Zellenbildung statt findet. Dort konnte ich nichts von Kernen sehen. Dagegen fand ich an ältern Gliedern der Süsswasserform, dass da zuweilen noch nachträglich in alten Gliedern neue Zellen entstanden. Diese Zellen waren dicht mit grünem Inhalte erfüllt, und hatten mitten in demselben einen freien, hellen und bläschenartigen Kern (Tab. I. 10). — Das gleiche findet sich in *Conferva bombycina* Ag., wo in jeder Zelle ein freies, wasserhelles Bläschen im Centrum liegt (Tab. I. 13, 14). Dass diese Bläschen Kerne sind, beweist ihr regelmässiges Auftreten und ihre scharf umschriebene Gestalt. Jede Zelle hat einen einzigen solchen Kern. In denjenigen Individuen, wo die Glieder sich durch Theilung vermehren, zeigt jede neue Zelle mit ihrem Entstehen den centralen Kern. — Besonders aber ist hier *Spirogyra* aufzuführen, welche bekanntlich in den einzelnen Zellen einen freien Zellenkern und von

demselben auslaufende Strömungsfaden besitzt. Dieser Zellkern hat eine dünne Rindenschicht und ein dichtes weissliches Kernkörperchen. Er wird durch Jod braun, jene weniger, dieses mehr, gefärbt. — Ferner muss noch *Ectocarpus* erwähnt werden, welcher ebenfalls in jeder Zelle einen centralen Kern hat. Da sich dieser Kern, sowie der Zelleninhalt überhaupt, genau verhält, wie derjenige der Fucoideen, so verweise ich auf die dort gegebene Beschreibung.

Unter den Ulvaceen besitzt *Bangia* ¹⁾ oft schöne Kerne; es sind halbkugelige Schleimmassen, die an der Membran festsitzen. Sie werden durch anliegenden Zelleninhalt mehr oder weniger gefärbt, und senden viele Strömungsfäden durch das Lumen der Zelle (Tab. I. 29, 30). Ein glänzender dichter Punkt, der an einigen Kernen gesehen wird, ist nicht ein Kernkörperchen, sondern ein senkrecht stehender Saftstrang (fig. 29, a, b, d). Auch die andern rothen Ulven zeigen zuweilen solche Kerne. — Bei den Siphonaceen gelang es mir nicht, irgend etwas von Kernen zu sehen.

Die wahren Fucoaceen ²⁾ besitzen alle einen freien centralen Kern (Tab. I. 15, 16. Tab. II. 1—5). Er ist vollkommen rund, gewöhnlich homogen-schleimig und ungefärbt (*Sphacelaria scoparia*, *Padina Pavonia*, *Cystoseira*); nachher wird er zuweilen körnig (*Padina Pavonia*). Dieser Kern bildet in den jungen Zellen den Mittelpunkt eines Systems von Saftströmchen, indem von ihm aus nach allen Seiten Schleimfäden durch die Zelle gehen (*Cystoseira* Tab. I. 15). Jodtinktur zeigt an ihm die charakteristische Färbung des Schleimes (C, H, O, N). — Wenn die umbildende Thätigkeit der Zelle aufgehört, der früher körnig-schleimige Inhalt sich in eine wasserhelle Flüssigkeit und in

1) Dieses Genus gehört nach allen wesentlichen Eigenschaften zu den Ulvaceen.

2) Wenn diese Ordnung natürlich werden soll, so müssen *Sphacelaria* und *Cladostephos* hinzukommen, einige andere Gattungen wie *Lichina*, *Furcellaria*, *Chordaria* wegfallen.

Zellsaftkügelchen, die an der Wand befestigt sind, geschieden hat, und die Strömchen verschwunden sind; so geht auch der Kern eine bedeutende Metamorphose ein. Er wird hohl, und stellt ein Bläschen dar mit mehr oder weniger Körnern festen Inhalts (Tab. I. 16). Er nimmt dabei an Grösse zu. Während er anfänglich kaum 0,002''' im Durchmesser hatte, dehnt er sich nun zu 0,003''' und bis zu 0,005''' und 0,006''' aus. Das Bläschen, in das sich der Kern nun umgewandelt hat, ist entweder wasserhell und ganz inhaltslos (Tab. I. 16, a). Oder es enthält kleine Körnchen in grösserer oder geringerer Zahl, deren Natur nicht auszumitteln ist (16, d). Oder es schliesst grössere Körnchen ein, entweder bloss wenige, oder es ist damit ganz angefüllt. Diese grössern Körnchen sind deutlich Amylum - (16, b, c) und Chlorophyllkügelchen (16, e, f, g). Durch Zerreißen des Zellgewebes kann man diese metamorphosirten Kerne leicht frei machen, und dann sich davon überzeugen, dass sie aus einer Membran in Form eines runden Zellchens bestehen, innerhalb welcher und ihr anliegend die Körnchen sich befinden. Die angegebenen verschiedenen Zustände habe ich zuerst an mehreren Arten von *Cystoseira* und zwar zuweilen alle am gleichen Durchschnitte beobachtet. Nachher habe ich diese Umwandlung des Kernes an andern Fucaceen und ebenfalls an dem in Rücksicht auf vegetatives Leben nahe verwandten *Ectocarpus* gesehen. Zuweilen auch (z. B. in *Dictyota dichotoma*) enthalten die Kernbläschen grössere und kleinere gelb-bräunliche Oeltröpfchen.

Die Beobachtung lehrt uns also, dass in den Fucoideen die Kerne späterhin als Bläschen auftreten. Diess scheint auf den ersten Blick in Folge einer Metamorphose statt zu finden. Wir werden aber von vielen andern Kernen kennen lernen, dass sie aus einem Bläschen mit differentem Inhalte bestehen. Es fordert daher wohl die Analogie, anzunehmen, dass die Kerne der Fucoideen auch früherhin schon Bläschen waren, die man wegen des dicht erfüllenden Schleimes noch nicht als solche erkennen konnte. Die ganze scheinbare Metamorphose

beruht dann in nichts anderm als in der chemischen Umbildung des Inhaltes; und der Lebensprocess dieser Kerne zeigt die gleichen Erscheinungen, wie sie die Zellen besitzen. Das Kernbläschen enthält anfänglich einen homogenen Schleim, derselbe wird körnig, und geht dann über in Amylum, Chlorophyll oder Oel, welche in einer wasserhellen Flüssigkeit liegen.

b) Pilze.

Die Pilzzellen lassen hin und wieder kernartige Gebilde erkennen. Die Gährungspilze im Weinmost und in der Bierhefe zeigen oft regelmässig in jeder Zelle ein der Membran anliegendes kleines Kernchen von weisslichem Schleime. An mehreren Fadenpilzen ist die gleiche Erscheinung zu beobachten, wo dann zuweilen mit dem kernartigen Schleimballen netzförmige Strömung verbunden ist. In jungen Fadenpilzzellen, die eben erst gebildet wurden, und noch einen homogenen Schleiminhalt besitzen, hat der Kern das Ansehen eines wasserhellen Bläschens mit einem kleinen Nucleolus. In den Schläuchen von *Morchella esculenta* habe ich, ehe die Sporenbildung beginnt, einen schönen Kern gefunden (Tab. I. 28). Er ist ein homogenes durchsichtiges Bläschen, und enthält ein dichtes, weissliches Kernkörperchen. Jod färbt ihn schwach gelblich, das letztere braungelb. Der Kern sitzt an der Wand des Schlauches, das Kernkörperchen an der Peripherie des Kernes.

Die Sporen der niedern und höhern Pilze enthalten häufig Gebilde, die man als Kerne anzusehen geneigt ist. In den meisten Fällen ist die Beobachtung undeutlich. Als sichere Beispiele gebe ich folgende zwei: In mehreren *Peziza*-Arten liegt in dem die Sporenzelle dicht erfüllenden körnigen und ungefärbten Inhalte ein durchsichtiges, halbkugelförmiges Kernchen an der Wandung. — Die Sporen von *Erysibe Coryli* enthalten in der orangegelben Körnermasse ein helles, rundes Kernbläschen.

c) Flechten.

In dieser Ordnung ist mir bis jetzt nicht gelungen, Kerne zu sehen. Nur in den Sporen finden sich Körper, die man allenfalls für solche halten kann. Sicher ist es mir bloss für die zusammengesetzten Sporen, wo in der einfachen Zelle schon die zwei Kerne auftreten, und dann die Theilung der Zelle zur Folge haben.

d) Florideen¹⁾.

Die Florideen besitzen verschiedene Arten von Kernen. In den vegetativen Zellen liegt zuweilen ein kleines, weissliches Kernchen an der Wand. Von demselben aus laufen Strömungsfäden durch die Zellen (verschiedene Arten von *Laurencia*, *Rhodomela pinastroides*, *Wrangelia penicillata* Ag. etc.); oder es ist damit eine netzförmige Strömung verbunden (junge Haare von *Laurencia dasyphylla* (Tab. I. 22), von *Rytiphloea tinctoria*, *Hutchinsia* etc.). In ganz jungen Zellen, die noch mit homogenem und farblosem Schleim gefüllt sind, erscheinen diese Kerne entweder bloss als Ringe, oder man erkennt in ihrem Innern ein dichteres Pünktchen (Nucleolus). Sie sind in diesem Zustande nicht verschieden von der Consistenz des umgebenden Schleimes; oder sie sind dünner als der letztere, und nehmen sich in demselben wie Bläschen aus. So sind die Kerne am leichtesten in den Endzellen der fadenförmigen Florideen (*Hutchinsia*, *Callithamnion*), und in den Endzellen der sich bildenden Haare von grössern Arten (*Rytiphloea* (Tab. I. 17), *Rhodomela*) zu sehen. Wenn die Zellen grösser werden, so vertheilt sich ihr Schleiminhalt in Strömungsfäden, die von dem Kerne ausstrahlen. Auf dieser Entwicklungsstufe habe ich die Kerne am deutlichsten beobachten können. Sie stellen sich als ein was-

1) Zu dieser Ordnung gehören alle Algen, welche in den Sporenmutterzellen vier Sporenzellen bilden nach Art der Moose und Phanerogamen (Heterocarpeae Ktzig.). Es sind diess die meisten Florideen und die meisten Ceramieen.

serhelles Bläschen mit einer zarten Membran und einem kleinen punktförmigen Kernkörperchen dar (junge Haare von *Rytiphloea tinctoria* (Tab. I. 18) und *Rhodomela pinastroides*). In alten Zellen erscheinen diese Kerne wie oben angegeben, als kleine, weissliche, hemisphärische Körper. — Durchschnitte aus dem Punctum vegetationis von grössern Florideen zeigen ein ähnliches Gewebe, wie es die Stammspitze der Phanerogamen besitzt. In jeder Zelle ist ein dichter undurchsichtiger Kern befindlich (*Laurencia*, Tab. I. 21). Die Analogie bestimmt mich, auch hier anzunehmen, dass diese Kerne durch Verletzung des Gewebes und durch Endosmose von Wasser verändert seien. Ich werde bei den Phanerogamen diese Veränderung nachweisen.

Die Keimzellen oder Knospenzellen ¹⁾ sind dicht mit rothem körnigem Inhalte erfüllt. Mitten in demselben schwebt ein helles durchsichtiges Kernbläschen (*Nitophyllum ocellatum*, *Rhodomela*). Ob dieses Bläschen bloss eine homogene Flüssigkeit umschliesse, oder ob auch ein Nucleolus in demselben befindlich sei, ist in ausgebildeten Knospenzellen nicht zu erkennen. In jungen Zellen, die einen wenig gefärbten und feingekörnten Schleim enthalten, habe ich bei *Rytiphloea* (Tab. I. 20) und bei *Hutchinsia* deutlich ein Kernkörperchen gesehen. Noch jüngere Stadien aber, wo der Schleiminhalt noch farblos und gleichförmig ist, haben gar keinen Kern (Tab. I. 19).

Die Mutterzellen, aus denen die vier Sporen hervorgehen, enthalten zuerst ein der Membran anhaftendes kleines Kernchen, wie die übrigen vegetativen Zellen (*Hutchinsia*, Tab. I. 23, a). Nachdem dasselbe verschwunden ist, tritt im Centrum ein freier Kern auf (*Nitophyllum*, *Ceramium*, *Dasya* etc.) Ich erkannte ihn am deutlichsten in *Hutchinsia* (Tab. I. 24, a) und in *Callithamnion versicolor*, wo er aus einem durchsichtigen Bläs-

1) Die Florideen haben doppelte Fructificationsorgane. Von diesen sind die Cystocarprien (Ktztg.) ihrer morphologischen Bedeutung nach wahre Knospenbehälter, wie diejenigen der Marchantien.

chen mit einem weisslichen Pünktchen (Nucleolus) bestand. Um diesen centralen Kern sammelt sich dann der körnige Inhalt, und es gehen radienartige Strömungsfäden nach dem ganzen Umfang (Tab. I. 25, a). Darauf bilden sich in der Sporenmutterzelle vier neue Kerne, welche die Entstehung der vier Specialmutterzellen und nachher der vier Sporenzellen zur Folge haben. Sie sind rund, homogen schleimig, schwach röthlich oder fast ungefärbt. Meist konnte ich keinen Nucleolus erkennen; einigemal schien einer da zu sein. Am besten habe ich diese Kerne in *Ceramium diaphanum* und in *Hutchinsia* gesehen. Zweimal beobachtete ich sie intensiv roth gefärbt. Nachdem die Pflanzen einige Zeit im Zimmer gestanden hatten, war der ursprünglich ebenfalls rothe Inhalt der Specialmutterzellen grün geworden. Bloss die vier Kerne hatten noch ihre frühere Farbe behalten, und erschienen nun als schön rothe Kugeln (*Callithamnion versicolor* Tab. I. 26). Um diese vier Kerne entstehen die vier Specialmutterzellen. — Wenn die Sporen gebildet sind, so erkennt man in ihnen wieder einen freien mittlern Kern, ein Bläschen mit einem Kernchen (*Hutchinsia*).

e) *Lebermoose*.

In dieser Ordnung sind überall Kerne zu beobachten, wenn man die Gewebe früh genug untersucht. Sie bestehen aus einem wasserhellen Bläschen mit einem dichten weisslichen Kernkörperchen. So fand ich sie in der Stammspitze von *Jungermannia*, in jungen Blättern von *Jungermannia* (*bicuspidata* Tab. II. 15, etc.), in den ungegliederten Haaren, welche an den Blättern von *Lunularia* stehen, und in den gegliederten Haaren, welche das Sporangium von *Marchantia* und *Lunularia* (Tab. II. 16) umgeben, in den jungen Wurzelhaarzellen von *Jungermannia* und *Marchantia* und in den Sporenmutterzellen von *Marchantia*. In diesen verschiedenen Theilen der Pflanze verhalten sich die Kerne auf gleiche Weise zum Zelleninhalt. Dieser ist anfänglich homogen und ungefärbt, der Kern erscheint darin als eine Höhlung mit einem Pünktchen. Dehnt

sich die Zelle verhältnissmässig stark aus zur Menge des enthaltenen Schleims, so vertheilt sich dieser als Strömungsfaden um den Kern. Ist dagegen die Schleimmasse relativ beträchtlicher, so wird sie körnig, und färbt sich grün, ohne dass dabei Saftströmung sichtbar wird. In beiden Fällen ist der Kern ein wasserhelles Bläschen mit einer zarten Membran und einem kleinen Nucleolus; er liegt an der Wand der Zelle befestigt. In alten Zellen ist der Kern entweder verschwunden, oder er ist mir wegen seiner Kleinheit entgangen. — In dem kleinmaschigen Zellgewebe, das die Antheridien erfüllt, besitzt jede Zelle, ehe sich der Saamenfaden bildet, ebenfalls ein Kernchen. Da Zellen und Kernchen aber sehr klein sind (erstere 0,0020''' — 0,0025''', letztere 0,0006'''), so sind die letztern bloss als weissliche Körnchen zu erkennen.

Ausser diesen wandständigen Kernen besitzen die Lebermoose, wie die Florideen, in bestimmten Zellen freie Kerne. Hugo Mohl hat uns dieselben in seiner interessanten Abhandlung über die Sporenbildung bei *Anthoceros*¹⁾ kennen gelehrt. Ich hatte Gelegenheit diese Pflanze im Sommer 1842 in Neapel zu untersuchen. Zuerst erscheint, wie Mohl angiebt, in der Mutterzelle ein Kern mit einem Kernkörperchen (Tab. I, 31). Ich kann aber seine Ansicht nicht theilen, dass derselbe anfänglich an der Wand der Zelle sitze, und nachher ins Centrum rücke, — woraus man vermuthen könnte, dass dieser Kern der Cytoblast der Mutterzelle nach Schleiden's Zellenbildung wäre. Noch ehe er auftritt, besitzen die Mutterzellen ein kleines wandständiges Kernchen, welches dann aufgelöst wird. Darauf erscheint der grössere Kern, und zwar nach meinen Beobachtungen immer frei und mehr oder weniger in der Mitte der Zelle. Diese Lage scheint er zu behalten; denn auch bei den spätern Vorgängen liegt er nicht immer im Centrum, sondern häufig zwischen Centrum und Wandung. — Wenn dieser Kern am deutlichsten erschien, so war er ein

1) Linnäa 1839.

wasserhelles Bläschen, mit einem homogenen und weisslichen Kernkörperchen, welches an der Wand des Kernbläschens liegt. Zuweilen sah ich zwei Kernkörperchen (Tab. I. 32). Jod färbt den Kern schwach, den Nucleolus intensiv braungelb. — Selten hatten sich in einer Mutterzelle zwei freie Kerne gebildet; solche Zustände schienen keiner weiteren Entwicklung fähig.

Der wenige, fast homogene und schleimige Inhalt, der in der Mutterzelle sich befindet, umgibt den Kern als eine dünne Schicht, und sendet radienförmige Saftfaden nach der Zellwandung (Tab. I. 31). In andern Zellen ist die den Kern überziehende Masse grünlich und fein gekörnt; die Strömungsfaden dagegen sind ungefärbt, oder bloss an ihrer innern sich erweiternden Basis grünlich (Tab. I. 32). Der erstere Zustand mit ungefärbtem Inhalt ist wohl der frühere; und die Bildung des Chlorophylls geschieht in dieser strömenden Schleimmasse, ähnlich wie in andern (namentlich Algen-) Zellen Chlorophyll und Amylum entsteht. — Der Kern ist nun rings mit einer dünnen Schicht von grünem körnigem Schleim überzogen. Derselbe sammelt sich auf der einen Seite des Kernes an (Tab. I. 33, 34), und theilt sich dann in zwei Hälften, die sich von einander entfernen (Tab. I. 35). Jede bildet einen länglichen, dem Kerne aufliegenden Streifen. In diesem Stadium sind die beiden mit Chlorophyll gemengten Schleimmassen noch ohne abgeschlossene Gestalt, sie verlieren sich in den umgebenden farblosen Schleim. Allmählig scheiden sie sich bestimmter ab. Sie erscheinen dann als zwei ovale scharf umschriebene grüne Körper zu beiden Seiten des Kerns (Tab. I. 36, 37), und sind mit dem letztern in eine Schleimatmosphäre eingebettet, welche durch Strömungsfaden mit der Zellwand zusammenhängt. Diese ovalen Körper enthalten entweder alles Chlorophyll, welches in der Mutterzelle liegt; oder es befindet sich solches überdem in der schleimigen Atmosphäre. Nur die erstern Zustände, wo die Schleimatmosphäre ungefärbt

ist, gestatten eine genaue Beobachtung der successiven Veränderungen.

Die ovalen Körper selbst weichen bedeutend von einander ab in der Menge des Chlorophylls, das sie enthalten. Die einen sind schwach grünlich, die andern dunkelgrün. Wenn sie wenig gefärbt sind, und ihr Inhalt sehr locker ist, so erscheinen sie in der fast homogenen, weisslich trüben Schleimmasse genau wie zwei ausgehöhlte Räume, in denen körniges Chlorophyll liegt. Die Höhlungen sind durchsichtig und schwach röthlich, und werden unmittelbar vom anliegenden Schleime begränzt. Nachher sieht man eine zarte Membran, welche die grünen Körper umschliesst; und man hat einen Kern vor sich in Gestalt eines Bläschens, dessen Inhalt Chlorophyll und Schleim ist. Diese beiden ovalen Kerne theilen sich jeder in zwei runde grüne Kerne. Dieselben kommen an Grösse etwa der Hälfte des Mutterkernes gleich; und sind, wie dieser, mehr oder weniger intensiv gefärbt. Sie sind ebenfalls scharf umschrieben, und lassen eine besondere Membran erkennen.

Die Theilung der zwei primären Kerne geschieht folgendermassen. In dem ovalen Kernbläschen, das einen wenig gefärbten und fast homogenen Schleim umschliesst, tritt eine Scheidewand auf, wobei in jeder Hälfte gewöhnlich ein dunkles Pünktchen (Kernchen?) zu erkennen ist (Tab. I. 38). Die beiden neugebildeten Bläschen trennen sich allmählig, indem sie sich dabei abrunden (Tab. I. 39). Nachher entfernen sie sich von einander, und begeben sich in eine solche Stellung, dass sie um den centralen Kern wie die Ecken eines Tetraeders gestellt sind. Diese tetraëdrische Stellung sah ich mehrmals dadurch erzeugt werden, dass die Durchmesser der beiden primären Kernbläschen sich unter einem rechten Winkel schnitten, dessgleich die Scheidewände, durch welche sie sich theilten (Tab. I. 39).

Während der Bildung der Kerne ist der Schleiminhalt der Mutterzelle in strömender Bewegung um den centralen Kern

vertheilt (Tab. I. 35—39). Wenn die vier neuen Kerne zu ihrem endlichen tetraëdrischen Lagerungsverhältniss gelangt sind, so wird dadurch das System der Strömungen ganz geändert. Dieselben treten nun auf als Verbindungsstränge zwischen den vier Kernen und als Faden, welche von den einzelnen strahlenförmig ausgehen, und sie mit der Zellwand verbinden (Tab. I. 40). — Nachher findet die Resorption des mittlern Kernes und die Bildung der vier Specialmutterzellen statt.

Ich habe in dem Vorhergehenden genau das wiedergegeben, was die Beobachtung an die Hand giebt. Die Deutung ist mit grosser Vorsicht vorzunehmen. Fürs erste scheint es mir sicher, dass die Kerne Bläschen oder Zellchen seien. Die Beobachtung, welche eine vom Inhalt verschiedene Membran zeigt, lässt darüber keinen Zweifel. Hugo Mohl ist der gleichen Ansicht; er nennt sie Körnerzellen. Er hält aber die scheinbare Membran bloss für die angränzende und verdichtete Schicht des umgebenden Schleimes. Dafür scheint die oben angeführte Beobachtung zu sprechen, dass sie zuerst bloss als Höhlungen im Schleime auftreten. Beweisend ist dieser Anschein nicht. Ein zartes Bläschen mit durchsichtigem Inhalte wird in einer dichtern homogenen Substanz sehr leicht unsichtbar. Dass die Membran den Kernen eigenthümlich ist, und jedenfalls einen organischen Theil an ihnen ausmacht, wird durch die Theilung derselben bewiesen. Die letztere lässt durchaus keine wesentliche Verschiedenheit von der Zellenbildung in *Palmella* erkennen. Sie muss auch, wie diese erklärt werden, wenn anders eine Analogie zwischen wirklichen Zellen und Kernen, die alle physicalischen und chemischen Eigenschaften von Zelleu haben, gestattet wird. Daraus folgt dann aber, dass die vier secundären Kerne wenigstens eine eigenthümliche Membran besitzen, und wenn durch eine zweite Analogie von denselben auf die primären ovalen Kerne zurückgeschlossen wird, so muss das gleiche auch von diesen angenommen werden. Ich werde bei der Zellenbildung auf diesen Punkt zurückkommen.

Die Beobachtung scheint ferner zu ergeben, dass die grüne Schleimmasse sich in zwei Haufen zusammenballe, welche allmählig eine bestimmte begränzte Gestalt annehmen, und sich mit einer Membran bekleiden, — dass also gleichzeitig zwei Bläschen von bestimmter Grösse entstehen. Das ist aber bloss die Schranke, über welche die Erfahrung nicht hinaus zu gehen vermag. Das Feld der Möglichkeiten, die mit der Erfahrung bestehen können, ist auch hier gross. Wir wissen, dass die zwei ovalen Kerne und die vier runden Kerne Zellchen mit einer Membran sind; und doch erscheinen sie, wenn Chlorophyll, in dem sie umgebenden Schleime liegt, und ihre wahre Form verbirgt, als gestaltlose Zusammenhäufungen. Es ist daher ebenso gut möglich, dass schon in der ersten grüngefärbten Schleimmasse, die dem farblosen Kern anliegt, ein Bläschen verborgen sei, dass sich dieses Bläschen theile in die zwei ovalen Kerne, und dass mit diesen auch die Schleimmasse sich gleichzeitig in zwei Partien trenne. Auch ist möglich, dass die zwei ovalen Kerne, jeder für sich, auf irgend eine uns unsichtbare Weise entstehe. Es kann also aus den Erscheinungen, wie sie vorliegen, auf die primäre Bildungsart der Kerne kein Schluss gemacht werden. Er würde die Unrichtigkeit in sich schliessen, das erste uns zugängliche Stadium mit dem organischen Anfang zu verwechseln. Ich bemerke diess namentlich desswegen, dass nicht etwa die Bildung der Kernbläschen in *Anthoceros* für ein Analogon der Schleiden'schen Zellenbildung um einen Cytoblasten gehalten werde; indem dann angenommen würde, dass der durch Chlorophyll grüngefärbte Schleim sich zusammenballe, und an seiner Oberfläche eine Membran bilde.

