

**Zeitschrift:** Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik

**Herausgeber:** M.J. Schleiden und Carl Nägeli

**Band:** 1 (1844-1846)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Zellenkerne, Zellenbildung und Zellenwachstum bei den Pflanzen  
[Fortsetzung]

**Autor:** Nägeli, Carl

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-357984>

#### **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:** 08.02.2026

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

# **Zellenkerne, Zellenbildung**

*und*

## **Zellenwachsthum bei den Pflanzen**

*von*

**Carl Nägeli.**

---

**Tab. III. Fig. 1 – 9. Tab. IV. Fig. 1 – 10.**

**(Fortsetzung und Schluss.)**

In der ersten Hälfte dieses Aufsatzes<sup>1)</sup> habe ich nachzuweisen gesucht, erstens, dass die Zellenkerne in allen Pflanzenzellen vorkommen und dass sie Bläschen sind; zweitens, dass bei einer Art von Zellenbildung (welche *wandständige* Zellenbildung genannt wird) der ganze Inhalt der Mutterzelle sich in zwei oder mehr Partieen theilt, dass um jede dieser Partieen durch Ausscheidung von Gallerte sich eine vollständige Membran bildet, welche theils an die Wand der Mutterzelle, theils an die Wand der Schwesterzellen angelehnt ist. Gegen einige seitdem erhobene Einwendungen werde ich später Gelegenheit finden, meine Theorieen zu vertheidigen. Ich habe mit der Fortsetzung dieses Aufsatzes, welche zunächst die freie Zellenbildung enthalten soll, gezögert, weil mir meine Beobachtungen immer noch für einen ganz sicheren Schluss ungenügend schienen. Ich bin auch jetzt, trotz vieler Anstrengungen, für manchen Punkt bloss zu einem Wahrscheinlichkeitsresultate gelangt, das ich jedoch nicht länger zurückhalten will, die weitere

---

<sup>1)</sup> 1. Heft dieser Zeitschrift pag. 34 ff.

Ausbildung und Begründung der Lehre einer glücklicheren Zeit überlassend.

#### 4) Freie Zellenbildung.

##### a. Ohne sichtbaren Kern.

Bei der freien Zellenbildung ohne sichtbaren Kern entstehen die neuen Zellen in dem Inhalte der Mutterzelle als kleine kugelige Körper, an welchen man, sobald sie eine hinreichende Grösse erlangt haben, eine umschliessende Membran und einen umschlossenen Inhalt erkennt.

In *Chlorococcum Grev.* und *Haematococcus Ag.* treten die neuen Zellen als grüne (bei der ersten Gattung) und als rothe (bei der zweiten Gattung) Kugelchen auf, an denen man bloss eine scharfe Begrenzung wahrnimmt. Wenn sie die Mutterzelle verlassen und grösser werden, so unterscheidet man eine farblose Membran um den gefärbten Inhalt. Von einem Kerne habe ich bis jetzt nichts sehen können. Es hat den Anschein, als ob bloss einzelne kleine Partieen des Inhaltes sich zusammenballten, eine vollkommen sphärische Gestalt annähmen und sich mit einer Membran bekleideten. Der übrige Inhalt der Mutterzelle wird nach und nach aufgelöst.

*Valonia utricularis Ag.* ist eine grosse Zelle. An der innern Fläche der Membran liegt die Schleimschicht. In derselben entstehen die Keimzellen. Sie erscheinen dem bewaffneten Auge zuerst als kleine Tröpfchen von Schleim. Erst wenn sie grösser, körnig und grün werden, erkennt man an ihnen die Membran<sup>1)</sup>.

Die Entstehung der Keimzellen (Sporen) der Pilze und Flechten in den Schläuchen ist mit den gleichen Erscheinungen verbunden. Sie zeigen sich zuerst bald als homogene Schleimtröpfchen, bald als kleine kugelige Hohlräume: ersteres bei verdünntem wasserhellem, letzteres bei dichterem schleimigem Inhalte des Schlauches. In beiden Fällen lässt die entstehende Keimzelle

<sup>1)</sup> In Bezug auf das Nähere verweise ich auf eine demnächst erscheinende Schrift über Algen.

anfänglich bloss eine scharfe Begrenzung, erst später eine deutliche Membran erkennen<sup>1)</sup>). Von einem Kerne ist dabei nichts sichtbar; nachher wenn die Zellen grösser geworden und der Inhalt sich umgebildet hat, so sieht man in einigen Fällen einen Kern.

Bei *Coleochæte scutata* Bréb. treten die Keimzellen in den Mutterzellen zuerst als kleine grüne homogene Kugelchen auf, an denen nachher die Membran sichtbar wird. Ein Kern ist zuweilen an der ausgebildeten Keimzelle beim Keimen zu erkennen.

Die eben angeführten Beispiele für die *freie Zellenbildung ohne sichtbaren Kern* stimmen darin mit einander überein, dass die neuen Zellen zuerst als kleine sphärische homogene Partieen des Inhaltes der Mutterzelle erscheinen, an denen noch keine Membran, sondern bloss eine scharfe Begrenzung erkannt wird. Sie sind, wie der Inhalt der Mutterzellen, gefärbt (grün, roth), oder ungefärbt. Erst mit dem Grösserwerden und meist zugleich mit dem Körnigwerden tritt die Membran deutlich auf. Ein Kern ist anfänglich nie sichtbar, und erscheint nur in einzelnen Fällen späterhin.

Eine zweite Reihe von Beobachtungen über freie Zellenbildung ohne sichtbaren Kern habe ich an Algen und Wasserpilzen gemacht, vorzüglich an *Bryopsis*, *Codium*, *Anadyomene*, *Acetabularia*, *Dasycladus*, *Conferva glomerata* (lacustris et marina), und *Achlya prolifera*. Ich halte es für eine abnormale Zellenbildung, weil sie meist in ältern Zellen auftritt und häufig mit dem Absterben des übrigen Zelleninhaltes gleichzeitig ist, oder demselben vorhergeht. Findet diese Zellenbildung in gesunden Zellen statt, welche ausser einem farblosen wasserhellen Inhalte homogenen und körnigen Schleim, der vorzüglich als Schleimschicht die Wandungen auskleidet, ferner Chlorophyllkugelchen und Amylumkörner, welche vorzüglich an der Schleimschicht liegen, enthalten; — so zeigen sich dem Blicke zuerst kleine homogene farblose Schleimkugelchen.

---

1) Vergl. Nägeli Linnæa 1842 pag. 257, tab. IX. fig. 32, 34, 41, 45.

deren Durchmesser  $0,002 - 0,004''$  beträgt. Sie werden grösser, feingekörnt, färben sich grünlich, und lassen allmälig eine Membran sichtbar werden. Nachher erreichen sie eine sehr verschiedene Grösse ( $0,010 - 0,060$ ), und besitzen einen der Quantität nach sehr verschiedenen Inhalt, indem die Chlorophyllkügelchen bald bloss in geringer Anzahl an der Wandung liegen, bald durch ihre grosse Menge der Zelle ein dunkelgrünes Ansehen geben.

In dem eben angeführten Falle entstehen die Zellen und bilden sich aus, ohne dass der Inhalt der Mutterzelle dadurch unmittelbar wesentlich verändert wird. Sind dagegen die Mutterzellen im Absterben begriffen, so löst sich der Inhalt (die Schleimschicht mit den Chlorophyll- und Stärkekügelchen) von der Wandung los, und liegt nun ausgegossen im Lumen der Zelle. In diesem Falle entstehen die neuen Zellen gewöhnlich nicht als kleine farblose homogene Schleimkügelchen, sondern als grössere Kugeln von zusammenfliessendem Inhalte, welcher aus Schleim, Chrorophyll und Amylum zusammengesetzt ist. Zuäusserst lagert sich immer eine Schicht homogenen Schleimes, und bildet eine scharf begrenzte Oberfläche. Schnell bildet sich an dieser Oberfläche eine deutliche Membran. Dabei lagert sich der Inhalt so an, dass die Chlorophyll- und Amylumkügelchen an der Peripherie liegen, und dass das innere Lumen mit wasserheller Flüssigkeit gefüllt ist.

Diese Zellen, sie mögen in gesunden oder in absterbenden Zellen sich bilden, entstehen durch *abnormale Zellenbildung*, und stehen, wie es scheint, in keinem nothwendigen Verhältnisse zur Fortpflanzung. Sie gehen daher auch in der Regel, ohne weitere Entwicklung, zu Grunde. In einzelnen Fällen aber verhalten sie sich wie Keimzellen, und entwickeln sich zu einer neuen Pflanze.

Auf Tab. III. ist in Fig. 1 und 2 ein alter Schlauch von *Bryopsis Balbisiana* gezeichnet, wo abnormale Zellenbildung stattfindet. In Fig. 1, *a* und *b*, ist der Inhalt abgestorben, und in Auflösung begriffen. Es sind zerstreut liegende Chlorophyllkügelchen und Schleimkörnchen. Die Stellen *c* und *d* dagegen enthalten lebenskräftigen Inhalt, der von einer Schleimschicht umgeben ist. Sie sind durch einen Schleimstrang *e* mit einander verbunden. Dieser

Schleimstrang ist der Ueberrest von der die Stelle *a* ehemals auskleidenden Schleimschicht. Er war früher dicker, und wird nun nach und nach dünner. Fig. 2 stellt das gleiche Schlauchstück nach einiger Zeit dar. Der verbindende Schleimstrang ist verschwunden, was dadurch geschah, dass er nach und nach dünner wurde, dann entzwey riss und sich vollständig mit den beiden lebenskräftigen Inhaltspartieen *c* und *d* vereinigte. *c* ist nun eine abgeschlossene, ellipsoidische Inhaltspartie, welche überall frei liegt, und an ihrer ganzen Oberfläche von einer schmalen Schicht homogenen farblosen Schleimes umgeben ist. Die nächste und wichtigste Veränderung, welche an ihr vorgehen wird, ist das Auftreten einer umschliessenden Membranschicht.

In Fig. 3 ist ebenfalls ein altes Schlauchstück von *Bryopsis Balbisiana* gezeichnet. Neben absterbendem und sich auflösendem Inhalte (Chlorophyll, Amylum und Schleim) liegen kleinere und grössere Zellen in verschiedenen Stadien. Die einen sind sehr klein, und erscheinen nicht anders als ein Tröpfchen Schleim (*a*, *a*). Andere sind etwas grösser, feinkörnig, etwas grünlich und zeigen schon eine zarte Membran (*b*, *b*); noch andere sind ziemlich gross, grün mit deutlicher Membran (*c*, *c*).

Bei der freien Zellenbildung ohne sichtbaren Kern muss auch die Entstehung der Keimzellen (Sporen) der Zygennaceen (*Spirogyra*, *Zygnema* etc.) aufgeführt werden. Das Factum ist bekannt: dass zwei Zellen sich miteinander vereinigen (copuliren), dass die Scheidewand der Vereinigungsstelle aufgelöst wird, dass der Inhalt der beiden Zellen sich von den Wandungen loslässt, und sich entweder in dem Lumen einer der beiden Zellen oder in der Verbindungsöhre zu einer kugelförmigen oder ellipsoidischen Masse zusammenballt und zur Keimzelle wird. Die Beobachtung zeigt in Bezug auf den letzten Vorgang nichts anderes als zuerst eine Masse von grünem Inhalte mit scharfer Begrenzung, und später die gleiche Masse von grünem Inhalt von einer Membran umschlossen. Für die Bildung dieser Membran sind zwei Annahmen möglich: 1) sie entstehe da, wo sie zuerst sichtbar wird, an

der Oberfläche des Inhaltes; 2) sie entstehe als kleine Zelle im Innern, und nehme beim Grösserwerden allmälig den Inhalt in sich auf.

Für die erstere Annahme spricht einmal die Analogie mit der abnormalen Zellenbildung in *Bryopsis*, *Confervae* etc., wo ebenfalls die Membran an der Oberfläche des Inhaltes sich bildet. Ferner spricht dafür der Umstand, dass von einer kleinen Zelle im Innern und von den Veränderungen im Inhalte (Auflösung und Reorganisation der festen Gebilde, wie Chlorophyll und Amylum), welche damit nothwendig verbunden wären, nichts sichtbar ist. — Ueber allen Zweifel wird aber jene Annahme durch folgendes Factum erhoben. Es ist bekannt, dass die Vereinigung zweier Zellen und die Vermischung des Inhaltes nicht immer von Statten geht. Zuweilen bildet sich in einer Zelle eine Keimzelle bloss aus ihrem eigenen Inhalte, wenn die Zelle entweder gar keinen Verbindungsfortsatz bildet, oder wenn dieser keinen andern findet, mit dem er sich verbinden kann. In dem letztern Falle löst sich der Inhalt von der innern Zellwandung los, und bewegt sich nach dem blinden Fortsatz hin. Daselbst angekommen und am weitern Vorrücken verhindert, bildet er sich zur Zelle um und zwar genau in der Gestalt, die er eben besitzt, so an *Zygnema stellinum Ag.* (Tab. III, Fig. 4). — Zuweilen geschieht es, dass zwei Zellen durch eine Verbindungsröhre communiciren, dass aber der Inhalt der beiden Zellen nicht bis zur Vereinigung gelangt. Es entstehen dann zwei Keimzellen, von denen die eine ellipsoidisch oder kugelig ist, die andere aber die Gestalt zeigt, welche der auf der Wanderung begriffene Inhalt eben besass, ehe er in Ruhe und zur Zellenbildung gelangte (Tab. III, Fig. 6 an *Zygnema stellinum*). — In den beiden geschilderten Fällen muss ohne anders angenommen werden, dass die Membran an der Oberfläche des Inhaltes entstehe. Würde sie sich im Innern als kleine Zelle bilden, so müsste sie bei ihrer weiteren Ausbildung ihre ursprüngliche kugelige oder ellipsoidische Gestalt behalten, wie alle Zellen, welche frei entstehen und frei sich entwickeln.

*Schleiden*<sup>1)</sup> ist geneigt, die Keimzellen von *Spirogyra* auf eine andere Weise entstehen zu lassen, indem er sagt: „Ich fand fast jedesmal in dem bereits unordentlich zusammengehäuften Zelleninhalt eine zarte Zelle, die ich für die eigentliche Spore halten muss, um welche sich die grüne und körnige Masse, um sich eine Scheinmembran bildend, nur anlegt, oder welche nach und nach diese Masse aufsaugt. Vielleicht ist der . . . Cytoblast . . . der Bildner der eigentlichen Sporenzelle.“ Ich vermuthe, dass *Schleiden* eine eigenthümliche und räthselhafte Zellen- oder Blasenbildung beobachtet hat, welche bei *Spirogyra* vorkommt und von der ich später in einer besondern Notiz sprechen werde. Diese Zelle ist aber weder der Anfang einer Keimzelle, oder die Keimzelle selber, noch ist sie aus dem Zellenkern hervorgegangen. – Es scheint mir überhaupt, dass die Zellenkerne, welche im Centrum der Zellen von *Spirogyra* liegen, bei der Entstehung der Keimzellen keine Rolle spielen. Sie sind oft sichtbar, bis sich der Inhalt zu einer Kugel zusammenballt. Dann verschwinden sie. Sie verbergen sich aber nicht etwa in dem Inhalte; denn wenn sie zuletzt noch gesehen werden, so ist es an der Oberfläche des grünen Inhaltes. Ich zweifle daher nicht daran, dass die Kerne der Mutterzellen aufgelöst werden, ehe sich der Inhalt zur Keimzelle umbildet. Es ist übrigens auch nicht abzusehen, was zwei Zellenkerne, da jede der sich copulirenden Zellen einen Kern besitzt, bei der Bildung einer Zelle thun sollten. – In Tab. III. fig. 5 sind einige Zellen von *Spirogyra quinina* gezeichnet, wo sich die Keimzellen ohne Copulation bilden. In zweien sieht man den Zellenkern an der Oberfläche des Inhaltes; in der dritten Zelle ist derselbe verschwunden.

Ich erwähne noch einer freien Zellenbildung ohne sichtbaren Kern, wo die Beobachtung ebenfalls ein ziemlich sicheres Resultat giebt. Es ist die Entstehung der Sporangien in *Achlya prolifera*. Ich habe diesen Punkt schon im ersten Theile dieses Aufsatzes, in Rück-

---

<sup>1)</sup> Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. II. pag. 31. (Erste Auflage.)

sicht auf die sogenannte Theilung der Zellen besprochen.<sup>1)</sup> *Achlya* liefert merkwürdige Thatsachen, sowohl über wandständige als über freie Zellenbildung, so dass ich einige Abbildungen davon gebeu will. In dem keulenförmig angeschwollenen Ende eines Astes bilden sich gewöhnlich 1, seltener 2 und 3 Sporangien. Sind es 2 oder 3 (Tab. IV, fig. 5 und 6), so entstehen sie durch freie Zellenbildung; ist es bloss 1, so entsteht es bald durch freie (fig. 3), bald durch wandständige Zellenbildung (fig. 7). Wenn die Sporangien durch freie Zellenbildung entstehen, so bilden sich zuerst ein oder mehrere Haufen von Schleimkörnchen, je nachdem eine oder mehrere Zellen sich bilden sollen. Diese Haufen besitzen anfänglich keine scharfen Grenzen, sondern gehen allmälig in den übrigen Schleiminhalt der Zelle über. Nachher zeichnet sich ihr Umriss schärfer; sie sind von radienförmigen Strömungsfäden umgeben (fig. 1). Der Umriss wird noch schärfer, es sind bloss noch wenige Strömungsfäden vorhanden (fig. 2). Zuletzt ist die Oberfläche der Körnerhaufen glatt, und nun wird daselbst allmälig eine umschliessende Membran sichtbar (fig. 3). Ist diese Membran am Umfange des Körnerhaufens entstanden, oder hat sie sich im Innern desselben als kleine Zelle gebildet, und beim Anwachsen nach und nach seinen Inhalt in sich aufgenommen? Ich muss das erstere für richtig halten, weil von dem letztern Vorgange, auch bei lichtern Körnerhaufen, nichts zu sehen ist. — Dass die Membran an der Oberfläche des später eingeschlossenen Inhaltes entstehe, ist auch durch die Analogie mit der wandständigen Zellenbildung in der gleichen Pflanze im höchsten Grade wahrscheinlich. Währenddem nämlich in den einen keulenförmigen Aesten sich ein freies Sporangium im Innern bildet, so wird an andern Aesten das ganze keulenförmige Ende zum Sporangium (fig. 7). Hier bildet sich die Zelle nicht als kleine freie Zelle im Innern, sondern ihre Wandungen entstehen da, wo sie zuerst sichtbar sind. Nun unterstützen sich die beiden Thatsachen aber dergestalt, dass sie beide zusammen die Entstehung der Membran an der Oberfläche

<sup>1)</sup> 1 Heft, pag. 102.

des Inhaltes beweisen. Dass bei der scheinbaren Bildung einer blosen Scheidewand wirklich eine vollständige Zelle anlehnend an die Wandung des Astes (nicht eine blosse Wand) entstehe, zeigt die Analogie mit dem zweiten Falle, wo sich eine vollständige Sporangienzelle in einiger Entfernung von der Wandung des Astes bildet. Dass bei der freien Zellenbildung die Membran an der Oberfläche des Inhaltes (nicht im Innern desselben um einen Kern oder auf andere Weise) entstehe, zeigt die Analogie mit dem ersten Falle, wo die Zellmembran ebenfalls an dem Umfange des Inhaltes sich bildet. Der Unterschied liegt bloss darin, dass im ersten Falle der ganze Inhalt des Astendes, im zweiten Falle bloss ein Theil desselben sich zur Zelle umbildet.<sup>1)</sup>)

b. *Mit wandständigem Kern.*

Freie Zellenbildung mit sichtbarem Kern habe ich bis jetzt mit Sicherheit bloss im Embryosack der Phanerogamen beobachtet. Die Zellenbildung im Pollenschlauch ist mir noch nicht ganz klar geworden; von denjenigen Zellen, welche den Embryo und den Träger bilden, vermuthe ich eher, dass sie durch wandständige Zellenbildung entstanden seien; von denjenigen Zellen, welche

<sup>1)</sup> In dem auf die angegebene Weise entstandenen Sporangium können zweierlei Zellen sich bilden, entweder grössere, unbewegliche, kugelige Sporen mit derber Membran, oder kleinere ovale Zellchen mit zarter Membran, welche theils schon in der Mutterzelle, theils besonders, wenn sie frei geworden sind, sich sehr lebhaft bewegen. Zu diesem Ende hin wächst das Sporangium in ein oder mehrere Fortsätze (fig. 4, 6, 8) aus, welche sich an der Spitze öffnen und die Zellchen heraustreten lassen. Ich glaubte früher, dass in den Sporangien noch eine dritte Art von Zellen entstünden, nämlich kleinere, den beweglichen Zellchen ähnliche, zartwandige, aber unbewegliche und keimfähige Zellen. Ob nun diese dritte Zellenart wirklich vorhanden, oder ob sie mit den beweglichen Zellchen identisch und ob diese keimfähig seien, muss ich, da das letztere von mehreren Forschern als Thatsache angeführt wird, bis auf weitere Untersuchungen dahin gestellt sein lassen.