Wir können somit von den Kernen in den Sporenmutterzellen von *Anthoceros* weiter nichts Sicheres angeben, als dass sie Zellchen mit eigenthümlicher Membran sind, welche Schleim und Chlorophyll enthalten. Hugo Mohl beobachtete auch Amylum in ihnen. Sie geben zu den Kernen der *Fucoideen* und zu den rothen Kernen in den Sporenmutterzellen

der Florideen das dritte Beispiel, wo Kerne ausser Schleim auch stickstofflose, assimilierte Stoffe in einem Bläschen enthalten. Der Schleim scheint selbst zuletzt fast ganz zu mangeln, indem neben den kleinen Chlorophyllkugeln bloss eine wasserhelle Flüssigkeit liegt.

f) *Moose*.

Aus dieser Ordnung stehen mir nur sehr wenige Untersuchungen zu Gebote. Schöne Kerne ($\approx 0,003''''$) fand ich in den grossen Parenchymzellen, die in *Philonotis fontana* unter den Epidermiszellen der Fruchtkapsel liegen, zur Zeit als die Sporenbildung noch nicht begonnen hatte (Tab. II. 14). Diese Kerne sind halbkugelig, und liegen an der Zellwand fest. Sie besitzen eine deutliche Membran, einen feinkörnigen Schleiminhalt in geringer Menge und an ihrer Wandung ein kleines weisses Kernchen, welches zuweilen von einer Höhlung umgeben ist (fig. 14. b). — In den Zellen der Paraphysen von *Polytrichum commune* sind wandständige, weissliche Kerne mit Kernkörperchen, von denen aus dünne Saftfäden durch die Zelle verlaufen.

g) *Charen*.

Alle jungen Zellen von *Nitella* und *Chara* besitzen wandständige Kerne. Ich habe sie beobachtet in der Stammspitze von *Nitella flexilis*, in den Blättern von *N. flexilis*, von *Chara vulgaris*, *hispida* und *gracilis*, in der Sporenhülle und dem sich entwickelnden Sporocarpium von *N. flexilis* (Tab. II. 10. d), und in der Antheridienwand von *N. flexilis* und *Ch. vulgaris*. Diese Kerne stimmen alle darin mit einander überein, dass sie aus einem Kernbläschen und einem Kernchen bestehen. Die Membran des Kernbläschens ist oft deutlich zu erkennen. Sein Inhalt ist wasserhell, oder verdünnt schleimig, selten feingekörnt. Das Kernchen erscheint als ein weissliches glänzendes Pünktchen. Wenn es gross genug ist, so erkennt man darin eine Höhlung. Die Kerne differiren in ihrer Grösse

von 0,003''' — 0,008'''. Man sieht sie in den Zellen, bis die Chlorophyllbildung auftritt. Wenn der Inhalt rotirt, habe ich sie nicht mehr finden können.

Die eben beschriebenen Kerne finden sich auch in den sich bildenden Zellfaden, welche im Innern der Antheridien liegen. Sie sind homogen schleimig, und enthalten ein Kernkörperchen. Später liegt in jedem Glied eine rundlich-elliptische Zelle mit einem kleinen Kernchen. Dasselbe erscheint bloss als ein weisses Pünktchen, und gleicht dem Kernkörperchen des frühern Kernes (Tab. II. 11. a). Durch störende Einwirkung von Wasser oder von Druck zieht sich die Zelle in einen kleinen schleimigen Klumpen zusammen (Tab. II. 11, b). Die Figuren a. und b. in Tab. II. 11 stellen den gleichen Faden dar, a. wie er ursprünglich war, gleich nachdem er das Antheridium verlassen hatte, b. wie er vor meinen Augen durch Endosmose von Wasser sich veränderte. In diesem Zustande sind die Faden von Fritzsche¹⁾ und von Meyen²⁾ abgebildet worden. — In den eben beschriebenen elliptischen Zellen entstehen die Saamenfaden. Wenn jene nicht etwa bloss die grösser gewordenen Kernbläschen darstellen, sondern nach deren Auflösung neugebildet wurden, und wirklich als Zellen betrachtet werden müssen, so besitzen sie eine andere Art Kerne als die übrigen Zellen der Characeen, nämlich solche, die den Nucleolis analog sind.

h. *Equisetaceen.*

Das junge Gewebe des Stammes und Blattes zeigt in jeder Zelle regelmässig einen Kern (Tab. II. 6). Er ist an der Wand befestigt und von halbkugeliger Gestalt. Der sparsame Schleim bildet eine dünne Schicht um den Kern, und geht in Strömungsfaden durch die Zelle. In etwas ältern Zellen, wo die Saftströmung aufgehört hat, sind die Kerne deutlicher zu

1) Ueber den Pollen 1837. Tab. II. fig. 10.

2) Physiologie Tab. XII. fig. 20.

beobachten. Durch Zerreißen des Zellgewebes kann man sie frei machen (Tab. II. 7). Sie sind Bläschen von $0,006''$ — $0,008''$ im Durchmesser, welche einen fast homogenen oder sehr fein gekörnten, farblosen oder schwach braun gefärbten Inhalt umschliessen. In demselben liegen ein bis vier Kernchen von verschiedener Grösse ($0,0005''$ — $0,002''$). Durch Rollen der Kernbläschen habe ich mich mehrmals überzeugt, dass die Kernchen frei im Inhalt schweben (fig. d. I. u. II). Ich sah sie auch sonst nie an der Wand liegend. Einigemal bemerkte ich einen hohlen Raum im Inhalt, welcher die Kernchen umgab (fig. c). — Jodtinktur färbt die Kerne braun, die Kernkörperchen intenser. Die Membran des Bläschens wird dabei deutlicher (fig. e).

Die Sporen besitzen ebenfalls Kerne; ihr Verhalten kenne ich noch nicht. Das Sporenmutterzellengewebe zeigt die gleichen Kerne, wie die übrigen Gewebe der Pflanze.

i) *Lycopodiaceen.*

Die Zellen der Stammspitze und des werdenden Blattes von *Lycopodium clavatum*, wenn sie nicht über $0,005''$ im Durchmesser haben, besitzen einen weisslichen, scheinbar homogenen Kern von $0,002''$ (Tab. II. 8). Wenn er grösser wird, so unterscheidet man zuerst daran einen Nucleolus; nachher auch eine umschliessende Membran (Tab. II. 9). Der Inhalt dieser Kernbläschen, wenn sie $0,004''$ und $0,005''$ gross sind, liegt als eine dünne Schleimschicht an ihrer Wandung, oder als Körner ebenfalls an der Wandung (9. b. c.) oder er ist ganz wasserhell (9. a). Das Kernchen (9. n.) sehe ich immer an der Membran des Bläschens befestigt.

Die Kerne der Sporen von *Lycopodium brasiliense* sind klein. Sie scheinen im Centrum zu liegen.

k) *Farren.*

Die Kerne der vegetativen Zellen sind hier besonders schön im Keimblatt zu beobachten (Tab. II. 13). In jeder Zelle liegt

ein ziemlich grosser Kern der Wandung an. Von oben erscheint er rund (fig. a — c), von der Seite halbkreisförmig (fig. d). Er enthält regelmässig ein Kernkörperchen, seltener zwei. Rindenschicht und Kernchen sind anfänglich homogen und weisslich schleimig. Die erstere erscheint dünner und matter, das letztere dichter und glänzender (fig. a). Nachher wird die Rindenschicht des Kerns schwach körnig, und unterscheidet sich von einer sie umschliessenden Membran (fig. b). Zuletzt ist sie ein Bläschen mit wasserheller Flüssigkeit gefüllt (fig. d). Die Membran des Kernes ist aber schon im ersten Stadium vorhanden. In Tab. II. fig. 13. c ist ein mit Jodtinktur behandelter Kern, der dem in fig. a vollkommen gleich, abgebildet. Die homogene Rindenschicht hat sich in zwei scharf getrennte Parteen geschieden; in eine zarte Membran mit schwach gelblicher Färbung oder ganz ungefärbt, und in einen feingekörnten bräunlichen Inhalt. Der Nucleolus färbt sich dunkelbraun. Daraus geht hervor, dass der Inhalt des Kernbläschens eine Emulsion von Schleim und Gummi ist. Jodtinktur färbt den Schleim braun durch Jod, und schlägt das Gummi körnig nieder durch Alkohol. — Diese Kerne finden sich in allen Zellen des Keimblattes, auch in den Wurzelhaaren und den Organen, die die beweglichen Spiralfaden¹⁾ einschliessen. Auch in den wachsenden Enden der Frons sind überall Kerne vorhanden, doch daselbst weniger leicht zu sehen. In den jungen Zellen der Haare ist häufig Saftströmung mit ihnen verbunden (Tab. II. 12).

Auch die Zellchen, in welchen die beweglichen Spiralfaden entstehen, besitzen ein wandständiges Kernchen. Dasselbe scheint dem Kernchen derjenigen Zellchen im Charen-antheridium analog zu sein, in welchen sich die Saamenfaden bilden. Somit entspricht es vielleicht nicht einem wirklichen Kern, sondern einem Kernkörperchen.

1) Vgl. unten den Artikel »über bewegliche Spiralfaden bei den Farren.«

Die Sporen besitzen ebenfalls Kerne; ich hatte noch nicht Gelegenheit sie genauer zu untersuchen.

1) *Phanerogamen.*

Jedes Gewebe in den Phanerogamen¹⁾ zeigt, wenn man es früh genug untersucht, Kerne. Sie liegen an der Wand der Zelle. In jeder Zelle befindet sich nur ein Kern. An ihm sind nach seinen verschiedenen Altersstufen und nach den verschiedenen Geweben der Pflanze mehr oder weniger deutlich drei Theile zu unterscheiden: 1) eine umschliessende Membran, das Kernbläschen, 2) der Inhalt des Kernbläschens, und 3) ein oder mehrere Kernkörperchen oder Kernchen.

In ganz jungen Zellen, die noch mit homogenem, ungefärbtem Schleim angefüllt sind, erscheint der Kern als ein hohler, fast wasserheller Raum in demselben. Die Membran ist noch nicht sichtbar; der Schleim der Zelle scheint die Höhlung unmittelbar zu umschliessen. Ein weisses glänzendes Pünktchen ist das Kernkörperchen. Der Kern nimmt in diesem Stadium einen grossen Theil (bis die Hälfte) des Zellenlumens ein. — Dieses wird grösser, der früher homogene Schleiminhalt der Zelle wird körnig und vertheilter. Der Kern indess hat wenig zugenommen. Seine Membran fängt an sichtbar zu werden. Sein Inhalt ist homogen schleimig und undurchsichtig, das Kernchen etwas grösser geworden. Später wird der homogene Schleim des Kernbläschens körnig, und beharrt nun in diesem Zustande, während der ganzen Lebensdauer. Seltner wird er aufgelöst, so dass das Kernbläschen ausser dem Kernchen bloss eine wasserhelle Flüssigkeit umschliesst. Wenn der Schleim körnig geworden ist, so ist die

1) Hiezu gehören nach den Entdeckungen von Schleiden über die Befruchtung (Grundzüge der wissenschaftl. Botanik II. p. 97) auch die Rhizocarpeen, von denen ich kürzlich *Pilularia* zu untersuchen Gelegenheit hatte. Ich fand an ihr in allen jungen Geweben Kerne, wie in den übrigen Phanerogamen.

Membran am deutlichsten zu sehen. Dieselbe bleibt auf Reaction von Jod unverändert, während der Inhalt gelbbraun, das Kernchen dunkelbraun gefärbt wird. — Diess sind die Hauptmomente in der Wachsthumsgeschichte des Kerns. Es treten aber bedeutende individuelle Verschiedenheiten, namentlich im ausgebildeten Zustande, auf.

Von der Seite angesehen, haben die Kerne, da sie an der Wandung liegen, in der Regel eine halbkugelförmige Gestalt. Es kann aber der eine oder der andere Durchmesser ein Uebergewicht erhalten und dadurch der Kern halbellipsenförmig werden, wobei die Basis gewöhnlich dem langen, selten dem kurzen Durchmesser der Ellipse entspricht. — Der Kern ist mit seiner ganzen Grundfläche an der Zellwand angeheftet. In dem Schaft von *Orchis maculata* (Tab. II. 17. a — m stellen Kerne, n — p Kernkörperchen von dieser Pflanze dar) fand ich Kerne, welche sich rings um die Anheftungsstelle bedeutend ausgedehnt hatten (Tab. II. 17. e; der Kern ist von der Seite dargestellt; der Theil der Membran, mit welchem er an der Zellwand befestigt war, ist beim Lostrennen von der Zellmembran an derselben zurückgeblieben). Das ist wohl nur dadurch zu erklären, dass der Kern noch fortwuchs, nachdem die Zellmembran zu wachsen aufgehört hatte. — Die Form des Kernes, von oben betrachtet, ist in der Regel rund, zuweilen elliptisch, selten langgestreckt.

Die Zahl und Grösse der Kernchen ist sehr verschieden. Am häufigsten ist nur eines in einem Kernbläschen vorhanden; doch kommen auch zwei, drei, vier und fünf vor. Sie liegen frei oder an der Wandung, sowohl wenn eines, als wenn deren mehrere sind. Doch ist die wandständige Lage die gewöhnlichere. Wenn mehrere Kernchen in einem Kerne sich befinden, so stehen sie entweder in derselben Linie (Tab. II. 17. e, h; 19. a, c), oder in derselben Fläche (Tab. II. 19. b), oder unregelmässig. Sie sind dabei entweder gleich gross (19. a, b), oder ungleich gross (17. h, k). — Die Substanz des Kernchens ist immer viel dichter als der Inhalt des Kern-

bläschens. So lange es klein ist, erscheint es solid. Auch nachdem es seine volle Grösse erreicht hat, ist es im Anfang noch solid und homogen (17. a—e, g—i; 19). Dann wird es im Centrum hohl (17. f, m). Diese Höhlung bleibt klein, oder sie wird so gross, dass nur eine schmale Rinde übrig bleibt. Statt einer Höhlung treten auch zwei, drei oder viele auf, von verschiedener Grösse und verschiedener Anordnung. Tab. III. 17. n, o, p stellen solche Kernchen aus *Orchis maculata* dar, wo der Schleim viele Höhlungen hat, und fast schaumig genannt werden kann. — Die Kernchen sind kugelig, oder ellipsoidisch. Ihre Substanz ist homogen, oder geschäumt (mit ganz kleinen leeren Lücken), oder schwach gekörnt. Zuweilen zeigt mir der Umfang der Kernchen doppelte Linien (Tab. II. 17. m s, n), andere Male bloss eine schmale dichte Gränzschrift, als ob sie von einer Membran umgeben wären. — Wenn die Kernchen gross sind, so erkennt man, zwar sehr selten, in ihnen wieder ein dichteres glänzendes Pünktchen, welches sich zu jenem, dem Ansehen nach, verhält wie ein Nucleolus zu einem Nucleus von derselben Grösse. Dieses Körnchen sah ich auch in der Höhlung des Kernchens (17. l).

Der Inhalt des Kernbläschens ist gleichmässig in demselben vertheilt. Zuweilen ist er in einer Schicht an der innern Oberfläche gelagert. Häufiger jedoch treten in demselben hohle Räume auf, je einer um ein Kernchen (Tab. II. 17. b—m; 19. b, c); diess geschieht sowohl, wenn der Inhalt homogen, als wenn er körnig ist. Der hohle Raum umgiebt das Kernchen concentrisch (17. b, 19. b), oder bloss von einer Seite (17. f, i, k), oder von zwei Seiten (17. l). Alle Kernchen eines Kernbläschens sind gleichmässig in Höhlungen eingebettet (19. b), oder die einen, namentlich die kleinern, werden unmittelbar vom Inhalt umschlossen (17. e, k). Bald scheint es, als ob diese hohlen Räume unmittelbar vom Inhalt des Kernbläschens begrenzt würden (17. b—l); bald hat sich dieser an der Gränze bedeutend verdichtet, so dass

er nun in Gestalt einer Membran die Höhlung umschliesst (17. m q) In solchem Zustande hat das Kernbläschen ungewöhnlich viel Aehnlichkeit mit einer Zelle, in der ein körniger oder homogener Inhalt und ein hohles Kernbläschen mit einem Kernchen liegt (17. m).

Nach *Schleiden*¹⁾ mangeln dem Kerne zuweilen die Kernkörperchen. Es ist mir noch nicht gelungen, mich durch eine sichere Beobachtung hievon zu überzeugen. Vielmehr habe ich, auch wo in vielen Kernbläschen wegen ihres körnigen oder dichter homogenen Inhalts die Kernchen undeutlich waren, im gleichen Gewebe sie in andern Kernen mit Sicherheit wahrgenommen. Sodass ich sehr geneigt bin, die Anwesenheit der Kernchen für alle wandständigen Kerne der Phanerogamen anzunehmen. Man hat sich bei diesen Untersuchungen vorzüglich vor einer Täuschung in Acht zu nehmen, die leicht durch Veränderung des Zelleninhaltes statt findet. Die Zellen eines jungen Gewebes, die der Einwirkung des Wassers ausgesetzt sind, besonders wenn dieselbe durch Schnitt oder Druck erleichtert wird, bekommen oft sehr schnell ein ganz anderes Ansehen. Ich werde bei der Zellenbildung noch einmal auf diesen Punkt zurückkommen. Die Zellenkerne, welche, ehe die störende Einwirkung der Endosmose begann, als Bläschen mit sehr verdünntem, homogenem, und farblosem Inhalte und einem ganz deutlichen Kernchen sich zeigten, ziehen sich zusammen, werden durch Gerinnung des Schleims dichter, und färben sich gelblich; sodass die Kernkörperchen, weil die ganze Substanz der Kerne an Festigkeit ihnen gleich geworden, nun gar nicht mehr oder nur sehr undeutlich zu erkennen sind. Junge Organe, welche durchschnitten werden, zeigen gewöhnlich solche veränderte Kerne; und sind auch meist so abgebildet worden. Tab. II. 21. a und b stellt das Ovulum von *Orchis maculata* vor und nach der Veränderung durch Wasser dar. In a ist der Inhalt der Zellen und der Kerne ganz gleich dicht, fast ho-

1) Grundzüge der wissenschaftl. Botanik I. p. 192.

mogen. In b sind die Kerne kleiner und fest geworden; der Zelleninhalt hat sich an die Wandungen niedergeschlagen.

Robert Brown giebt an¹⁾, dass er in den Zellen der Narbe von *Bletia Tankervilleae* meist je zwei Kerne angetroffen habe. Er fügt jedoch bei, dass die eine Areola ein abweichendes Aussehen gehabt habe. Nach *Endlicher* und *Unger*²⁾ wäre es nichts Ungewöhnliches für langgestreckte Zellen, dass jede derselben mehrere Kerne besitzt. Mit Ausnahme der Zellen, welche eben neue Zellen in ihrem Innern bilden wollen, der Pollenkörner, des Pollenschlauches und des Embryosackes habe ich nie mehr als einen einzigen Kern finden können. Ich muss daher, was diesen Punkt betrifft, die Angabe von *Schleiden* durchaus bestätigen. In Geweben ist die Täuschung sehr leicht, weil oft an der Scheidewand zwischen zwei Zellen ihre beiden Kerne liegen, und dieselben daher wegen der geringen Differenz der Focalebene in der gleichen Zelle zu liegen scheinen. Im Pollenkorn, wo ich zwei Kerne gesehen habe (z. B. an *Oenothera*, *Pancreaticum illyricum* (Tab. II. 26) etc.) ist der eine an der Wand befestigt (a), der andere frei (b). Es wäre sehr interessant, zu erfahren, welche bestimmte Zellen mehrere Kerne besitzen³⁾, wie sich dieselben in Rücksicht auf die Zeit

1) Verm. Schriften V. 157.

2) Grundzüge p. 23.

3) *Unger* bildet in den langgestreckten Zellen, die sich in die grossen porösen Gefässe der Wurzel von *Saccharum officinarum* umwandeln, drei Zellenkerne ab, von denen er sagt, dass sie sich eben gebildet hätten (*Linnäa* 1841. p. 393; Tab. V. fig. 6). Mehrfache Untersuchungen an Wurzeln von Monocotyledonen zeigten mir nichts dergleichen. Obgleich dieser negative Grund gegenüber jener positiven Darstellung ohne Gewicht ist, so ist mir doch auffallend 1) dass diese Kerne nicht wie Kerne, sondern wie Zellen mit einem wandständigen Kernbläschen, das ein Kernkörperchen enthält, aussehen; 2) dass ganz ähnliche Zellen im Umfang der Faserbündel in der Wurzel von *Phoenix dactylifera* (*Mirbel*, nouvelles notes sur le cambium dans les Archives du Museum d'hist. nat. 1839. Pl. XXI. 9 et 10, ul. — *Unger* l. c. fig. 15. b.) und nach meinen eigenen Untersuchungen in der Nähe

ihrer Entstehung zu einander verhalten, und ob sie frei oder wandständig seien. Denn wenn *Endlicher* und *Unger* angeben, dass die Kerne bloss lose an der Wand liegen, und von dem strömenden Zellsafte weggeführt werden können¹⁾, so müssen diess wohl Kerne sein, die von dem ursprünglichen Cytoblasten der Zelle verschieden sind. Diesen habe ich immer fest an die Zellwand angeheftet, und nur mit Mühe von derselben los-trennbar gefunden. — Im Pollenschlauch und im Embryosack, wo zuweilen viele (transitorische) Zellenkerne vorkommen, sind dieselben frei.

Die eben beschriebenen Kerne finden sich in allen Geweben der Phanerogamen. Als Regel muss gelten, dass in jeder Zelle ein einziger Kern an der Wand befestigt ist. Anders verhalten sich die Mutterzellen der Pollenkörner, die Specialmutterzellen, die Pollenzellen, der Embryosack und der Pollenschlauch. Die Pollenmutterzellen besitzen ursprünglich einen wandständigen Kern. Derselbe wird resorbirt; es tritt ein freier grösserer Kern in der Mitte des Lumens auf. In Tab II. 22, a, ist eine Mutterzelle von *Cobaea scandens* mit ihrem centralen Kern, in 22, b und c sind zwei Kerne besonders, in 23 ist eine Mutterzelle von *Cucurbita Pepo* abgebildet. Dieser freie secundäre Kern besteht aus einem mit wasserheller Flüssigkeit gefüllten Kernbläschen, und einem dichten Kernchen, welches homogen (fig. 22) oder körnig (fig. 23), solid (fig. 22 a, 23) oder hohl (fig. 22, b, c) ist. — Frei liegende Kerne von *Cucurbita*, *Cobaea* und *Passiflora* liessen mich sowohl am Kernbläschen als am Kernchen (fig. 22, d) eine deutliche Membran wahrnehmen. Druck und Wasser verändert sie wie die andern

der Gefässbündel von *Musa* vorkommen; und 3) dass *Unger* die Thatsache bloss einfach anführt, und ungeachtet ihrer theoretischen Wichtigkeit nicht besonders darauf aufmerksam macht, noch speciell an-giebt, dass diese Kerne oder Zellen wirklich im Gefäss drin, und nicht etwa bloss demselben von aussen anlagen.

1) Vgl. auch *Meyen*, Physiologie II. 243.

Kerne. Sie werden kleiner, die Flüssigkeit des Kernbläschens wird dicht und undurchsichtig, das Kernchen fest, und beide färben sich gelblich. Auch hier geschieht es, dass, wenn der Inhalt des Kernbläschens homogen-schleimig ist, in demselben um das Kernchen ein wasserheller hohler Raum auftritt (fig. 22, e, e), so dass man eine Zelle mit Kern und Kernkörperchen vor sich zu haben glaubt.

Ich mache auf diesen sekundären freien Kern der Pollenmutterzellen besonders aufmerksam, da er eine neue Uebereinstimmung zwischen Sporenbildung und Pollenbildung begründet. Einen ganz ähnlichen Kern besitzen, wie wir oben gesehen haben, die Sporenmutterzellen der Florideen (Tab. I. 24, a) und Lebermoose (Tab. I. 31), nachdem ihr primärer Cytoblast aufgelöst wurde. Ich habe diess früher¹⁾ für transitorische Zellenbildung gehalten und für *Lilium* und *Tradescantia* angegeben, dass eine oder mehrere solcher Zellen entstühnden. Ich habe mich seitdem überzeugt, dass normal nur eine solche Zelle vorhanden ist, und dass sie nach ihrer ganzen Struktur die Bedeutung eines Kernbläschens hat. Das Auftreten mehrerer Kerne in einer Mutterzelle ist, wie auch in *Anthoceros*, vielleicht ein abnormaler und keiner weiteren Entwicklung fähiger Zustand.

Die Specialmutterzellen des Pollens machen darin eine Ausnahme von allen andern Zellen der Phanerogamen, dass sie freie und mehr oder weniger im Centrum liegende primäre Kerne besitzen. Dieselben sind sphärisch oder ellipsoidisch, homogen-schleimig oder wasserhell, mit 1—3 Kernchen²⁾.

Die Pollenzellen haben einen freien centralen Kern. Derselbe ist aber nicht der primäre Cytoblast, sondern er entsteht

1) Entwicklungsgeschichte des Pollens p. 11.

2) Nägeli Entw. des Pollens Tab. II. 16—19, Tab. III. 53—57. Der Mangel der Kernkörperchen bei *Lilium*, *Oenothera*, *Bryonia* ist wohl nur scheinbar, und durch den dichten Inhalt des Kernbläschens verursacht.

erst später. Das Kernbläschen, dessen eigenthümliche Membran oft sehr deutlich ist, besitzt einen wasserhellen, oder weisslich homogenen oder gekörnten Inhalt, und ein oder mehrere Kernchen. Die Kernchen, wenn sie einzeln vorhanden und grösser sind, erscheinen solid oder hohl, mit einer oder mehreren Höhlungen, homogen oder körnig, zuweilen mit einer deutlichen Membran umschlossen. Solche freie Kernbläschen habe ich in vielen Pollenkörnern beobachtet, z. B. in *Oenothera*, *Cobaea*, *Passiflora*, *Cucurbita*, *Alcea*. In *Oenothera* fand ich mehrmals ausserdem ein freies Kernchen¹⁾. Ebenfalls in *Oenothera* fand ich neben dem centralen Kern einen von ihm verschiedenen kleinern und wandständigen Kern. *Schleiden* giebt dasselbe an von *Fritillaria*²⁾. Andere Pollenkörner besitzen bloss einen wandständigen Kern. So dass, da das spätere Entstehen des centralen Kernbläschens in einigen Fällen mit Sicherheit zu beobachten ist (*Oenothera*, *Lilium*, *Pancreatium*), dasselbe als secundäre Bildung, der wandständige Kern aber als primärer Cytoblast der Zelle erklärt werden muss.

Ich habe früher transitorische Zellenbildung im jungen Pollenkorn zu sehen geglaubt³⁾. *Meyen* hatte diess als einen gewöhnlichen Vorgang angegeben; seitdem hat es auch *Schleiden* gethan. Ich habe den einzigen mir bekannten Fall (*Lilium*) wiederholt genau studirt, und bin nun überzeugt, dass man es nicht mit Zellenbildung zu thun hat, sondern dass hier, wie anderswo, nichts als ein freies Kernbläschen vorhanden ist. Dasselbe ist wasserhell, und hat ein bis vier weissliche Kernchen. In unverletzten und unveränderten Pollenkörnern ist nichts anderes zu sehen (Tab. II. 25, a). Wie nun aber die Endosmose von Wasser den Zelleninhalt modificirt, so wird das Kernbläschen etwas kleiner und durch Coagulation

1) Am gl. O. Tab. II. 42.

2) Grundzüge II. p. 300.

3) A. a. O. p. 20. Tab. II. 26.

seines schleimigen Inhaltes trübe, und um dasselbe tritt ein hohler Raum im Zelleninhalt auf, welcher wegen seiner scharfen Begränzung einer Zelle täuschend ähnlich sieht (fig. 25, b). Bei längerer Einwirkung von Wasser wird der Kern noch kleiner und dichter, die Kernkörperchen können nicht mehr unterschieden werden; die Wasserblase dagegen wird grösser (fig. 25, c). Tab. II. 25, a, b, c stellen das gleiche Pollenkorn von *Lilium bulbiferum* dar, welches sich binnen 5 Minuten von a in c verwandelte. Selten finden sich zwei Kernbläschen in einem Pollenkorn, und dann entstehen zuweilen zwei zellenähnliche Räume. So weit meine jetzigen, ziemlich ausgedehnten Untersuchungen über Pollenbildung reichen, kenne ich somit in der Pollenzelle keine andere Neubildung als diejenige eines oder zweier freier Kernbläschen.

Dieses Kernbläschen zeigt ein besonderes Verhalten in *Amaryllis formosissima* (Tab. II. 24). Es hat einen dünnen und feinkörnigen Inhalt, gewöhnlich ohne Kernkörperchen. Es ist aber von einer dichten und dunkeln Anhäufung von Körnern umgeben, welche scharf umschrieben ist und einer Zelle nicht unähnlich sieht. Diese Körner umgeben das Kernbläschen gleichmässig als eine runde concentrische Schicht oder ungleichmässig als einzelne zugespitzte Anhänge, wodurch das Ganze die Gestalt einer graden oder gebogenen Spindel (24, a, b), eines Dreiecks (24, c, d), Vierecks (24, e) erhält. In der Regel ist auch hier bloss ein, selten sind zwei Kernbläschen im gleichen Pollenkorn vorhanden. Die Entwicklungsgeschichte und die Bedeutung der beschriebenen Erscheinung kenne ich noch nicht. Es ist mir aber wahrscheinlich, dass, so wie anderswo der körnige Inhalt während der Saftströmung um die Kerne, besonders um die freien Kerne, sich ansammelt, und auch nach Aufhören der Saftströmung meist daselbst angehäuft bleibt, so auch hier die Anhänge um den Kern noch Ueberreste der nun ruhenden Strömung seien, und dass gerade vielleicht die Spitzen den Hauptströmen entsprechen.

Ich habe von *Oenothera* und *Lilium* angegeben, dass im jun-

gen Pollenkorn zu gleicher Zeit zwei Kerne sichtbar sind: ein kleinerer an der Wand sitzender und ein grösserer im Centrum schwebender. Auch in den Pollenzellen von *Panocratium illyricum* habe ich zwei Kerne beobachtet (Tab. II. 26). Der kleinere ist in der Mitte der langen Seitenwand befestigt (fig. 26, a); der grössere befindet sich fast im Centrum, und klebt an dem kleinern Kern an (fig. 26, b). Beide sind wasserhelle Bläschen mit einem dichten Kernchen. Der innere Kern ist einseitig, selten ringsum von einer dunkeln Körnermasse umgeben. Dieselbe verliert sich allmählig in den dünnern Inhalt der Zelle, oder sie ist scharf begränzt. Diese Erscheinung ist ohne Zweifel analog mit der eben beschriebenen in den Pollenkörnern von *Amaryllis formosissima*. — Jüngere Pollenzellen von *Panocratium* enthalten bloss einen einzigen wandständigen Kern.

Ueber die Kerne im Embryosack und im Pollenschlauch und über die Entstehung der Kerne überhaupt werde ich bei der Zellenbildung reden. Ich will hier bloss einen einzigen Punkt, betreffend die Entstehung oder vielmehr die Fortpflanzung der Kerne, berühren. Ich habe bei der Sporenbildung von *Anthoceros* angegeben, dass die ovalen grünen Kerne sich theilen, und dass diese Theilung wie die Zellenbildung in den grünen Algen durch das Auftreten einer Scheidewand vor sich geht. Das gleiche habe ich an den Staubfadenhaaren von *Tradescantia* beobachtet. Je in der Endzelle des werdenden Haares entstehen zwei neue Zellen. Zuerst tritt ein längliches Kernbläschen auf (Tab. II. 20, a). Dieses theilt sich durch eine Querwand in zwei Bläschen (fig. 20, b), welche sich von einander lostrennen (fig. 20, c, d). Das gleiche beobachtete ich früher bei der Zellenbildung in der Wurzelspitze von *Lilium tigrinum*, sprach aber die Theilung des Kerns noch bloss als Vermuthung aus ¹⁾. Da diese Beobachtung durch diejenige an den Staubfadenhaaren von *Tradescantia* bestätigt wird, und somit die Kerne in so verschiedenen Zellenarten sich identisch

1) Linnäa 1842. p. 252; Tab. IX. 27, 28, 29.

verhalten; so darf wohl, da die Zellenbildung, wie wir später sehen werden, für die vegetativen Zellen der Phanerogamen dieselbe ist, mit grosser Wahrscheinlichkeit die Vermuthung ausgesprochen werden, dass die wandständigen primären Kerne der Phanerogamen durch Theilung eines neuen Kernes der Mutterzelle sich bilden. Dass dieser letztere ein neuer und nicht bloss der grösser und freigeordnete primäre Kern der Mutterzelle sei, werde ich bei der Zellenbildung zu zeigen suchen. Ebenso werde ich erst dort die Bedeutung des Kernes für die Entstehung der Zellmembran, und das Lagerungsverhältniss des wandständigen Kernes zur Zellwandung, welches mit der Zellenbildung in innigem Verhältnisse steht, betrachten.

m) *Vergleichende Uebersicht.*

Die Zellenkerne finden sich bei allen Klassen und Ordnungen der Gewächse. Diejenigen Pflanzen, wo sie bis jetzt nicht gefunden wurden, sind der verhältnissmässigen Menge nach sehr gering. Der Mangel lässt sich in diesen Fällen leicht aus einer Unzulänglichkeit der Beobachtung rechtfertigen, theils wegen der Kleinheit der entstehenden Zellen (Flechten, viele Pilze), theils wegen der abnormen Grösse der Zellen (Siphoneen), theils wegen des undurchsichtigen Inhaltes der jungen Zellen (einige Confervaceen und Siphoneen). Für keine Pflanzenzelle ist bis jetzt nachgewiesen worden oder kann wahrscheinlicher Weise nachgewiesen werden, dass ihr der Kern absolut mangelt. Wo die Beobachtung möglich war, hat sie im Gegentheil einen solchen erkannt. Wenn daher irgendwo ein Schluss nach Analogie erlaubt ist, so muss er es hier sein, und zu dem Ausspruch berechtigen, dass der Kern eine allgemeine und ausnahmslose Erscheinung in der Pflanzenzelle ist. Diese Annahme ist um so eher gültig, als sie nicht bloss von neun Zehnthellen auf den letzten Zehnthel, sondern weil sie überhaupt nur von Gleichem auf Gleiches schliesst. Denn

es giebt keine besondere Art von Zellen, bei welchen die Empirie die Kerne noch nicht nachgewiesen hätte; sondern für alle Zellen, wo dieselben noch nicht gesehen wurden, giebt es doch einzelne der gleichen Art, welche solche besitzen.

Die Zellenkerne sind nach der Zeit ihres Entstehens primäre oder secundäre. Beide haben eine ganz verschiedene Beziehung zum Lebensprocess der Zelle. Die primären Kerne sind vor der Zelle vorhanden; sie treten in der Mutterzelle zuerst auf, und bedingen die Bildung der Tochterzellen. Sie zeigen zwei Arten des Lagerungsverhältnisses. Die einen primären Kerne liegen frei und mehr oder weniger im Centrum der Zelle, welche unter ihrem Einfluss erzeugt worden ist. Diess ist der Fall bei den vegetativen Zellen aller wahren Fucideen und einiger grünen Algen (*Conferva bombycina*, *Spirogyra*, *Closterium* etc.), und bei den Specialmutterzellen aller Pflanzen, welche vier Sporen oder Pollenkörner in einer Mutterzelle erzeugen (Florideen, Leber- und Laubmoose, Farren, Lycopodien und Phanerogamen). — Die zweite Art der primären Kerne sind an die Wand der Zelle, welche sie erzeugten, befestigt. Solche Kerne besitzen alle Zellen (mit Ausnahme der Specialmutterzellen) derjenigen Pflanzen, welche vier Sporen in einer Mutterzelle erzeugen (Phanerogamen, Lycopodien, Farren, Laub- und Lebermoose und Florideen); ferner die Zellen der Equiseten und Charen; endlich die Zellen einiger Algen (*Arthrodesmus*, *Gaillonella*, *Bangia*) und mehrerer Pilze.

Die secundären Kerne treten späterhin in der Zelle auf, sie dienen nicht dazu, neue Zellen zu erzeugen, sondern sie sind, wie es scheint, ebensowohl der Ausdruck einer erhöhten Lebensthätigkeit der Zelle, als sie hinwieder dieselbe unterstützen. Sie liegen frei im Lumen der Zelle, einzeln oder in grosser Menge, und treten neben dem primären Kern oder erst nach dessen Resorption auf. Die secundären Kerne sind bis jetzt bloss für Zellen mit wandständigem primärem Kern, nicht für solche mit freiem primärem Kern bekannt. Ihre Anwesenheit beschränkt sich noch auf die Pollenzellen und die Pollen-

schläuche, auf die Sporen, auf den Embryosack, und auf die Mutterzellen der Pollenkörner und derjenigen Sporen, welche zu vier entstehen.

Wo die Kerne gross genug waren, um eine genaue microscopische Beobachtung zu gestatten, wurde an ihnen folgende Structur erkannt. Das Kernbläschen besteht aus einer besondern Membran, und schliesst einen von ihr verschiedenen, flüssigen und festen Inhalt und ausserdem ein oder mehrere dichte Schleimkörperchen, Kernchen ein. Dass die Kerne eine Membran besitzen und somit Bläschen sind, geht aus den übereinstimmenden Untersuchungen an Algen, Pilzen, Florideen, Leber- und Laubmoosen, Farren, Charen, Equiseten, Lycopodien und Phanerogamen hervor. Diese Structur ist nachgewiesen sowohl für freie als für wandständige Kerne. Wo die Membran nicht gesehen werden kann, da ist es wegen der Kleinheit der Kerne, wegen der dichten Erfüllung mit einer homogenen Substanz, oder wegen der Undurchsichtigkeit des Zelleninhaltes. An grössern Kernen, wo eine sichere Beobachtung möglich ist, kann dieselbe den Mangel der Membran nirgends nachweisen. Selbst da, wo sie wegen der Gleichförmigkeit des Inhaltes die Membran im natürlichen Zustande übersieht, kann diese durch Reagentien sichtbar gemacht werden (Farren). Es ist somit kein Grund vorhanden, um nicht als allgemein gültig den Satz aufzustellen, dass die Kerne Bläschen seien.

Der Kern ist nicht bloss überhaupt ein Bläschen, er besitzt ferner eine eigenthümliche Membran und eine eigenthümliche Umbildung des Inhaltes. Dass die Membran nicht bloss ein dem Kerne fremder Niederschlag aus der umgebenden Zellflüssigkeit sei, kann durch direkte Beobachtung nicht bewiesen werden. Dass sie einen organischen Theil seiner Totalität ausmache, beweist das Vermögen des Kernes, sich als Bläschen fortzupflanzen. Ich habe die Theilung des Kernbläschens für die Lebermoose (*Anthoceros*) und für die Phanerogamen (*Tradescantia*) nachgewiesen. — Der Inhalt des

Kernbläschen durchläuft eine Reihe von Veränderungen. Dieselben bestehen morphologisch darin, dass aus formlosem Schleime Körner, die in einer wässerigen Flüssigkeit liegen, sich bilden; chemisch darin, dass aus einer Mischung von Schleim mit Gummi Schleimkörner, Stärkekörner, Chlorophyllkörner, Oeltröpfchen und Farbstoffe hervorgehen. Der Lebensprocess, die Gestaltung und die Fortpflanzung des Kernbläschen stimmen somit im Allgemeinen mit der Zelle überein, und es muss, wie sie, als ein individueller Organismus angesehen werden.

Der Kern bei seiner vollkommenen Ausbildung enthält ein oder mehrere Kernchen. Diese Bildung habe ich nachgewiesen für freie und wandständige Kerne bei den Algen, Pilzen, Florideen, Leber- und Laubmoosen, Charen, Equiseten, Farren, Lycopodien und Phanerogamen. Bei vielen Kernen sind zwar die Kernchen noch nicht erkannt. Am auffallendsten ist diess bei den Fucoideen, wo die Kerne doch gross genug sind, und leicht frei gemacht werden können. Dort wird die Untersuchung sehr erschwert durch die Eigenthümlichkeit des Zelleninhaltes. Ausserdem sind die Kernbläschen lange Zeit dicht mit Schleim erfüllt und in einem Zustande, der auch bei Phanerogamen die Beobachtung der Kernchen meist unmöglich macht. Alle übrigen Kerne, wo noch die Nucleoli mangeln (und dazu gehören bloss solche von mehrern Pilzen und den meisten Algen), sind klein, oder die Undurchsichtigkeit des Zelleninhalts macht eine genaue Untersuchung unmöglich. Ich kenne wenigstens bis jetzt keinen Kern, für welchen die Abwesenheit des Kernkörperchens sicher auszumitteln wäre; und bin daher geneigt, dasselbe überall vorauszusetzen, und als nothwendiges Merkmal für das Kernbläschen zu fordern, dass es ein oder mehrere Kernchen enthalte. Wenn die alten und metamorphosirten Kerne in *Cystoseira*, die zuweilen bloss eine Membran und einen wasserhellen Inhalt besitzen, wie es sicher ist, kein Kernchen mehr enthalten, so beweist diess gegen die Annahme nichts; denn in den alten

Zellen, in denen die chemische Umbildung des Inhaltes fertig ist, ist der Kern ebenfalls meist verschwunden.

Die Annahme, dass der Kern den oben bezeichneten complicirten Bau habe, möchte jedoch unwahrscheinlich sein für die kleinen punktförmigen Kerne derjenigen Zellchen, in welchen bei Florideen, Leber- und Laubmoosen, Charen und Farren sich die beweglichen Spiralfaden, Saamenfaden bilden. Ich glaube aber, dass diese Zellchen in der That nicht die Bedeutung von Zellen sondern von Kernbläschen haben, und dass somit ebenfalls der kernartige Körper nicht ein Kern sondern ein Kernkörperchen ist. Diese Annahme ist für die Charen ganz natürlich, weil dort die Saamenfadenzellchen als besondere Bildungen innerhalb der wirklichen Zellen zu unterscheiden sind. Für die übrigen Cryptogamen, welche sogenannte Saamenthiere besitzen, kann die Erfahrung weder Beweise für, noch Beweise gegen liefern, da es noch an That-sachen aus der Entwicklungsgeschichte durchaus mangelt.

Ueber den Bau der Kernkörperchen lässt sich nach meiner Ansicht noch nichts Allgemeines und Bestimmtes sagen. In den einen Fällen scheinen sie bloss Anhäufungen von Schleim zu sein. In andern ist eine Membran, die sie umgiebt, gar nicht zu verkennen. Jedenfalls ist es sicher, dass sie immer mit ganz bestimmter Begrenzung auftreten. Dieser Umstand spricht sehr für die Annahme, dass sie, wie die Kerne, von einem Bläschen umschlossen seien. Denn wenn es bloss zusammengeballter Schleim wäre, so müsste es wohl Kernchen geben, deren Substanz allmählig in den Schleim des Kernbläschens übergieng, und solche, die überhaupt eine unregelmässige Peripherie besässen. Oder wenn sie durch Schichtenanlagerung von Aussen entstühnden, so müsste die Schichtung in ausgebildeten und grossen Kernchen zu erkennen sein. Nicht nur ist aber je etwas derartiges zu sehen, sondern das Auftreten der hohlen Räume, das Schaumigwerden der ganzen Masse, der Uebergang in eine körnige Substanz spricht dagegen. Die Anwesenheit einer Membran ist nun zwar bei eini-

gen Kernchen unzweifelhaft. Es fragt sich aber noch, ob dieselbe nicht etwas Zufälliges sei; ob sie nicht bloss die dichter gewordene äusserste Schleimschicht darstelle; wie auch, wenn um das Kernchen ein hohler Raum im Inhalt des Kernbläschens auftritt, dieser an seiner Gränzfläche membranartig erhärtet (Tab. II. 17, q). So lange also die Membran des Kernchens aus seiner Lebensgeschichte nicht als etwas Nothwendiges erscheint (wie diess z. B. beim Kernbläschen aus der Fortpflanzung hervorging), so lange kann auch die Anwesenheit derselben in einzelnen Fällen noch keine sichere Analogie abgeben für alle Fälle. — Die Beobachtung des Kernchens allein giebt uns bis jetzt somit kein Mittel an die Hand, um seine Beschaffenheit und seine morphologische Bedeutung zu erkennen. Wir müssen uns nach weitem Analogien umsehen. Ich werde in einem folgenden Hefte dieser Zeitschrift bei Untersuchung des Baues der Chlorophyll- und Amylumkügelchen auf die Kernkörperchen zurückschliessen und auch für diese die bläschenartige Structur wahrscheinlich zu machen suchen.

3) Wandständige Zellenbildung um den ganzen Inhalt.

a) *Mit centralem Kern.*

Ich habe oben gezeigt, dass alle wahren Fucoideen in jeder Zelle einen freien centralen Kern besitzen, welcher der Mittelpunkt eines mehr oder weniger radienartigen Strömungsnetzes ist. Häufig liegt er in einer ihn umgebenden Körnermasse verborgen. *Sphacelaria scoparia* wächst so an der Spitze, dass in der Endzelle sich eine schiefe Scheidewand bildet, welche sie in zwei ungleiche Hälften theilt (Tab II. 1). Die obere etwas seitlich geschobene Hälfte (fig. 1, a) ist klein, halb linsenförmig, dicht mit einer schwarzen Körnermasse erfüllt. Die untere Hälfte (fig. 1, b) ist viel grösser, cylindrisch und fast ganz mit dunklem körnigem Schleiminhalte angefüllt; bloss an der Basis der Zelle ist derselbe als ein helles feinmaschiges Netz ange-

ordnet. Diese Zelle (b) wächst in die Länge, wobei die obere linsenförmige Zelle (a) ganz zur Seite geschoben wird; und theilt sich dann durch eine horizontale Wand in zwei gleich grosse Hälften. Die obere dieser beiden Zellen ist zuerst vollständig mit dunkeln Körnern erfüllt; in ihr wiederholt sich immer wieder der eben beschriebene Process.

Die untere der beiden, durch Theilung der Zelle b entstandenen Zellen dagegen enthält bloss in ihrem obern Theile einen nach der Achse hin zusammengedrängten Körnerhaufen, während das übrige Lumen fast durchsichtig und mit einem Schleimfadennetz ausgekleidet ist. Diese Zelle dehnt sich in die Länge, der Körnerhaufen tritt in die Mitte der Zelle, und liegt daselbst als eine länglich runde, kernähnliche Masse mit ihrem Längsdurchmesser in der Längsachse der Zelle (Tab. II. 1, e). Um dieselbe ist der übrige helle Inhalt als Schleimfaden so angeordnet, dass die in der Nähe des Kernes befindlichen Faden stärker sind und strahlenförmig von demselben ausgehen. Diese Radian sind einfach oder verästelt, und hin und wieder durch zarte Querfasern verbunden. In einiger Entfernung vom Kerne werden die Schleimfaden dünner; ihre strahlenförmige Anordnung geht über in ein Fadennetz, das aus vier-, fünf- und sechseckigen Maschen besteht. — Die ovale dunkle Körnermasse (fig. I. e) theilt sich, und bildet zwei runde Haufen, welche doppelt kleiner sind als jene (fig. 2, a). Sie rücken aus einander, und nehmen in der Achse der Zelle eine solche Stellung an, dass sie um wenig weiter von einander entfernt sind, als je von der obern und untern Zellwand. Die Strömungsfaden zeigen hier wieder die gleiche Anordnung; im Umfang der Körnerhaufen sind sie radienförmig, weiterhin werden sie netzartig. Die Strömungssysteme beider Kerne gehen ununterbrochen in einander über. Während nun auf diese Weise der Inhalt in der Zelle vertheilt ist, tritt plötzlich mitten durch dieselbe zwischen den beiden Kernmassen eine zarte gallertartige Scheidewand auf. Wir haben dann zwei gleich grosse und übereinander stehende Zellen, jede mit einem centralen Kern. Auf solche Weise sind

die Zellen b und c in Tab. II. fig. 2 aus einer Mutterzelle, wie a in der gleichen Figur darstellt, hervorgegangen. Die kernähnliche Körnermasse theilt sich in zwei kleinere, die horizontal neben einander liegen (fig. 2, b, c), und zwischen denen eine senkrechte Wand entsteht. Dieser Vorgang wiederholt sich in gleicher Weise durch Theilung des centralen Kerns und Bildung einer mittlern Scheidewand, bis das Stämmchen in seiner Dicke ausgewachsen ist. Zuerst bilden sich mehrere senkrechte Wände, woraus ein Bündel gleichlanger Zellen hervorgeht. Dann entstehen in den peripherischen Zellen dieses Bündels abwechselnd horizontale und senkrechte Wände. Die Kerne nehmen dabei stetig an Grösse ab.

Auf ähnliche Weise findet die Vermehrung der Zellen in *Cladostephus Myriophyllum* statt. Die horizontale Wand in der Endzelle theilt dieselbe in eine kleinere obere und eine grössere untere Zelle. Jene ist dunkel und dicht mit Körnern vollgestopft. Diese ist hell, und enthält einen wenig dichten körnigen Schleim. In ihrem obern Theil liegt eine dunklere Anhäufung von Körnern, welche beim Wachsthum der Zelle in die Mitte hinabrückt. Sie theilt sich in zwei Theile, einen obern und einen untern; zwischen beiden tritt eine horizontale Wand auf. Alle folgende Zellenbildung schreitet auf die gleiche Art fort; indem der centrale Körnerhaufen in einer Zelle sich in zwei Hälften theilt, wovon jede für eine Tochterzelle bestimmt ist. In jedem Körnerhaufen liegt ein Kern verborgen.