*Schleiden* als transitorische Zellen erklärt, ist es mir noch zweifelhaft, ob es wirkliche Zellen oder ob es nicht vielmehr bloss Zellenkerne seien.

Wenn die Bildung der Endospermzellen im Embryosacke statt findet, so enthält die Flüssigkeit desselben folgende Gebilde:

1. Zellen mit körnigem Inhalte und einem ausgebildeten Kerne mit deutlichen Kernchen.
2. Schleimkörnchen.
3. Ausgebildete Kerne mit deutlichen Kernchen.
4. Kleine homogene Schleimkügelchen.
5. Grösere homogene Schleimkügelchen mit einem kugeligen hohlen Raume.
6. Grössere homogene Schleimkügelchen mit einem kleinern concentrischen oder excentrischen Ring.
7. Schleimkügelchen von gleicher Grösse wie die vorhergehenden, theils homogen, theils sehr schwach gekörnt, mit einem hohlen Raume und einem darin enthaltenen Kernchen.
8. Wie 7, aber mit mehreren hohlen Räumen und eben so vielen Kernchen.
9. Wie 7, mit einem oder mehreren dichtern Kernchen, ohne hohle Räume.
10. Grössere homogene oder schwach gekörnte Schleimkügelchen mit hellerer mehr durchsichtiger Substanz, mit oder ohne hohle Räume, mit oder ohne Kernchen.
11. Helle Bläschen, in der Grösse wie 10, mit oder ohne Kernchen.
12. Schleimkügelchen wie 10, oder Bläschen wie 11; umgeben mit einer schmalen Schicht von homogenem Schleim, welche auf der einen Seite gewöhnlich schmäler ist, als auf der gegenüberliegenden.
13. Wie 12; die Schleimschicht hat einseitig an Masse bedeutend zugenommen, ist etwas körnig geworden, und lässt an ihrem Umfange undeutlich eine Membran erkennen.
14. Wie 1, nämlich deutlich ausgebildete Zellen mit ausgebildeten Kernen und deutlichen Kernchen.

Diess sind die hauptsächlichsten und häufigsten Organisationsformen, welche in der Flüssigkeit des Embryosackes gefunden werden, und welche bei der Deutung der Vorgänge von einiger Wichtigkeit sind. Eine Menge von Zwischenstufen zwischen den verschiedenen aufgezählten Formen dienen fast mehr dazu, den Blick und das Urtheil zu verwirren, als durch vollständige Entwickelungsreihen einen Vorgang klar zu machen. Die Beobachtung hat mit zwei, wie mir scheint fast unüberwindlichen Hindernissen zu kämpfen; das eine röhrt daher, dass sehr schnell in den festen Theilen der Flüssigkeit, namentlich wenn Wasser zugesetzt wird, theilweise Veränderungen vorgehen; die andere röhrt daher, dass die verschiedenen Entwickelungsstadien alle durcheinander liegen, und somit, ohne Hülfe äusserlicher Merkmale, bloss an und für sich beurtheilt werden müssen.

*Schleiden* hat bekanntlich die Erscheinungen so gedeutet, dass mehrere Schleimkörnchen zu Kernkörperchen zusammenfliessen, dass die Kernkörperchen sich mit andern Schleimkörnchen zusammenballen und einen Kern darstellen, dass um den Kern sich eine Membran bilde, welche durch Aufnahme von Flüssigkeit sich einseitig von dem Kerne entferne.

Was nun zunächst die Schleimkörnchen betrifft, welche in der entleerten Flüssigkeit liegen, so glaube ich, dass sie grösstentheils aus den zerrissenen Endospermzellen herstammen, und dass sie zur Bildung der Kerne nichts beitragen. In dem Embryosack, wo die Zellenbildung beginnt, finde ich wenig, oft keinen körnigen Inhalt; er mehrt sich mit der Ausbildung der Endospermzellen und mit der Abnahme der Zellenbildung. Schon dieser Umstand macht die Entstehung der Kerne aus Schleimkörnchen nicht sehr wahrscheinlich.

Es war mir ferner nicht möglich, ein Zusammenfliessen oder Zusammenhäufen der Schleimkörnchen, und daraus einen Kern hervorgehn zu sehen. Allerdings ballt sich der feste Inhalt der Flüssigkeit in grössere und kleinere Massen zusammen, namentlich wenn Wasser zugesetzt wird. Es vereinigen sich bald einige wenige Schleimkörnchen, bald Schleimkörnchen und Zellenkerne, bald

grössere Partieen festen körnigen Inhaltes; als Bindemittel kommt immer homogener Schleim dazu. Aber es geschieht nicht in Folge irgend eines organischen Prozesses, sondern weil der Schleim coagulirt. Die zusammengeballten Massen zeigen zwar, wie aller zusammenfliessende Schleim, scharfe Begrenzung, und, wenn sie kleiner sind, zuweilen auffallende Aehnlichkeit mit Zellenkernen oder jungen Zellen. Man sieht sie aber oft unter den Augen selbst sich bilden, auf gleiche Weise, wie sie sich bilden, wenn der Schleim irgend einer Zelle ins Wasser ausfliest.

Ausser den Schleimkörnchen müssen ferner bei der Zellenbildung unbeachtet bleiben, die wasserhellen Bläschen, die man leicht für einen Anfang junger Zellen halten könnte, welche aber fast in allem homogenen und dünnflüssigen Schleime gefunden werden. Es scheinen mir kleine Tröpfchen einer wässrigen Flüssigkeit (Wasser?) zu sein, welche sich aus der schleimigen dicklichen Zellflüssigkeit gesondert haben. Meistens zeigt der Schleim eine gleiche Dichtigkeit bis an den Rand des Wassertröpfchens, so dass er, wo das Wasser beginnt, wie abgeschnitten ist. Zuweilen wird er am Rande des Wassertröpfchens dichter, und bildet scheinbar eine eigene Membran um dasselbe. Wahrscheinlich ist diess die Folge einer längeren Einwirkung des Wassers auf den Schleim. Jedenfalls gehen diese Wasserbläschen keine weitere, namentlich keine organische Veränderung ein.

Ausserdem müssen bei der Zellenbildung ausgeschlossen werden alle in der Flüssigkeit liegenden ausgebildeten Kerne. Sie mangeln anfänglich ganz, und mehren sich, je mehr ausgebildete Endospermzellen im Embryosack enthalten sind. Sie sind die Kerne dieser Zellen, und werden durch Zerreissen derselben, mit dem körnigen Inhalte, frei. Diese Kerne sind sehr geeignet, den Beobachter irre zu führen, da sie zu den übrigen Entwickelungsstadien nicht passen.

Eine ganz constante Erscheinung bei der Zellenbildung im Embryosack sind kleine, kugelige Tröpfchen ganz homogenen Schleimes mit scharfer Begrenzung. Sie variren von 0,001–0,004", und unterscheiden sich auch schon im frühesten

Zustande von den Schleimkörnchen durch eine vollkommen kugelförmige Gestalt mit glatter Oberfläche. Diese Schleimkügelchen mangeln nie; sie bilden immer das erste Stadium der Zellenbildung (Tab. III, Fig. 7, a, b, c; 8, a). Sie gleichen vollkommen den Schleimkügelchen, welche bei *Valonia* und andern Algen, bei Flechten und Pilzen den Anfang der Keimzellen darstellen.

Eine spätere Stufe zeigt grössere Schleimkügelchen, in denen ein kleinerer Ring eingeschlossen ist, während das ganze Kügelchen eine gleichmässige Dichtigkeit besitzt (Fig. 7, d, e, f). Der eingeschlossene Ring kann auch heller (Fig. 9, a) oder dichter (Fig. 9, b) erscheinen, als der äussere Theil des Kügelchens. — Es unterliegt nun keinem Zweifel, und auch die weitere Entwicklung bestätigt es, dass das Schleimkügelchen ein Zellenkern, dass der eingeschlossene Ring ein Kernchen ist. Wie sind aber Kern und Kernchen entstanden? Diess ist eine Frage, welche ich aus den Beobachtungen über Zellenbildung im Embryosack unmittelbar nicht beantworten kann. Andere Gründe aber, welche in den Erscheinungen bei der Fortpflanzung der Kerne liegen, machen mir es wahrscheinlich, dass zuerst das Kernchen und nachher um dasselbe der Kern entstehe<sup>1)</sup>. Es wären somit jene zuerst sichtbaren kleinen homogenen Schleimkügelchen als die Kernchen zu betrachten.

Auf dieser Stufe der Entwicklung finden wir in der Regel einen homogenen Kern, welcher ein homogenes Kernchen einschliesst. Durch schädliche äussere Einwirkungen entsteht ein hohler Raum um das Kernchen. Diese Veränderung geschieht während der Beobachtung. Fig. 9, c stellt einen solchen Kern dar, unmittelbar nachdem die Flüssigkeit des Embryosackes unter das Microscop gebracht worden war. Er nahm bald das Ansehen d (Fig. 9) an. — Dieses Auftreten von hohlen Räumen um das Kernchen beobachtet man, sowohl wenn die Zellflüssigkeit durch Zusatz von Wasser verdünnt wird, als auch wenn dieselbe

---

<sup>1)</sup> Vergl. in diesem Hefte den Aufsatz über die „bläschenförmigen Gebilde im Inhalte der Pflanzenzelle.“

ohne Wasser auf des Objectgläschen gebracht und durch Verdunsten dichter wird. Der Grund dieser Erscheinung scheint mir darin zu liegen, dass durch irgend eine *leichte* schädliche Einwirkung von Aussen der Schleim des Kernes sowohl als der des Kernchens sich zusammenziehen, und sich dadurch von einander entfernen. Ist die Einwirkung von beträchtlicher Stärke, so wird Kern und Kernchen in einen dichten, soliden Körper zusammengedrängt. — Man muss sich wohl hüten, krankhaft veränderte Kerne, wie sie in Fig. 9, *d* gezeichnet sind, für eine Zelle mit Kern und Kernchen zu halten, womit sie sehr leicht zu verwechseln sind.

Andere Kerne enthalten 2, 3, 4 Kernchen (Fig. 7, *g*; Fig. 8, *c*; Fig. 9, *e*). Diese Kernchen besitzen ebenfalls bald die gleiche Dichtigkeit wie der Kern, bald sind sie dichter, bald sind sie weniger dicht. Bei krankhafter Veränderung der Kerne macht sich um jedes einzelne Kernchen ein hohler Raum bemerkbar. Fig. 9, *e* und *f* stellt den gleichen Kern, vor und nach der Veränderung, dar. — Diese Formen mit 2, 3, 4 Kernchen scheinen zu beweisen, dass der Kern überhaupt vor den Kernchen entstehe. Da nämlich an den Kernchen kein Unterschied bemerkbar ist, so ist man sehr geneigt, sie alle für gleichwertig zu halten; und da die einen dieser Kernchen sicher nach dem Kerne entstehen, so wird man versucht, diess von allen anzunehmen. Ich glaube jedoch, die Annahme, dass *eines* von diesen Kernchen vor dem Kerne entstanden sei, und denselben erzeugt habe, und dass die übrigen erst nachher gebildet worden seien, — sich durch die Analogie mit Zellen rechtfertigen lasse. Auch in Zellen finden wir zuweilen mehrere Kerne, ein primärer und ein oder zwei secundäre Kerne<sup>1)</sup>. Wir können daher, weil sowohl das Leben des Kernes mit dem Leben der Zelle, als auch das Verhältniss des Kernchens zum Kerne mit dem Verhältnisse des Kernes zur Zelle so grosse Analogie zeigt, füglich annehmen, dass wenn ein Kern mehrere Kernchen enthält, eines davon das primäre, schon vor dem Kerne ent-

<sup>1)</sup> Vgl. erstes Heft dieser Zeitschrift pag. 63 ff. und pag. 69.

standene, die übrigen aber secundäre, erst in dem Kerne gebildete Kernchen seien.

Die Kerne haben nun eine bestimmte Grösse erreicht. An ihrem Umfange ist zuweilen undeutlich ihre Membran zu erkennen. Ihr Schleiminhalt ist homogen oder sehr schwach gekörnt, von grösserer oder geringerer Dichtigkeit. Sie besitzen ein oder mehrere Kernchen. Die Substanz der Kernchen ist meist dichter als die der Kerne, zuweilen von gleicher, seltener von geringerer Dichtigkeit, so dass im letzteren Falle die Kernchen als hellere Räume in dem dichteren Inhalt des Kernbläschen erscheinen.

Spätere Zustände zeigen Kerne, wie sie eben beschrieben wurden, mit einer schmalen Schicht von homogenem Schleim. Diese Schleimschicht ist gewöhnlich auf der einen Seite viel schmäler als auf der gegenüberliegenden (Fig. 8, *d*). Seltener ist sie auf allen Seiten gleich-mächtig; was sich daraus ermitteln lässt, dass beim Rollen der Kern immer seine centrale Lage behält (Fig. 8, *e*). Der Schleim ist vollkommen homogen, nach aussen scharf abgeschnitten und von einer etwas dunklern Linie begrenzt. Eine Membran kann ich noch nicht erkennen. Der Schleim ist meistens etwas dichter als die Substanz des Kernes; zuweilen ist er heller als die letztere.

Der den Kern umgebende Schleim wird nun fortwährend mächtiger; der Kern erscheint immer deutlicher als an der Peripherie sitzend (Fig. 8, *f*). Doch giebt es auch in diesem Stadium noch einzelne Ausnahmsfälle, wo der Kern frei und mehr oder weniger von dem Umfange entfernt ist.

Der Schleim wird dann deutlich körnig, und an der Oberfläche desselben unterscheidet man eine deutliche Membran (Fig. 8, *g*). Die letztere wird auch häufig sichtbar, wenn der Inhalt noch homogen ist. In diesem Stadium, wie in dem vorhergehenden, ist der Kern meist weniger dicht als der umgebende Schleim, und erscheint daher als ein hellerer Raum.

Die Zelle ist nun sichtbar gebildet. Ob aber die Membran erst mit dem Sichtbarwerden entstehe, oder ob sie schon früher entstanden sei, lässt sich durch Beobachtung nicht wohl ausmitteln. Das letztere ist mir wahrscheinlich.

Nach *Schleiden* entsteht unmittelbar an der Oberfläche des Kernes die Zellmembran; sie nimmt durch Endosmose wässerige Flüssigkeit auf, und dehnt sich aus; der Kern bleibt an der einen Seite der Zelle sitzen; die Zelle ist ein feines durchsichtiges Bläschen; ihr Inhalt ist eine wasserhelle Flüssigkeit, und erscheint bloss als ein hohler Raum zwischen dem Kerne und dem durch ihre Ausdehnung zurückgedrängten körnigen Schleime der Embryosackflüssigkeit<sup>1)</sup>. *Schleiden* fügt bei, dass in destillirtem Wasser die Zellen nach einigen Minuten völlig aufgelöst werden, und dass nur die Kerne zurückbleiben. — Ich gestehe, dass ich nie solche ganz wasserhelle und durchsichtige Zellen gesehen habe. In den meisten Fällen finde ich den Inhalt der Zellen dichter und dunkler als den der Kerne; selten heller, aber dann immer noch entweder homogen-schleimig oder feinkörnig. Ebenfalls sah ich wohl verschiedene Einwirkungen durch Wasser auf die jungen Zellen und ihren Inhalt, nicht aber ein Auflösen derselben.

Ich will hier noch einer Erscheinung erwähnen, welche ich einige Male beobachtete. Ich glaube zwar nicht, dass *Schleiden* sich durch dieselbe habe täuschen lassen; aber sie könnte leicht von Andern, welche sie ebenfalls beobachteten, für die *Schleiden'sche* Zellenbildung, mit der sie äusserlich viel Aehnlichkeit hat, gehalten werden. Kerne, die eine beträchtliche Grösse erreicht haben, nehmen durch Endosmose Wasser auf. Die Membran des Kernes löst sich auf der einen Seite von dem Inhalte ab, indem sich der Zwischenraum mit Wasser füllt. Die Vergleichung mit einem Uhrglase wäre hier gar nicht unpassend. In den einen Fällen dehnt sich die Membran immer mehr aus, platzt zuletzt und verschwindet. In den andern Fällen geht diese Ausdehnung mehr oder weniger weit, und hört auf, wenn die Kraft der Endosmose und die

<sup>1)</sup> Vgl. Müller's Archiv. 1838.