Die gleiche Zellenbildung habe ich ferner in *Padina Pavonia Gaill.* und in *Cystoseira*-Arten beobachtet. Bei der Keimung ist die Spore und die ersten daraus hervorgehenden Zellen voll schwarzen körnigen Inhalts. Mitten in der Körnermasse sitzt in jeder Zelle ein runder Kern. Derselbe verschwindet und statt seiner erscheinen zwei Kerne (Tab. II. 4). Darauf bildet sich mitten zwischen beiden Kernen eine gallertartige Scheidewand, welche die Mutterzelle in zwei Hälften theilt (Tab. II. 5). Auf diese Art theilt sich sowohl die Sporenzelle selbst, als die Zellen der ersten von ihr herstammenden Generationen. —

Die Zellen in den Enden der Frons dagegen (in *Padina Pavonia* und *Cystoseira*) besitzen einen geringen und feinkörnigen oder homogenen Schleiminhalt, welcher um den centralen Kern als radiale Saftströmchen vertheilt ist (Tab. I. 15, II. 3). Wird eine Zelle zur Mutterzelle, so treten statt des einzigen Kernes zwei Kerne auf, jeder mit einem System von Strömungsfaden (Tab. II. 3; Tab. I. 15). Sie schienen mir einigemal durch Theilung des ursprünglichen Kernes zu entstehen (Tab. II. 3, b). Sie rücken auseinander bis auf eine bestimmte Entfernung (d); und die Scheidewand tritt zwischen ihnen so auf, dass jeder nun der centrale Kern der einen Tochterzelle ist (e).

So weit die Erfahrung. Wie ist dieselbe nach den bisherigen Ansichten über Zellenbildung zu erklären? Als die zwei Haupttheorien stehen einander gegenüber die Zellenbildung um einen Kern und die Theilung der Zelle. Nach der erstern müsste angenommen werden, dass die Zellen als kleine Bläschen mitten im Inhalte der Mutterzelle entständen, und denselben während ihres Wachstums vollständig aufnahmen. Sie müssten so zart und unsichtbar sein, dass sie erst von den bewaffneten Sinnen wahrgenommen werden könnten, nachdem sie aneinander stossend eine Scheidewand gebildet haben. Schon der Umstand spricht gegen diese Annahme, dass hier die Kerne immer frei und in der Mitte befindlich sind, während sie bei der *Schleiden'schen* Zellbildung an der Membran haften bleiben. Sie wird aber völlig unmöglich wegen des Vorganges, wie er namentlich in *Sphacelaria* zu beobachten ist. Dort sind die Körnerhaufen zu keiner Zeit abgeschlossen, sie gehen immer allmähig in das Strömungsnetz über; und die Scheidewand tritt auf, ohne dass eine Störung in der Strömung sichtbar wird. Angenommen nun, dass sich zwei kleine Zellen bildeten, und dass ihre Membranen so zart wären, um erst nach ihrer Vereinigung zu einer Scheidewand sichtbar zu werden, so müsste sich doch die Anwesenheit dieser Zellen durch einen Unterbruch oder überhaupt durch eine Modification in der Saftströmung kenntlich machen. Zahlreiche Untersuchungen liessen

mich nichts dergleichen sehen. Immer erschien das Maschen-netz als ein vollkommen continuirliches und regelmässiges. Nirgends zeigte es sich gestört oder unterbrochen. Daraus geht hervor, dass die Lamellen der Scheidewand an keinem andern Orte sich bilden, als da, wo dieselbe zuerst und späterhin geschehen wird, und dass daher die *Schleiden'sche* Zellenbildung nicht auf die Fucoideen ausgedehnt werden kann.

Wenn es ausgemacht ist, dass die Scheidewand in der Mutterzelle da sich bildet, wo sie später auftritt, so fragt es sich weiterhin, ob eine Einfaltung der Membran der Mutterzelle, oder ein Hineinwachsen einer von ihr verschiedenen Scheidewand oder eine Zellenbildung um den ganzen Inhalt statt finde. Für das erstere spricht keine einzige Erscheinung; es ist hier keine Einschnürung bemerkbar, wie an vielen Conferven; auch führt die Art, wie die Scheidewand auftritt, von sich aus durchaus nicht zu jener Annahme. Bloss wenn sie für die Conferven erwiesen wäre, vermöchte eine strenge Analogie ihr auch bei den Fucoideen Geltung zu verschaffen. Ich werde bei der Bildung der Confervenzellen den Ungrund jener Theorie der Einfaltung nachweisen; und halte sie auch hier für beseitigt.

Es bleiben somit noch zwei Annahmen übrig: entweder dass eine Scheidewand nach innen wachse, und später in eine doppelte Membran sich umwandle; oder dass gleich zwei geschlossene Tochterzellen um je die ganze Hälfte des Inhaltes sich bilden. Für die Entscheidung dieser Frage geben mir die Beobachtungen an den Fucoideen selbst keine sichern Thatsachen an die Hand. Es muss dafür eine Analogie gesucht werden, und diese finden wir in den Specialmutterzellen der Sporen und Pollenkörner.

Ich habe in dem Kapitel über den Kern gezeigt, dass in allen Pflanzen von den Florideen aufwärts bis zu den Phanerogamen die primären Kerne an der Zellwand liegen, und dass bloss die Specialmutterzellen der Sporen und Pollenkörner einen freien primären Kern besitzen (mit vorläufiger Ausnahme der

Equiseten und Charen, wo die Entstehungsart der Sporen noch unbekannt ist). An den Florideen konnte ich weiter nichts sehen, als dass in der Mutterzelle zuerst vier freie Kerne liegen, und dass dann vier Zellen auftreten, deren jede einen jener Kerne im Centrum hat. Bei den Lebermoosen ist das gleiche zu beobachten. Die Untersuchungen an *Anthoceros*, wo der Inhalt der Mutterzellen ziemlich durchsichtig ist, lehren überdiess, dass die Scheidewände nicht durch Einfaltung entstehen, und machen es höchst wahrscheinlich, dass dieselben unmittelbar da sich bilden, wo man sie zuerst erblickt. Ebenso ist es leicht, an *Blasia* und an verschiedenen *Jungermannia*-Arten deren Sporenmutterzellen eingeschnürt und dadurch vierlappig sind, zu sehen, dass die Zellenbildung nicht durch Abschnürung, sondern durch Scheidewände sich macht, welche von der Membran der Mutterzelle ganz verschieden sind. Einen ganz sichern Beweis für die Natur der Scheidewände giebt die Untersuchung über Pollenbildung bei den Phanerogamen, wo dieselben weder Einfaltungen der Membran der Mutterzelle, noch Gebilde sind, die ohne weiteres für sich auftreten, und sich bloss an die Wand der Mutterzelle anlehnen. Sondern die Scheidewände werden daselbst gebildet durch die aneinander stossenden Membranen vollkommener Zellen, die in ihrer Vollständigkeit innerhalb der Membran der Mutterzelle zu beobachten sind¹⁾.

Ich habe in meinem Schriftchen über die Entwicklungsgeschichte des Pollens nachzuweisen gesucht, dass die Specialmutterzellen um den ganzen Inhalt sich bilden. Als Gründe für diese Annahme führte ich an, gegen *Mirbel* und *Meyen*, dass man von einem Hineinwachsen der vorspringenden Leisten nichts sehen kann, dass diese Leisten vielmehr auch späterhin in unveränderter Integrität und verschieden von der Scheidewand bestehen; — gegen *Mohl*, dass die Scheidewand, sobald man sie deutlich erkennen kann, in nichts anderm als in den

1) *Nägeli* Entwicklungsgeschichte des Pollens Tab. III. fig. 58, 59.

Membranen zweier besonderer Zellen besteht; — gegen *Schleiden*, dass von Entstehung kleiner und freier Zellen nie etwas gesehen wird, und dass der primäre Kern nicht an der Wand, sondern frei liegt. *Schleiden* ¹⁾ macht verschiedene Einwürfe gegen meine Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Pollens. Nach wiederholten Untersuchungen muss ich dieselben durchaus als ungegründet zurückweisen. Die Sache ist aber für die Zellenbildung, da dieselbe vielleicht nirgends so leicht zu beobachten ist, so wichtig, dass ich näher darauf eingehen will.

Schleiden wendet ein, dass er den Kern an der Mutterzelle, Specialmutterzelle und Pollenzelle oft als parietalen erkannt habe, dass in der Mutterzelle vor ihrer Theilung freie Zellen mit Kernen auftreten, und endlich, dass die Specialmutterzellen vielleicht gar keine Zellen seien. Was erstens den wandständigen Kern der Mutterzelle betrifft, so stimmt das mit meinen Beobachtungen überein. Der primäre Kern der Mutterzellen (in den Florideen (Tab. I. 23, a), Lebermoosen und Phanerogamen) ist parietal. Nachher aber tritt ein freier secundärer, von jenem verschiedener Kern auf (Florideen (Tab. I. 24, a), Lebermoose (Tab. I. 31), Phanerogamen (Tab. II. 22, 23). — Dass die Kerne der Specialmutterzellen zuweilen an der Wand liegen, streitet ebenfalls nicht gegen meine Angaben²⁾. Hierauf kommt es aber nicht an, sondern darauf, ob es auch Fälle gebe, wo diese Kerne frei liegen. Und da muss ich meine frühere Behauptung wiederholen, dass gewöhnlich die primären Kerne der Specialmutterzellen frei liegen, und dass sie in den meisten Fällen im Centrum befindlich sind (Florideen (Tab. II. 26), Lebermoose, Phanerogamen). Eine centrale Lage ist aber keine nothwendige Bedingung für sie. Sie liegen auch zwischen dem Mittelpunkt und dem Umfang; und es ist kein Grund, warum sie nicht hin und wieder auch an der

1) Grundzüge der wissenschaftl. Bot. II. p. 299.

2) A. a. O. p. 17.

Peripherie selbst sitzen sollten. Diese Verschiedenheit der Lagerung ändert für die Theorie der Zellenbildung nichts, denn ihr Begriff ist bloss durch ein bestimmtes Verhältniss zum ganzen Viertel oder zur Hälfte des Inhaltes der Mutterzelle, nicht aber durch ein Verhältniss zum Kern gegeben. Anders verhält es sich mit der *Schleiden'schen* Zellenbildung; diese äussert sich in einem ganz specifischen Lagerungsverhältniss des Kernes. Derselbe liegt nach der Theorie an der Wand; die Erfahrung weiss dafür von den Florideen bis zu den Phanerozogenen keine Ausnahmen. Wenn es nun in den Specialmutterzellen centrale primäre Kerne giebt, so ist diess ein Beweis gegen die Zellenbildung um den Kern. Wenn es aber auch parietale primäre Kerne giebt, so ist es hingegen kein Beweis gegen die Zellenbildung um den Inhalt.

Schleiden sagt ferner, dass er zwischen dem Zustande der leeren Mutterzelle und der regelmässigen Theilung derselben einen Zustand beobachtet habe, wo freie Cytoblasten oder solche mit jungen Zellen in dem körnigen Inhalt der Mutterzelle lagen. Diese Kerne sind sehr leicht und deutlich zu sehen. Wenn es aber die Cytoblasten der Specialmutterzellen wären, so müssten sie immer auch in bestimmter Anzahl (zwei oder regelmässig vier) auftreten. Gewöhnlich aber ist nur ein einziger vorhanden; und die scheinbaren jungen Zellen, die ich früher ebenfalls als transitorische Zellenbildung annahm, sind, wie ich jetzt bestimmt angeben kann, bloss in Folge der Veränderung des Zelleninhaltes durch Wasseraufnahme entstanden¹⁾. Die Sporenbildung (namentlich bei *Anthoceros*, auch bei einigen Florideen) zeigt ganz deutlich das Auftreten eines secundären

1) Vgl. oben p. 64. Die Erscheinung ist die nämliche, wie im jungen Pollenkorn, wo ebenfalls bloss freie Kerne vorhanden sind, und wo durch Endosmose von Wasser eine scheinbare Zellenbildung entsteht (Tab. II. 25, a, b, c). Die Ursache davon liegt darin, dass das eindringende Wasser sich in Blasen um die Kerne ansammelt.

freien Kernes in der Mutterzelle, die Bildung von vier Kernen, die Resorption des erstern, und die Theilung der Zelle durch Scheidewände, wobei die gleichen vier Kerne in den Fächern als einzelne freie Kerne zu liegen kommen. Dieselben Stadien sind in der Pollenbildung zu unterscheiden. Die frühesten Zustände zeigen einen lateralen primären Kern, spätere einen freien secundären beträchtlich grössern Kern, welcher in einem durchsichtigen Kernbläschen ein grosses Kernchen enthält. Nachher treten vier neue Kerne und dann die Scheidewände zwischen diesen Kernen auf. Es ist mir unbegreiflich, dass *Schleiden* nicht ebenfalls zur Unterscheidung dieser vier Stadien gelangt ist. Denn die Anordnung der Entwicklungsstufen schien mir gar nicht so schwierig zu sein, wie derselbe es angibt; sie könnte es bloss werden, wenn man sie einer vorgefassten allzuengen Theorie anpassen wollte. *Schleiden* ist geneigt den Zustand der Mutterzellen mit freien Kernen und jungen Zellen (Kernbläschen?) als den Uebergang zur Bildung der Specialmutterzellen anzunehmen. Diess ist gewiss unrichtig. Die verschiedenen Zustände, die man in der gleichen Anthere beisammen findet, geben immer die richtige Norm für die Folge der Entwicklungsstadien. Nun findet man aber nie jenen von *Schleiden* beschriebenen Zustand zugleich mit dem, wo die Scheidewände schon sichtbar sind, als dessen unmittelbarer Vorgänger er doch betrachtet werden müsste. In der gleichen Anthere finde ich ohne Ausnahme bloss folgende Stadien nebeneinander, entweder 1) nur Mutterzellen mit wandständigem Kern, oder 2) mit wandständigem Kern und ohne Kern, oder 3) ohne Kern und mit freiem grösserm Kern, oder 4) mit vier Kernen, oder 5) mit vier Kernen und solche mit Scheidewänden und vier Kernen. Da diese Entwicklungsstufen überdem in der Reihe, wie sie aufgeführt sind, aufeinander folgen, wenn man allmählig grössere Antheren der gleichen Pflanze untersucht; so ist kein Grund vorhanden, dass man sie nicht als die successiven Zeitmomente der Entwicklungsgeschichte anerkennen sollte. Ich habe diess

auch für die Pollenbildung gethan, und nachher deren Bestätigung in der angegebenen Sporenbildung der Lebermoose und Florideen gefunden. Ich nahm, seitdem ich die Untersuchungen an *Anthoceros* gemacht hatte, die Pollenbildung wieder vor. Ich konnte dabei meine frühern Ansichten über transitorische Zellenbildung in der Mutterzelle berichtigen; fand aber kein wichtiges Moment, worin Pollen- und Sporenbildung von einander verschieden wären. Keine enthält etwas, was der andern mangelte; die eine dient aber dazu, die andere zu ergänzen, indem z. B. an *Anthoceros* die Bildungsweise der vier Kerne und deren Verhältniss zum freien secundären Kern der Mutterzelle, in *Alcea* die Natur der Scheidewände sehr deutlich ist. — Zum Ueberfluss will ich noch eine Thatsache gegen *Schleiden* einwenden; es ist diess die Theilung der Mutterzelle in zwei primäre Specialmutterzellen und die Theilung der letztern in zwei secundäre Specialmutterzellen. Einmal ist hier der Kern der erstern leicht als freier und centraler zu erkennen. Ferner ist in ihnen, ehe sie sich wieder theilen, nichts von dem Processe zu sehen, der in der Mutterzelle stattfindet, ehe in ihr die vier Kerne auftreten. Es ist sicher, dass hier von nichts weiter die Rede sein kann als von der Bildung zweier Kerne und einer mittlern Scheidewand.

Der dritte Einwurf endlich, den *Schleiden* gegen die Zellenbildung um den ganzen Inhalt macht, ist der, dass die Specialmutterzellen wahrscheinlich gar keine Zellen, sondern bloss verdichtete Gallerte seien, welche aus der Auflösung des körnigen Inhaltes der Mutterzelle um die Pollenzellen entstehe. Gegen diese Theorie lässt sich Mehreres einwenden. Schon die Analogie der primären und secundären Specialmutterzellen, wo solche vorkommen, spricht dagegen. Eine vorurtheilsfreie Beobachtung muss beiden durchaus die gleiche morphologische Bedeutung und die gleiche Entstehungsweise zuschreiben; denn beide sehen sich vollkommen ähnlich, und zeigen bei ihrer Entstehung das gleiche Verhalten zum Zelleninhalt, so

wie zum Kern. Ist die eine bloss eine umschliessende Gallerte, so ist es auch die andere. Dann muss in beiden die Zelle nachgewiesen werden, welche umschlossen wird. In den primären Specialmutterzellen ist nie etwas von einer solchen Zelle zu sehen; in den secundären Specialmutterzellen tritt sie erst später auf, und ist dann die Pollenzelle. Die Analogie erfordert daher ohne anders, wenn man die primären Specialmutterzellen als Zellen gelten lässt, wie diess *Schleiden* thut, auch den secundären die gleiche Geltung einzuräumen. — Mit der Vermuthung *Schleiden's* sind andere Thatsachen durchaus nicht zu vereinen. Die Pollenzellen haben, wie *Schleiden* angiebt, und wie ich mich ebenfalls überzeugt habe, einen parietalen Kern. Die Specialmutterzellen besitzen aber einen freien Kern. Wenn die Pollenzellen zuerst entstühdnen, so müsste der Kern, sobald die Specialmutterzellen gebildet sind, immer an ihrer Wand liegen. Diess ist aber sowohl in den primären als secundären Specialmutterzellen nicht der Fall. — Es ist ferner sicher, dass die freien Kerne der Specialmutterzellen die gleichen sind, welche vor der Theilung der Mutterzelle in derselben lagen. Die Untersuchung an *Anthoceros* und an Phanerogamen lässt darüber keinen Zweifel. Es mangelt also auch der noch einzig mögliche Ausweg, dass man sagte, der freie Kern der Specialmutterzelle wäre schon der secundäre freie Kern der Sporen- oder Pollenzelle, während diese selbst wegen Zartheit der Membran, so wie ihr primärer Kern aus irgend einem andern Grund unsichtbar seien.

Ich glaube in dem Vorhergehenden die Einwürfe *Schleiden's* widerlegt zu haben. Ich will nun noch eine kurze Darstellung der Sporen- und Pollenbildung geben, so wie ich sie nach meinen jetzigen Untersuchungen als gesetzmässig halten muss. Die Mutterzellen enthalten anfänglich einen primären wandständigen Kern (*Hutchinsia*, *Anthoceros*, *Tradescantia* etc.). Darauf bildet sich ein neuer secundärer Kern, welcher frei und mehr oder weniger im Centrum der Zelle liegt. Der primäre Kern wird, wie es scheint, vorher resorbirt. Der se-

cundäre Kern besteht aus einem hellen Kernbläschen und einem dichten Kernkörperchen (Florideen, *Anthoceros*, Phanerogamen). Bei den Kryptogamen ist er das Centrum einer Saftströmung. Selten und, wie es scheint, bloss abnormal treten zwei (*Anthoceros*, *Lilium*) oder mehrere (*Lilium*, *Tradescantia*) freie secundäre Kerne in einer Mutterzelle auf. Darauf bilden sich vier neue freie Kerne in der Mutterzelle. Der secundäre Kern derselben ist verschwunden. Die Mutterzelle verdickt sich gallertartig. Ihr Inhalt theilt sich in vier Partien auf die Weise, dass jede in der Mitte einen der vier Kerne einschliesst. Um jede der vier Partien bildet sich eine eigene Specialmutterzelle, welche gleich bei ihrem Entstehen theils an die Mutterzelle theils an die andern drei Specialmutterzellen angelehnt ist und mit diesen die Scheidewände erzeugt (Florideen, Lebermoose, Phanerogamen). — Zuweilen bilden sich zuerst bloss zwei Kerne und um die beiden Hälften des Inhalts zwei primäre Specialmutterzellen; darauf in jeder von diesen zwei neue Kerne und zwei secundäre Specialmutterzellen (Florideen und Phanerogamen).

Der ganze Verlauf darf vielleicht aus der Analogie mit *Anthoceros* so vervollständigt werden. Nach der Entstehung des freien secundären Kernes der Mutterzelle bilden sich während dessen Anwesenheit und unter dessen Einfluss zwei neue ovale Kerne. Jeder derselben theilt sich wieder in zwei runde Kerne. Sie entfernen sich von dem centralen Kern, und nehmen eine tetraëdrische Stellung an. Jener verschwindet, und die Bildung der Specialmutterzellen geht vor sich. — Oder es bilden sich zwar ebenfalls neben dem secundären Kern der Mutterzelle zwei neue ovale Kerne. Dieselben theilen sich aber nicht gleich wieder in zwei, sondern der centrale Kern der Mutterzelle verschwindet, und es entstehen in derselben zwei primäre Specialmutterzellen, jede mit einem freien ovalen Kern. Nun erst theilt sich dieser Kern in zwei runde Kerne, und dann geht die Bildung der zwei secundären Specialmutterzellen vor sich.

Verschiedene Modificationen ergeben sich für die Bildung der Specialmutterzellen aus ihrer verschiedenen Zahl. Zuweilen entstehen bloss zwei Specialmutterzellen (*pollen binarium* der Phanerogamen). Gewöhnlich sind deren vier vorhanden. Selten treten fünf bis acht in einer Mutterzelle auf, und dann sind sie immer mit der regelmässigen Zahl vier gemischt (*Passiflora*, *Cobaea*). Im ersten Falle theilen sich die zwei ovalen Kerne und die primären Specialmutterzellen nicht weiter. Im letzten theilen sich die vier runden Kerne noch einmal (alle oder nur einzelne); und der Inhalt der Mutterzelle trennt sich in ebenso viele Portionen als Kerne sind, worauf eine gleiche Anzahl von Specialmutterzellen entsteht.

Nachdem die Specialmutterzellen gebildet sind, enthält jede einen freien Kern (Florideen, *Anthoceros*, Phanerogamen). Darauf entsteht innerhalb einer jeden derselben eine Pollenzelle; auf welche Weise, ist noch nicht beobachtet. Da dieselbe aber später öfters einen wandständigen Kern besitzt, so ist höchst wahrscheinlich, dass sie sich bilde, wie Zellen mit wandständigem Kerne diess thun. Es wäre möglich, dass der freie Kern der Specialmutterzelle der Cytoblast der Pollenzelle würde? Früher oder später tritt nun in der Pollenzelle ein neuer secundärer Kern in deren Centrum auf. Selten und ausnahmsweise sind es zwei, dann entweder zwei gleiche (*Lilium*, *Pancremium*) oder ein grösserer und ein kleinerer (*Oenothera*).

Wenn wir nun alle Thatsachen über Zellenbildung mit centralem Kern zusammenfassen, so geben uns die Beobachtungen an *Sphacelaria* und an *Anthoceros* die fast absolute Gewissheit, dass die Scheidewände unmittelbar an ihrem Orte selbst entstehen, und dass sie nicht von Zellen gebildet werden, welche erst klein waren, und allmählig grösser wurden. Diese Gewissheit geht, wie wir oben gesehen haben, einerseits aus dem Verhalten des Zelleninhaltes während der Zellenbildung, andererseits aus der centralen Stellung des Kernes hervor. Die Untersuchungen an *Alcea*, *Cucurbita* u. s. w. lehren uns ferner,

dass diese Scheidewände nicht ein Organ für sich sind, sondern dass sie aus zwei Membranen bestehen, die sich jederseits auf der innern Oberfläche der Mutterzelle fortsetzen, mit einem Worte, dass sie zwei vollkommenen Zellen angehören. Beide Thatsachen vereint liefern den Beweis, dass die Zellen mit centralem Kern (Fucoideen und Specialmutterzellen) unmittelbar in der Lage entstehen, wie sie später die Mutterzellen erfüllend gesehen werden, dass sie also nicht frei im Innern der Mutterzelle, sondern, sich selbst und die Mutterzelle berührend, um ganze Portionen ihres Inhaltes sich bilden.

Die Zellenbildung um den ganzen Inhalt zeigt die Eigenthümlichkeit, dass die Stelle, wo die Scheidewand auftritt, schon zum Voraus angedeutet ist. In den gallertartig verdickten Mutterzellen von *Anthoceros* und der *Phanerogamen* zeigen sich vorspringende Leisten (vier oder sechs) an der innern Wand genau von der Gestalt und Anordnung, dass sie die Intercellularräume der gleich nachher entstehenden Specialmutterzellen erfüllen. Aus diesen vorstehenden Leisten wurde unrichtiger Weise auf ein Hineinwachsen von Scheidewänden geschlossen. Ich merke hier das Factum bloss an; bei der theoretischen Erklärung der Zellenbildung werde ich versuchen, auch diese Erscheinung zu erklären. Die Sporenmutterzellen mehrerer Lebermoose sind in der Mitte eingeschnürt, so dass sie vierlappig erscheinen. Die Scheidewände entstehen später gerade an den Einschnürungsstellen. Man folgerte daraus ohne Grund, dass die Zellenbildung durch Abschnürung erfolgte.