Elastizität der Membran einander das Gleichgewicht halten. Die Membran bleibt sichtbar und wird nicht aufgelöst. (Vgl. Fig. 9, *i*, *k*, *l*, *m*; in *h*, *i*, *k* ist der gleiche Kern vor der Einwirkung des Wassers und in zwei Stadien nach der Endosmose dargestellt.) — Wenn die Kerne nur Ein Kernchen enthalten, so könnte man sie leicht für Zellen, und den hohlen Raum um das Kernchen für das Kernbläschen halten (Fig. 9, *i*, *k*). Diejenigen Formen mit zwei oder drei Kernchen (Fig. 9, *l*) beweisen aber, dass es Kerne sind, in denen sich durch Einwirkung des Wassers hohle Räume gebildet haben, wie diess bei den in Fig. 9, *c*—*g* abgebildeten Kerne der Fall ist. — Der Inhalt des Kernes ist gegen das Wasser ziemlich scharf abgegrenzt. Der äussere Umfang des Kernes zeigt eine dunkle Linie, welche durch die zarte, dem Inhalt dicht anliegende Membran gebildet wird, und welche daher aufhört, wo diese Membran sich von dem Inhalte losgetrennt hat (Fig. 9, *k*, *l*: *o*). Diese Thatsache liefert einen neuen Beweis, dass die Kerne eine Membran besitzen, und Bläschen sind.

Die junge Zelle erscheint zuerst als eine Schicht von Schleim, welche den Kern umgibt. Nachher wird an der Oberfläche des Schleimes eine Membran sichtbar. Die Zelle ist also anfänglich ausser dem Kerne ganz mit Schleim gefüllt. Wenn die Zelle sich mehr ausdehnt, so wird sie im Innern hohl. Der Schleim bleibt an der Wandung als eine schmale Schicht, und kleidet die ganze innere Oberfläche aus. Es ist dies die *Schleimschicht*, welche ich bei Algenzellen beschrieben habe<sup>1)</sup>, und welche *Mohl*<sup>2)</sup> als ein allen Zellen eigenthümliches Gebilde mit dem Namen des „Primordialschlauches“ belegt hat. Die Schleimschicht ist an der Stelle, wo der Zellenkern liegt, gewöhnlich mächtiger, als an der übrigen Zellwand. Nicht selten liegt der Kern ganz eingebettet in der Schleimschicht. *Schleiden* glaubte, dass er in einer Duplicatur der Zellwandung eingeschlossen sei. Es ist diess aber gewiss unrich-

<sup>1)</sup> Vgl. erstes Heft dieser Zeitschrift pag. 91 ff.

<sup>2)</sup> Botan. Zeitung. 1844. Stück 15 u. ff.

tig, und am besten dadurch zu widerlegen, dass der Kern mit der Schleimschicht von der Membran losgetrennt werden kann.

*Mohl* vermutet, dass das erste, was sich um den Kern bilde, der Primordialschlauch sei, und dass die Membran erst nach demselben entstehe. Die Angaben darüber sind aber zu unbestimmt, und ohne Beachtung der Zellenbildung im Embryosack gemacht, so dass zur Beurtheilung der besprochenen Erscheinungen eine genauere Erörterung nicht nothwendig ist. Ich bemerke bloss, dass ich die Entstehung der an der innern Zelloberfläche liegenden Schleimschicht (des Primordialschlauches) in den Endospermzellen auf die gleiche Art sehe, wie in allen andern Zellen, wo sich neuer Inhalt bildet. Der Schleim erfüllt zuerst das Lumen der Zelle, und bedeckt späterhin als schmale Schicht bloss die Wandung. Die Schleimschicht ist also bei der Entstehung des Inhaltes immer das secundäre.

c. *Von der freien Zellenbildung als allgemeinem Gesetze.*

Nachdem ich die Thatsachen, die mir über die freie Zellenbildung zu Gebote stehen, einzeln aufgeführt habe, so will ich sie noch einmal in Kurzem vergleichend zusammenhalten, um ein allgemein gültiges Gesetz daraus zu abstrahiren, ferner um innerhalb dieses Gesetzes wesentliche Differenzen hervorzuheben.

Die Erscheinungen, welche die freie Zellenbildung begleiten, sind am sichersten bei der Entstehung der Keimzellen von *Zygnema*, der Sporangienzellen von *Achlya*, und der grösseren durch abnormale Bildung entstandenen Zellen in *Bryopsis*, *Conferva* und andern Algen zu erkennen. Hier isolirt sich ein Theil des Inhaltes (in *Zygnema* der ganze Inhalt), gestaltet sich kugelförmig oder ellipsoidisch, und erzeugt an seiner ganzen Oberfläche eine geschlossene Membran. Bei der herrschenden Ansicht über freie Zellenbildung wurde bis jetzt angenommen, dass die Membran um einen Kern entstehe. In den angeführten Fällen kann es keinem Zweifel unterworfen sein, dass die Membran um den Inhalt entsteht. Es wurde ferner angenommen, dass die Membran zuerst, und erst nachher der Inhalt

sich bilde. Hier ist nun aber entschieden der Inhalt das primäre, die Membran das secundäre.

Es reiht sich an diese Thatsachen zunächst die Entstehung der Endospermzellen im Embryosack an. Die Beobachtung zeigt hier zuerst einen Kern, dann eine Lage von Schleim, welche diesen Kern umgibt, endlich eine deutliche Membran, welche den Schleim sammt dem Kerne einschliesst. Die der Erfahrung zugänglichen Erscheinungen lassen den Zeitpunkt, wann und wo die Membran entstehe, unentschieden. Die Annahme, dass sie sich unmittelbar um den Kern bilde, wäre also immerhin möglich. Aber sie würde mir unnöthig und überflüssig scheinen, da für sie keine Thatsache<sup>1)</sup> und keine Analogie spricht. Nehmen wir dagegen an, dass um den Kern sich eine bestimmte Menge Schleimes ansamme, und dass um diesen Schleim die Zellmembran entstehe, so ist mit dieser Annahme einerseits der unmittelbaren Erscheinung vollkommen Genüge geleistet, anderseits schliesst sie sich durch Analogie an andere Thatsachen an, wie an die vorhin erwähnte Zellenbildung bei *Achlya*, *Zygnema* und andern Algen, sowie ferner an die wandständige Zellenbildung, wo ebenfalls die Membran an der Oberfläche des Inhaltes entsteht.

Als dritter Typus für die freie Zellenbildung bleibt nun noch übrig die Entstehung vieler Keimzellen von Algen, Pilzen und Flechten. Die Beobachtung zeigt hier zuerst äusserst kleine kugelförmige Schleimmassen. Sie werden grösser, körnig, und lassen zuletzt eine umschliessende Membran erkennen. Die Erfahrung kann die Frage, wann und wie die Membran entstehe, wieder nicht mit Sicherheit beantworten. Es scheint mir auch da das sicherste,

---

1) Die Beobachtungen *Schleiden's* bilden allerdings mit meiner Darstellung und Deutung einen noch ungelösten Widerspruch. Früher glaubte ich ebenfalls die Zellenbildung um den Kern zu sehen. Ich habe seit einigen Jahren wiederholt und an verschiedenen Pflanzen die Vorgänge im Embryosacke studirt; bei genauerer Beachtung finde ich aber keine Zustände mehr, welche vollkommen mit der *Schleiden'schen* Darstellung übereinstimmen.

die Thatsache einfach so zu erklären, wie sie sich dem Blicke darstellt, zumal da sie auf diese Art am leichtesten mit den übrigen Thatsachen in Einklang gebracht werden kann. Ich nehme daher auch hier an, dass sich die Membran um eine Anhäufung von Schleiminhalt bilde. Ob diess etwas früher oder etwas später geschehe, scheint gleichgültig zu sein; es ist aber wahrscheinlich, dass die Membran schon früher vorhanden ist, ehe sie deutlich gesehen wird.

Die Beobachtungen über freie Zellenbildung fordern also, theils erlauben sie die Annahme, dass die Membran an der Oberfläche des Inhaltes entstehe. Diese Annahme muss, da ihr keine Thatsachen und keine Analogien widersprechen, als allgemeines Gesetz gelten. Der Inhalt ist somit in der Zelle immer das primäre, die Membran ist erst das secundäre.

Bei der Entstehung der Endospermzellen ist ein Zellenkern vorhanden. Der Kern entsteht zuerst. Nachher sammelt sich an seiner Oberfläche eine Schicht von Schleim. Wahrscheinlich ist es die Attractionskraft des Kernes, welche einen Theil des Inhaltes der Mutterzelle anzieht. Dass der Kern eine solche Kraft besitzt, ist durch viele Thatsachen bekannt. Fast in allen Zellen, wo ein Kern vorhanden ist, sammelt sich an dessen Oberfläche eine Partie des Inhaltes der Zelle. Wir können also die Zellenbildung im Embryosack auf folgende Weise näher bestimmen: Es entsteht ein Kern, welcher einen geringen Theil des Schleiminhaltes anzieht und sich überall damit bedeckt; an der Oberfläche dieses Schleiminhaltes entsteht die Zellmembran.

In den übrigen Fällen der freien Zellenbildung ist während des ganzen Vorganges nichts von Kernen zu sehen. Entweder ist wirklich kein Kern vorhanden, oder er entzieht sich theils durch seine relative Kleinheit, theils durch die Uebereinstimmung seiner Dichtigkeit mit der Dichtigkeit des Inhaltes der jungen Zelle dem Blicke. Im ersten Falle müssten wir annehmen, dass ohne Anderes sich eine bestimmte Partie des Inhaltes der Mutterzelle individualisire und sich in eine Zelle umwandle. Im zweiten Falle

wäre der Vorgang der gleiche wie bei der Bildung der Endospermzellen. Nach meiner Ansicht muss bei der Lösung dieser Frage genau zwischen normaler und abnormaler Zellenbildung unterschieden werden. Unter normaler Zellenbildung verstehe ich eine solche, welche nothwendig mit den vegetativen und reproductiven Vorgängen in einer Pflanze zusammenhängt, und welche immer nach bestimmten für jede Pflanze gültigen Gesetzen erfolgt. Unter abnormaler Zellenbildung dagegen verstehe ich eine solche, welche nicht unmittelbar und nothwendig mit den vegetativen und reproductiven Vorgängen in der Pflanze verbunden ist, und immer mehr oder weniger als die Wirkung äusserer, den regelmässigen Verlauf des Zellenlebens störender Einflüsse betrachtet werden muss.

Was die abnormale Zellenbildung in den Algenzellen betrifft, so bin ich überzeugt, dass hier nirgends Kerne dabei mitwirken. Denn diese Zellenbildung schliesst sich durch alle möglichen Zwischenstufen an einen Vorgang an, wo von einer Kernbildung keine Rede sein kann. Ich habe in der ersten Hälfte dieses Aufsatzes<sup>1)</sup> einer partiellen Membranbildung erwähnt, wo in Folge störender Einwirkungen von aussen, die Schleimschicht sich stellenweise von der Zellwandung zurückzieht und sich mit einem neuen Membranstück bekleidet. Dieser Vorgang ist natürlich von jedem Einflusse eines Kerns unabhängig. Ich habe zugleich angeführt, dass zuweilen die Schleimschicht sich auf grössere Strecken oder selbst vollständig (wie bei *Bangia*) von der Zellwandung lostrennt und an der Oberfläche Membran bildet, ferner dass zuweilen die Schleimschicht sich theilt und mehrere vollständige Zellen erzeugt. Es ist klar, dass auch hier nicht an eine Kernbildung zum Behufe der Zellenbildung gedacht werden kann. — An diese Thatsachen schliessen sich unmittelbar diejenigen an, welche ich oben über abnormale freie Zellenbildung mitgetheilt habe. Die Schleimschicht löst sich von der Wandung ab, theilt sich, und bildet mehrere grössere und kleinere Zellen. Diese Zellen variren in der Grösse und im Inhalte von grossen, Chlorophyll und Stärke enthaltenden Zellen

1) 1. Heft pag. 90 ff.

bis auf die kleinsten, blos homogenen Schleim einschliessenden Zellchen. Diese Zellenbildung varirt ferner von demjenigen Zustande, wo aller Zelleninhalt theils neue Zellen bildet, theils aufgelöst wird, bis zu demjenigen Zustande, wo blos ein kleiner Theil des Inhaltes eine oder mehrere kleine Zellen bildet, während der übrige Inhalt sich nicht verändert. Diese Uebergänge zeigen, dass alle Erscheinungen der abnormalen Zellenbildung *einem* Gesetze angehören, und dass, da in den einen Fällen von einer Kernbildung nicht die Rede sein kann, diese auch in den übrigen Fällen nicht angenommen werden darf.

In denjenigen Fällen, wo die freie Zellenbildung normal stattfindet, wie bei der Entstehung der Keimzellen in Algen, Flechten und Pilzen, und des Sporangium in *Achlya*, ist ebenfalls von einem Kerne nichts zu sehen. Die Thatsache, wie sie mit Hülfe der jetzigen optischen Vergrösserungen unmittelbar in die Erscheinung tritt, würde sich ebenfalls am einfachsten so erklären lassen, dass kleinere oder grössere Partieen von Inhalt ohne Weiteres sich individualisiren und sich mit einer Membran bekleiden. Dagegen scheint mir aber der Umstand zu sprechen, dass die durch freie Zellenbildung entstandenen Keimzellen späterhin zuweilen einen Kern erkennen lassen. Ich habe denselben gesehen bei *Erysibe*, *Achlya*, *Peziza*, *Coleochaete* etc.; wie mir scheint, ist er auch bei der Keimung der *Zygnemaceen* vorhanden. Für diesen Kern ist eine doppelte Erklärung möglich. Entweder ist es ein *primärer* Kern, um den die Zelle entstanden ist, oder es ist ein *secundärer* Kern, der erst nachträglich sich in der Zelle gebildet hat. Wir kennen solche secundäre Kerne in den Mutterzellen der Sporen und Pollenkörner, und in den Sporen- und Pollenzellen selbst<sup>1)</sup>. Es mangeln dasselbst aber auch die primären Kerne nicht. Beide Kerne liegen neben einander in ihrer Zelle; oder der primäre Kern wird aufgelöst, wenn der secundäre entsteht. Der primäre Kern ist in den angeführten Fällen wandständig, der secundäre Kern ist frei. Was nun die Kerne in den Keimzellen der Algen, Flechten und Pilze

<sup>1)</sup> Vgl. 1. Heft dieser Zeitschrift pag. 69.

betrifft, so fand ich bei einigen derselben deutlich eine parietale Lage. Ich vermuthe also aus diesem Grunde schon eher, dass es primäre Kerne sind, und dass somit bei der Entstehung der Keimzellen ein Kern vorhanden ist. — Diese Vermuthung wird durch einen andern Grund unterstützt. Ich habe in dem Abschnitte über den Kern<sup>1)</sup> nachgewiesen, dass wenn irgendwo ein Schluss nach Analogie erlaubt ist, angenommen werden muss, jede Pflanzenzelle besitze einen Kern, wenigstens in ihrem früheren Lebensalter. Es ist daher im höchsten Grade wahrscheinlich, dass auch in den durch normale freie Zellenbildung entstehenden Zellen ein Kern, und zwar zur Zeit ihres Entstehens vorhanden sei. Dieses Argument wird noch dadurch unterstützt, dass zuweilen in Pflanzen, wo bei der Keimzellenbildung keine Kerne sichtbar sind, doch alle folgenden Zellen unter dem Einfluss von Kernen entstehen. Nun scheint es mir hier sehr unwahrscheinlich, dass die vegetative Zellenbildung durch Kerne, die reproductive Zellenbildung ohne Kerne stattfinden, dass also die niedrigere Zellenbildung complicirter, die höhere Zellenbildung einfacher auftreten sollte. — Es ist noch zu bemerken, dass die Annahme, die Keimzellen entstehen wie die Endospermzellen um Kerne, ohne Zwang mit den sichtbaren Erscheinungen vereinigt werden kann. An beiden Orten treten zuerst Schleimkugelchen auf, welche grösser werden und zuletzt als körnige Zellen erscheinen. Bei den Endospermzellen können schon frühe die Kerne als solche unterschieden und erkannt werden. Bei den Keimzellen werden die Kerne als solche bald nie, bald aber erst mit der Ausbildung der Zelle deutlich. Da bei den Endospermzellen die Kerne frühzeitig genug unterschieden werden können, so ist es auch möglich, ihr Verhältniss zur Zellenbildung zu beobachten. Da die Kerne der Keimzellen erst spät unterschieden werden, so ist ihr Verhältniss zur Zellenbildung nicht direct durch Beobachtung zu ermitteln. Es ist dies um so begreiflicher, als die Endospermzellen die Keimzellen, und ihre Kerne die Kerne der letztern an Grösse so vielmal übertreffen.

---

<sup>1)</sup> 1. Heft pag. 38 ff. und pag. 68.

Ueberdiess giebt es auch Endospermzellen, wo die Anwesenheit eines Kernes und seine Mitwirkung zur Zellenbildung nicht deutlich gesehen wird. Es ist dies besonders dann der Fall, wenn der Inhalt des Kernes und der der jungen Zellen homogen und von gleicher Dichtigkeit sind. Das Angeführte ist, wie ich glaube, Grund genug, dass der scheinbare Mangel von Kernen bei der freien Keimzellenbildung nicht als Beweis für einen wirklichen Mangel gelten kann.

Die normale freie Zellenbildung enthält somit, nach meiner Ansicht, gesetzmässig folgende wesentliche Momente: Es entsteht im Inhalte der Mutterzelle ein Kern. Derselbe sammelt, durch Attraction, an seiner Oberfläche eine grössere oder geringere Menge Inhaltes der Mutterzelle, welcher, an seinem Umfange wenigstens, aus homogenem Schleim besteht. Diese Inhaltspartie bekleidet sich an ihrer ganzen Fläche mit einer Membran.

Die Verschiedenheiten, welche innerhalb dieser Identität vorhanden sind, betreffen entweder die Natur der sich individualisierenden Inhaltspartie, oder das Verhältniss der Tochterzellen zur Mutterzelle. Die sich besondernde Inhaltspartie zeigt chemische und morphologische Verschiedenheiten. Sie besteht aus homogenem farblosem Schleim, oder aus homogenem mit Farbstoffen gemischem Schleim, oder aus körnigem Schleim, oder aus körnigem mit Farbkörnern und Amylumkügelchen gemengtem Schleim.

Das Verhältniss der Tochterzellen zur Mutterzelle beruht entweder in dem Anteil, den die Mutterzelle an der Erzeugung der Tochterzellen nimmt, oder in der physiologischen Gleichheit und Ungleichheit, welche zwischen Mutterzelle und Tochterzellen besteht. In Bezug auf den ersten Punct ist es von Wichtigkeit, ob der ganze Inhalt der Mutterzelle oder ob nur grössere und kleinere Partieen des Inhaltes sich zu Tochterzellen umbilden, und in welcher Zahl diese in der Mutterzelle entstehen. In Bezug auf den zweiten Punct können in der Mutterzelle entweder ihr vollkommen gleiche oder ungleiche Tochterzellen sich bilden. Physiologisch gleiche Tochterzellen entstehen in *Haematococcus* und *Chlorococcum*;

alle übrigen durch freie Zellenbildung entstehenden Zellen sind von der Mutterzelle physiologisch mehr oder weniger verschieden.

Es frägt sich nun noch, welche Verbreitung die freie Zellenbildung im Pflanzenreiche besitze. Ich habe in der ersten Hälfte dieses Aufsatzes<sup>1)</sup> die wandständige Zellenbildung auf mehrere Algenfamilien und auf die Specialmutterzellen der viersporigen Cryptogamen und der Phanerogamen eingeschränkt. Ich hatte für alle aufgezählten Beispiele Beobachtungen, die die Angabe mehr oder weniger begründeten. Ich kannte dagegen die freie Zellenbildung an den Endospermzellen, und an den Keimzellen von Algen, Pilzen und Flechten. Für alle übrigen Zellen, namentlich für alle vegetativen Zellen der viersporigen Cryptogamen und der Phanerogamen mussten theils die Analogie, theils einige Beobachtungen von *Schleiden* und von mir selbst entscheiden. Ich schloss also: Bei der wandständigen Zellenbildung ist der Kern in der Regel central; bei der freien Zellenbildung im Embryosack ist der Kern lateral; es ist daher wahrscheinlich, dass die Zellen der höheren Cryptogamen und der Phanerogamen, weil sie einen lateralen Kern besitzen, durch freie Zellenbildung entstehen. Von *Schleiden* und von mir wurden ferner für einige Fälle die Tochterzellen wirklich frei innerhalb der Mutterzellen abgebildet. Es war mir daher ausgemacht, dass die Zellen mit lateralem Kern frei entstanden seien.

Beobachtung und Reflexion hat mich seitdem zu einem andern Schlusse geführt. Vor allem aus kommt in die Frage, welche Bedeutung denjenigen Beobachtungen beigemessen werden dürfe, welche die Tochterzellen frei innerhalb der Mutterzellen darstellen, wie diess von *Schleiden* in der keimenden Spore von *Marchantia*<sup>2)</sup>, in den Haaren des Ovarium von *Lupinus*<sup>3)</sup>, im Terminaltriebe von

<sup>1)</sup> 1. Heft pag. 117.

<sup>2)</sup> Müllers Archiv 1838. Tab. III, Fig. 19, 20.

<sup>3)</sup> Acta Ac. C. L. C. Nat. Cur. Vol. XIX. P. I. Tab. X. Fig. 38, e.

*Opuntia*<sup>1)</sup>; im Pollenschlauche und in andern Zellen<sup>2)</sup>, und von mir in der Wurzelspitze von *Lilium*<sup>3)</sup> geschehen ist. Was nun zuerst meine eigenen früheren Untersuchungen betrifft, so stammen dieselben aus einer Zeit (Herbst 1841 und Frühjahr 1842), wo ich die Schleimschicht in der Pflanzenzelle noch nicht kannte. Als ich dieselbe im Sommer 1842 in Neapel an Algen und Florideen entdeckte, und später auch in andern Pflanzenzellen wiederfand, so überzeugte ich mich bald, dass meine früheren Untersuchungen zweifelhaft waren, weil das für die Zellmembran gehaltene immer auch die Schleimschicht sein konnte.

Was die von *Schleiden* mitgetheilten Thatsachen betrifft, so glaube ich ebenfalls, dass die von ihm gegebene Erklärung durchaus nicht über jeden Zweifel erhaben ist. Vor allem aus kann die Zellenbildung im Pollenschlauche für die übrige Zellenbildung nichts beweisen; denn hier sind bis jetzt zwei durchaus verschiedene Zellenbildungen, von denen die eine transitorisch ist, die andere den Embryo erzeugt, noch nicht hinreichend unterschieden worden. Die Zellenbildung in der Spore von *Marchantia* muss ich wegen eigener, über das Keimen von Lebermoosen angestellter Untersuchungen, für unrichtig halten, und vermuthen, dass eine Verwechslung mit zufälliger Blasenbildung, wie sie zuweilen in Zellen auftritt, stattgefunden habe. In Betreff der übrigen von *Schleiden* mitgetheilten Beobachtungen, ist wohl zu beachten, dass derselbe ebenfalls zwischen Zellmembran und Schleimschicht nicht unterschied, so dass die Erklärung immer möglich ist, die scheinbaren freien Tochterzellen seien bloss die durch äussere Einflüsse contrahirten *Inhalte* der Tochterzellen gewesen. In dieser Ansicht bestärken mich vorzüglich zwei Gründe. *Schleiden* bildet einige Male drei Tochterzellen in einer Mutterzelle ab. Nun ist es aber, wie ich später zeigen werde, allgemeines Gesetz, dass bei der Gewe-

<sup>1)</sup> Mém. de l'Acad. Imp. d. sc. de St. Pétersbourg. VI Sér. T. IV. Pl. VIII. Fig. 9.

<sup>2)</sup> Grundzüge, zweite Aufl. I Kupfertafel, Fig 12, 16.

<sup>3)</sup> Linnæa 1842. Tab. IX. Fig. 30, 31.

bezellbildung bloss zwei Tochterzellen in einer Mutterzelle entstehen. Ist nun in Folge der Veränderung des Inhaltes die eine Wand übersehen worden, so kann auch leicht die andere übersehen worden sein. — *Schleiden* sagt ferner, dass er, besonders nach *Anwendung von Salpetersäure*, oft zwei Zellen in einer Zelle gesehen habe<sup>1)</sup>. Es steht diess in Widerspruch mit der von demselben gemachten Beobachtung, dass junge Zellmembranen sich in kurzer Zeit in destilirtem Wasser völlig auflösen<sup>2)</sup>. Wenn diess in Wasser geschieht, so geschieht es gewiss noch viel eher in Salpetersäure. Es ist daher im höchsten Grade wahrscheinlich, dass *Schleiden* bloss den contrahirten *Inhalt*, nicht die junge Zelle mit ihrer Membran gesehen hat, und zwar in demjenigen Zustande, wo die Einwirkung der Säure die zärtere Membran der Tochterzellen bereits undeutlich gemacht hatte, während die ältere und festere Membran der Mutterzelle noch sichtbar blieb.

Da nun eine bessere Würdigung der Membran und die Erkenntniss der Schleimschicht die früheren Beobachtungen alle unsicher machte, so stellte ich eine neue Reihe von Untersuchungen an. Wenn die freie Zellenbildung wirklich das Gewebe in den höhern Pflanzen erzeugte, so konnte es bloss dadurch erwiesen werden, dass die jungen freien Zellen in unverletzten und unveränderten Mutterzellen frei gesehen würden. Ich muss nun gestehen, dass mir diess nicht gelungen ist. Für die meisten Fälle ist diess zwar durchaus kein Beweis für das Gegentheil; denn gesetzt, es gäbe eine freie Zeilenbildung, so wäre es in den meisten Fällen, nach meiner Ansicht, unwahrscheinlich, dass die zarten Membranen in dem wenig durchsichtigen Schleime gesehen werden könnten, ehe sie sich zu einer Wand vereinigen. Dagegen glaube ich, dass in einigen andern Fällen es hätte möglich sein sollen, die jungen freien Zellen zu sehen, theils wenn die Mutterzellen grösser und mit körnigem Inhalte versehen sind (so bei vielen in der Entwickel-

---

<sup>1)</sup> Grundzüge, zweite Aufl. I Pag. 202,

<sup>2)</sup> Müllers Archiv. 1838. Pag. 145.

lung begriffenen Haaren, z. B. von *Tradescantia*), theils wenn die Mutterzellen bei beträchtlicher Grösse eine homogene und ziemlich durchsichtige Flüssigkeit enthalten (so in der jungen Rinde und in der jungen Borke vieler Pflanzen), theils wenn die Mutterzellen ziemlich gross und mit gefärbtem, homogenem oder körnigem Inhalt mehr oder weniger erfüllt sind (so in den *Callithamniaceen*). Allein nirgends konnte ich die jungen freien Zellen in den Mutterzellen sehen. Die Gewebezellenbildung bei den höhern Cryptogamen und den Phanerogamen zeigte mir nichts anderes, als entweder bloss eine theilende Wand, — oder zwei Kerne und dann zwischen ihnen eine Wand, — oder einen grössern Kern, welcher sich in zwei Kerne theilt, und darauf zwischen diesen beiden Kernen eine Scheidewand.

In Folge dieser Untersuchungen bin ich zu dem Schlusse gelangt, dass alle vegetative Zellenbildung eine wandständige Zellenbildung sei. Dieser Schluss stützt sich einerseits auf die beobachteten Thatsachen, anderseits auf die Analogie. Unter den Thatsachen haben die einen gar keine Beweiskraft, andere machen die wandständige Zellenbildung wahrscheinlich, einige wenige sind bloss durch sie zu erklären. In *Griffithsia corallina*<sup>1)</sup> (Tab. IV, fig. 9) sind die Mutterzellen sehr gross, bis 0,080" lang und darüber, und zuweilen fast halb so dick. Der körnige Inhalt liegt an der Wandung; das Innere ist mit wasserheller, farbloser Flüssigkeit erfüllt. Die Zelle theilt sich durch eine Querwand an der Spitze in zwei ungleiche Tochterzellen (fig. 10): eine kleine, scheibenförmige, ganz mit körnigem Inhalt angefüllte, obere Zelle (a), und eine grosse untere, in allen Stücken der Mutterzelle ähnliche Zelle (b). Würden sich die beiden Tochterzellen frei bilden, so müsste namentlich die untere während ihrer Entwicklung gesehen werden, und es müssten Veränderungen in dem wandständigen festen In-

---

<sup>1)</sup> *Griffithsia* gehört zu den *Florideen*; die *Florideen* aber haben nicht eine natürliche Verwandtschaft mit den Algen, sondern mit den Leber- und Laubmoosen. Sie besitzen auch, wie diese, wandständige Kerne in den Zellen.

halte wahrgenommen werden, wenn derselbe in der Mutterzelle aufgelöst und in der Tochterzelle neu organisirt würde. Die Erscheinungen sind hier die gleichen, wie bei der wandständigen Zellenbildung der Algen. Von diesem unzweifelhaften Beispiele giebt es zahllose Abstufungen bis zu denjenigen Fällen, an denen man weder für noch gegen etwas beweisen kann. Die Abstufungen und Uebergänge zeigen aber, dass für alle Fälle die gleiche Erklärung in Anwendung kommen muss.

Der Schluss, dass alle vegetative Zellenbildung wandständig sei, stützt sich ferner auf die Analogie. Die wandständige Zellenbildung der Algen und der Specialmutterzellen tritt zwar in der Regel mit centralen Kernen auf. Von dieser Regel giebt es aber einzelne Ausnahmen, wo die wandständig entstehenden Zellen einen lateralen Kern besitzen<sup>1)</sup>. Bei der vegetativen Zellenbildung der höheren Cryptogamen und der Phanerogamen ist in der Regel ein lateraler Kern vorhanden; doch scheint es mir, dass er ausnahmsweise auch frei sein könne. Die Erscheinungen bei den Algen und den Specialmutterzellen einerseits, und bei den Zellen der übrigen Pflanzen anderseits, sind im Wesentlichen dieselben; nur dass sie am ersten Orte viel deutlicher auftreten und viel bestimmter die Erklärung als wandständige Zellenbildung verlangen.

Wandständige und freie Zellenbildung würden sich nach meiner Ansicht nun in folgendem Umfange im Pflanzenreiche realisiren:

Wandständig ist die vegetative Zellenbildung aller Pflanzen, ferner die reproductive Zellenbildung vieler Algen und Pilze. Frei ist die reproductive Zellenbildung der meisten (nicht aller) Pflanzen, nämlich die Keimzellenbildung vieler Pilze, vieler Algen und der Flechten, die Sporenbildung innerhalb der Specialmutterzellen bei den viersporigen Cryptogamen?, die Pollenzellenbildung innerhalb der Specialmutterzel-

---

<sup>1)</sup> 1. Heft pag. 73 ff.

ten beiden Phanerogamen?, und die Endospermzellenbildung bei den Phanerogamen.

Die durch wandständige Zellenbildung entstandenen Zellen besitzen centrale Kerne (bei den meisten Algen und meistens die Specialmutterzellen) oder laterale Kerne (bei den meisten Pilzen, bei den Cryptogamen von den Florideen aufwärts, und bei den Phanerogamen). Die durch freie Zellenbildung entstandenen Zellen enthalten in der Regel einen lateralen Kern, selten einen centralen Kern (die Keimzellen einiger Algen).

### 5. Von der Zellenbildung im Allgemeinen.

Nachdem ich im dritten Abschnitt dieses Aufsatzes den Verlauf der wandständigen und im vierten Abschnitt den Verlauf der freien Zellenbildung erörtert habe, so will ich diese beiden Processe zusammenstellen, und daraus ein allgemeines Gesetz herleiten.

Bei der *wandständigen* Zellenbildung theilt sich der Inhalt der Mutterzelle in zwei oder mehrere Partieen. Um jede dieser Inhaltspartieen entsteht eine vollständige Membran, welche im Momente ihres Auftretens, theils an die Wandung der Mutterzelle, theils an die zugekehrten Wandungen der Schwesterzellen sich anlehnt. Bei der *freien* Zellenbildung isolirt sich ein kleinerer oder grösserer Theil des Inhaltes, wohl auch der ganze Inhalt einer Zelle. An seiner Oberfläche bildet sich eine vollständige, an ihrer äussern Fläche überall freie (weder an die Wandung der Mutterzelle, noch an diejenigen der Schwesterzellen angelehnte) Membran.

Die Zellenbildung enthält zwei Momente; das erste besteht in der Isolirung oder Individualisirung einer Partie des Inhaltes der Mutterzelle; das zweite besteht in der Entstehung einer Membran um diese individualisirte Inhaltspartie. Die Zellenbildung beginnt mit dem ersten, und schliesst mit dem zweiten Momente. Die vollständige Individuali-

sirung findet wohl nur zum Behufe der *Zellenbildung* statt. Die *Membranbildung* dagegen ist eine allgemeine, der Zelle überhaupt (nicht bloss im *Momente ihrer Entstehung*) eigenthümliche Erscheinung. Ich will zuerst von dieser letztern sprechen.

Ich habe in der ersten Hälfte dieser Abhandlung bei Algenzellen auf die Schleimschicht aufmerksam gemacht, welche an der äussersten Grenze des Inhaltes, und somit dicht an der inneren Fläche der Zellwandung liegt. Nach *Mohl* hat dieselbe eine sehr allgemeine Verbreitung. Nach meinen eigenen Untersuchungen glaube ich aussprechen zu dürfen, dass die Schleimschicht, mit Ausnahme derjenigen jungen Zellen, deren Lumen ganz mit homogenem Schleime erfüllt ist, in lebenskräftigen Zellen nirgends mangelt. Die Verdickung der Zellwandungen geschieht bekanntermassen durch Anlagerung neuer Schichten. Diese neuen Schichten werden zwischen der Zellwandung und der Schleimschicht erzeugt. Dieses Factum gestattet keine andere Erklärung als die, dass die Schleimschicht (oder der Inhalt durch die Schleimschicht) organische, stickstofflose Moleküle ausscheidet, welche die neue Verdickungsschicht bilden.

In der ersten Hälfte dieses Aufsatzes habe ich ferner nachgewiesen, dass bei verschiedenen Algenzellen in Folge störender äusserer Einflüsse die Schleimschicht sich von der Wandung stellenweise oder ganz zurückzieht, und an der freigewordenen, von Wasser begrenzten Oberfläche eine Membran bildet. Diese Membran ist nicht bloss in ihrem äussern Verhalten einer Zellmembran ähnlich. Sie verhält sich in allen Stücken als solche, so namentlich auch, dass sie auswachsen kann, theils um ein Wurzelhaar (*Bangia*), theils um einen neuen sich verästelnden und fruchttragenden Faden (*Achlya*) zu erzeugen.

Selbst Schleim, mit verschiedenem anderem Inhalte gemischt, welcher aus verletzten Algenzellen ins Wasser ausgetreten war, und in demselben partienweise zerstreut lag, zeigte mir zuweilen an seiner Oberfläche eine begrenzende Schicht, welche ich von der zarten Membran, wie sie an jungen Zellen vorhanden ist, nicht unterscheiden konnte. Diese begrenzende Schicht mangelt dem

eben aus der verletzten Zelle herausgetretenen Schleime. Es ist offenbar, dass sie von dem Schleime erzeugt wurde.

Diese drei Thatsachen beweisen, dass an der Oberfläche von lebenskräftigem Pflanzenschleime organische, stickstofflose Moleküle ausgeschieden werden, welche den Schleim in der Form einer membranartigen Schicht umschliessen<sup>1)</sup>). Ob der Schleim frei oder schon an eine Membran angelehnt sei, bedingt keinen Unterschied für seine Function. Für die ausgeschiedene Schicht selbst ist der Unterschied ebenfalls nicht wesentlich, und bloss insofern vorhanden,

<sup>1)</sup> Ich erlaube mir hier eine Bemerkung über den Ausdruck »Schleim«. Von den meisten Pflanzenphysiologen wird Schleim theils für Pflanzengallerte, theils für Gummi gebraucht; dagegen benennt Schleiden die Proteinverbindungen so. Eine Verständigung möchte da nicht leicht sein. Ueberdem giebt es aber eine Substanz, welche von beiden Seiten Schleim geheissen wird: es ist der homogene, dickliche, farblose ganze Inhalt der jungen Pflanzenzelle und der homogene, dickliche, farblose Theilinhalt der ältern Zelle. Wenn Schleim nun die Bedeutung des einen oder andern (ternären oder quaternären) chemischen Stoffes haben soll, so ist es unrichtig, die eben angeführte Substanz ebenfalls Schleim zu nennen. Denn sie ist gewiss kein reiner Stoff, sondern wenigstens eine Mischung von ternären (Gummi und Zucker) und quaternären (Proteinverbindungen) Stoffen. Diese gemischte Substanz ist für das Leben der Pflanzenzelle von grösster Wichtigkeit, indem sie bei der Zellenbildung thätig ist, zuerst das ganze Zelllumen ausfüllt, nachher als Schleimschicht an der Wandung liegt, und als Saftströmchen durch das Lumen geht, und endlich den Inhalt vieler Bläschen (vgl. den Aufsatz über die »bläschenförmigen Bildungen« in diesem Heft) bildet. Sie muss daher eine besondere Benennung erhalten; und da der Ausdruck »Schleim« einerseits bei der Nomenklatur der ternären und quaternären organischen Stoffe gewiss entbehrt werden kann, da er anderseits bereits in dem vorzuschlagenden Sinne gebraucht worden ist, so möchte es wohl am zweckmässigsten sein, die homogene, dickliche, aus ternären und quaternären Stoffen gemischte Substanz des Pflanzenzelleninhaltes »Schleim« zu nennen.

als dieselbe in dem einen Falle **Membran**, in dem andern Falle **Verdickungsschicht** heisst. Dass zwischen Membran und Verdickungsschicht kein Unterschied sei, beweist die Membranbildung an der Oberfläche einer stellenweise freigewordenen Schleimschicht in Algenzellen. Dort geht das neugebildete Membranstück continuirlich in die innerste Verdickungsschicht über; oder, mit andern Worten, die zu gleicher Zeit an der ganzen Oberfläche der Schleimschicht ausgeschiedene Gallerlage tritt an den einen Stellen als Verdickungsschicht, an den andern Stellen als Membran auf.