Bei der Zellenbildung um den ganzen Inhalt tritt ferner die Eigenthümlichkeit auf, dass der Inhalt der Mutterzelle unmittelbar und unverändert Inhalt der Tochterzellen wird. In dieser Beziehung giebt es einige merkliche Modificationen. Die Mutterzellen sind entweder mit körnigem dunklem Inhalt dicht erfüllt; mitten darin liegen zwei Kerne. Diess ist der Fall in den keimenden Fucoideen, und ferner je in den Endzellen

von *Sphacelaria* und *Cladostephos*; in den zwei letztern sind jedoch die Kerne nicht sichtbar. Oder die Zellen besitzen einen mehr oder weniger durchsichtigen körnigen Inhalt, welcher nach den zwei oder vier Kernen zu dichter liegt: diess in den Mutterzellen der Pollenkörner. Oder der wenige Schleiminhalt ist als radiale Strömungsfaden um die zwei Kerne angeordnet: so fast in allen Zellen der Fucoideen, und ähnlich in den Sporenmutterzellen von *Anthoceros*. Oder die strömende Schleimmasse ist in der nächsten Umgebung der zwei Kerne strahlig, in einiger Entfernung davon netzförmig (*Sphacelaria*).

b) *Ohne sichtbaren Kern*¹⁾.

In den niedern grünen Algen stellt sich die Vermehrung der Zellen der mikroskopischen Beobachtung so dar, dass ohne weiters in der Mutterzelle eine halbirende Scheidewand aufzutreten scheint. Einige Conferven zeigen dabei die Eigenthümlichkeit, dass die Mutterzelle da, wo später die Scheidewand sich bildet, vorher eine ringförmige leichte Einschnürung empfängt. In einigen Diatomeen (z. B. *Euastrum*) ist diese Einschnürung der Membran habituell. Auch da setzt sich bei der Theilung die entstehende Wand an die durch die Einfaltung gebildete Kante fest.

Conferva glomerata erzeugt neue Zellen bloss in den Endgliedern der Stämmchen und Aestchen. Andere Glieder, die hinter der Endzelle stehen, bilden in der Regel bloss dann neue Zellen,

1) Ich habe hier die Beobachtungen an den grünen Algen zusammengestellt, wo die kernlosen Confervenzellen den Typus für die Zellenbildung geben, und bei ihnen, unabhängig von den im ersten Abschnitt aufgeführten Thatsachen, die Zellenbildung um den ganzen Inhalt nachgewiesen. Der grossen systematischen Verwandtschaft wegen werden auch einige niedere Algen mit centralem und mit lateralem Kern, welche sonst die gleichen Erscheinungen zeigen, hier aufgeführt. Sie bilden die Brücke, wodurch der Schluss nach Analogie dann die Zellenbildungen mit und ohne sichtbaren Kern in ein Gesetz verbindet.

wenn sie seitlich zu Aesten auswachsen. Die Endzelle wächst zu einem cylindrischen Schlauche an, der fast doppelt so lang ist, als die nächsten Zellen. In der Spitze dieser Zellen liegt ein homogener farbloser Schleim. Nach unten wird dieser Schleim feinkörnig, dann durch das Auftreten kleiner Chlorophyllkörnchen grünlich. Abwärts davon ist die Zelle durch Chlorophyll schon grün gefärbt. In der Mitte ihrer Länge schnürt sich die Zelle ringsum rinnenförmig ein, und plötzlich deutet eine feine Linie, welche die beiden gegenüberliegenden Einkerbungen verbindet, die eben gebildete Scheidewand an. Während dieses Vorganges konnte ich keine weitere Veränderung im Inhalt der Zelle bemerken. Dasselbe Chlorophyll, das früher die Mutterzelle erfüllte, schien nun durch die trennende Wand unmittelbar Inhalt der beiden Tochterzellen geworden zu sein. — Auf gleiche Weise geht die Zellenbildung vor sich, wenn eine Zelle des Stämmchens seitlich auswächst, um ein Aestchen zu erzeugen (Tab. I. 9). Die Scheidewand entsteht dann zwischen dem neuen ausgewachsenen Theil und dem ursprünglichen Theil der Zelle. Auch hier bleibt der Inhalt unverändert, während die Scheidewand sichtbar wird. — Die gleichen Erscheinungen zeigt die Zellenbildung in *Conferva Linum*, wo die Mutterzelle sich ebenfalls einschnürt. Hier mangelt jedoch die Astbildung. — Andere Conferven unterscheiden sich nur dadurch, dass keine ringförmige Einfaltung der Mutterzelle vorhanden ist, sondern dass plötzlich eine Scheidewand mitten durch dieselbe sichtbar wird. Diese letztere Art der Vermehrung ist ferner fast in allen grünen Algen zu beobachten, so z. B. in *Palmella*, *Undina*, *Oscillatoria* etc., ebenso in den meisten *Diatomaceen*.

Die meisten Algen von den *Diatomaceen* aufwärts bis zu den *Conferven* haben das in der Zellenbildung gemein, dass die Mutterzelle assimilirte Stoffe wie Chlorophyll und Amylum enthält, und dass ohne Anderes eine Scheidewand sich zu bilden und das Zellenlumen mit seinem unveränderten Inhalte in zwei zu theilen scheint. Ausgenommen davon ist jedoch die Sporenbildung; bloss in den *Diatomaceen* und

den Nostochineen ist die Theilung durch eine Scheidewand zugleich auch Fortpflanzung des Individuums. Unterschiede in dieser Zellenbildung durch Theilung werden begründet durch die Anordnung des Inhaltes. Derselbe liegt gleichmässig in der Zelle vertheilt (*Conferva*, *Oscillatoria* etc.) Oder er ist nach dem Mittelpunkte hin dichter; in der Mutterzelle befinden sich zwei dunklere freie Anhäufungen, zwischen denen die Scheidewand entsteht (*Palmella*, *Euastrum* etc.) Oder das Chlorophyll liegt an der Zellwand (Astbildung bei *Conferva*, *Gaillonella* sp. Tab. I. 1—3). Oder der grüne Inhalt bildet bloss eine zusammengeballte rundliche Masse, die frei in der wasserhellen Flüssigkeit schwimmt, und sich in zwei Hälften trennt, bevor die Theilung der Zelle auftritt (*Bacillaria* sp. Tab. I. 4, 5, 6) ¹⁾. Die beiden letztern Erscheinungen erinnern sehr

1) Die hier abgebildete Diatomacee lebt bei Zürich in Wassergraben. Sie kommt am nächsten mit *Bacillaria* und *Tessella Ehrenberg* überein. Sie unterscheidet sich von beiden dadurch, dass die einzelnen Individuen alle frei sind, und bloss unmittelbar nach der Theilung der Mutterzelle noch miteinander verbunden sind, nachher aber sich vollständig trennen. Da die freie Selbstständigkeit der Individuen, oder das Verbundensein zu einem Aggregat, und in Bezug auf letzteres wieder die besondere Art, wie die Verbindung statt hat, bei den Diatomaceen für die Gattungsbestimmungen massgebend ist, so müsste die fragliche Pflanze eigentlich eine neue Gattung bilden. Sie hat aber so grosse innere und wesentliche Verwandtschaft mit einzelnen Bacillarien, dass sie meiner Ansicht nach nur widernatürlich von denselben getrennt würde.

Die Zelle, aus der ein Individuum besteht, hat die Gestalt einer Säule, deren Grundflächen Ellipsen sind (Tab. I. 7). Die Achse ist wenig kürzer als der Längendurchmesser der Grundflächen; daher erscheint die Zelle von der breiten Seite fast quadratisch (fig. 4), von der schmalen Seite als ein längliches Rechteck. Auf den Grundflächen liegen vier Rippen, parallel mit dem Breitendurchmesser der Ellipse (fig. 7). Die Grundflächen zeigen ebenso viele leichte Einkerbungen. Diese Rippen liegen bloss in der Membran, wie man sich durch eine Ansicht von der Seite (fig. 4—6) überzeugt. Sie

an die Zellenbildung mit centralem Kern, wo dieser ebenfalls häufig in einer Anhäufung von körnigem Inhalte versteckt liegt. Ich habe auch oben aus der Analogie es wahrscheinlich gemacht, dass alle Algenzellen und überhaupt alle Zellen Kerne besitzen. Denn wir finden oft in nahe verwandten Arten und Gattungen ganz deutliche Kerne (*Conferva bombycina*, *Spirogyra* etc.)

Ausserdem giebt es bei den grünen Algen und auch bei

erstrecken sich aber noch auf eine kurze Entfernung zu beiden Seiten über die Seitenfläche des Cylinders, und hören allmählig auf. Die Natur dieser Rippen ist bei dieser Pflanze nicht auszumitteln. Nach Analogie mit der oben (pag. 39) beschriebenen *Gaillonella n. sp.* werden sie wahrscheinlich durch ausgeschiedene Extracellulärsubstanz gebildet. — Der Zelleninhalt besteht aus einer farblosen, durchsichtigen Flüssigkeit und einer freien kernähnlichen Anhäufung von Chlorophyll mit Schleim gemischt (fig. 4, 7). Zum Behuf der Fortpflanzung theilt sich diese grüne Masse in zwei Theile (fig. 5), zwischen welchen die Scheidewand auftritt (fig. 6).

Auf den ersten Blick scheint die beschriebene Pflanze mit der von Lyngbye in der *Hydrophytologia danica* Tab. 62 abgebildeten, im Meer wohnenden *Fragilaria unipunctata* Lyngb. übereinzukommen. Sie ist aber von derselben verschieden in der Farbe und Gestalt des Inhalts, welcher dort rosenfarbig und im Centrum durchsichtig ist, und ferner in der Richtung der Streifung, welche dort am Seitenrande mit der Theilungsfläche parallel läuft, während sie bei der beschriebenen Zürcherdiatomacee an der Seitenfläche senkrecht zur Theilungsfläche steht. — Unter den von Ehrenberg abgebildeten und beschriebenen *Bacillarien* zeigt sie am meisten Verwandtschaft mit *Bacillaria cuneata* Ehrenb. Tab. XV. fig. V. Die letztere ist ebenfalls fast quadratisch, hat einen freudig grünen Inhalt, und ist auch fast von gleicher Grösse ($\frac{1}{96}$ — $\frac{1}{100}$ Linie). *Bacillaria cuneata* unterscheidet sich aber 1) durch die abwechselnd breiten Seitenränder, 2) dadurch, dass die einzelnen Zellen nach der Theilung an den Ecken miteinander verbunden bleiben, 3) dass die Streifen an der Theilungswand schief stehen, und also nicht mit der Achse parallel, sondern unter einem schiefen Winkel über die breite Seitenfläche verlaufen, und 4) dass überdiess jederseits zwei Streifen am seitlichen Rande (an der schmalen Seitenfläche) stehen.

einigen Pilzen noch eine andere Art der Membranbildung, die mir für die Deutung der Zellenbildung wichtig scheint. In den ausgebildeten Zellen, welche die Assimilation vollendet haben, liegt auf ihrer ganzen innern Oberfläche eine schmale, schwach körnige, ungefärbte Schleimschicht, die sich durch Jod braun färbt. Von innen haften dieser Schleimschicht (nicht der Zellenmembran) die Chlorophyll- und Amylumkügelchen an. Der ganze übrige Raum der Zelle ist mit einer wasserhellen Flüssigkeit gefüllt. Auf diese Weise verhalten sich die ausgebildeten Zellen der Confervaceen, Siphoneen etc. Wenn nun eine Zelle an irgend einer Stelle verletzt wird, wenn sie durch Druck oder abnormale Endosmose und Exosmose leidet, so löst sich die Schleimschicht von der Membran los, und zieht sich zurück. Die Lostrennung geschieht zunächst an der verletzten Stelle; sie kann sich, wenn die schädliche äussere Einwirkung fort dauert, über einen grössern oder geringern Raum der Oberfläche der Zelle ausdehnen. Ein Theil der Schleimschicht ist somit frei geworden; er ist nach aussen nicht mehr durch die Zellmembran, sondern durch das eingedrungene Wasser begränzt. An dieser ganzen freien Oberfläche der Schleimschicht bildet sich eine neue Membran, die der übrigen Zellmembran vollkommen gleicht.

Es geschieht häufig, dass ein Theil des Zelleninhalts selbst so bedeutend verletzt wird, dass er zu weiterer Function unfähig ist. Dann schliesst sich in seinem Umfang die lebenskräftige Schleimschicht zu einem neuen selbstständigen Ganzen und vervollständigt seine Membran. Der absterbende Zelleninhalt liegt ausserhalb dieser restaurirten Zelle. In Tab. I. 8. ist das Endglied einer *Conferva glomerata* aus dem Meer dargestellt. Es hat sich das neue Stück Membran c gebildet. Der dadurch ausgeschlossene Inhalt b ist in Auflösung und im Absterben begriffen. Der eingeschlossene Inhalt (d) lebt; er lag erst dicht der Membran an, und er hatte früher den neuen Membrantheil (c) erzeugt. Durch Endosmose zog er sich während der Beobachtung von der Membran zurück, so dass

nun deutlich die Membran, das eingetretene Wasser (f) und die Schleimschicht (e) unterschieden werden konnten. — Die ältern Schläuche der Siphoneen besitzen oft stellenweise einen absterbenden Inhalt: derselbe löst sich von der Membran los, liegt unregelmässig im Lumen der Zelle, und wird nach und nach ganz oder theilweise aufgelöst; zuletzt ist nichts mehr als die Membran und eine wasserhelle Flüssigkeit vorhanden, in welcher hin und wieder braune Massen von nicht aufgelösten festen Stoffen liegen. Stellenweise dagegen ist der Inhalt der Schläuche unverändert und lebsthätig: auf der innern Oberfläche der Membran liegt die Schleimschicht mit Chlorophyll und Stärke. Ueberall wo der lebende Theil eines Schlauches in einen absterbenden oder toden Theil übergeht, hat sich die Schleimschicht zu einer geschlossenen Fläche vereinigt. Dadurch, dass sie an dieser Stelle eine Membran bildet, wird eine geschlossene Zelle erzeugt. Wenn daher in einem ältern Siphoneenschlauch, der ursprünglich eine einfache Zelle darstellt, der Inhalt stellenweise abstirbt, so werden dadurch die zwischenliegenden vegetirenden Stellen in besondere Zellenlumina umgewandelt. In Tab. I. 11 und 12. sind Stücke von ältern Schläuchen der *Bryopsis Balbiana* abgebildet. In fig. 11 hat sich der Inhalt in zwei Theile e und f geschieden, welche durch eine noch zarte neugebildete Membran (b) sich abgeschlossen haben. Dazwischen liegt eine durchsichtige Flüssigkeit (c). Bei d hat sich einfach die Schleimschicht mit dem ihr anliegenden Inhalt von der Membran zurückgezogen, und sich ebenfalls mit neuer Membran bekleidet. Zwischen den beiden Membranen ist Wasser befindlich (d). — In fig 12 ist g der abgestorbene und mit wasserheller Flüssigkeit gefüllte Theil des Schlauches; die Schleimschicht und der übrige feste Inhalt sind verschwunden. Der lebenskräftige Theil des Schlauches (f) besitzt eine breite wandständige Schicht feinkörnigen Schleimes (e) und Chlorophyllkügelchen, welche ihr anliegen. Die Schleimschicht hat sich nach

g hin in eine Fläche vereinigt, und die neue Membran c erzeugt.

Wenn die neue Membran dick genug geworden ist, um sie gehörig untersuchen zu können, so scheint es, als ob sie nicht bloss auf die Zellwand aufgesetzt sei, sondern als ob sie continuirlich in die innere Schicht derselben übergehe. In Tab. I. 12 setzt sich c in den innern Theil von d fort. Diess ist vielleicht so zu erklären: Ueberall, wo der Schleim der Zelle anliegt, da bildet er Verholzungschichten; wo er frei ist, erzeugt er eine Membran. Diese, wie überhaupt die Zellmembranen der Algen, ist chemisch von den Verholzungschichten nicht verschieden, und besteht wie sie aus Gallerte. Sie setzt sich demnach unmittelbar in die gleichzeitig gebildete Ablagerungsschicht fort.

Wenn die Zelle bedeutender verletzt wird, so löst sich zuweilen die ganze Schleimschicht los, zieht sich zurück, und erzeugt an ihrer Oberfläche eine neue Zelle. Oder die Schleimschicht trennt sich mit dem ihr ansitzenden Chlorophyll in mehrere Partien, welche sich einzeln zu Kugeln oder Ellipsen schliessen, an der Oberfläche eine neue Membran bilden, und so nun mehrere freie Zellen in der ursprünglichen Zelle darstellen. Gewöhnlich geschieht es, dass ein Theil des Inhaltes, wahrscheinlich derjenige, auf welchen die äussern Einflüsse am stärksten eingewirkt haben, von der sich abschliessenden gesunden und lebensfähigen Schleimschicht getrennt bleibt, in kleine dunkle Körnchen zerfällt und dann aufgelöst wird. Diese verschiedenen Thatsachen habe ich namentlich an *Conferva glomerata*, an *Bryopsis* und *Codium*, und an *Achlya prolifera* beobachtet. Ein merkwürdiges Beispiel liefert auch *Bangia atropurpurea*. Im gewöhnlichen Zustande ist in der Wandung die Zellmembran und die ausgeschiedene Gallerte zu unterscheiden; an der Membran liegt ein Kern mit Saftströmung (Tab. I. 29). In dem untern Theil eines Fadens nun hatte sich der ganze, homogen flüssige und sehr verdünnt schleimige Inhalt von der Wandung losgelöst, und an seiner Oberfläche eine

neue noch äusserst zarte Membran gebildet (Tab. I. 30, n). In jeder Zelle lag somit eine neue kleinere Zelle; zwischen beiden befand sich Wasser (o); die durchsichtige Flüssigkeit der neuen Zelle brach das Licht etwas verschieden von dem Wasser des Zwischenraumes (o). — Die neue Membran (n) ist nicht etwa die ursprüngliche Zellmembran; jene ist dicker, und war auch hier an den Wandungen neben der Extracellulärschicht zu erkennen. — Die neue Zelle hat sich ferner um den ganzen Inhalt, nicht etwa um den wandständigen Kern gebildet. Kern und Saftströmchen sind die gleichen, wie sie im obern Theil des gleichen Fadens als Inhalt der ursprünglichen Zellen auftreten. Es ist somit bloss die Erklärung möglich, dass sich der ganze Inhalt mit Kern und Strömungsfaden etwas zusammengezogen, und im ganzen Umfange eine neue Membran gebildet habe. — Diese Membran wächst nach unten in lange dünne Fortsätze aus, welche die Wände durchbrechen, und Wurzelhaare darstellen (fig. 30, b-f). Die Membran und der Inhalt dieser fadenförmigen Verlängerungen sind von der gleichen Zartheit wie die Zelle selbst.

Ich habe vorhin gesagt, dass die Bekleidung der frei gewordenen Schleimschicht zur Verholzung in einem gewissen Verhältnisse stehe. Man darf jedoch daraus nicht schliessen, dass sie der Verholzung analog und von der eigentlichen Zellbildung verschieden sei. Der sich neu bildende gallertartige Ueberzug hat durchaus die wesentlichen Eigenschaften der Zellmembran. Diess geht einmal schon daraus hervor, dass er wie die Zellmembran Stoffe in die Zelle aufnimmt, und Stoffe ausscheidet. Aeltere solche regenerirte Membranstücke bedecken sich mit einer Schicht von Extracellulärschicht. — Dass dieselben aber vollkommen der Zellmembran identisch sind, ergibt sich aus dem Umstande, dass sie des Wachstums fähig sind gerade wie die Zelle. Die Ausdehnung solcher Membranstücke ist zuweilen an grünen Algen zu beobachten. Besonders auffallend aber ist es an *Achlya prolifera*. Dort wächst eine solche neu gebildete freie Membran oft in einen langen Faden aus,

der aus der ursprünglichen Zelle hervorkeimt, und sich wie ein anderer Ast der Pflanze verhält. Die gleiche Erscheinung haben wir so eben an *Bangia* kennen gelernt, wo die neue Membran in Wurzelhaare sich verlängert.

Die angeführte Thatsache ist übrigens in dreifacher Beziehung zu berücksichtigen. Sie ist erstens der deutlichste Beweis, dass die Zellmembran sich an der Oberfläche des Inhaltes bilden kann. Dieser Inhalt ist aber zugleich speciell bestimmt; er ist schleimiger Natur. Zweitens lehrt uns die Thatsache, dass die Neubildung der Membran nicht bloss als ganze und geschlossene Zelle, sondern auch als ergänzender Theil einer Zelle auftreten kann. Sie weist drittens das Heilbestreben der Zelle nach, indem eine in ihrer Integrität gestörte Zelle diese auf eigenthümliche Weise wieder zu erlangen strebt.

Ein besonderes Gewicht scheint mir hier auf die Schleimschicht gelegt werden zu müssen, welche den übrigen Zelleninhalt, festen und flüssigen, umschliessend, selbst an der Zellmembran dicht anliegt. Im normalen Zustande findet, nachdem die Zelle fertig gebildet ist, Erzeugung von Membran bloss noch in der Art statt, dass neue Verdickungsschichten angelagert werden. Das Dickerwerden der Zellwandung ist in vielen grünen Algen sehr deutlich wahrzunehmen, ebenso dass es schichtenweise geschieht. Die neuen Schichten werden an der innern Fläche der Zellmembran, somit unmittelbar an der äussern Oberfläche der Schleimschicht abgelagert. Daraus ist ohne weiters der Schluss zu ziehen, dass die Gallerte, welche eine neue Verholzungsschicht constituirt, von der Schleimschicht abgesondert wird. Zieht sich die letztere in Folge einer äussern Einwirkung von der Zellmembran zurück und wird dadurch frei, so muss, wenn die vitale Thätigkeit sonst nicht gestört worden ist, die Absonderung der Gallerte fort dauern. Sie wird nun aber an der freien Oberfläche nicht dazu dienen, eine Verdickungsschicht, sondern dazu, eine neue Membran zu bilden.

*Kützing*¹⁾ hat die Schleimschicht Amylidzelle genannt. Diese Benennung trägt jedoch einen doppelten Irrthum in sich, nämlich in Bezug auf die anatomische und auf die chemische Beschaffenheit. Die Amylidzelle ist keine Zelle nach dem Begriffe, den man gewöhnlich mit diesem Ausdrucke verbindet, und in der Parallele, in der sie auch *Kützing* mit der wirklichen Zelle („Gelinzelle“) aufführt. Sie besteht aus körnigem Schleim, der früher im ganzen Lumen vertheilt war, und nun an die Oberfläche getreten ist. Sie hat mit einer Membran weiter nichts gemein, als dass der Schleim hier als eine dünne Schicht in Zellenform auftritt, und dass er, was überhaupt seine Natur in allen Pflanzenzellen ist, eine zähe zusammenhängende Masse bildet, die gegen Wasser durch eine glatte Oberfläche sich abscheidet. Nach Aussen hat die Schleimschicht eine scharfe und glatte Begränzung; nach Innen ist sie mehr oder weniger unregelmässig, bildet Vorsprünge und Vertiefungen, und verliert sie häufig allmähig in den flüssigen Inhalt. Es kann ihr daher weder die Structur noch der Name einer Zelle eingeräumt werden.

Die chemische Natur der s. g. Amylidzelle ist schon durch die Erscheinungen gegeben, welche sie auf einige Reagentien zeigt. Jod färbt sie braun; durch Weingeist, schwache Säuren oder Wasser contrahirt sie sich und coagulirt. Es sind diess die Eigenschaften des (stickstoffhaltigen) Pflanzenschleimes. Es ist aber unrichtig, wenn *Kützing* angiebt, dass sie durch Kali in Amylum verwandelt werde. Das ganze Lumen der Zelle ist, wie ich oben schon gesagt, mit wasserheller Flüssigkeit erfüllt, und aller fester Inhalt (Chlorophyll und Amylum) ist mit dem Schleim an die Oberfläche getreten. Wenn nun das Amylum durch Aetzkali oder Schwefelsäure aufgelöst und durch Jod gefärbt wird, so verbreitet sich die blaue Färbung über die ganze Schleimschicht. Es kann daher, wenn die letztere dünn ist, den Anschein gewähren, als ob sie selbst

1) Linnäa 1841. p. 546.

in Stärke verwandelt worden wäre. An Stellen jedoch, wo die Schleimschicht eine hinlängliche Dicke hat, oder wo sie von Amylumkügelchen frei ist, da wird sie auch nach Einwirkung von Kali oder Schwefelsäure durch Jod nicht blau, sondern braun gefärbt.

Nachdem ich nun die Thatsachen, welche für die Zellen- und Membranbildung bei den grünen Algen vorliegen, aufgeführt habe, will ich die Erklärung derselben versuchen. Wir haben hier wieder die Wahl zwischen den vier Haupttheorien über Zellenbildung. Entweder bewirkt die ringförmige Einschnürung eine Theilung der Zelle, indem sie bis ins Centrum vortrückt, und so zwei neue vollständige Zellen erzeugt. Oder eine von der Einfaltung verschiedene Scheidewand wächst von derselben aus nach innen. Oder es bilden sich zwei neue vollständige Zellen frei im Inhalte der Mutterzelle. Oder die zwei Tochterzellen entstehen wandständig um die beiden Hälften des Inhaltes der Mutterzelle.