Schliessen wir von dem Factum, dass der Schleim an seiner Oberfläche durch Ausscheidung Membran oder Verdickungsschichten erzeugt, und dass zwischen Membran und Verdickungsschichten kein wesentlicher Unterschied vorhanden ist, -- auf die Membranbildung bei der Zellenbildung, so folgt logisch, dass auch bei **aller Zellenbildung die Membran durch Ausscheidung aus dem Schleim entstehen muss**. Dieser Schluss wird durch einige Erscheinungen bei der Zellenbildung selbst sehr unterstützt.

Ich habe schon oben<sup>1)</sup> darauf aufmerksam gemacht, dass bei der *abnormalen Zellenbildung* in Algenzellen eine grosse Mannigfaltigkeit in Rücksicht auf den membranbildenden Inhalt stattfindet, und dass von der abnormalen Zellenbildung zu den normalen Erscheinungen des Zellenlebens eine continuirliche Reihe von Abstufungen vorhanden sind. Bald ist es eine kleine Partie homogenen Schleimes, bald eine grössere Menge Chlorophyll und Amylum einschliessenden Schleimes, welche eine freie Zelle bildet; bald ist es ein beträchtlicher Theil des Zelleninhalts, welcher hier Membran, dort Verdickungsschichten erzeugt; bald ist es der ganze Zelleninhalt, welcher eine vollständige Membran, oder theilweise Membran, theilweise Verdickungsschicht, oder eine vollständige Verdickungsschicht bildet. Alle diese verschiedenen Erscheinungen sind durch eine Menge von Uebergangsstufen verbun-

---

<sup>1)</sup> Pag. 24 – 26; 42.

den, so dass auch nothwendig Ursache und Wesen in allen die gleichen sein müssen. Da nun in den einen Fällen (wenn der Schleim nämlich an eine bereits gebildete Membran oder an Wasser grenzt) sicher ist, dass die Membran auf keine andere Weise als durch Ausscheidung aus dem Schleime, welcher nachher eingeschlossen wird, entstehen kann, so müssen wir durchaus auch für die anderen Fälle, wo ein Theil der Schleimoberfläche oder die ganze Schleimoberfläche an flüssigen, stickstofflosen oder stickstoffhaltigen Inhalt grenzt, die gleiche Entstehung annehmen. Bei der freien abnormalen Zellenbildung wird also die Membran durch Ausscheidung aus der Inhaltspartie, welche zur Zelle wird, (nicht etwa auf irgend eine andere Art aus dem übrigen Inhalte der Mutterzelle) gebildet.

Gehen wir von der abnormalen, wandständigen und freien Zellenbildung zur *normalen wandständigen Zellenbildung* über, so finden wir auch hier, dass die Erscheinungen selbst zu jener durch einen Schluss nach Analogie abgeleiteten Annahme führen. Ich habe diess schon weitläufiger in dem Abschnitt über wandständige Zellenbildung besprochen. Der Inhalt der Mutterzelle theilt sich in zwei oder mehrere Partieen. Die neue Membran entsteht stellenweise zwischen dem Schleiminhalte und der Wandung der Mutterzelle, stellenweise zwischen dem Schleiminhalte und der Wandung der gleichzeitig entstehenden Schwesterzellen. Auch hier ist eine andere Annahme als die, dass die Membran durch Absonderung aus dem Schleiminhalte entstehe, unmöglich. Die Oberfläche des Inhaltes scheidet Verdickungsschichten aus bis zu dem Augenblicke, wo Zellenbildung auftritt. Die in diesem Momente ausgeschiedene Schicht ist der Anfang der Membran der neuen Zelle.

Bei der *freien normalen Zellenbildung* endlich sind die Erscheinungen, wenn sie auch eine andere Theorie nicht ausschliessen, der durch Analogie begründeten Annahme wenigstens nicht ungünstig. Das unzweifelhafteste Beispiel liefert *Achlya*, wo die Sporangiumzelle bald durch wandständige, bald durch freie Zellenbildung entsteht. Da hier im einen Falle (bei der wandständigen Entstehungsweise) die Membran durch Ausscheidung aus dem

Inhalte erzeugt wird, so ist es sicher, dass dasselbe auch in dem andern Falle geschieht. — Bei der Bildung der Keimzellen der Algen, Flechten und Pilze, und bei der Bildung der Endospermzellen im Embryosacke, erlauben die Erscheinungen eine doppelte Art der Erklärung, entweder dass die Membran eine Ausscheidung aus der sich isolirenden Inhaltspartie, oder dass sie ein Niederschlag aus der, die sich isolirende Inhaltspartie umgebenden Zellflüssigkeit sei. *Schleiden* und *Schwann* haben bekanntlich die letztere Erklärung festgehalten. Sie fanden dafür eine Analogie in der unorganischen Crystallbildung. Im Gebiete der organischen Processe aber findet sich, wie ich glaube, keine Analogie dafür<sup>1)</sup>. Die erstere Erklärung dagegen findet ihre sichere Analogie in der Verholzung, in der abnormalen freien und wandständigen, und in der normalen wandständigen Zellenbildung. Es ist somit kein Grund vorhanden, warum bei der freien normalen Zellenbildung nicht auch die Entstehung der Membran in Folge von Ausscheidung aus dem Inhalte als sicher begründet angenommen werden sollte.

Die Beispiele für die Membranbildung, wie wir eben gesehen haben, scheiden sich in zwei Cathegorien: 1) in solche, wo die Erscheinungen ohne Anderes die Annahme nothwendig fordern, dass die Membran durch Ausscheidung aus dem Inhalte gebildet werde; 2) in solche, wo die Erscheinungen dieser Annahme nicht im Wege stehen, und ebenfalls eine andere Annahme auch nicht einmal bloss wahrscheinlich machen. Es kann somit gegen den Schluss nach Analogie keine Einwendung gemacht werden, um so weniger, als die Beispiele der zweiten Cathegorie kein einziges Moment enthalten, welches der ersten Cathegorie mangelte, und daher einen verschiedenen Process in Aussicht stellen könnte.

Nach den vorausgegangenen Erörterungen muss ich den Begriff der *Membranbildung* folgendermassen aussprechen: Die Zellmembran ist ein an der Oberfläche des Inhaltes lie-

---

<sup>1)</sup> Ich verweise auf den Artikel über den Begriff der Zelle im zweiten Hefte dieser Zeitschrift pag. 1.

gender, von dem Inhalte selbst ausgeschiedener Ueberzug. Die Membran einer Zelle ist das Product ihres eigenen Inhaltes, so im Anfange wie späterhin. Sie entsteht nicht durch chemische Einwirkung eines Stoffes auf einen differenten Stoff. Ihre Bildung ist ein organischer Process, und zwar ein Process der Secretion. — Diese Theorie der Membranbildung schliesst sich, wie wir gesehen haben, genau an die Thatsachen an, und vermeidet jene formellen und materiellen Unrichtigkeiten, welche mit den Theorien von *Schwann* und von *Schleiden* verbunden sind, und von denen ich im zweiten Heft beim Begriff der Zelle gesprochen habe<sup>1)</sup>.

Das andere Moment bei der Zellenbildung ist die *Individualisirung einer Partie von Inhalt, welche sich zur neuen Zelle umbildet*. Wir müssen hier vorerst wieder zwischen *normaler* und *abnormaler Zellenbildung* unterscheiden. Bei der *abnormalen Zellenbildung* hängt die Art und Weise, wie sich der Inhalt individualisiert, nicht von einem bestimmten Gesetze, sondern bloss von äussern zufälligen Verhältnissen ab. Es vereinigen sich grössere oder kleinere, mehr oder weniger Partieen von Inhalt, und bilden neue Zellen. Der Begriff der Individualisirung von Inhaltspartieen ist hier aber durchaus schwankend, indem er sich allmälig in sein Gegentheil verliert.

Ich habe oben schon wiederholt auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam gemacht, in denen die *abnormale Zellenbildung* ins Leben tritt. Das eine Extrem ist eine kleine, freie, bloss aus Schleim bestehende Inhaltspartie, welche sich mit einer Membran bekleidet. Das andere Extrem ist ein Zelleninhalt, der sich bloss stellenweise von der Wandung loslässt, und daselbst neue Membranstücke erzeugt. Das eine Extrem ist eine vollständige Zellenbildung; das andere Extrem ist bloss eine geringe Veränderung der Gestalt der Zelle, verbunden mit einer theilweisen Neubildung von Membran. Das eine Extrem ist die Erzeugung eines neuen

---

<sup>1)</sup> 2. Heft pag. 1.

Zellenindividuums; das andere Extrem ist die Reorganisation der theilweise beeinträchtigten Individualität.

Zwischen beiden Extremen stehen eine Menge von Mittelstufen, bei denen es in einzelnen Fällen zweifelhaft ist, ob die alte Zelle in veränderter Form fortbestehe, oder ob eine neue Zelle an deren Stelle getreten sei. Das Factum ist sicher; die Erklärung aber facultativ. — In allen denjenigen Fällen, wo sich bloss stellenweise die Schleimschicht von der Zellwandung loslässt und neue Membranstücke erzeugt, werden wir die Zelle immer noch als die gleiche Zelle mit theilweise veränderter Gestalt und theilweise veränderter Membran anerkennen. In allen denjenigen Fällen, wo sich Theile des Inhaltes isoliren und ihre Abgeschlossenheit von einander durch Membranbildung vollenden, werden wir neue Zellen an die Stelle der Mutterzelle treten lassen. — Wenn aber der ganze Inhalt einer Zelle sich von der Wandung loslässt, sich isolirt, und dann eine neue vollständige Membran bildet, so können wir diess eben so gut eine *Zellenbildung*, als eine blosse *Membranbildung* nennen. Der Inhalt der alten und der neuen Zelle ist vollkommen der gleiche; die Wandung ist vollständig eine andere. Hat sich ein neues Individuum gebildet? oder hat sich das Individuum bloss reorganisirt (durch Regeneration eines Organs)? — Dieser Fall steht genau in der Mitte, und erlaubt ebensowohl die eine als die andere Erklärung. Ein Schritt nach der einen Seite (wenn sich nicht der ganze Inhalt, sondern nur ein Theil desselben von der Wandung loslässt), oder ein Schritt nach der andern Seite (wenn sich nicht der ganze Inhalt, sondern bloss ein Theil desselben vollständig isolirt) wird dagegen die Erklärung als Zellenreorganisation oder als Zellenbildung genau feststellen.

Der Uebergang findet noch auf eine andere Weise statt. Wenn sich der Inhalt einer Zelle an einer Stelle von der Wandung loslässt und sich mit einem neuen Membranstück bekleidet, wenn dabei ein kleinerer oder grösserer Theil des Inhaltes durch Lostrennung verloren geht und aufgelöst wird, so werden wir die auf diese Weise veränderte Zelle immer noch als die gleiche Zelle betrachten. Sie hat zwar theilweise ihren Inhalt verloren, sie hat theil-

weise eine andere Membran bekommen; aber der grössere Theil des Inhaltes und der Membran sind unverändert geblieben. Löst dagegen sich eine grössere Menge des Inhaltes ab und verschwindet durch Auflösung, so können wir den übrig bleibenden Theil des Inhaltes, welcher sich durch eine Membran abschliesst, beliebig als die veränderte ursprüngliche Zelle oder als neue Zelle betrachten. Wenn die sich ablösende Partie des Inhaltes, statt resorbirt zu werden, lebenskräftig bleibt und sich mit einer Membran bekleidet, so sind an die Stelle der ursprünglichen Zelle zwei neue getrennte Zellen getreten. Wir müssen daher hier eine Zellenbildung annehmen. — Von den drei hier aufgeführten Fällen ist der erste unzweifelhaft eine Reorganisation der individuellen Zelle; der dritte unzweifelhaft eine Erzeugung neuer Zellen; der zweite ist das eine oder das andere, je nachdem er mit dem einen oder mit dem andern Processe verglichen wird.

Das Resultat dieser Betrachtung ist, dass die *abnormale Zellenbildung* für den Process der Individualisirung von *Inhaltspartieen* zum Behuf der Zellenbildung uns keinen festen und absoluten Begriff begründen kann; eben weil dieser Process seinem Wesen nach ein schwankender und von seinem Gegentheile bloss gradweise verschieden ist<sup>1)</sup>.

Gehen wir nun zu der *normalen Zellenbildung* über, so finden wir hier den Process der Individualisirung von *Inhaltspartieen* an bestimmte Gesetze gebunden. Wir finden hier keine Erscheinungen, welche Uebergangsstufen nach einem andern Processe hin, etwa nach demjenigen der blossen Reorganisation der Zelle bildeten. Die Individualisirung des Inhaltes zum Behuf der Zellenbildung tritt im Allgemeinen unter vier verschiedenen Gestalten auf:

---

<sup>1)</sup> Ich musste dieses Factum etwas einlässlicher begründen, weil schon mehrfach abnormale Erscheinungen des Zellenlebens als Beweise für Zellenbildung in Anspruch genommen worden sind. Sie sind beweisend für die *Membranbildung*, nicht aber für die *Zellenbildung* überhaupt.

1) Einzelne kleine Partieen des Inhaltes besondern sich innerhalb des übrigen Inhaltes der Mutterzelle (Bildung der freien Keimzellen an Algen, Flechten, Pilzen, und der Endospermzellen an Phanerogamen).

2) Der ganze Inhalt einer Zelle, oder zweier durch Copulation verbundener Zellen, vereinigt sich in eine freie, kugelförmige oder ellipsoidische Masse (Bildung der Keimzellen der *Zygnemaceen*).

3) Der ganze Inhalt einer Zelle theilt sich in zwei oder mehrere Partieen (wandständige Zellenbildung bei der Zellentheilung).

4) Der ganze Inhalt eines kurzen Zellenastes, oder des Endtheiles eines längern Zellenastes, sondert sich von dem Inhalte der übrigen Zelle (wandständige Zellenbildung bei der sogenannten Abschnürung, wie z. B. bei der Keimzellenbildung mehrerer Algen [*Vaucheria* etc.] und vieler Pilze).

Die Erscheinungen, welche die Individualisirung des Inhaltes bei der normalen Zellenbildung zeigt, sind äusserlich die gleichen wie bei der abnormalen Zellenbildung. Die bedingenden Ursachen sind aber andere. Bei der abnormalen Zellenbildung sind es äussere zufällige Einflüsse, welche störend auf das Zellenleben einwirken. Bei der normalen Zellenbildung muss unter den bedingenden Ursachen vorzüglich die Anwesenheit eines Zellenkerns gerechnet werden. Ich habe nachgewiesen, dass sowohl bei der wandständigen als bei der freien, normalen Zellenbildung höchst wahrscheinlich immer Zellenkerne anwesend sind. Dieselben mangeln bei der abnormalen Zellenbildung, und hierin liegt der wesentliche Unterschied zwischen normaler und abnormaler Zellenbildung.

Wenn man die Anwesenheit des Zellenkerns bei der normalen Individualisirung von Inhaltspartieen als nothwendig voraussetzen darf, so müssen für die vier eben erwähnten Formen der Individualisirung die Processe folgendermassen vervollständigt werden:

1) In dem Inhalte der Zelle entstehen ein oder mehrere Zellenkerne. Jeder derselben versammelt den zunächst liegenden

Inhalt an seiner Oberfläche. Diese Inhaltspartie besteht in homogenem Schleim, oder in Schleim, dem andere assimilierte Stoffe, wie z. B. Chlorophyll oder andere Farbstoffe, Amylum, Oel u. s. w. beigemischt sind. Dadurch entstehen freie Zellen im Inhalte der Mutterzelle. Die Kerne sind theils schon während der Individualisirung des Inhaltes sichtbar, theils werden sie erst später sichtbar; in einigen Fällen sind sie bis jetzt nicht erkannt worden.

2) Es entsteht ein einziger Kern, welcher in der Mitte der, durch den ganzen Inhalt einer Zelle, oder zweier copulirter Zellen, gebildeten Anhäufung liegt. Die letztere bildet eine einzige freie Zelle im inhaltsleeren Lumen der Mutterzelle. Der Kern wird erst sichtbar bei der Entwicklung der Keimzellen zu neuen Pflanzen.

3) Es entstehen im Inhalte der Mutterzelle mehrere Kerne, welche in regelmässiger Stellung vertheilt sind. Jeder derselben individualisirt den Inhalt der Mutterzelle durch Attraction soweit, als seine Kraft nicht durch die Kraft der andern Kerne aufgehoben wird. An diesen Grenzstellen, welche ceteris paribus gleich weit von je zwei Kernen entfernt sind, bilden sich die Membranen. Mit andern Worten, der ganze Inhalt der Mutterzelle theilt sich in ebenso viele Portionen als Kerne vorhanden sind; in jeder Portion liegt ein Kern so ziemlich in der Mitte; die Portionen sind durch einen äusserst schmalen Raum von einander getrennt, in welchen von jeder Inhaltsportion die ihr angehörende Membran ausgeschieden wird. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in mehrere Tochterzellen.

4) In dem kurzen Aste (in dem ausgewachsenen Theile) oder in dem Endtheile eines längern Astes einer Zelle entsteht ein einziger Zellenkern. Unter seinem Einfluss besondert sich der ganze Inhalt des kurzen Astes oder des Endtheiles des längern Astes von dem Inhalte der übrigen Zelle; und bildet eine neue Zelle, deren Membran theils wandständig (an die innere Oberfläche des Astes angelehnt), theils frei (gegen das Lumen der übrigen Zelle gerichtet) ist. Die Mutterzelle aber bleibt, mit Ausnahme des erlittenen Verlustes, im Uebrigen unverändert. Der Zellenkern ist

während des Vorganges selbst noch nicht erkannt worden; späterhin wird er nicht selten sichtbar.