Für die hauptsächlich von *Meyen* verfochtene Theorie einer Theilung der Zelle durch Abschnürung scheint die ringförmige Rinne zu sprechen, welche in einigen Conferven der Zellenbildung vorhergeht. Man hielt die Rinne für den Anfang der Abschnürung. Dieselbe ist aber immer gleich tief, sie bildet bloss eine leichte Furche, nie sieht man sie tiefer. Würde sie aber nach dem Centrum vortrücken, so müsste man sie doch einmal auf diesem Wege beobachten können. Ich habe bei zahlreichen Untersuchungen nie eine solche Mittelstufe gesehen. Immer tritt plötzlich eine dünne Wand auf, welche auf die Einfaltungsfurche aufgesetzt ist. Nicht nur aber mangeln alle Beobachtungen über das Hineinwachsen der Einfaltung. Es sind bis jetzt auch keine stehenbleibenden Zustände bekannt geworden, welche dafür sprächen. — Wenn die Scheidewand ferner eine Einschnürung der Membran wäre, so müsste im Centrum entweder ein offener Porus übrig bleiben, oder die ringförmige Falte müsste daselbst unter sich verwachsen. In beiden Fällen sollte in der Mitte der Schei-

dewand ein Punkt oder ein kleiner Kreis sichtbar werden, der die Oeffnung oder die Verwachsungsstelle andeutete. Man sieht zu keiner Zeit etwas dergleichen. Die beiden Zellen sind im Gegentheil später an der Scheidewand vollkommen von einander geschieden. Es ist aber nicht abzusehen, welche neue, dem Zellenleben bis jetzt durchaus fremde und unbekannte Vorgänge noch postulirt werden müssten, um von einer Einfaltung durch Verschmelzung einerseits und Theilung andererseits zu zwei gänzlich getrennten Platten einer Wand zu gelangen. — Gegen die Theorie einer Abschnürung spricht endlich der Anschein selbst. Während die Einfaltung breit ist und von einer ziemlich dicken Membran gebildet wird, ist die Scheidewand bedeutend schmaler und scheint die Einfaltung bloss zu berühren. Die Furche geht nicht in die Wand über, und ihre doppelten Membranen finden keine Fortsetzung in der letztern.

Die zweite Theorie, dass von der Membran aus eine von ihr verschiedene Scheidewand nach Innen wachse, stimmt weit mehr mit der Beobachtung überein. Doch ist hier vor allem aus gegen die Form des Ausdrucks eine Einwendung zu machen. Das Hineinwachsen ist von niemandem gesehen worden. *Mohl* ¹⁾ erklärt zwar einen Zustand, den er abbildet, als eine ringförmige, in der Mitte durchbrochene Scheidewand. Wie aber die Abbildung vorliegt, so ist die Deutung offenbar unrichtig. Die Scheidewand ist vollständig; der Inhalt hat sich von der Zellwandung zurückgezogen; er berührt nur noch die Mitte der Scheidewand. *Mohl* hielt diese Berührungsstelle unrichtigerweise für ein Loch. Ich habe mich in vielen Fällen von der Richtigkeit meiner Deutung überzeugt. Man kann sogar leicht einen normalen Zustand, wo die Vollständigkeit der Wand deutlich ist, durch Quetschen, durch Säuren u. s. w. in einen krankhaften, wie ihn *Mohl* abbildet, verwandeln. — Die Vorstellung einer Bewegung von aussen

1) Vermehrung der Pflanzenzellen p. 16. fig. 3, a.

nach innen gieng ferner namentlich aus der unrichtigen Deutung der vorspringenden Leisten auf der innern Oberfläche der Sporen- und Pollenmutterzellen hervor, wie ich oben zeigte (pag. 78). Es ist auch hier durchaus kein Grund, eine ungleichzeitige Bildung der Scheidewand zu vermuthen. Sie wird zugleich in allen ihren Theilen sichtbar, in der Mitte sowohl als am Rande. So dass, wenn die unrichtigen Deutungen rücksichtlich der Einfaltungen bei Confervenzellen und bei den Sporenmutterzellen der Jungermannien, und rücksichtlich der vorspringenden Leisten in den Sporen- und Pollenmutterzellen von *Anthoceros* und der Phanerogamen wegfallen kein Factum mehr für ein Hineinwachsen der Scheidewand spricht. — Auch der gänzliche Mangel an beharrenden Entwicklungsstufen streitet dagegen. Wohl alle Erscheinungen des Zellenlebens zeigen solche beharrende Zustände. Wenn nun die Scheidewand der Confervenzellen von aussen nach innen entstände, so müsste doch unter den vielen tausend Fällen, die schon beobachtet wurden, einer gefunden worden sein, wo die Wand nicht fertig gebildet war. Denn die Thätigkeit einer Zelle kann zu jeder Zeit modificirt oder gestört werden. Geschieht diess im vorliegenden Falle während der Bildung der Scheidewand, so wird diese unvollkommen bleiben, und etwa dem breiten Ring einer Ringfaserzelle der Cacteen gleichen. So etwas ist aber, wie gesagt, nicht zu sehen. — Ich muss daher die Ansicht, dass die Scheidewand von aussen nach innen wachse, für unrichtig halten, und die Behauptung aussprechen, dass sie sich gleichzeitig bilde. Die Frage, ob sie bloss für sich, oder nur als Theil von zwei vollständigen Zellen bestehe, will ich später zu lösen suchen.

Die dritte Theorie der freien Zellenbildung um einen Kern ist zwar für die Conferven nicht mit Bestimmtheit ausgesprochen worden. Demungeachtet muss untersucht werden, ob durch sie die Erscheinungen erklärt werden können oder nicht. Man müsste annehmen, dass die jungen Zellen

während ihres Entstehens und Wachsens bis zur Unsichtbarkeit zart wären, und dass unsere Instrumente sie erst aufzufassen vermöchten, wenn sie aneinander stossend die Scheidewand bildeten. Diese Theorie würde offenbar mit dem spätern Verhalten der Scheidewände zur Zellmembran besser übereinstimmen als die zweite Theorie, indem nämlich später die beiden Lamellen der Wand jede unmittelbar in die Membran ihrer respectiven Zelle übergeht. Einmal aber spricht hier gegen die freie Zellenbildung der Mangel an stehengebliebenen Entwicklungsstufen; indem man noch nie eine Zelle gefunden hat, mit zwei kleinern Zellen, welche nicht zu einer Scheidewand sich vereinigt hätten. — Zu diesem negativen Grund kommt ein viel wichtigerer positiver. Das Endglied der Confervenachsen, welches neue Zellen bildet, enthält, wie oben angegeben wurde, in seiner untern Partie Chlorophyll, welches mit dem körnigen Schleime der Zellwand anliegt. Angenommen nun, dass zwei kleine Zellen im Innern sich bildeten, und allmähig das Lumen der Mutterzelle erfüllten, so müsste der ganze Inhalt der letztern aufgelöst werden, in die jungen Zellen hineingehen, und sich da wieder reorganisiren. Wenn nun auch die jungen Zellen wegen ihrer Zartheit nicht sichtbar wären, so müsste doch irgend eine Veränderung im Zelleninhalte bemerkbar sein; was nicht der Fall ist. Dieses Argument ist besonders schlagend für die Stammzellen, welche zu Aesten auswachsen. Jene Zellen sind grösser, sie enthalten einen wasserhellen Inhalt, und in der Schleimschicht an der Wandung ziemlich grosse Chlorophyllkugeln, welche in Maschen geordnet sind (Tab. I. 9, b). Die ganze Anordnung bleibt während des Auftretens der Scheidewand, welche die Stammzelle (b) von der Astzelle (c) scheidet, unverändert. Von einer Auflösung und einer Neubildung des Chlorophylls konnte ich nichts sehen. Ich schliesse daraus, dass in den Conferven die Vermehrung der Zellen unmöglich durch Bildung kleiner freier Zellen im Innern geschehen kann; sondern dass, ohne den Inhalt umzugestalten, entweder bloss eine

Scheidewand für sich oder in Verbindung mit einem Processe, der ausserhalb des Inhaltes statt findet, entstehen muss.

Für die Behauptung, dass bei den grünen Algen die Scheidewände in den Mutterzellen da entstehen, wo sie später auftreten, und dass nicht eine Bildung von zwei kleinen und freien Zellen vorausgegangen ist, sprechen vorzüglich auch die oben beschriebenen zwei neuen Diatomaceenarten. In *Bacillaria n. sp.* ist kein anderer Vorgang in der Zelle sichtbar, als das Auseinandergehen der freien mit Chlorophyll gemengten Schleimmasse in zwei Partien und das Auftreten einer trennenden Wand (Tab. I. 4, 5, 6). — Den unwiderleglichen Beweis liefert aber *Gaillonella n. sp.* Dieselbe enthält in einer cylindrischen Zelle eine wasserhelle Flüssigkeit und zwei Chlorophyllbänder, welche in den beiden Kanten an der Membran liegen (Tab. I. 2). Nach der Theilung hat sich die ganze Anordnung des Inhalts in nichts verändert, als dass er durch eine mittlere Wand in zwei Theile geschieden worden ist, und dass in dem einen dieser Theile ein neuer wandständiger Kern sich gebildet hat (Tab. I. 3). Die beiden Chlorophyllbänder liegen noch unverändert in den beiden entsprechenden (abgekehrten) Kanten der zwei Tochterzellen. Die beiden andern (zugekehrten) Kanten enthalten noch kein Chlorophyll; dasselbe bildet sich erst später. Wenn hier zuerst zwei kleine freie Zellen nach der *Schleiden'schen* Zellenbildung entstanden, wofür die wandständigen Kerne in Anspruch genommen werden könnten, so müsste von der Auflösung des Chlorophylls und von seiner Neubildung in den neuen Zellen nothwendig etwas gesehen werden, da dasselbe ein so charakteristisches Lagerungsverhältniss zeigt, und die Chlorophyllkügelchen selbst von hinreichender Grösse sind.

Die Theilung der Confervenzelle kann, wie wir nun gesehen haben, nicht erklärt werden durch eine freie Zellenbildung, noch durch eine Abschnürung der Zelle, noch durch ein allmähliges Hineinwachsen einer Scheidewand. Sondern die Wand entsteht gleichzeitig, sie ist verschieden

von der Wandung der Mutterzelle, sie theilt deren Inhalt unmittelbar in zwei Theile. Es fragt sich nun noch, ob die Wand ganz für sich entstehe, oder ob sie durch zwei Zellen erzeugt werde, die um jede Hälfte des Inhaltes sich gebildet haben. Im ersten Falle gieng die neue Membranbildung bloss in der Scheidewand selbst, im andern Falle in der Scheidewand und zugleich auf der ganzen innern Fläche der Mutterzelle vor sich. — Es ist voraus festzustellen, dass die Beobachtung direkt nicht zwischen diesen beiden möglichen Theorien entscheiden kann. Denn die Erscheinung, wie sie vorliegt, kann ebenso gut nach der einen als nach der andern begriffen werden. Die Forderung, dass man die Scheidewand sogleich als doppelte Membran erkennen müsste, wenn sie durch zwei Zellen dargestellt würde, ist nichtig, weil sie selbst zu schmal ist, um einen Entscheid zu gestatten. Ebenso wenig kann verlangt werden, dass man sogleich die Fortsetzung der Scheidewand auf der innern Oberfläche der Mutterzelle sehe aus dem gleichen Grunde.

*Unger*¹⁾ führt als Beweis für seine Ansicht, dass in *Achlya* bloss eine Wand und nicht eine ganze Zelle entstehe, an, dass die Wand des Zellschlauches durch die neue Zelle verdickt werden müsste, was nicht geschehe. Ein so subtiler Grund überschreitet aber ohne anders die Gränze des Erlaubten. Hat *Unger* die Dicke der Wandung vor und nach dem Erscheinen der Scheidewand gemessen? Oder war es möglich, den Durchmesser der letztern selbst zu bestimmen, und daraus auf die nothwendige Zunahme der Wandung der Mutterzelle einen Schluss zu machen? Ich halte beides nach meinen eigenen Untersuchungen an der gleichen Pflanze für unmöglich; ich muss die gleiche Methode der Entscheidung auch bei Conferven für unmöglich erklären. Man hat es hier mit ganz unmessbaren Grössen zu thun; und ist daher genöthigt, seine

1) Linnäa 1843. p. 136.

Zuflucht zu andern Gründen der Analogie und der Wahrscheinlichkeit zu nehmen.

Um zuerst von der fraglichen Zellenbildung in *Achlya* zu reden, so beweist die Analogie bis zur Evidenz, dass die Abschnürung des keulenförmigen Endes als Sporangium nicht Folge einer Wandbildung, sondern einer Zellenbildung sei. Ich habe Fälle beobachtet, wo in der Endanschwellung der Aeste eine (zuweilen auch zwei) kleine Sporangienzellen sich bildeten; andere Fälle, wo dieselben grösser waren und das angeschwollene Ende des Schlauches fast ganz erfüllten. Solche grössere freie Sporangien bilden vollständige Zellen, welche die Wand der Schlauchanschwellung nirgends berühren, sondern in geringer Entfernung von derselben und innerhalb derselben concentrisch liegen. Da wir nun an einem Orte das Sporangium als unzweifelhafte Zelle kennen lernen, warum soll es an einem andern Orte, in einem andern Aste des gleichen Individuums, nicht auch eine besondere Zelle, sondern bloss der durch eine Wand sich abscheidende Theil der Mutterzelle sein, — bloss deswegen, weil die neue Zelle den Mutterschlauch in seiner Breite ganz ausfüllt und daher bloss an ihrem freien Theile als Scheidewand sichtbar wird? Es ist mir wahrscheinlich, dass die freien Sporangienzellen in *Achlya* nicht als kleine Zellchen, sondern in ihrer spätern Grösse um eine Anhäufung von Inhalt entstehen; und glaube daher, dass die Sporangien, wenn sie bloss als Abschnürung des keulenförmigen Endes erscheinen, ebenfalls in Folge einer Membranbildung um den ganzen Inhalt erzeugt werden. — *Unger* sagt, dass nach dem Auftreten der Scheidewand keine Verdickung der Mutterzelle sichtbar sei. Das ist richtig, weil die Wand der Sporangienzellen noch keine messbare Grösse ist. Später aber, sobald die Scheidewand stärker wird, so sieht man, dass das ganze Sporangium nun entschieden eine dickere Membran besitzt, als der Zellschlauch unterhalb der Scheidewand. Schon diese Thatsache für sich macht auch die

Entstehung einer vollständigen Zelle und nicht einer blossen Wand wahrscheinlich.

Die Frage, ob die Theilung der Confervenzelle Folge einer Wandbildung oder einer vollendeten Zellenbildung sei, kann, da die Entwicklungsgeschichte selbst uns im Stiche lässt, hauptsächlich von drei Standpunkten aus beurtheilt werden 1) von dem spätern Verhalten der Membran und der Scheidewand, 2) von der Analogie, 3) von der Uebereinstimmung mit bekannten Vorgängen im Zellenleben aus. — Die Wand erscheint zuerst, wie schon gesagt, als eine schmale der Membran aufgesetzte Fläche. Sie wird allmähig dicker, und dann erkennt man in ihr zwei von einander geschiedene Lamellen. Jede von denselben geht unmittelbar in die Seitenwand der Zelle über. Diese Erscheinung wird von der Zellentheorie einfach so erklärt, dass sich gleich von Anfang zwei vollkommene Zellen um die ganzen Hälften des Inhaltes bilden, dass sie aber in ihrer Integrität erst dann erkannt werden können, wenn ihre Membranen dick genug sind, und wenn zu gleicher Zeit die Mutterzelle aufgelöst worden ist. Dieser Theorie genügt das Factum unmittelbar, wie es später in die Erscheinung tritt; sie schliesst bloss zurück, dass es von Anfang auch auf gleiche Weise entstanden sei. — Die Theorie der Theilung durch eine Wand hat dagegen, um von dieser Annahme zur spätern Erscheinung fortzuschreiten, mehrere Hülfs theorien nöthig. Sie muss erstens annehmen, dass die ursprünglich homogene Wand später in zwei Lamellen sich spalte; zweitens, dass jede dieser Lamellen mit der Wand der Mutterzelle in eine continuirliche Membran verwachse, und drittens, dass die Membran der Mutterzelle ringförmig sich in zwei getrennte Theile scheidet. Es sind diess drei bis jetzt im Zellenleben nirgends nachgewiesene Processe, und ihre hypothetische Annahme ist so lange zu vermeiden, als nicht ein sicheres Factum sie nothwendig fordert.

Wenn wir nun ferner nach Analogieen für die beiden Theorien suchen, so mangelt uns für die Wandbildung irgend-

wo eine bestimmte Thatsache. Dagegen habe ich vorhin gezeigt, dass in *Achlya* ohne Zweifel eine ganze Zelle und nicht bloss eine Wand entsteht. Unbestreitbar ist aber, wie ich oben nachgewiesen habe, die Theilung der Pollenmutterzellen in *Alcea*. Dort haben wir ganz die gleichen Erscheinungen, wie in *Conferva*: zuerst eine ungetheilte Zelle, dann Scheidewände und zuletzt besondere Zellen. Dort aber sind wegen der Dicke der Membranen die Mutterzelle und die Specialmutterzellen deutlich von einander zu unterscheiden. Man sieht, dass die Scheidewände nicht etwa mit der Wand der Mutterzelle verwachsen und so die Tochterzellen erzeugen; sondern dass diese besondere, von der Mutterzelle unabhängige Zellen sind, und dass die letztere vollständig resorbirt wird. — Diese Analogie muss uns ohne anders bestimmen, auch für die Conferventheilung einen ähnlichen Vorgang, also eine vollständige Zellenbildung um den ganzen Inhalt anzunehmen. Diess muss um so eher geschehen, da zwei Beobachtungen an Conferven selbst sie bestätigen. In *Conferva glomerata lacustris* (Tab. I. 10) sah ich die untern Glieder sich theilen. In dem dunkelgrünen Inhalte traten zwei helle Kerne, dazwischen eine Wand auf. Diese Wand setzte sich am Rande beiderseits in eine Membran fort, die innerhalb der Mutterzelle lag, und von ihr verschieden war. Der Ort der Zellenbildung ist zwar abnormal, da sonst nur die Endglieder sich theilen. Für die Theorie im Allgemeinen ist diess gleichgültig; und durch das Factum wird jedenfalls erwiesen, dass auch in Conferven nicht eine blosse Wand, sondern vollständige Zellen sich bilden. In *Conferva bombycina* (Tab. I. 13, 14) theilen sich alle Glieder der Pflanze. Dieselben sind langgestreckt elliptisch. In der Mitte entsteht eine Wand. Die beiden Tochterglieder, die nun die Gestalt einer halbirtten Ellipse besitzen (fig. 14), dehnen sich in die Länge und verschmälern sich an der ursprünglich breitem Seite, so dass sie wieder eine symmetrische Gestalt annehmen. Darauf tritt wieder Theilung ein. Jede Tochterzelle enthält im Centrum

einen runden wasserhellen Raum, ein Kernbläschen. Der Zelleninhalt besteht aus fast homogenem und fast ungefärbtem Schleim. Nach einigen Tagen färbte sich derselbe grün und wurde körnig, wobei auch deutlich war, dass die Scheidewände nicht von der Mutterzelle ausgingen, sondern sie stellten sich als Theile besonderer Tochterzellen innerhalb der Mutterzelle dar (fig. 14), welche letztere während des Wachstums der Tochterzellen sich auflöste (fig. 13, c). — Ein ganz sicheres Factum giebt auch *Palmella*, wo bei der Theilung von grössern Zellen zuweilen sehr schön die zwei Tochterzellen mit ihren breiten, gallertartigen, concentrisch gestreiften Membranen innerhalb der ebenfalls dickwandigen Mutterzelle liegen.

Es ist nun endlich noch die Frage, ob bereits bekannte Prozesse im Zellenleben zur Annahme einer blossen Wandbildung oder einer vollständigen Zellenbildung führen. Die Confervenzellen sind an ihrer innern Oberfläche mit einer Schleimschicht bekleidet. Dieselbe übt, wie ich oben dargethan habe, die Function, nach aussen Gallerte abzusondern. Die Gallerte wird zur Verholzung der Zellmembran, und an einer freien Oberfläche zur Erzeugung einer neuen Membran verwendet. Die Ablagerung von Gallerte geht im ganzen Umfang continuirlich vor sich; denn wir sehen, dass die neue Membran, welche sich um einen frei liegenden Theil der Schleimschicht gebildet hat, die Fortsetzung der innersten Verholzungsschicht ist. Das gleiche, wie hier, wird statt finden, wenn eine Confervenzelle sich theilt. Während dem die Scheidewand entsteht, dauert die Gallertausscheidung an der ganzen Oberfläche des Zelleninhaltes fort. Die Entstehung der Scheidewand selbst aber ist der Analogie nach so zu erklären, dass aus den beiden sich von einander trennenden Hälften des Zelleninhaltes Gallerte abgelagert wird, welche zuerst in Gestalt einer dünnen Wand erscheint, in der That aber in ihrem ersten Anfange schon aus zwei Lamellen besteht, weil ihr Ursprung ein doppelseitiger ist. Die Theilung einer Confervenzelle kann somit, ganz übereinstimmend mit bekannten Thatsachen, auf die Weise erklärt werden, dass ihr

Inhalt sich in zwei Theile sondert, und jeder von diesen mit einer Membran sich bekleidet. Die Schichtenbildung an der äussern Oberfläche des Inhaltes dauert fort; diejenigen, welche gleichzeitig mit der Scheidewand sich bilden, setzen sich in die Lamellen derselben fort, und stellen mit ihnen neue Zellen dar.

Es vereinigen sich somit alle Gründe zu dem Schlusse, dass die Zellentheilung ohne sichtbaren Kern in den grünen Algen im Wesentlichen auf der gleichen Grundlage beruhe, wie die Theilung mit centralem Kern in den Fucoideen und bei den Sporen- und Pollenmutterzellen; dass es eine Zellenbildung um den ganzen Inhalt sei. Ob überhaupt ein wichtiger Unterschied zwischen der Vermehrung der Zellen in den grünen Algen und den Fucoideen existire, muss noch weiter ermittelt werden; es ist aber unwahrscheinlich, da auch von den erstern mehrere einen centralen Kern besitzen. Die Theilung alter Zellen, die ich an *Conferva glomerata* L. Var. *lacustris* (Tab. I. 10) beobachtete, schien mir durchaus mit der Theilung von keimenden Sporenzellen der Fucoideen übereinzustimmen (Tab. II. 4, 5); indem in beiden die Zellen dicht mit dunklem körnigem Inhalt angefüllt waren, und einen centralen hellen Kern besaßen. Wenn andere grüne Algen einen wirklichen Kern (*Spirogyra*, *Conferva bombycina*) oder überhaupt kernartige Gebilde (*Palmella*, *Euastrum* etc.) besitzen, so sind dieselben ebenfalls im Mittelpunkt der Zelle. Für die wenigen Ausnahmen (*Arthrodesmus*, *Gaillonella*), welche einen lateralen Kern enthalten, darf man nicht zu einer andern Zellenbildung seine Zuflucht nehmen. Wir haben im Gegentheil gesehen, dass die Erscheinungen in *Gaillonella* bloss durch eine Zellenbildung um den ganzen Inhalt erklärt werden können. Wie in den Specialmutterzellen neben freien Kernen hin und wieder auch wandständige vorkommen, so ist diess auch bei der Zellenbildung um den ganzen Inhalt in den Algen der Fall. Dort ist es bloss eine individuelle Abweichung von der Regel, hier, wie es scheint, eine spezifische Eigenthümlichkeit.

c) *Von der wandständigen Zellenbildung um den Inhalt als allgemeinem Gesetz.*

Nachdem ich im Vorhergehenden die einzelnen Thatsachen für die Zellenbildung um den ganzen Inhalt mit und ohne sichtbaren Kern aufgeführt, und diese Zellenbildung für jeden der beiden Fälle unabhängig für sich bewiesen habe, so will ich noch in Kurzem die Beweise zusammen stellen, und das Gesetz allgemein begründen; ferner die Identität der verschiedenen Erscheinungen zeigen, und innerhalb dieser Identität auf wesentliche Verschiedenheiten aufmerksam machen; und endlich die Verbreitung dieser Zellenbildung im Pflanzenreiche, so weit es bis jetzt möglich ist, zu bestimmen suchen.

Der Beweis für die Zellenbildung um den ganzen Inhalt umfasst drei scharf zu unterscheidende Reihen von Thatsachen: 1) dass an einer freien Oberfläche von assimilirten Stoffen, denen Schleim (C, O, H, N) beigemischt ist, sich eine Zellmembran bilden kann; 2) dass bei der sogenannten Theilung der Zellen vollständige und von der Mutterzelle unabhängige Tochterzellen gebildet werden; und 3) dass diese Tochterzellen in der Lage und in der Gestalt entstehen, die sie bei ihrem ersten Sichtbarwerden zeigen.