Der Begriff der *Individualisirung des Zelleninhaltes* zum Behuf der normalen Zellenbildung liegt also darin, dass sich ein Zellenkern bildet, und dass dieser Zellenkern durch Attractionskraft einen Theil des Inhaltes individualisiert. Dieser Theil kann unbestimmt oder bestimmt sein. Ist er das erstere, so besondert sich um den Kern eine beliebige Menge von Inhalt. Ist er das letztere, so wird durch den Kern der ganze Inhalt oder ein bestimmter Bruchtheil ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{8}$ ) individualisiert, wobei der Nenner des Bruches die Zahl der gleichzeitig sich individualisirenden Inhaltspartieen angibt.

Die *Zellenbildung* ist die Individualisirung einer Inhaltspartie, auf welche unmittelbar die Membranbildung folgt. Der Begriff der Zellenbildung beruht in der Vereinigung der beiden Theilbegriffe. Die *normale Zellenbildung*, insofern sie endogen ist, besteht also darin:

Dass im Inhalte der Mutterzelle sich ein Zellenkern bildet, dass derselbe durch Attraction einen Theil des Inhaltes individualisiert, und dass diese individualisierte Inhaltspartie durch Ausscheidung an ihrer ganzen Oberfläche sich mit einer Membran bekleidet.

Da nun aber bei Thieren auch Zellenbildung ausserhalb Zellen vorkommt, welche ebenfalls mit einem Kerne beginnt, und da bei der Generatio spontanea sich die ersten Zellen der Pflanzen oder Thiere entweder in äussern Medien oder in andern Zellen auf eine Weise bilden, dass diese gewiss nicht als Mutterzellen im eigentlichen Sinne dieses Wortes angesehen werden können, so muss der Begriff der normalen Zellenbildung in einen allgemeinern Ausdruck gebracht werden:

In organischen Substanzen (welche bei der animalischen Zellenbildung Proteinverbindungen, bei der vegetabilischen Zellenbildung stickstoffhaltige und stickstofflose Verbindungen [Eiweiss,

Gummi, Zucker] enthalten müssen) entsteht ein Zellenkern, welcher durch Attraction einen Theil der ihn umgebenden organischen Substanzen individualisirt; die individualisirte Partie von organischen Stoffen bekleidet sich durch Ausscheidung an ihrer ganzen Oberfläche mit einer Membran.

Bei der vegetabilischen Zellenbildung besteht die als Membran abgeschiedene Substanz aus ternären, stickstofflosen Substanzen. Die an der Oberfläche des Inhaltes liegende und ausscheidende homogene Substanz ist *Schleim* (Eiweiss mit Gummi und Zucker gemischt). Entweder besteht die ganze, durch den Zellenkern individualisirte Inhaltspartie aus Schleim, oder aus Schleim, welchem andere Substanzen beigemischt sind; im letztern Falle wird aber die äusserste Begrenzung immer durch Schleim gebildet. Es sind vorzüglich zwei Eigenschaften des Schleimes, welche die Zellenbildung wesentlich unterstützen. Die erste ist die, dass er überall wo er frei wird oder sich isolirt, eine vollkommen glatte Oberfläche annimmt, an welcher man mit den stärksten Vergrösserungen weder die kleinsten Vorsprünge, noch die kleinsten Vertiefungen wahrnehmen kann. Eine zweite Eigenschaft ist die, dass wenn Schleim und andere feste Stoffe sich zu einer bestimmten Form vereinigen, ein Theil des Schleimes immer eine oberflächliche Schicht bildet, indem er die übrigen Stoffe gleichsam zurückdrängt. Das letztere ist zu sehen, sowohl wenn der Inhalt einer Zelle (namentlich von Algenzellen) ins Wasser ausfliesst, als wenn der Inhalt durch Verletzung der Zelle sich von der Wandung löst und in einzelne Theile trennt. Dadurch dass der homogene Schleim an einer sich individualisirenden Inhaltspartie eine continuirliche umhüllende Schicht bildet, wird jene sogleich als ein zusammengehöriges Ganze nach aussen abgeschlossen. Dadurch dass der Schleim nach aussen eine vollkommen glatte Oberfläche besitzt, wird auch schon im ersten Augenblicke der Membranbildung eine continuirliche und glatte Membran erzeugt.

Nachdem wir den Begriff der Zellenbildung und in ihm die nothwendigen Bedingungen zur Zellenbildung kennen gelernt haben,

so wollen wir noch einige äussere Verhältnisse derselben näher betrachten. Die Zelle kann *in einer andern Zelle* oder *ausserhalb Zellen* entstehen. Für die Pflanzen gilt nun das Gesetz, dass alle vegetative normale Zellenbildung nur innerhalb Zellen stattfindet, ferner dass alle reproductive normale Zellenbildung zum Behufe der Fortpflanzung ebenfalls nur im Innern von Zellen auftritt. Bloss die ersten Zellen der durch Generatio aequivoca entstehenden Individuen bilden sich ausserhalb Mutterzellen.

*Schleiden* hat zuerst die Bildung von Zellen in Zellen als allgemeines Gesetz für die Pflanzen ausgesprochen. Es ist mir bei vielen Untersuchungen in den verschiedensten Ordnungen des Pflanzenreiches und an den verschiedenen Organen der Pflanze nie gelungen, Zellenbildung ausserhalb von Zellen zu sehen. Genaue Untersuchung in der richtigen Entwickelungsstufe zeigt immer, dass die neuen Zellen aus Mutterzellen hervorgehen.

*Meyen*<sup>1)</sup> lässt zwar in der jungen Anthere eine Partie von Zellgewebe sich auflösen und in dem homogenen Schleime neue Zellen entstehen. Ich habe aber nachgewiesen, dass *Meyen* ein zartwandiges Zellgewebe für formlosen Schleim ansah<sup>2)</sup>.

*Mirbel*<sup>3)</sup> lässt das Cambium in der Wurzel der Dattelpalme aus einer formlosen, homogenen, dicklichen Flüssigkeit bestehen, in welcher sich die Zellen bilden. Ich finde aber in den Wurzeln der Dattelpalme, sowie in allem andern Cambium bei gehörigen Schnitten überall ein continuirliches und nirgends durch eine formlose Masse unterbrochenes Zellgewebe.

*Schleiden*<sup>4)</sup> ist zu einem gleichen Resultate über die Zellenbildung im Cambium gelangt.

<sup>1)</sup> Physiologie. Band III, pag. 119. Tab. 12. Fig. 2.

<sup>2)</sup> Zur Entwickelungsgeschichte des Pollens, pag. 10. Fig. 2 – 7; 31 – 36; 47, 48.

<sup>3)</sup> Nouvelles notes sur le cambium; Archives du Muséum, tome I. planche XXI.

<sup>4)</sup> Grundzüge d. w. B. 1. Auflage. I. pag. 199.

*Endlicher* und *Unger*<sup>1)</sup> lassen neuerdings die Zellen auch durch Zwischenzellenbildung entstehen, indem sie zuerst als Höhlungen im Intercellularstoff auftreten und nachher durch Condensation des letztern eigene Wandungen bekommen sollen. Wenn aber Zellen in einer Gallertmasse liegen, so ist diess noch keineswegs ein Beweis dafür, dass sie auch in dieser Gallertmasse entstanden sind. Die Entwicklungsgeschichte muss entscheiden, ob die Zellen von der Gallerte oder ob die Gallerte von den Zellen erzeugt worden sei. Meine Untersuchungen an Algen und Flechten und an den höhern Pflanzen zeigen mir nun aber, dass ohne Ausnahme die Zellen zuerst vorhanden sind, und dass die sie späterhin umgebende Gallerte erst durch die Zellen gebildet wird. In den einfacheren Pflanzen wie in *Nostoc*, in *Palmella* etc. kann man die Entwicklung von der ersten Zelle aus verfolgen. In den complicirteren Pflanzen, wie z. B. in den Fucoideen und Flechten ist zuerst ein dünnwandiges, parenchymatisches Zellgewebe vorhanden; später trennen sich die Zellen von einander, indem Gallerte zwischen denselben auftritt. In vielen der complicirteren Algen und Florideen habe ich die Entwicklung der Organe von der ersten Zelle aus Schritt für Schritt verfolgen, und dieselbe in bestimmte Zellenbildungsgesetze bringen können. Es wird dadurch möglich, in dem fertigen Gewebe von jeder Zelle zu bestimmen, in welcher Mutterzelle sie entstanden ist. Die Annahme einer Zwischenzellenbildung aber wird dadurch ganz unmöglich.

In neuester Zeit hat *Mettenius*<sup>2)</sup> im Ovulum und in der Anthere der Rhizocarpeen die Zellen in einer formlosen Flüssigkeit entstehen lassen, welche von dem aus einer einfachen Zellschicht gebildeten Säckchen umschlossen wird. Meine eigenen Untersuchungen stimmen jedoch mit dieser Darstellung nicht überein. Ich habe mehrmals während der Zellenbildung in diesen Organen ein zartwandiges Parenchym gesehen, und muss demnach glauben, dass es sich mit der Entstehung der Pollenmutterzellen in den

<sup>1)</sup> Grundzüge der Botanik pag. 33.

<sup>2)</sup> Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen 1846. pag. 10.

Rhizocarpeen auf ähnliche Weise verhalte, wie in den Phanerogamen. — Bei einem einzigen Organ, nämlich bei den Antheridien der Moose und Farren ist mir die Zellenbildung bis jetzt zweifelhaft geblieben; nicht weil daselbst etwas der Theorie Ungünstiges, sondern weil überhaupt nichts gesehen wird. Es ist übrigens zu bemerken, dass die Samenzellchen, welche sich da bilden, ohne Zweifel den Zellenkernen analoge Bläschen (nicht Zellen) sind, und ferner, dass auch bei den übrigen Antheridien (der Characeen und Florideen) keine extracellulare Zellenbildung stattfindet.

Nachdem das Gesetz festgestellt ist, dass bei den Pflanzen die vegetative sowohl als die reproductive normale Zellenbildung bloss *innerhalb Mutterzellen* stattfindet, so kommt ferner das *Verhältniss der Zellenbildung zu diesen Mutterzellen* in Betracht. Es fragt sich zuerst, in welcher *Zahl* und in welcher *Stellung* die Tochterzellen in der Mutterzelle entstehen.

Die *Zahl der Tochterzellen* ist bestimmt oder unbestimmt. Im Allgemeinen lässt sich die Regel festhalten, dass bei der vegetativen Zellenbildung bloss zwei Zellen aus einer Mutterzelle sich bilden, dass dagegen bei der reproductive Zellenbildung die Zahl von 1 bis zu unbestimmt vielen varirt, und dass hier die kleinern Zahlen (1, 2, 4, 6, 8) constant sind, die grössern Zahlen (5 bis 100 und darüber) dagegen variren.

Was vorerst die *vegetative Zellenbildung* betrifft, so glaube ich mich berechtigt, zufolge umfassender Untersuchungen an Algen, Pilzen, Florideen, Moosen, Charen, an den Gefässcryptogamen und an den Phanerogamen, als allgemeines Gesetz aussprechen zu dürfen, dass hier immer zwei Tochterzellen in einer Mutterzelle entstehen, oder mit andern Worten, dass eine Zelle sich in zwei theilt. Ich muss gegentheilige Ansichten und Darstellungen als bestimmt unrichtig erklären<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> So zeichnen Schleiden und Vogel in einer Epidermiszelle, welche in ein Haar ausgewachsen ist, drei junge Zellen (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile bei den Leguminosen, in Act.

Bei der *reproductiven Zellenbildung* entstehen die Zellen in verschiedener Zahl in der Mutterzelle. Es bildet sich constant Eine Zelle bei der Keimzellenbildung der Zyg nemaceen und mehrerer anderer Algen und Pilze, ferner bei der Bildung der Sporen und Pollenzellen in den Specialmutterzellen. Es entstehen constant zwei, vier, sechs, acht Zellen in einer Zelle bei der Bildung der Keimzellen mehrerer Algen, vieler Pilze, der Flechten, ferner bei der Bildung der Specialmutterzellen der Florideen, Laub- und Lebermoose, Farren, Lycopodiaceen. Es varirt die Zahl von 2 und 4—8 bei der Bildung der Specialmutterzellen der Phanerogamen. Die Tochterzellen entstehen in unbestimmter Menge bei der Keimzellenbildung vieler Algen und Pilze, und bei der Bildung der Endospermzellen im Embryosack.

Die *Stellung* der Tochterzellen innerhalb der Mutterzellen ist theils gesetzmässig, theils unregelmässig. Die vegetative Zellenbildung richtet sich in Bezug auf die Stellung der Tochterzellen nach bestimmten Gesetzen, aus denen eine bestimmte innere Structur und äussere Form des Organs hervorgeht, wie ich im zweiten Hefte dieser Zeitschrift für *Delesseria Hypoglossum* und für die Moose nachgewiesen habe. Bei der reproductiven Zellenbildung finden wir gewöhnlich mit einer bestimmten Zahl eine regelmässige Stellung, mit einer unbestimmten Zahl eine unregelmässige Stellung verbunden. Wenn die Keimzellen (bei Pilzen und Flechten) in der constanten Zahl von 2 oder 4 oder 6 oder 8 in einer Mutterzelle entstehen, so liegen sie meist in der Achse

---

Acad. Caes. L. C. Nat. Cur. Vol. XIX. P. I. Tab. X. Fig. 38). Ferner bildet Schleiden in einer Mutterzelle aus dem Terminaltriebe drei Tochterzellen ab (Beiträge zur Anatomie der Cacteen in den Mém. de l'Acad. Imp. des sciences de St.-Pétersbourg. Ser. VI. T. IV. Tab. VIII. Fig. 9). Ich habe mich an den beiden genannten Orten überzeugt, dass in einer Zelle bloss zwei Zellen sich bilden; dass aber, wenn eine der letztern sich schnell noch einmal theilt, es leicht den Anschein gewinnt, als ob drei Zellen in einer Mutterzelle entstanden seien. Vgl. hiezu pag. 47, 48.

der Mutterzelle hintereinander, oder sie zeigen sonst ein bestimmtes Stellungsverhältniss zu dieser Achse. Wenn die Specialmutterzellen in der constanten Zahl von 4 zusammen sich bilden, so sind sie tetraëdrisch um das Centrum der Mutterzelle gestellt. Wenn aber Zellen in unbestimmter Menge entstehen (wie bei der Keimzellenbildung vieler Algen und Pilze, und bei der Endospermzellenbildung), so ist auch ihr Lagerungsverhältniss innerhalb der Mutterzelle kein bestimmtes.

Ausser der Zahl und Stellung der Tochterzellen innerhalb der Mutterzelle frägt es sich ferner, auf welche Weise die *einzelnen Theile der Mutterzelle bei der Zellenbildung mitwirken*. Die *Membran*, wie wir bei der freien und bei der wandständigen Zellenbildung gesehen haben, nimmt überall keinen unmittelbaren Anteil an der Erzeugung der neuen Zelle. Es ist blos der *Inhalt* der Mutterzelle, welcher hier in Betracht kommt. Die normale Zellenbildung lässt sich nun in Bezug auf das materielle Verhältniss von Mutterzelle und Tochterzelle in folgende Cathegorien bringen:

1) In einer Mutterzelle entsteht eine Tochterzelle, welche das ganze Lumen der ersten ausfüllt, und vielleicht auch ihren ganzen Inhalt aufnimmt. Hieher gehört die Entstehung der Sporenzellen in den Specialmutterzellen der viersporigen Cryptogamen, nämlich der Florideen, Leber- und Laubmoose, Farren und Lycopodiaceen, und der Pollenzellen in den Specialmutterzellen der Rhizocarpeen und Phanerogamen. Die Specialmutterzellen enthalten einen centralen Kern. Dieser verschwindet, und in der Specialmutterzelle liegt bald darauf eine dieselbe ganz erfüllende Sporen- oder Pollenzelle mit einem (primären) lateralen Kern. Wie diese Zelle sich gebildet habe, ob frei im Inhalt oder um den ganzen Inhalt, ist noch unbekannt.

2) Der centrale primäre Kern der Mutterzelle theilt sich in zwei Tochterkerne; der ganze Inhalt besondert sich in zwei Partieen, von denen jede einen der beiden Kerne in ihrer Mitte hat. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in zwei Zellen mit centralem Kern. Diesen Vorgang finden wir bei

der Gewebezellenbildung der Algen (und der Flechten?), und bei der reproductiven Zellenbildung vieler einzelliger und mehrzelliger Algengattungen.

3) In der Mutterzelle tritt ein centraler Kern auf, welcher sich in zwei Tochterkerne theilt. Der Inhalt besondert sich in zwei Partieen, von denen jede einen jener beiden Kerne einschliesst. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in zwei Zellen mit lateralem Kern. Hieher ist zu rechnen die Gewebezellenbildung der (meisten Pilze?) Florideen, Leber- und Laubmose, Farren, Lycopodiaceen, Characeen, Equisetaceen, Rhizocarpeen, Phanerogamen. Es ist noch ungewiss, ob der centrale, sich theilende Kern der primäre Kern der Mutterzelle sei, welcher von der Wandung sich losmachte und ins Centrum rückte; — oder ob es ein neugebildeter Kern sei, der im Centrum entstand, nachdem der primäre laterale Kern aufgelöst worden war. Die Entscheidung dieser Frage muss zugleich entscheiden, ob diese Zellenbildung wirklich von der unter 2) aufgeföhrten verschieden sei, oder ob man sie nur als besondere Modification derselben betrachten müsse. — Ich habe bei der Hautdrüsusbildung der Phanerogamen die Ansicht aufgestellt, dass der primäre Kern der Epidermiszelle resorbirt werde, und dass sich ein neuer centraler Kern bilde<sup>1)</sup>. *Mohl*<sup>2)</sup> dagegen behauptet für den gleichen Fall, dass der primäre Kern nicht aufgelöst werde, sondern dass er es sei, welcher sich theile.

4) Es entstehen vier Kerne, wahrscheinlich durch Theilung des primären centralen Kerns in zwei Kerne, von denen sich jeder noch einmal theilt. Die vier Kerne nehmen eine tetraëdrische Stellung an. Der Inhalt besondert sich in vier Partieen, von denen jede einen jener Kerne in ihrer Mitte enthält. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in

<sup>1)</sup> Linnæa 1842 pag. 238.

<sup>2)</sup> Vermischte Schriften pag. 258.

vier tetraëdrisch - gestellte Tochterzellen. Ich habe diesen Vorgang bis jetzt bloss in der neuen einzelligen Algengattung *Tetrachococcus*<sup>1)</sup> beobachtet.