Dass an der freien Oberfläche von schleimigem Zelleninhalt eine Membran sich bilden kann, dafür haben wir mehrere Thatsachen an Conferven- und an Siphoneenzellen kennen gelernt. Diese Membranbildung tritt entweder bloss als Ergänzung der unterbrochenen Continuität der Wandung auf. Wenn sich nämlich durch Endosmose von Wasser der Inhalt von der Membran zurückzieht, so mangelt ihm die Wandung an der freigewordenen Fläche; ebenso, wenn in einer langen (Siphoneen-) Zelle stellenweise der Inhalt abstirbt, und dadurch der dieser Stelle angränzende lebenskräftige Inhalt mit zwei Kreisflächen frei wird. In beiden Fällen bildet sich bloss ein grösseres oder ein kleineres Stück Membran nach Erforderniss

der Umstände. — Oder diese Membranbildung erzeugt vollständige Zellen. Es geschieht diess theils so, dass der ganze Inhalt einer Zelle sich von der Wandung löst, sich zusammenzieht, und an seinem ganzen Umfange eine neue Membran erzeugt (*Bangia*). Theils so, dass der von der Wandung sich lostrennende Inhalt einer verletzten Zelle sich in mehrere Stücke theilt, und jedes derselben zur Zelle wird. — Diese Reihe von Thatsachen beweist die Möglichkeit, dass an der Oberfläche von schleimigem Zelleninhalt eine Membran entstehen kann.

Die Theilung der Zellen wird nicht durch eine besondere, für sich bestehende oder durch die Membran der Mutterzelle erzeugte Scheidewand bewirkt, sondern immer durch ganze Zellen. Die Specialmutterzellen der Pollenkörner liegen als dickwandige, gallertartige und selbstständige Zellen innerhalb der ebenfalls mit einer breiten Gallertmembran versehenen Mutterzelle. Hier kann die Beobachtung nicht den geringsten Zweifel zurücklassen. Die Unabhängigkeit der Tochterzellen von der Membran der Mutterzelle ist auch in einigen Conferven mit centralem Kern und in *Palmella* deutlich. In *Achlya prolifera* wechselt die Erscheinung einer blossen Wand mit der von vollständigen Zellen ab. In diesem letztern und in allen übrigen Fällen kann das Unsichtbarbleiben der Seitenwände der Tochterzellen, wo sie nämlich der Membran der Mutterzelle anliegen, durch die Schmalheit ihrer Wandung ganz natürlich erklärt werden. Dass sie später, wenn sie stärker geworden sind, nicht als von der Mutterzelle unabhängig erscheinen, hat bloss darin seinen Grund, weil dannzumal die letztere aufgelöst ist. Dann stellt sich aber die Scheidewand als doppelte Platten dar, von denen jede continuirlich in die Membran der entsprechenden Zelle übergeht. Dagegen ist in keinem Falle etwas von dem Hineinwachsen einer Scheidewand zu sehen, noch auch dass diese Wand zu irgend einer Zeit der Lebensdauer in einer organischen Verbindung mit der Mem-

bran der Mutterzelle stände. Diese zweite Reihe von Thatsachen zeigt daher auf der einen Seite in einigen Fällen, dass die Tochterzellen gleich nach ihrem Entstehen als besondere Zellen innerhalb der Mutterzelle sichtbar sind, und in allen übrigen Fällen, dass die Tochterzellen, so bald sie gesehen werden können, als vollkommene Zellen mit ununterbrochener gleichförmiger Membran auftreten; — auf der andern Seite zeigt sie einen gänzlichen Mangel an gegentheiligen Erscheinungen. Diese Reihe von Thatsachen beweist daher, dass bei der sogenannten Theilung der Zellen vollständige, von der Mutterzelle verschiedene Tochterzellen entstehen.

Die Tochterzellen entstehen bei der Theilung der Zellen nicht als kleine, runde und freie Zellchen, sondern an dem Orte, wo sie zuerst sichtbar werden, nämlich an der innern Oberfläche der Mutterzelle und als Scheidewand. Um den Beweis hiefür zu führen, genügt es, zu zeigen, dass die Scheidewand nicht anderswo entstanden ist, als da, wo sie überhaupt gesehen wird. In keinem Falle ist etwas von jungen freien Zellen beobachtet worden, sondern bloss das Auftreten einer Wand. In dem Inhalt der Mutterzelle wird auch sonst während der Theilung keine Veränderung bemerkt. Sie findet statt, ohne dass in netzförmiger oder radienartiger Strömung ein Unterbruch oder eine Modification auftritt (Fucoideen), ohne dass ein Auflösen des festen Inhaltes, ohne dass sogar eine Aenderung in der Anordnung des festen Inhaltes wahrgenommen wird (Diatomaceen, Conferven); — was alles der Fall sein müsste, wenn zwei kleine freie Zellen sich bildeten, und die Contenta der Mutterzelle durch Endosmose in sich aufnahmen. Endlich ist zu beachten, dass die Tochterzellen in der Regel centrale Kerne besitzen (Specialmutterzellen, Fucoideen, mehrere Confervaceen), während die primären Kerne derjenigen Zellen, welche frei in der Mutterzelle entstehen, ohne Ausnahme wandständig sind. Diese dritte Reihe von Thatsachen beweist, dass bei der so-

genannten Zellentheilung die Tochterzellen nicht frei und als runde Bläschen, sondern in der Lage und in der Gestalt entstehen, wie sie später sichtbar werden.

Die angeführten drei Reihen von Thatsachen begründen in allgemeiner Gültigkeit das Gesetz, dass es eine bestimmte Art von Zellen giebt, welche um mehrere Partieen des ganzen Inhaltes der Mutterzellen sich bilden. Die Contenta der Mutterzelle werden unmittelbar und unverändert Contenta der Tochterzellen. Die Membran dieser letztern ist nie frei, sondern sie liegt, gleich bei ihrem Entstehen, theils an der (innern) Wandung der Mutterzellen, theils an der (äussern) Wandung der gleichzeitig entstehenden Schwesterzellen. Die Zellen sind nie rund, sondern sie haben gleich von Anfang die Gestalt, welche durch die Theilung der Mutterzelle entsteht¹⁾.

1) Diess gilt natürlich bloss für die sogenannte Theilung der Zelle, nicht überhaupt für alle Fälle, wo sich an der Oberfläche von Inhalt eine Membran bildet. Es muss nämlich unterschieden werden zwischen derjenigen Zellenbildung um ganze Inhaltsportionen, wo aller Inhalt und das ganze Lumen der Mutterzelle von den Tochterzellen eingenommen wird, und derjenigen Zellenbildung, wo die Erzeugung der Membran zwar an der Oberfläche von assimilirtem Zelleninhalt, aber frei (nicht an eine Zellwandung angelehnt) statt findet. Die letztere Art der Zellen- oder Membranbildung kommt hauptsächlich abnormal (bei Eingriffen auf das Zellenleben von aussen), ausserdem nur sporadisch (Sporangium von *Achlya*, Sporenzelle von *Spirogyra*) vor. Die Zellenbildung um den ganzen Inhalt dagegen, welche mit einer Theilung der Mutterzelle verbunden ist, oder die *wandständige* Zellenbildung hat eine grosse Verbreitung, und tritt überall als normaler Process auf. Ich werde später nach der Beschreibung der freien Zellenbildung um einen Kern auch das Verhältniss der *freien Zellenbildung um ganze Portionen assimilirten Inhaltes* zur *wandständigen Zellenbildung um den ganzen Inhalt* einerseits und zur *freien Zellenbildung um einen Kern* anderseits näher betrachten.

Durch die eben angegebenen Erscheinungen wird die Identität ausgedrückt, welche der wandständigen Zellenbildung um den ganzen Inhalt angehört. Andere Erscheinungen, die ebenfalls einen Theil dieser Identität ausmachen, werden wahrscheinlich in der chemischen und morphologischen Beschaffenheit des Inhaltes gefunden, und gehören wohl nicht nur dieser Zellenbildung, sondern überhaupt jeder Zellenbildung an. Als allgemeine Bedingung in Rücksicht auf chemische Beschaffenheit glaube ich annehmen zu können, dass die Inhaltspartie, um welche die neue Membran sich bildet, flüssigen Schleim (C, H, O, N), wenigstens in ihrer peripherischen Schicht, enthalte. Als allgemeine Bedingung in Bezug auf die morphologische Beschaffenheit scheint sich aus der Analogie zu ergeben, dass in der membranbildenden Inhaltspartie ein Kern vorhanden sei. Ich habe in dem Capitel über den Kern den Schluss aus Analogie gezogen, dass alle, wenigstens die jungen, Pflanzenzellen einen Kern besitzen. Damit ist nun zugleich ausgesprochen, dass derselbe auch in jungen Zellen, die um ganze Inhaltspartien entstanden sind, nie mangelt. Es fragt sich aber noch, ob dieser Kern schon vor der Zellenbildung vorhanden war, oder ob er erst in der schon gebildeten Zelle entstand, also ob es ein primärer oder ein secundärer Kern sei.

In den Mutterzellen der Pollenkörner und der Sporen (Florideen, *Anthoceros*) entstehen zuerst die Kerne, und erst nachher die Specialmutterzellen. In den Fucoideen sind zwei Kerne oder zwei Körnerhaufen, welche je einen Kern verbergen (keimende Sporen von *Padina Pavonia* und *Cystoseira*, Stammzellen von *Sphacelaria*) vorhanden, ehe die trennende Scheidewand auftritt. Es ist kein Grund, warum für andere Fucoideenzellen, wo der undurchsichtige Inhalt die Beobachtung hindert, der Kern nicht ebenfalls angenommen werden sollte. Für die Specialmutterzellen und für die Zellen der Fucoideen ist es somit erwiesen, dass sie nur um Inhaltsportionen der Mutterzelle, von denen jede einen Kern einschliesst, ent-

stehen, mit andern Worten, dass ihre Kerne primäre vor der Membranbildung schon vorhandene Kerne sind. Bei den grünen Algen habe ich die Kerne noch nicht mit Sicherheit vor der Zellenbildung beobachtet. Ob einige Erscheinungen (bei *Protococcus*, bei den Keimzellen von *Undina*, *Rivularia* etc.) so gedeutet werden müssen, muss durch fernere Untersuchungen entschieden werden. Bei einigen andern (*Euastrum*, *Bacillaria* sp. etc.) sind vor der Theilung zwei Anhäufungen von Körnern da, welche nach Analogie von Fucoideenzellen und von Pollenmutterzellen wahrscheinlich je einen Kern einschliessen. Mehrere zeigen mit der Theilung oder später einen centralen Kern in jeder Tochterzelle (*Conferva* sp., *Spirogyra*, *Closterium*). Andere besitzen nach der Theilung einen wandständigen Kern (*Arthrodesmus*, *Gaillonella* sp., *Bangia*). In den meisten endlich ist nie ein Kern gesehen worden. — Für die Fälle, wo ein Kern bei den grünen Algen auftritt, haben wir zweierlei zu berücksichtigen. Erstens, dass keine einzige Erscheinung dafür spricht, dass derselbe erst nach Entstehung der Tochterzelle als secundärer Kern sich gebildet hätte, und dass überhaupt für die Zellen, welche um ganze Inhaltsportionen entstehen, die secundären Kerne noch mangeln. Zweitens, dass in den Fucoideenzellen und in den Mutterzellen der Sporen und Pollenkörner die nämlichen Erscheinungen auftreten, nur dass es dort der Beobachtung möglich ist, noch weiter zurückzugehen, und die Kerne der Tochterzellen auch schon in der ungetheilten Mutterzelle nachzuweisen. Die Analogie fordert also die Annahme, dass die Kerne der grünen Algen ihre primären Kerne seien. Und zwar gilt diese Annahme für centrale und für parietale Kerne gleichmässig; denn auch die primären, schon in der ungetheilten Mutterzelle zu beobachtenden Kerne der Specialmutterzellen können bei der Zellenbildung frei oder wandständig werden. — Der Schluss von den Algenzellen mit Kernen auf die kernlosen ist um so leichter, da jede Familie ein oder mehrere Beispiele mit Kernen aufweist, und weil diese selbst so zu sagen auf der Gränze der Erkennbarkeit stehen,

theils wegen ihres eigenen zarten Baues, theils wegen der Undurchsichtigkeit und Trübheit des Zelleninhaltes. Wenn daher von den sichern Fällen auf analoge, aber der Erfahrung bis jetzt unzugängliche und somit noch unsichere Fälle ein Schluss gemacht werden darf, so müsste ausgesprochen werden, dass die in ihrem Umfange membranbildende Inhaltspartie einen freien, seltener einen wandständigen ¹⁾ Kern einschliesse.

Die Identität für die Zellenbildung um ganze Inhaltspartien beruht darin, dass die Membranen der neuen Zellen an der Oberfläche eines schleimigen, mit einem Kerne versehenen Inhaltes, angelehnt an die Wandungen der Mutterzelle und der Schwesterzellen entstehen. Verschiedenheiten, welche innerhalb dieser Identität bestehen, können entweder in der Natur des membranbildenden Inhaltes, oder in dem Verhältnisse der Tochterzellen zur Mutterzelle und zu einander gefunden werden. Der membranbildende Inhalt ist chemisch und morphologisch sehr verschieden. Er besteht entweder bloss aus homogenem oder gekörntem Schleim, der die Zelle gleichmässig erfüllt, oder er enthält ausserdem noch andere assimilirte Stoffe, wie Chlorophyll und Amylum; im letztern Falle ist er entweder gleichmässig durch die Zelle vertheilt, oder nach der Mitte zu angehäuft, oder er bildet bloss eine oberflächliche Schicht; die oberflächliche Schicht überzieht wieder entweder gleichmässig den ganzen Umfang, oder die Zellsaftkügelchen in ihr bilden gewisse Figuren. Ob und wie-

1) Ich werde später die Bedeutung des Ausdruckes »wandständig« erörtern. Für diesen Fall ist es wichtig, zu wissen, dass der Kern nicht unmittelbar an der Zellenmembran liegt, und mit derselben verwachsen ist, sondern dass er bloss die zwar sehr dünne, die innere Oberfläche überziehende Schleimschicht berührt, und bei Endosmose sich mit derselben von der Zellwand lostrennt, und oft sehr tief ins Innere des Lumens rückt (so z. B. in *Gaillonella* sp.)

fern diese angeführten Verhältnisse Begriffsunterschiede begründen, muss ich noch unentschieden lassen. — Ein anderer Unterschied besteht in der Lagerung des Kernes. Derselbe ist für die Specialmutterzellen der Phanerogamen offenbar unwesentlich, da die centrale und die parietale Stellung in der gleichen Anthere mit einander wechseln. Dagegen scheint diese Verschiedenheit wichtig für die Algen, wo einzelne Genera constant einen freien Kern (*Spirogyra*, *Conferva*, *Closterium*), andere constant einen wandständigen Kern (*Bangia*, *Arthrodesmus*, *Gaillonella* sp.) besitzen.

Was das Verhältniss der Tochterzellen zur Mutterzelle im Allgemeinen betrifft, so liegt ein wesentlicher Unterschied darin, ob die Tochterzellen der Mutterzelle gleich oder ungleich seien. Sie sind ihr gleich, wenn die Mutterzelle ebenfalls durch die wandständige Zellenbildung um den ganzen Inhalt entstanden ist. In diesem Falle ist die Bildung der Tochterzellen bloss die Wiederholung des Vorganges, welcher die Mutterzelle erzeugt hatte. Die Erscheinungen, welche diesen Vorgang begleiten, sind für Zellen mit centralem Kern höchst einfach. Der Kern der Mutterzelle theilt sich in zwei Tochterkerne, welche die primären Kerne für die Tochterzellen abgeben. Die Gleichheit der Mutter- und Tochterzellen tritt überall bei den Algen und ferner zwischen primären und secundären Specialmutterzellen der Pollenkörner (wenn die beiden vorhanden sind) auf; im letztern Falle ist sie dann nur bei der Entstehung der secundären Specialmutterzellen thätig. — Dagegen sind Mutterzelle und Tochterzellen ungleich, wenn die erstere durch eine andere Art der Zellenbildung, nämlich frei und um einen Kern entstanden ist. In diesem Falle tritt bei der Bildung der Tochterzellen nicht die Wiederholung eines frühern Processes, sondern ein ganz neuer und verschiedener Process auf. Derselbe ist auch von viel complicirteren Erscheinungen begleitet. Der parietale Kern der Mutterzelle wird nämlich zuerst aufgelöst, dann entsteht ein neuer, centraler, secundärer Kern, und erst in dessen Nähe

und unter dessen Einfluss bilden sich die primären Kerne für die Tochterzellen. Dieses Verhältniss zwischen Mutterzelle und Tochterzellen findet bei der Sporen- und Pollenbildung der viersporigen Pflanzen zwischen Mutterzelle und Specialmutterzellen statt.

Innerhalb der Gleichheit, welche zwischen Mutterzelle und Tochterzellen im Allgemeinen in Bezug auf die Art der Zellenbildung bestehen, giebt es wieder eine Reihe von speciellen Gegensätzen. Entweder sind die Tochterzellen der Mutterzelle vollkommen identisch, so z. B. in den Diatomaceen und in *Palmella*; die Tochterzelle ist hier wie die Mutterzelle ein vollkommenes Individuum und der Theilung fähig. Oder die Tochterzellen sind mit den Mutterzellen nicht identisch; diess ist der Fall in allen vielzelligen Individuen. Diese Verschiedenheit von Mutterzelle und Tochterzellen zeigt wieder eine Menge von Abstufungen. Die leichteste Differenz wird durch Zeit und Ort der Entstehung oder durch die Generationszahl, wichtigere Differenzen werden durch das Verhältniss der Achse von Mutterzelle und Tochterzellen, die wichtigsten werden durch den Umstand herbeigeführt, dass die einen Zellen überhaupt Zellen bilden und in Rücksicht auf den ganzen Organismus als vergängliche bezeichnet werden müssen, dass die andern dagegen keine Zellen bilden und als Dauerzellen auftreten. — Da die eben bezeichneten Erscheinungsweisen aber nicht bloss einer besondern Zellenart, sondern allen Zellen angehören, so will ich sie später für alle Zellen zusammen näher untersuchen. Dahin gehören auch die Verhältnisse zwischen den Tochterzellen selbst, welche in der Gleichheit oder in der grössern und geringern Verschiedenheit liegen. Die zwei Tochterzellen einer *Palmella* oder die vier Specialmutterzellen sind z. B. vollkommen identisch, während die zwei in dem Endglied einer *Conferva glomerata* gebildeten Zellen absolut verschieden sind, indem die eine (die End-) Zelle zur Mutterzelle, die andere zur Dauerzelle wird.

Ein Verhältniss von Mutterzelle und Tochterzellen, und von diesen unter sich, welches fernere Verschiedenheiten in der Zellenbildung bedingt, ist gegeben durch die Gestalt der Mutterzelle einerseits und durch die Zahl der Tochterzellen anderseits. Bei der wandständigen Zellenbildung um ganze Inhaltspartieen haben die entstehenden Zellen genau die Gestalt, welche durch die Theilung der Mutterzelle hervorgeht. Eine Menge Verschiedenheiten ergeben sich demnach aus dem Umstande, ob zwei oder vier oder fünf bis acht Zellen zugleich sich bilden; ferner, ob die Mutterzelle in gleiche oder in ungleiche Theile getheilt wird; endlich, ob die sich theilende Mutterzelle diese oder jene Form besitzt, ob sie kugelförmig, ellipsoidisch, cylindrisch, parenchymatisch u. s. w. ist. Ob diese Verschiedenheiten wesentlich seien, und ob sie spezifische Begriffe für die Zellenbildung um den ganzen Inhalt begründen können, dafür bedarf es noch weitläufiger Untersuchungen. Es ist wenigstens bemerkenswerth, dass, während bei der freien Zellenbildung um einen Kern die junge Zelle im Moment ihrer Entstehung immer eine rundliche Gestalt hat, bei der wandständigen Zellenbildung um ganze Inhaltspartieen dagegen die entstehende Zelle nie eine rundliche Gestalt hat, sondern auf einer Seite wenigstens mit einer ebenen Fläche auftritt, und dass die Form der entstehenden Zellen sehr mannigfaltig ist. Diese Form kann ein Kugelsegment, eine Halbkugel, ein Kugelquadrant, ein Kugeldreieck, ein Cylinder, ein Halbcylinder, ein Cylindersegment, ein Kegel, ein Halbkegel, ein Quadrat, ein Rechteck, ein Dreieck etc. etc. mit andern Worten die Form der entstehenden Zelle kann ein Theil der Kugel, der Ellipse, des Cylinders, des Kegels und jedes regelmässigen und unregelmässigen gradflächigen Körpers sein.

Die Verbreitung der wandständigen Zellenbildung um den ganzen Inhalt im Pflanzenreiche ist noch im höchsten Grade problematisch. Doch glaube ich Folgendes als sicher angeben zu können. Sie ist die einzige Zellenbildung bei

den Diatomaceen, Nostochineen, Oscillatorineen, Batrachospermeen und Fucaceen. Sie findet mit Ausnahme der Keim- oder Sporenzellen bei allen übrigen Zellen der Conferven statt. Sie gilt bloss für die Specialmutterzellen der viersporigen Pflanzen, nämlich der Florideen, Leber- und Laubmoose, Farren, Lycopodiaceen und Phanerogamen. Ob und in wiefern diese Zellenbildung auch bei Pilzen und Flechten vorkomme, ob sie bei den Ulvaceen sich finde, ob sie bei der Sporenbildung der Characeen und Equisetaceen eine Rolle spiele, weiss ich noch nicht. Dagegen glaube ich aussprechen zu dürfen, dass sie mit Ausnahme der Specialmutterzellen allen übrigen Zellen der Characeen, Equisetaceen, Florideen, Leber- und Laubmoose, Farren, Lycopodiaceen und Phanerogamen mangle, und dass bei diesen Abtheilungen des Pflanzenreiches mit Ausnahme der Specialmutterzellen bloss die freie Zellenbildung um einen Kern vorkomme.

(Fortsetzung folgt.)

Erklärung von Tab. I.

1–3. *Gaillonella n. sp.*

1. Von der Grundfläche angesehen; D. M. = 0,020''; Kern mit Kernkörperchen und Saftströmchen; grössere und kleinere Chlorophyllkugeln.

2. Von der Seitenfläche. Länge (D. M. der Grundfläche) = 0,022''; Breite (Achsenlänge) = 0,010''. Der Focus trifft die obere Wand; man sieht die beiden seitlichen Chlorophyllbänder. Innerhalb der Chlorophyllkörner liegt jederseits eine Reihe von winzigen, glänzenden Körnern. *n* wandständiger, im Centrum der Grundfläche befindlicher Kern mit Saftströmchen, wird bei tieferem Focalstande sichtbar (gegen die Regel mangelt hier der Achsenstrang).

3. Ein Individuum nach der Theilung, von der Seite angesehen. Länge (D. M. der Grundfläche) = 0,024''; Breite (Achsenlänge der beiden neuen Zellen) = 0,015''. Der Focus trifft die Achsenfläche; die Chlorophyllbänder erscheinen bloss im Durchschnitte. Jede der Tochterzellen besitzt einen wandständigen Kern (*n*) an der der Theilungswand abgekehrten Grundfläche, mit einem Achsen-Schleimstrang (*m*). Dagegen hat jede der Tochterzellen erst ein einziges Chlorophyllband, an der abgekehrten Kante; es sind die Chlorophyllbänder, welche früher der Mutterzelle angehörten.

4–7. *Bacillaria n. sp.*

4. Von der breiten Seite angesehen. *aa* (Längen D. M. der Grundfläche) = 0,008''; *bb* (Achsenlänge) = 0,006''. Der

grüne Inhalt ist im Centrum in eine kernartige Masse zusammengehäuft. Die beiden Kanten (b, b) zeigen je vier Streifen.

5. Ebenfalls von der breiten Seite; ein Individuum vor der Theilung. Der grüne kernähnliche Inhalt hat sich in zwei Parteien getrennt.

6. Ebenfalls von der breiten Seite; nach der Theilung. Zwischen den zwei grünen Inhaltspartien hat sich eine Scheidewand gebildet, parallel mit den beiden Grundflächen (b, b).

7. Von der Grundfläche. a a (Längen D. M. der Grundfläche) = 0,008''; c c (Breiten D. M.) = 0,004''. Die Grundfläche ist mit vier schmalen Rippen bedeckt, welche sich je seitlich etwas über den Rand hinaus auf die breite Seitenfläche verlängern (1, 5, 6: b b).

8. 9. *Conferva glomerata* L. (aus dem Meer).

8. Endzelle eines Fadens. D. M. = 0,024''. a Zellmembran der ursprünglichen Zelle. b abgestorbener, von der Membran losgelöster und in Auflösung begriffener Inhalt. c neugebildete Membran, welche an der Oberfläche des lebenskräftigen Inhaltes d entstanden ist. Der letztere ist durch eine Schleimschichte e begränzt, welche sonst der Membran anliegt, hier aber durch Endosmose von Wasser f während der Untersuchung von der Wandung sich loslöste und zurücktrat.