5) Der laterale (primäre) Kern der Mutterzelle wird resorbirt. Es tritt ein neuer secundärer Kern im Centrum der Mutterzelle auf. An seiner Seite entstehen zwei kleinere Kerne.

A. Der secundäre Kern der Mutterzelle wird aufgelöst. Der Inhalt besondert sich in zwei Partieen, von denen jede einen der beiden kleineren Kerne in der Mitte hat. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in zwei Zellen mit centralem Kern. — Jeder der beiden Kerne theilt sich in zwei Kerne, und jede der beiden Zellen theilt sich noch einmal durch wandständige Zellenbildung in zwei Tochterzellen.

B. Die beiden kleineren Kerne theilen sich, so dass nun vier noch kleinere Kerne um den grössern secundären Kern der Mutterzelle liegen.

a. der secundäre Kern der Mutterzelle wird resorbirt. Die vier kleinern Kerne nehmen eine tetraëdrische Stellung ein. Der Inhalt besondert sich in vier Partieen, von denen jede einen der vier Kerne im Centrum hat. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in vier tetraëdrisch - gestellte Zellen mit centralem Kern.

b. Einige oder alle der vier kleinern Kerne theilen sich, so dass nun fünf bis acht abermals kleinere Kerne um den grossen centralen secundären Kern der Mutterzelle liegen. Der letztere wird resorbirt. Der Inhalt besondert sich in eben so viele Partieen, als kleinere Kerne sich gebildet haben, indem jede einen

---

<sup>1)</sup> Ich verweise hierüber auf eine nächstens erscheinende Schrift über Algen.

derselben in ihrer Mitte eingeschlossen enthält. Die Inhaltspartieen sind gleichmässig um das Centrum geordnet. Die Mutterzelle theilt sich durch wandständige Zellenbildung in fünf bis acht Zellen, mit centralem Kern.

Der geschilderte Vorgang findet sich bloss bei der Bildung der Specialmutterzellen im Sporangium der viersporigen Cryptogamen und in den Antheren. Die unter A beschriebene Modification habe ich an Florideen, Moosen und Phanerogamen, die Modification B a an Florideen, Moosen, Farren, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen und Phanerogamen, die Modification Bb an Phanerogamen beobachtet.

6) In einer Mutterzelle oder in zwei durch Copulation verbundenen Mutterzellen vereinigt sich der ganze Inhalt in eine kugelige oder ellipsoidische Masse, welche durch Membranbildung an ihrer Oberfläche zu einer freien Zelle sich umbildet. Hierher gehört die reproductive Zellenbildung der Zyg nemaceae. In dem Inhalte liegt höchst wahrscheinlich ein centraler Kern, der aber jedenfalls verschieden ist von dem primären Kern der einen oder der beiden Mutterzellen.

7) In einer Mutterzelle entstehen, indem sich ihr primärer Kern auflöst, neue Kerne; jeder derselben sammelt einen meistens sehr geringen Theil des Inhaltes ringsum sich an, welcher sich mit einer Membran bekleidet. Die Zellen entstehen durch freie Zellenbildung im Inhalte der Mutterzelle. Hierher gehört die Bildung der Keimzellen in einigen Algen, in vielen Pilzen, in den Flechten, und die Bildung der Endospermzellen bei den Phanerogamen.

8) Eine Zelle wächst in einen Ast aus, und theilt sich durch wandständige Zellenbildung so in zwei Zellen, dass die Eine dem ursprünglichen Lumen der Zelle, die andere dem ausgewachsenen Theile entspricht. Hierher ist zu rechnen die Astzellenbildung bei Algen, Pilzen,

Florideen etc. Sie ist wahrscheinlich fast an allen Pflanzen vorhanden; vorzüglich aber an den aus Zellenreihen bestehenden Organen zu erkennen. — Die Entstehung der Zellenkerne und ihre Theilnahme an der Zellenbildung ist noch nicht sicher erkannt. Wie mir scheint, so sind in diesen Beziehungen folgende zwei Modificationen vorhanden.

A. Die auswachsende Zelle besitzt vor dem Auswachsen einen **zentralen (primären) Kern**, und behält denselben auch späterhin. In dem ausgewachsenen Theile ist nachher ebenfalls ein freier Kern vorhanden, welcher wahrscheinlich für sich und unabhängig von dem primären Kerne der ursprünglichen Zelle entstanden ist. Jede der beiden Tochterzellen besitzt einen **zentralen Kern**. — Diese Astzellenbildung gilt für diejenigen Pflanzen, deren Gewebezellbildung die unter 2) beschriebene Regel befolgt.

B. Die auswachsende Zelle besitzt vor dem Auswachsen einen **lateralen (primären) Kern**. In dem ausgewachsenen Theile ist nachher ein zweiter Kern vorhanden, der wahrscheinlich für sich und unabhängig von dem primären Kern entstanden ist. Jede der beiden Tochterzellen besitzt einen **lateralen Kern**. — Diese Astzellenbildung findet sich in denjenigen Pflanzen, deren Gewebezellbildung sich nach der unter 3) beschriebenen Regel richtet.

9) Eine Zelle wächst in einen Ast aus. Der ganze Inhalt des Astes (wenn derselbe kurz ist), oder der Endtheil seines Inhaltes (wenn der Ast lang ist) besondert sich, und verwandelt sich durch Membranbildung an seiner ganzen Oberfläche in eine Zelle, welche vollkommen dem Lumen des ganzen kurzen Astes, oder des ganzen Endes eines längern Astes entspricht. Auf diese Art bilden sich die Keimzellen mehrerer Algen (z. B. *Vaucheria*) und Pilze. — Das Verhalten der Kerne ist noch nicht hinreichend bekannt. Die Mutterzelle besitzt einen **lateralen oder einen zentralen (primären) Kern**; die Tochterzelle ebenfalls. Der Kern der Tochterzelle ist wahrscheinlich in dem Aste für sich und unabhängig von dem (primären) Kern der Mutterzelle entstanden. — Diese Zellen-

bildung hat grosse Verwandtschaft mit der unter 8) aufgeföhrten. Dort aber findet die Theilung immer durch eine Scheidewand statt, welche, sobald sie dick genug ist, als aus zwei gleich dicken Lamellen gebildet erscheint. Dieses Verhalten der Wand lässt darauf schliessen, dass gleichzeitig sich zwei Zellen bilden, welche sich in den Inhalt und in das Lumen der Mutterzelle theilen. Hier dagegen erkennt man an der gebogenen Scheidewand, deren convexe Fläche immer dem ursprünglichen Lumen der Zelle zugekehrt ist, nur eine Lamelle, welche der in dem Aste gebildeten Zelle angehört. Das Lumen der Mutterzelle scheint zuerst blos durch die Tochterzelle geschlossen zu sein, nachher schliesst es sich durch ein eigenes Membranstück ab. Bei dieser Zellenbildung entstehen daher, wie ich glaube, ursprünglich nicht zwei, sondern blos Eine Zelle.

#### 6. Zellenwachsthum.

Die Zelle hat in dem Moment ihres Entstehens eine sehr verschiedene Form. Die durch *freie Zellenbildung* erzeugten Zellen sind immer kugelförmig oder ellipsoidisch. Die durch *wandständige Zellenbildung* zu mehreren in einer Mutterzelle entstandenen Zellen dagegen besitzen diejenige Gestalt, welche aus der Theilung der Mutterzelle durch gerade oder auch durch gebogene Flächen hervorgeht. Die Formverschiedenheiten, unter denen die neugebildeten Zellen auftreten, sind daher geradezu unzählbar zu nennen. Die Zelle entsteht nicht selten in einer mathematisch regelmässigen Gestalt, z. B. als Kugel, Ellipsoid, Halbkugel, Kugelquadrant, Kugelsegment, Kugelausschnitt, Kegel, gestützter Kegel, Cylinder, Halbcylinder, Cylinderquadrant, Cylinderausschnitt, Cylinderabschnitt, Tetraëder, Würfel, Tafel, prismatische Säule etc. etc. Meist aber bildet die Form der entstehenden Zelle theils Uebergänge zwischen diesen mathematischen Figuren, theils zeigt sie überhaupt alle möglichen unregelmässigen, gradflächigen (seltener krummflächigen) Figuren. Die Flächen und Kanten der entstehenden Zelle sind entweder alle gebogen, oder alle gerade, oder gemischt. Die Zahl der Flächen, von denen die

junge Zelle begrenzt ist, varirt nach meinen Untersuchungen von 1 bis ungefähr 32, die Zahl der Kanten von 0 bis ungefähr 90, die Zahl der Ecken von 0 bis ungefähr 60.

Aus diesen Thatsachen ist ersichtlich, wie wenig die bisherige Zellenlehre das Rechte getroffen, wenn sie von der Kugelform der Zelle ausging, und von dieser die übrigen Formen als spätere ableitete. Im Allgemeinen halte ich es für Regel, dass die Zelle die Gestalt behält, in welcher sie entstanden ist. In vielen Fällen ändert sie allerdings ihre Gestalt; aber diess bildet, wenn die Zahl entscheidet, durchaus nicht die Regel. Wenn die Zelle ihre Gestalt ändert, so geschieht es viel häufiger, dass sie von der polyédrischen Gestalt in die sphärische, als dass sie von der sphärischen in die polyédrische Gestalt übergeht. Letzteres geschieht überhaupt, wie ich glaube, bloss bei den Endospermzellen.

Das Wachsthum der Zelle ist doppelter Art. Entweder bildet sich der Inhalt in der ganzen Zelle gleichzeitig um, und die Membran dehnt sich an der ganzen Zelle gleichzeitig aus. Ich will diess *allseitiges Wachsthum* nennen. Oder es bildet sich an einem Puncte der Zelloberfläche fortwährend neuer Inhalt und ebendaselbst fortwährend neue Membran. Ich habe diesen Pro-cess *Spitzenwachsthum* genannt<sup>1)</sup>.

Beim Wachsthum der Zelle ist zwischen Wachsthum des Inhaltes und zwischen Wachsthum der Membran zu unterscheiden. Jenes erscheint immer als das ursächliche und primäre, dieses als das bedingte und secundäre. Ich will hier bloss von dem Wachsthum der Membran sprechen. Dasselbe ist ein Wachsthum in die Dicke und ein Wachsthum in die Fläche. Das letztere kommt, wenn es sich um das Wachsthum der Zelle handelt, vorzüglich in Betracht. Man stellt sich dasselbe als eine Expansion in Folge von Intussusception von organischen Molekülen vor, und nennt es eine Ernährung der Membran. Ohne auf eine Beurtheilung dieser Theorie einzugehen, will ich bloss unter-

1) 1. Heft, bei *Caulerpa* pag. 134.

suchen, mit welchen Erscheinungen das Wachsthum der Membran in die Fläche beim allseitigen und beim Spitzenwachsthum der Zelle verbunden sei.

Wenn beim allseitigen Wachsthum der Zelle die letztere ihre Gestalt nicht ändert, so muss sich die Membran gleichmässig in allen ihren Theilen ausdehnen. Wenn dagegen die Zelle ihre Gestalt ändert, so müssen die einen Partieen der Membran sich mehr ausdehnen als die anderen. Die Membran besteht aus Flächen. An jeder dieser Flächen muss das Wachsthum der Membran in zwei Factoren zerlegt werden, in die Ausdehnung in der *einen* und in die Ausdehnung in der *andern Flächendimension*. In jeder Dimension ist nun dreierlei möglich: die Ausdehnung ist  $+x$ , 0, oder  $-x$ ; d. h. es ist eine Ausdehnung vorhanden, oder sie mangelt, oder es findet selbst eine Verkürzung der Membranfläche in dieser Dimension statt. Das letztere ist, wiewohl es seltener vorkommt, doch in einzelnen Fällen vorhanden. Das Wachsthum einer Membranfläche zeigt also, wenn die drei Möglichkeiten in jeder Dimension mit einander combinirt werden, im Allgemeinen neun mögliche Fälle, abgesehen davon, dass überall noch eine Menge Quantitätsverschiedenheiten vorkommen können. An einer Zelle mit ungleichmässigem Wachsthum muss wenigstens zwischen zwei Flächen unterschieden werden. Es giebt aber Zellen mit 10, 20 und 30 Flächen. Es lässt sich daraus entnehmen, welche unendliche theoretisch-mögliche Mannigfaltigkeit für das allseitige Wachsthum einer Zellmembran in ihrer Totalität gegeben ist, da dasselbe aus der Combination so vieler und dazu noch variabler Factoren hervorgeht. Ich glaube daher auch, dass sich wohl für einzelne einfache Fälle das Wachsthum der Membran in seine Factoren zerlegen lässt, dass es aber unmöglich ist, allgemeine Regeln dafür aufzustellen.

*Schleiden*<sup>1)</sup> lässt die Formverschiedenheiten der Zellen aus ungleicher Ernährung der Membran entstehen; — diese Ernährung soll bloss da stattfinden, wo eine Zelle mit andern Zellen oder wo

---

<sup>1)</sup> *Grundzüge d. w. Bot.* 2. Auflage. I. pag. 211.

sie mit einer Flüssigkeit in Berührung ist; — sie soll ferner an denjenigen Stellen stärker sein, wo ein beträchtlicherer Stoffwechsel nach andern Zellen hin thätig ist, so an den Enden von langgestreckten Zellen stärker als an den Seitenflächen<sup>1)</sup>.

*Schleiden* geht dabei von den Thatsachen aus, dass die Epidermiszellen und den Zellen der Scheidewände in die Luftcanälen abgeplattet sind; dass bei sternförmigen und schwammförmigen Zellen nur die Strahlen mit andern Zellen in Berührung sind; dass, wo ein Saftstrom durch ein Gewebe geht, sich langgestreckte Zellen bilden. Das citirte Beispiel von *Caulerpa* gehört nicht hieher, sondern zu einer ganz verschiedenen Art des Wachsthums, zum *Spitzenwachthum*.

Die angeführten Thatsachen sind unbestreitbare Regel, wenn sie auch nicht absolutes und ausnahmsloses Gesetz sind. Ich ziehe aber daraus einen ganz andern Schluss, nämlich den, dass die Zellmembran gerade da am wenigsten wächst, wo sie den grössten Stoffwechsel nach aussen hin vermittelt, und dass sie da am meisten sich ausdehnt, wo sie am wenigsten für Aufnahme und Abgabe von Stoffen in Anspruch genommen wird.

Ich will zuerst gegen *Schleiden's* Theorie einige negative Gründe anführen. Wäre dieselbe richtig, so müssten wir constant die an Luft grenzenden Epidermiszellen flach finden. Nun giebt es aber solche, welche nicht bloss nicht flach sind, sondern deren radialer Durchmesser sogar beträchtlich über die tangentalen Durchmesser vorwiegt. Es müsste ferner ein durchgreifender Formunterschied zwischen Epidermiszellen, die an Wasser, und solchen, die an Luft grenzen, stattfinden, was nicht der Fall ist. Es müssten die an Luft grenzenden Epidermiszellen ferner eine abgeplattete Aussenfläche besitzen, während sie in mehreren Fällen sich papillenförmig erheben. Es müssten die Zellen der Zellflächen (einfachen Zellschichten), welche in der Luft befindlich sind (z. B. der meisten Moosblätter), flach und beiderseits abgeplattet sein, was häufig nicht der Fall ist; während umgekehrt nicht selten

---

1) A. a. O. pag. 250.

Zellflächen, die im Wasser liegen (z. B. Algen und Florideen), ziemlich flache und abgeplattete Zellen besitzen.

Wichtiger als diese negativen Einwürfe sind die positiven Gründe. Angenommen eine Zelle mit gleichen Durchmessern und kubischer Gestalt wird tafelförmig, wie diess bei vielen Zellen der Oberhaut und der Scheidewände in den Luftcanälen der Fall sein mag, so dehnt sich die Zelle in zwei Richtungen, die ich die *tangentialen* nennen will, aus, während sie in *radialer* Richtung sich gar nicht oder nur wenig ausdehnt. Die beiden Flächen aber, auf denen der radiale Durchmesser senkrecht steht, und die ich *Endflächen* nennen will, dehnen sich dabei, obgleich sie mit Luft in Berührung stehen, nicht bloss so viel, sondern sogar mehr als die übrigen oder die *Seitenflächen*. Nehmen wir an, alle drei Durchmesser der Zelle seien anfänglich = 1; und es finde eine solche Zunahme statt, dass die beiden *tangentialen* Durchmesser = 3 werden, der *radiale* Durchmesser = 1 bleibt, — so haben die sechs Flächen, von denen jede zuerst einen Quadratinhalt = 1 besass, nun in der Art zugenommen, dass der Quadratinhalt jeder der vier *Seitenflächen* = 3, der Quadratinhalt jeder der beiden *Endflächen* = 9 geworden ist. In diesem Falle beträgt also die Quadratausdehnung einer, mit andern Zellen in Berührung stehenden Seitenfläche das Dreifache, die Quadratausdehnung einer an Luft grenzenden Endfläche dagegen das Neunfache des ursprünglichen Inhaltes. Die letztere ist also dreimal beträchtlicher als die erstere. — Es liesse sich nun zwar einwenden, dass die Ausdehnung der Membran einzig von der Ernährung der Seitenflächen herrühre, indem ein Theil der letztern zur Endfläche geworden sei. Man müsste aber zu dieser Annahme eine Verschiebung der einzelnen Theile der Membran in Anspruch nehmen, wie sie bis jetzt für Pflanzenzellen nicht erwiesen ist. Zudem werde ich durch ein anderes analoges Beispiel zeigen, dass eine solche Verschiebung wirklich nicht vorhanden ist.