9. Astbildung. a und b zwei Stammzellen, mit wasserhellem Inhalt; an der Zellwand liegt eine schmale Schleimschicht; an dieser liegen die Chlorophyllkugeln, welche als Maschennetz angeordnet sind. c der auswachsende Theil der einen Stammzelle. Die wandständigen Maschen des Chlorophylls werden nach oben kleiner, und gehen dann über in Chlorophyll, welches durch das ganze Lumen und unregelmässig gelagert ist; darauf folgt ein körniger und zuletzt in der Spitze ein homogener und farbloser Schleim. — Die Wand tritt zwischen b und c auf, ohne dass eine Aenderung in dem Inhalte dieser beiden Zellen sichtbar wäre. — D. M. von a und b = 0,018''.

10. *Conferva glomerata* L. (Aus dem süßen Wasser.)

a, b, c drei neue in einem Gliede entstandene Zellen; sie sind dicht mit dunkelgrünem körnigem Inhalte erfüllt, und besitzen im Centrum ein helles Kernbläschen. d Extracellulärsubstanz. e Membran des ursprünglichen Gliedes. f Membran der neugebildeten Zellen; dieselbe ist innerhalb der Membran der Mutterzelle (e) als besondere Membran sichtbar. — In dem ursprünglichen Gliede hatten sich zuerst zwei Zellen gebildet: a und die Mutterzelle von b und c; a theilte sich nicht weiter, während in der andern Zelle nun erst b und c entstanden; desswegen ist die Scheidewand zwischen b und c viel dünner als diejenige zwischen a und b, welche letztere schon die doppelten Lamellen erkennen lässt. — g und h sind die beiden Theilzellen der angränzenden Glieder. — Länge von a, b und c zusammen = 0,070''; Breite von a = 0,032''.

11, 12. *Bryopsis Balbisi* Ag.

11. Ein alter Schlauch; D. M. = 0,035''. a ursprüngliche Membran des Schlauches. b neugebildete, zarte Membran, welche an den beiden Flächen des sich trennenden Inhaltes e und f entstanden ist. c wasserhelle Flüssigkeit. Bei d hat sich der Inhalt durch Endosmose von Wasser von der Wandung zurückgezogen, und ebenfalls eine neue Membran an seiner Oberfläche erzeugt. g Schleimschicht, welche der Membran aufliegt, und an welcher hinwieder die Chlorophyllkörnchen liegen. Der ganze feste Inhalt ist wandständig; er ist gezeichnet, wie er die zugekehrte Fläche des Schlauches bedeckt.

12. Ebenfalls von einem alten Schlauche; D. M. bei d = 0,050''. f lebendiger, mit bildungsfähigem Inhalte versehener Theil des Schlauches. Der feste Inhalt liegt an der Wandung, und besteht nach Aussen aus einer breiten Schicht feinkörnigen Schleimes (e), nach innen aus einzelnen Chlorophyllkügelchen; er ist im Durchschnitte gezeichnet. g abgestorbener mit farbloser durchsichtiger Flüssigkeit erfüllter Theil des Schlauches. a Extracellulärsubstanz. b Zellmembran am

abgestorbenen Theil; d Zellmembran am lebenden Theil des Schlauches. c neugebildete Membran, welche die freie Oberfläche der Schleimschicht e bekleidet.

13, 14. *Conferva bombycina* Ag.

13. Von einem in der Theilung begriffenen Faden. Der Inhalt besteht aus fast homogenem und fast ungefärbtem Schleim. Im Centrum liegt ein durchsichtiges Bläschen. Die zwei Glieder a und b sind in der Mutterzelle c entstanden, welche nun fast aufgelöst ist. Andere Glieder stellen sich dar wie fig. 14, indem zwei neue Kernbläschen und eine mittlere Wand sich gebildet haben.

14. Von einem Faden, der einige Tage im Zimmer gestanden hatte. Der Inhalt war schön grün geworden; die Kernbläschen sehr deutlich zu sehen. Die Membranen hatten sich etwas verdickt; die beiden Tochterzellen a und b waren nun als besondere Zellen innerhalb der Mutterzelle zu erkennen.

15, 16. *Cystoseira abrotanifolia* Ag.

15. Durchschnitt durch das *Punctum vegetationis*. Jede Zelle besitzt im Centrum einen freien, homogen-schleimigen Kern und radiale Strömungsfäden. Eine grösser gewordene Zelle enthält zwei Kerne, zwischen denen nachher eine Scheidewand sich bildet. D. M. der kleinern Zellen = 0,008''; Kerne = 0,0016''.

16. Isolierte Kerne aus der ältern Frons. Sie sind Bläschen: a ohne Inhalt; b, c mit einem oder mehrern Amylumkörnern; d mit ungefärbtem feinkörnigem Inhalt; e, f, g mit Chlorophyll. — D. M. der Bläschen = 0,004 — 6''.

17—20. *Ryt phloea tinctoria* Ag.

17. Ein junges, in der ersten Bildung begriffenes dichotomisches Haar von der Spitze der Frons. Es besteht erst aus zwei Zellen. Die obere grössere Zelle (= 0,013'') enthält einen homogenen ungefärbten Schleim. Das Kernbläschen

(= 0,007''') besitzt ein wandständiges Kernchen, und einen homogenen Inhalt, der etwas verdünnter ist als derjenige der Zelle.

18. Wie fig. 17. Der Inhalt der Zelle und des Kernbläschens ist wasserhell. Von dem Kernbläschen gehen radiale Saftfaden aus.

19. Junge Knospen- oder Keimzelle aus dem Cystocarpium (Kützing). Sie enthält einen fast homogenen und fast ungefärbten Schleim; von einem Kern ist nichts zu sehen. Länge = 0,007'''.
 20. Etwas ältere Knospenzelle; Länge = 0,012'''. Der Inhalt ist schwach rötlich und gekörnt. Das freie Kernbläschen (= 0,004''') hat einen verdünnten und homogenen Inhalt und ein dichtes Kernchen.

21, 22. *Laurencia dasyphylla* Grev.

21. Durchschnitt aus dem *Punctum vegetationis*. Die Zellen sind ungefärbt; D. M. = 0,003'''. Die Kerne sind dicht und undurchsichtig.

22. Drei Zellen von der Basis eines jüngern dichotonischen Haares von der Spitze der Frons. Sie sind ungefärbt. Jede hat einen wandständigen Kern und netzförmige Saftströmung. Länge von a = 0,016''', von b = 0,018'''. Kerne = 0,0018'''.
 23—25. *Hutchinsia*.

23. Zwei in einer Mutterzelle neu entstandene Zellen, von denen die obere (a) die Sporenmutterzelle, die untere (b) ihre Basiszelle ist. Die Zellen enthalten eine wasserhelle Flüssigkeit und einen wandständigen Kern. Höhe von a = 0,007'''; Breite von a = 0,005'''.
 24. Zwei gleiche Zellen etwas später. Der Inhalt ist fein gekörnt und schwach rötlich. Die wandständigen Kerne sind aufgelöst worden. In der Sporenmutterzelle (a) hat sich ein neues freies Kernbläschen mit einem Kernchen gebildet. Der

Inhalt des Kernbläschens ist homogen und verdünnter als der der Zelle. Höhe der Zelle $a = 0,012'''$; Breite $= 0,007'''$; Kernbläschen $= 0,0035'''$.

25. Die gleichen Zellen, wie in Fig. 23 und 24, noch später. Die Basiszelle b ist mit wasserheller Flüssigkeit gefüllt. Die Sporenmutterzelle a hat einen körnigen, röthlichen und etwas dunkeln Inhalt. Das Kernbläschen ist durch die anliegende Körnermasse verborgen; von derselben gehen radiale Strömungen aus. Die Membran der Mutterzelle hat angefangen, sich gallertartig zu verdicken. D. M. von a $= 0,020'''$.

26. *Callithamnion versicolor* Ag.

Eine Mutterzelle mit vier Specialmutterzellen (von denen die vierte abgekehrt und desshalb nicht sichtbar ist). Jede derselben hat einen centralen rothen Kern. Der absterbende Zelleninhalt ist grün geworden; die Kerne haben noch ihre Farbe behalten.

27. *Wrangelia penicillata* Ag.

Achsenzellen, mit ungefärbter durchsichtiger Flüssigkeit erfüllt. Jede hat ein wandständiges Kernbläschen, mit Kernchen und wasserhellem Inhalt.

28. *Morchella esculenta* Pers.

Der obere Theil eines Schlauches, worin sich später die Sporen bilden. Der Inhalt des Schlauches ist farbloser und noch fast homogener Schleim. Das Kernbläschen ist hell, das Kernchen dicht und weisslich. Länge des ganzen Schlauches $= 0,140'''$; Breite $= 0,008'''$; Kernbläschen $= 0,005'''$.

29, 30. *Bangia atropurpurea* Ag.

29. Aus dem untern Theil des Fadens, welcher bloss aus einer einfachen Zellenreihe besteht. Die Intercellularsubstanz überzieht nicht bloss die Seitenflächen des Fadens, sondern sie liegt auch zwischen den Lamellen der Scheidewände. Der

Zelleninhalt ist wasserhell. Ein farbloser Kern sitzt an der Membran. Durch anliegenden schleimigen Inhalt ist er röthlich gefärbt. Die durch das Lumen verlaufenden Strömungsfäden sind fast farblos. Ein scheinbares Kernkörperchen in a, b, d ist nichts als ein senkrecht stehender Saftstrang.

30. Unterster Theil eines ältern Fadens. Der verdünnt schleimige Inhalt der Zellen hat sich von den Wandungen (m), welche aus der ursprünglichen Membran und der Intercellularsubstanz bestehen, zurückgezogen, und sich mit einer neuen sehr zarten Membran (n) bekleidet. Zwischen der anfänglichen Zellmembran und der neugebildeten Zelle ist ein hohler mit Wasser gefüllter Raum (o). Der Zelleninhalt und die Kerne verhalten sich wie in der vorigen Figur. Mit Ausnahme der obersten dieser neuen Zellen (a) haben alle übrigen (b-f) seitlich nach unten einen schmalen Fortsatz getrieben, welcher die Scheidewände durchbricht, nach unten fortwächst, und ein Wurzelhaar constituirt.

31—41. *Anthoceros laevis* L. (Sporenmutterzellen)

31. Der wenige farblose Schleim ist als radiale Strömungsfäden um das centrale Kernbläschen vertheilt, welches einen wasserhellen Inhalt und ein dichtes Kernkörperchen enthält.

32. Das Kernbläschen besitzt zwei Kernkörperchen. Der dem Kernbläschen anliegende Schleim hat sich grün gefärbt.

33. Das Chlorophyll überzieht bloss die eine Seite des Kernbläschens.

34. Das Chlorophyll bildet bloss einen dem Kern einseitig anliegenden Strang.

35. Der Chlorophyllstrang (fig. 34) hat sich in zwei Theile getrennt, welche als längliche ziemlich scharf umschriebene Körper an dem Kernbläschen angelehnt sind.

36. Die zwei Chlorophyllmassen (fig. 35) erscheinen nun deutlich als zwei grüne, ovale Kerne, welche noch einseitig dem centralen Kernbläschen anliegen. Hier geht ein breiter Schleimstrang von dem centralen Kern aus nach der Wan-

dung, und vertheilt sich von da ringsum an der innern Oberfläche der Zelle.

37. Die zwei ovalen grünen Kerne (fig. 36) sind an zwei einander diametral gegenüberstehende Punkte des centralen Kernbläschens gerückt.

38. Die beiden ovalen grünen Kerne haben sich durch eine zarte Scheidewand in je zwei Theile getheilt. Jeder der letztern hat im Centrum ein kernchenähnliches Pünktchen. Die Theilung des einen ovalen Kernes ist nicht sichtbar, weil derselbe senkrecht steht; er erscheint desswegen rund. Die Durchmesser der ovalen grünen Kerne und ebenso ihre Theilungswände, welche auf jenen senkrecht stehen, schneiden sich unter einem rechten Winkel. — Das Kernchen des centralen Kernbläschens ist parietal.

39. Die vier neuen durch Theilung (fig. 38) entstandenen runden grünen Kerne beginnen sich von einander zu trennen. Die einen zwei gehen mehr horizontal, die andern zwei gehen mehr senkrecht auseinander. Die Trennungslinien schneiden sich unter einem rechten Winkel.

40. Die vier runden grünen Kerne (fig. 39) haben eine tetraëdrische Stellung eingenommen. Der vierte liegt abgekehrt, und ist nicht sichtbar. Das centrale Kernbläschen liegt nun ausserhalb der Saftströmungen. Diese bilden 1) Verbindungsstränge zwischen den grünen Kernen selbst, 2) zwischen den grünen Kernen und der Peripherie. Die Wand ist gallerartig verdickt. Die Verdickungsschichten sind gekerbt, gleichsam mit vielen ganz schmalen oder unvollständigen Poren durchbrochen, was daneben in a grösser dargestellt ist.

41. Zwei runde grüne Kerne besonders dargestellt, welche ausser einer wasserhellen Flüssigkeit bloss wenig wandständiges Chlorophyll enthalten. In a bildet dasselbe einzelne, mit einander sich verbindende Linien, in b eine gleichmässige, die ganze innere Oberfläche des Bläschens überziehende Schicht.

Erklärung von Tab. II.

1, 2. *Sphacelaria scoparia* Ag.

1. Achsenspitze; D. M. = 0,045. a schiefgerückte, linsenförmig zusammengedrückte Spitzenzelle, voll dunkler Körner. b zweite Zelle, welche dadurch, dass sie die wirkliche Spitzenzelle a überwächst, faktisch später zum Endglied wird; sie besitzt einen dunkeln körnigen Inhalt, in ihrem untersten Theil ein durchsichtiges Schleimnetz. c und d, zwei mit Körnern dicht erfüllte Zellen, welche durch Theilung einer seitlich geschobenen Spitzenzelle (wie a) hervorgegangen sind. e zweites Glied der Achse (es ist der untere Theil eines durch eine horizontale Wand sich theilenden Endgliedes wie b); es enthält ein durchsichtiges Schleimmaschennetz an der Oberfläche und durch das ganze Lumen, und im Centrum einen länglichen Körnerhaufen, der zunächst in kurze und dickere, strahlenförmige Stränge übergeht, und weiterhin in das Strömungsnetz sich verliert.

2. Achsenspitze ohne das Endglied. a zweites Glied des Fadens; D. M. = 0,045''; Höhe = 0,065'''. Es ist die gleiche Zelle wie fig. 1 e; der Inhalt verhält sich ebenfalls auf die nämliche Weise; bloss die centrale kernähnliche Körnermasse hat sich in zwei doppelt kleinere getheilt. Zwischen diesen beiden Kernhaufen wird eine horizontale Wand entstehen. b und c stellen zusammen das dritte Glied dar; und sind durch Theilung einer Mutterzelle wie a entstanden. Der centrale Kern hat sich bereits in zwei horizontal nebeneinander lie-

gende getrennt, zwischen welchen später eine senkrechte Scheidewand sich bildet.

3—5. *Padina Pavonia Gaill.*

3. Senkrechter Durchschnitt durch den obern eiugerollten wachsenden Rand der Frons. a Endzelle mit körnigem Inhalt und einem Kern; dieselbe theilt sich fortwährend durch eine horizontale Wand. b zweites Glied; der centrale Kern theilt sich in zwei horizontal nebeneinander liegende Kerne. Der Zelleninhalt besteht wie in den Zellen der folgenden Glieder aus radienartigen Saftfäden und einer durchsichtigen Flüssigkeit. c das dritte Glied hat sich in eine breitere vordere und eine schmalere hintere Zelle getheilt. d aus dem centralen Kern der hintern Zelle (c) sind durch Theilung zwei neue Kerne entstanden. e zwischen den beiden Kernen (d) hat sich eine senkrechte Wand gebildet.

4. Keimende Sporenzelle (Länge = 0,050''') mit körnigem Inhalt und zwei Kernen, welche durch Theilung des ursprünglichen, centralen Kernes entstanden sind.

5. Keimende Spore; zwischen den beiden Kernen (fig. 4) ist eine Scheidewand aufgetreten. Die Kerne selbst sind wegen anliegenden Körnern nicht zu sehen.

6, 7. *Equisetum arvense L.*

6. Rindenzellgewebe unterhalb der Stammspitze. In jeder Zelle liegt ein wandständiger Kern mit homogenem Schleiminhalt und mehreren Kernkörperchen. Durch das Lumen verlaufen Strömungsfäden. D. M. der Zellen = 0,012 — 0,014'''; Kerne = 0,004'''.
 7. Isolirte Kerne aus dem jungen unterirdischen Stamm; a mit zwei, b mit vier Kernkörperchen. c mit drei Kernkörperchen; jedes derselben liegt in einer Aushöhlung des Schleimes, welcher das Kernbläschen erfüllt. d I und II das gleiche Kernbläschen in verschiedener Lage, durch eine Drehung um die Achse von 90° hervorgebracht; die beiden Kernchen liegen

frei, und zwar in der Längsachse des Bläschens. e mit Jodtinktur behandelt; die Membran des Bläschens wird deutlich, sie bleibt ungefärbt; der homogene Schleiminhalt ist etwas körnig und gelbbraun geworden; das Kernchen ist dunkelbraun. — D. M. der Kernbläschen = 0,006''' — 0,007'''. Kernchen = 0,0005''' — 0,002'''.

8, 9. *Lycopodium clavatum* L.

8. Zellgewebe aus dem jungen Blatt mit wandständigen Kernen. D. M. der Zellen = 0,005'''. Kerne = 0,002'''.

9. Kerne aus den Rindenzellen des noch nicht ausgewachsenen Stammes, mit deutlicher Membran und wasserhellem Inhalt. a enthält bloss ein laterales Kernchen (n); b enthält ausserdem grössere wandständige Körner; in c liegen ausser dem Kernchen (n) kleinere Körnchen.

10, 11 *Nitella flexilis* Ag.

10. Junges Blatt, besteht aus drei Zellen: a (Länge = 0,090'''), b (Länge = 0,004''') und c (Länge = 0,015'''); und trägt ein in der Entwicklung begriffenes Sporangium, das erst aus vier Zellen gebildet ist; diese Zellen enthalten einen homogenen, farblosen Schleim und helle Kernbläschen mit einem punktförmigen Kernkörperchen.

11. Saamenzellfaden aus dem Antheridium. Breite der Zellen = 0,004'''; Höhe = 0,003'''. a in jeder Zelle ein grosses mit verdünntem, homogenem Schleime erfülltes Kernbläschen mit einem Kernchen. b der gleiche Faden wie a, nachdem derselbe kurze Zeit im Wasser gelegen hatte. Die Kernbläschen haben sich in einen dichten, kleinern Schleimballen zusammengezogen, in welchem das Kernchen nicht mehr sichtbar ist.

12. *Aspidium violascens* Link.

Junges Haar von der Spitze der Frons. In jeder Zelle ein Kernbläschen mit Kernchen und mit Saftströmung. D. M. der Zellen = 0,011'''. Kernbläschen = 0,004'''.

13. *Diplazium arborescens Sw.*

Kerne aus dem Keimblatt. a (D. M. = 0,006'''') ein jüngeres Kernbläschen mit homogenem Schleime und einem Kernchen. b das gleiche Kernbläschen a mit Jodtinktur behandelt; die Membran ist sichtbar geworden und ungefärbt geblieben; der Inhalt ist körnig und braun geworden. c (D. M. = 0,008''') ein älteres Kernbläschen mit deutlicher Membran, körnigem Inhalt und wandständigem Kernchen. d ein Kernbläschen von der Seite mit wasserhellem Inhalt.

14. *Philonotis fontana Brid.*

Kerne aus dem Parenchym der Kapselwand. D. M. = 0,005'''. a von der Seite. b mit homogenem Schleim, das Kernchen liegt in einer Höhlung des Schleimes. c ebenfalls mit homogenem Schleim.

15. *Jungermannia bicuspidata L.*

Spitze eines jungen Blattes. Die untern Zellen enthalten Chlorophyll; je die obersten zwei besitzen noch ein Kernbläschen mit einem Kernchen. D. M. der Zellen = 0,005–6'''. Kerne = 0,0025'''.
 16. *Lunularia vulgaris Michel.*

Haarzellen aus der weiblichen Blüthe, mit parietalen Kernbläschen und Saftströmung. Kerne = 0,004–5'''.
 17. *Orchis maculata L.*

a-m. Kerne aus dem Blüthenschaft; D. M. = 0,006''' – 0,009'''. a, I, II, III der gleiche Kern zweimal um einen rechten Winkel gedreht, er besitzt zwei ungleich grosse, freie Kernchen. b, c, d die Kernchen liegen in einer Höhlung des Schleimes. e von der Seite; der Kern hat bei der Losreissung von der Zellwand den Theil seiner Membran, mit dem er angewachsen war, zurückgelassen; das grössere Kernchen ist von einem hohlen Raume umgeben, die beiden kleinern nicht. f auf der

einen Seite des Kernchens ist ein leerer Raum ; es ist im Innern hohl. g, h, i die Kernchen liegen in Höhlungen. k das grössere Kernchen hat im Centrum einen kleinen Hohlraum, die beiden kleinern sind solid. l das Kernchen liegt in einer Höhlung des Schleimes, es ist selbst im Innern hohl, und enthält dasselbst ein kleines Körnchen. m die Membran des Kernbläschens (r) ist deutlich ; der homogene Schleim ist hohl und am Umfange dieser Höhlung membranartig verdichtet (q) ; die Membran des Kernchens (s) erscheint ebenfalls deutlich ; dasselbe ist hohl. n, o, p Kernkörperchen besonders dargestellt, sie enthalten mehrere oder viele hohle Räume, an n ist überdiess die Membran zu erkennen.

18. *Solanum tuberosum L.*

Kernbläschen aus dem Parenchym des Stengels mit einer Membran, wasserhellem Inhalt und einem wandständigen Kernchen.

19, 20. *Tradescantia virginica L.*

19. Kerne aus den Staubfadenhaaren mit homogenem Schleiminhalt; die Kernchen liegen unmittelbar im Schleim oder in besondern Höhlungen.

20. Endglieder eines wachsenden Staubfadenhaares. a mit einem länglichen Kern. b derselbe theilt sich durch eine Scheidewand. c die beiden neuen Kerne trennen sich, d sie haben sich von einander entfernt; die Zellenbildung hat noch nicht stattgefunden.

21. *Orchis maculata L.*

a. Keimknospe (ovulum) mit homogenem Schleiminhalt in den Zellen und Kernbläschen, die bloss als Ringe zu erkennen sind, mit einem kleinen Kernchen. b durch Endosmose von Wasser verändert: die Kerne sind kleiner, dicht und undurchsichtig geworden.

22. *Cobaea scandens Cav.*

a. Pollenmutterzelle (D. M. = 0,016''') mit körnigem Schleim; das centrale Kernbläschen (D. M. = 0,007''') ist durchsichtig; das Kernchen (= 0,003) dicht und weisslich. b und c Kerne besonders dargestellt, D. M. = 0,008'''; Inhalt homogen-schleimig, das Kernchen liegt in einem Hohlraum (e, e). In b enthält das Kernchen selbst eine, in c enthält es mehrere Höhlungen. In c besitzt das Kernchen eine deutliche Membran (d).

23. *Cucurbita Pepo L.*

Pollenmutterzelle (D. M. = 0,020''') mit durchsichtigem centralem Kernbläschen (D. M. = 0,008''). Das Kernchen (D. M. = 0,004''') enthält in einer Membran einen körnigen Inhalt.

24. *Amaryllis formosissima L.*

Pollenkorn mit freiem Kern. Der Kern hat dunkle körnige Anhänge. b, c, d, e solche Kerne besonders dargestellt.

25. *Lilium bulbiferum L.*

a ein junges Pollenkorn (Länge = 0,024''') mit durchsichtigem centralem Kernbläschen und drei dichten Kernchen; b dasselbe Pollenkorn durch Endosmose von Wasser verändert; das Kernbläschen ist kleiner, trübe und schwach gelblich geworden, in seinem Umfange hat sich eine Wasserblase gebildet; c das gleiche Pollenkorn noch mehr verändert; der Kern ist noch kleiner, ganz dicht und gelb, die Wasserblase grösser geworden.

26. *Pancreatium illyricum L.*

Junges Pollenkorn; Länge = 0,028''', Breite = 0,020'''. a primärer, wandständiger Kern; D. M. des wasserhellen Kernbläschens = 0,006'''; Kernchen = 0,0013'''. b secundärer, centraler Kern; D. M. des wasserhellen Kernbläschens = 0,008'''; Kernchen 0,003'''. c Anhäufung von dunkeln Körnern um das centrale Kernbläschen.

27, 28. *Gaillonella n. sp.* (zu Tab. I. 1–3.)

27. Von der Grundfläche; D. M. = 0,025^{'''}. Die Chlorophyllkugeln stehen in radienartigen Reihen um den Kern. Es ist ein Individuum nach der Theilung, wo wieder Chlorophyllbildung statt findet.

28. I. Von der Seitenfläche; Länge = 0,027^{'''}, Breite = 0,012^{'''}. a die reifartige Platte von fester kieselhaltiger Extracellulärschicht; wo sie von aussen der Membran aufliegt, da mangelt an der innern Fläche das Chlorophyll. b die beiden Chlorophyllbänder; sie erscheinen bei c im Durchschnitte.

28. II. Von der Grundfläche; das eine der beiden Chlorophyllbänder erscheint hier als Kreis.