Nach Schleiden sollen die langgestreckten Zellen ihre Gestalt einem Saftstrome verdanken, indem dadurch ihre Enden mehr

ernährt werden. — Es ist dagegen einzuwenden, dass, wenn eine cylindrische oder prismatische Zelle an ihren beiden Endflächen sich mehr ernährt als an ihrer Seitenfläche, die Zelle verhältnissmässig dicker, nicht verhältnissmässig länger werden wird, denn die Endflächen bestimmen die Weite des Cylinders oder des Prismas. Es könnte aber auch, nach der beim vorigen Beispiele ausgesprochenen Möglichkeit, immer ein Theil der sich ausdehnenden Endflächen zur Seitenfläche werden, so dass dann die Endflächen selbst gleich gross blieben, die Seitenfläche aber durch Hinzufügung neuer Membrantheile vorzüglich an beiden Enden (d. h. nächst den beiden Endflächen) wachsen würde. Dass diess aber nicht der Fall sei, beweisen solche cylindrische oder prismatische Zellen, welche an ihrer Seitenfläche fixe Puncte besitzen, aus deren Verhalten man die Ausdehnung der Membran beurtheilen kann. Solche fixe Puncte sind für Pflanzen und Organe von sehr einfachem Bau die Anheftungsstellen der Astzellen. Bei Conservaceen und Callithamniaceen entstehen die Aeste oft sehr früh; sie sind an dem obern Ende der cylindrischen Seitenfläche angeheftet. Ich beobachtete nun in mehreren Fällen, dass die *Seitenfläche* nach Entstehung des Astes, sich ihrem Flächeninhalt nach noch zehn- bis zwanzigmal mehr ausdehnte als die Endfläche, und dass dabei der Ast entweder der Endfläche immer nahe blieb oder sich nur wenig von derselben entfernte. Die Seitenfläche ist frei, und grenzt an Wasser; die Endfläche berührt eine Zelle. Nach Schleiden's Theorie sollte die Endfläche mehr ernährt werden als die Seitenfläche, denn jene vermittelt den Stoffwechsel von organischen Substanzen, diese dient zur Aufnahme unorganischer Nahrungsstoffe. Nun findet hier gerade das Gegentheil statt, und es ist wirklich die Seitenfläche selbst, welche sich ausdehnt. Die Annahme, dass etwa die Seitenfläche durch seitlich gerückte Partieen der Endflächen vergrössert werde, ist hier unmöglich, es müsste sonst nothwendig die Astzelle allmälig sich von der Endfläche entfernen. Dass aber die Astzelle selbst nicht etwa auf der Seitenfläche verschiebbar sei, und dass ihre Stellung hier als sicheres Criterium gelten darf,

beweist der Porus, welchen bei den Callithamniaceen die Astzellen im Centrum ihrer Basisfläche besitzen, und der gewiss nicht verschiebbar ist. — Das Gleiche lässt sich bei Ceramiaceen und bei andern Florideen, wie z. B. an *Polysiphonia* beobachten, wo die prismatische Centralzelle häufig einen Ast trägt.

Der Einwurf, dass die angeführten Pflanzen im Wasser leben, scheint mir von keinem besondern Gewichte zu sein. Denn es lässt sich gewiss höchstens behaupten, dass Membranen, welche an Wasser grenzen, leichter ernährt werden, als solche, die von Luft umgeben sind; — nicht aber, dass Membranen, welche von Wasser befeuchtet werden, sich mehr ernähren sollen, als solche, welche an andere Zellen anstossen. Ueberdem würde jener Einwurf jedenfalls bei *Polysiphonia* wegfallen, wo die langgestreckten Centralzellen, deren Wachsthum das gleiche Resultat liefert, ganz von Zellen umgeben sind. — Um übrigens jeden Zweifel zu beseitigen, so führe ich an, dass auch cylindrische Zellen, deren Seitenfläche an Luft und deren Endflächen an Zellen grenzen, wie z. B. bei mehreren Fadenpilzen und bei vielen Haaren höherer Pflanzen, ein gleiches Verhalten zeigen, wie die Gliederzellen der Callithamniaceen: dass nämlich ihre Seitenfläche sich beträchtlich mehr ausdehnt, als ihre Endflächen, welche doch hier allein die Aufnahme und Abgabe von flüssigen Nahrungsstoffen vermitteln. Das Wachsthum der Membran ist auch da wieder aus den Stellungsverhältnissen der Astzelle, überdem auch aus den Stellungsverhältnissen des Zellenkernes zu beurtheilen. Einzellige Haare sind anfangs eine kleine halbkugelige oder kegelförmige Zelle; an irgend einer Stelle der Peripherie liegt der wandständige Kern. Die Zelle wird oft zwanzig bis vierzigmal länger als sie ursprünglich war. Die Zelle grenzt, mit Ausnahme ihrer Grundfläche, überall an Luft; sie empfängt ihre flüssige Nahrung allein durch die Grundfläche. Diese sollte, wenn die Membran durch die hindurchgehenden Nahrungsstoffe vorzüglich ernährt würde, fast allein sich ausdehnen. Da nun der Zellenkern schon im frühesten Zuge vorhanden, und da er ferner seiner lateralen Anheftung wegen in der Regel nicht verschiebbar ist, so müsste er, wenn

die Theorie richtig wäre, wegen des Wachsthums der Zellmembran an der Basis, in der Regel nahe an der Spitze der ausgewachsenen cylindrischen Zelle liegen. Er liegt nun aber ohne Unterschied bald an der Spitze, bald in der Mitte, bald nahe an der Basis der ausgewachsenen Zelle.

Ein gleiches Resultat giebt mir auch die Beobachtung an langgestreckten Zellen oder Gefässen mit spiralförmiger, ringförmiger oder poröser Verholzung. Wenn solche Zellen oder Gefässen noch wachsen, nachdem die Verholzung deutlich geworden ist, so gehen die Spiralfasern, die Ringe, die Poren an der ganzen Seitenfläche gleichmässig auseinander: der beste Beweis dafür, dass solche langgestreckte Zellen oder Gefässen an ihrer Seitenfläche sich ausdehnen, und nicht an ihrer Endfläche, wo der Saftstrom durch die Membran hindurchgeht.

Es frägt sich noch, wie es sich mit den sternförmigen und schaumförmigen Zellen verhalte. Sie sind zuerst parenchymatisch, werden aber durch Ausscheidung von Luft am grössten Theile der Oberfläche von einander getrennt, indem sie bloss stellenweise mit einander verbunden bleiben. An den Berührungsstellen verlängern sich die Zellen strahlenförmig. *Schleiden* nennt es ein „Auswachsen“. Ich sehe darin nichts, als ein durch die excernirte Luft mechanisches Hervorziehen derjenigen Stellen, welche sich von den übrigen Zellen nicht ablösen können. Das Auswachsen der Zellen ist ein anderer und viel selbstständigerer Process, während die strahlenförmige Verlängerung der stern- und schwammförmigen Zellen genau im directen Verhältnisse zur Menge der ausgeschiedenen Luft steht. — Die wellenförmigen oder zackigen Epidermiszellen aber, die wechselseitig ineinander greifen, und die *Schleiden* ebenfalls anführt, beweisen jedenfalls nichts für seine Theorie, weil ja eine Membranfläche, welche mit allen Puncten gleichmässig an eine andere Membranfläche grenzt, auch in allen ihren Puncten in Bezug auf Ernährung und Ausdehnung sich gleich verhalten sollte.

Aus den angeführten Thatsachen ziehe ich den Schluss, dass die Zellmembran in der Regel an denjenigen Stellen

weniger sich ausdehnt, wo sie zur Aufnahme und Abgabe von Nahrungsstoffen dient, oder wo sie einen Stoffwechsel, einen Saftstrom vermittelt, — dass sie dagegen in der Regel an denjenigen Stellen sich mehr ausdehnt, wo sie keine oder wenige Nahrungsstoffe zu leiten hat.

Von dem allseitigen Wachsthum der Zellmembran ist durchaus verschieden das *Spitzenwachsthum*. Ich habe in einem früheren Aufsatze über *Caulerpa*<sup>1)</sup> dieses Spitzenwachsthum nachgewiesen, und dessen charakteristische Merkmale weitläufiger erörtert<sup>2)</sup>. Ich will hier dasselbe in seinem Verhältnisse zur Zellenbildung und zum allseitigen Wachsthum der Zelle näher betrachten, und durch Feststellung seines Begriffes als allgemeines Gesetz begründen.

Das Spitzenwachsthum der Zelle lässt sich am leichtesten in den fadenförmigen, verästelten, einzelligen Algen und Pilzen beobachten, wie an *Caulerpa*, *Bryopsis*, *Achlya* u. s. w. Der untere Theil der Zelle ist ganz ausgebildet; in dem Inhalte geht keine oder nur geringe Veränderung vor; das Lumen ist mit wasserheller Flüssigkeit gefüllt, an der Wandung liegt die Schleimschicht mit den Chlorophyll- und Amylumkugelchen; die Membran dehnt sich nicht oder nur wenig mehr aus. Nach dem Ende hin werden die Zellenäste dünner; dort ist es, wo sich neuer Inhalt und neue Membran bildet.

<sup>1)</sup> Vgl. 1. Heft pag. 134 ff.

<sup>2)</sup> Schleiden (Grundzüge d. w. B. 2. Auflage. I. pag. 212) verneigt das Spitzenwachsthum mit der einseitigen Ausdehnung des allseitigen Wachsthums. Es ist mir übrigens nicht klar, wie derselbe sich *Caulerpa* als einen „Körper, der wenigstens als einzelne Zelle erscheint“, denkt; ebensowenig, wie ferner aus diesem *Schein* der „entschiedenste Beweis“ für irgend etwas abgeleitet werden kann. Dass übrigens *Caulerpa* wirklich eine einzige Zelle sei, geht, wie ich glaube, ebensowohl aus den von mir mitgetheilten Untersuchungen, als aus ihrer Verwandtschaft mit *Bryopsis*, *Valonia*, *Codium*, *Haly-meda*, *Udotea*, *Vaucheria* etc. hervor.

Unmittelbar unter der wachsenden Spitze liegt eine grössere oder kleinere Scheibe homogenen Schleimes. Er geht nach unten in körnigen Schleim über. Auf diesen folgt eine körnige Schleimmasse, in welcher Amylum, und Chlorophyll oder andere Farbstoffe entstehen. Weiter nach unten ist der feste Inhalt an der Wandung gelagert.

In der im Punctum vegetationis liegenden homogenen Schleimscheibe wird fortwährend neuer homogener Schleim erzeugt, so dass jene sich gleich bleibt, obschon sie an ihrem untern Rande fortwährend sich körnt, und somit continuirlich einen Theil an die granulirte Schleimzone abgiebt. Der untere Theil der letztern tritt fortwährend, indem in ihr Bildung von Farbstoffen, Amylumkügelchen etc. beginnt, zu der gefärbten Zone über. Der untere Theil von dieser begiebt sich continuirlich an die Wandung. Auf diese Weise bleibt das Verhältniss der einzelnen Zonen das gleiche, obschon ein continuirlicher Umbildungsprocess in ihnen thätig ist.

Das Spitzewachsthum ist somit mit einer Neubildung von Inhalt verbunden, welche an der Spitze des Zellastes von Statten geht.

Die Membran, welche an dem untern Theil der Zelle ziemlich gleich dick ist, wird nach dem Ende der Zellenäste hin allmälig schmäler. Unmittelbar über der homogenen Schleimscheibe am Punctum vegetationis ist die Membran sehr zart, wie an einer jungen, ebengebildeten Zelle. Sie bleibt daselbst während des Wachsthums des Astes immer gleich. Die von der Schleimscheibe ausgeschiedene Gallerie wird nie zur Verdickung der Membran verwendet, sondern bloss dazu, um ihr die wegen des Spitzewachsthums nöthige Ausdehnung zu gestatten. Unterhalb der Spitze dehnt sich die Membran ebenfalls noch aus, und sie zeigt da die gleichen Erscheinungen, wie beim allseitigen Wachsthum der Zellen ohne Spitzewachsthum; zugleich verdickt sie sich durch Schichtenanlagerung.

Die Membran verhält sich also anders an der Spitze und unterhalb der Spitze. An der Spitze ernährt sie sich fortwährend, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, oder, was mir richtiger

scheint, sie wird fortwährend neu erzeugt: der daselbst thätige Process der Membranbildung bleibt immer der gleiche, so lange das Spitzenwachsthum dauert, — in unbegrenzten Achsen also unbegrenzt. Unterhalb der Spitze wächst die Membran durch allseitige Ausdehnung und Verdickung bis auf einen bestimmten Punct: der Process der Membranbildung ändert sich hier stätig, und hört zuletzt auf.

Das Verhalten der Membran an der Spitze der wachsenden Achsen und unterhalb dieser Spitze zeigt vollkommen das gleiche gegenseitige Verhältniss, wie die Membranbildung bei der Zellenbildung und das allseitige Wachsthum der Membran nach der Zellenbildung.

**Das Spitzenwachsthum besteht daher nicht blass in einer fortwährenden Neubildung von Inhalt, sondern auch in einer fortwährenden Neubildung von Membran an der Spitze der Achsen.**

Viele Zellen mit Spitzenwachsthum verästeln sich. Sie entwickeln aus ihrer Seitenfläche neue Zellenäste, welche wieder durch Spitzenwachsthum sich verlängern. Auch Zellen, denen selber das Spitzenwachsthum mangelt, können einen Ast mit Spitzenwachsthum treiben; so die Zellen, welche in einen Fortsatz *auswachsen*, wie z. B. die Gliederzellen der Conserven, um eine Astzelle oder eine Wurzel zu bilden, viele Rindenzellen oder Epidermiszellen, um ein Haar oder ein Wurzelhaar zu erzeugen, die Sporangienzellen von Achlya, um die beweglichen Zellchen zu entleeren (Tab. IV, Fig. 4, 6, 8), etc. etc.

Die Erscheinungen dabei, wenn sie vollständig gesehen werden können, wie es z. B. in *Bryopsis* möglich ist, sind folgende. An irgend einem Punct der Zellenoberfläche, da wo sich der Ast bilden soll, entsteht eine kleine Scheibe homogenen Schleimes unmittelbar unter der Membran; die Schleimschicht erzeugt hier eine bestimmte Menge neuen Schleimes. Darauf erhebt sich die Zellwand in ein kleines dreieckiges oder halbkugeliges oder kegelförmiges Wärzchen, das mit homogenem Schleime gefüllt ist. Das Wärzchen wächst weiter. Der Schleim wird an der Basis körnig.

Das Körnigwerden des Schleimes rückt nach oben hin fort. An der Basis beginnt dann die Bildung von Chlorophyll oder andern Farbstoffen und von Amylum, welche ebenfalls nach oben hin fortschreitet. Dann fängt der Inhalt bei der Basis an, sich an die Wandung zu lagern; und das innere Lumen füllt sich mit farbloser Flüssigkeit, und tritt mit dem innern wasserhellen Lumen der übrigen Zelle in Communication.

Das Spitzenzwachsthum beginnt also mit der Neubildung von homogenem Schleim, welcher neue Membran erzeugt; und setzt sich fort durch fortdauernde Neubildung dieses membranbildenden Schleimes.

Es frägt sich nun, wie verhält sich das Spitzenzwachsthum zum allseitigen Wachsthum, und wie zur Zellenbildung? Dieses Verhältniss kann in doppelter Weise gefasst werden: 1) in Rücksicht auf den Inhalt, 2) in Rücksicht auf die Membran. Ich will, wie es auch beim allseitigen Wachsthum geschehen ist, hier bloss auf den letztern Punct eingehen.

*Schleiden* und *Schwann* haben in der Bildungsgeschichte der Zelle zwei Momente scharf unterschieden, nämlich die Entstehung der Membran und ihr Wachsthum. Dieser Unterschied ist nun aber allerdings, nach der oben begründeten Ansicht von der Zellenbildung, geringer, als er nach *Schleiden's* und nach *Schwann's* Theorie erscheint. Nach dieser Theorie wird der Stoff für die Entstehung der Membran bloss von der Mutterlauge geliefert, aus welcher sie krystallisiert; — der Stoff für das Wachsthum der Membran dagegen wird theilweise oder ganz von dem Zelleninhalte geliefert; er wird nämlich aus dem Inhalte angelagert, oder in Folge von Endosmose und Exosmose in die Membran aufgenommen.

Nach meiner Theorie von der Zellenbildung haben Entstehung und Wachsthum der Membran die gleiche materielle Ursache. Zu beiden Zwecken wird organischer Stoff (bei den Pflanzen meist Gallerte) von dem Inhalte ausgeschieden. Entstehung und Wachsthum ist auf gleiche Weise ein Product des Inhaltes. Beide sind bloss relativ von einander verschieden. Die Entstehung der Mem-

bran ändert sich allmälig in das Wachsthum der Membran um. Eine Grenze zwischen beiden ist immer willkürlich.

Wir sehen also, dass die Membran sich in diesem Puncte wie jeder andere Organismus verhält. Gewiss in keinem besteht eine scharfe und absolute Grenze zwischen Entstehen und Wachsen. Wenn nun aber auch diese beiden Ideen nicht absolut von einander verschieden sind, so werden wir sie, in ihrer relativen Verschiedenheit, immerhin als gesondert neben einander bestehen lassen.

Wenn eine Zelle entsteht, so individualisirt sich eine Partie von organischen Stoffen, und umgibt sich, durch Ausscheidung von organischer Substanz, mit einer Membran. Mit der Zellenbildung ist also eine Individualisirung von organischen Stoffen und eine Neubildung von Membran verbunden. Wenn an einem Puncte der Zelloberfläche Spitzenwachsthum beginnt, und sich ein Zellast bildet, so tritt eine Partie homogenen Schleimes auf, welche nach aussen hin Membran ausscheidet. Mit dem Beginne des Spitzenwachsthums ist somit die Individualisirung einer Inhaltspartie und eine Neubildung von Membran, und mit dem fortgesetzten Spitzenwachsthum ist auch eine fortgesetzte Neubildung von Membran verbunden. Ich will diese beiden Puncte etwas näher betrachten.

Wenn in einer Mutterzelle Tochterzellen entstehen, so besondern sich bestimmte Partieen des Inhaltes in der Weise, dass sie von nun an ein individuelles Dasein besitzen, während sie bis dahin ununterschiedene Theile des mütterlichén Individuums waren. Wenn an einer Zelle ein Ast entsteht, so besondert sich ebenfalls eine bestimmte Partie des Inhaltes, und zwar ein kleiner Theil der Schleimschicht. Derselbe beginnt von nun an eine von dem ganzen übrigen Inhalte verschiedene und individuelle Lebensgeschichte. Diese kleine Schleimpartie ist der Anfang, aus welcher ein neuer Ast entsteht. Der Ast der verästelten Zelle hat aber ganz die gleiche Bedeutung wie der Ast einer vielzelligen Pflanze. Bei der verästelten Zelle, wie bei der vielzelligen Pflanze, kann er

unter Umständen sich ablösen und zum selbstständigen, neuen Pflanzenindividuum werden. Mit dem Anfange des *Spitzenwachsthums* bei der Astbildung ist also so gut die Individualisirung oder Besonderung einer Inhaltspartie verbunden, wie mit der *Zellenbildung*.

Wenn in einer Mutterzelle Tochterzellen entstehen, so entstehen um die individualisirten Inhaltspartieen durch Neubildung die Zellmembranen, indem der Inhalt ringsum organische Substanz ausscheidet. Wenn ein Zellast entsteht, so bildet die individualisirte Inhaltspartie bloss an ihrer äussern Fläche Membran. Das Auswachsen der Zellwand in einen Ast geschieht aber, wie ich glaube, nicht durch einseitige Ernährung, sondern durch Neubildung; besonders auch desswegen, weil die Wandung der Mutterzelle oder des Mutterastes zuweilen schon ziemlich dick und geschichtet ist, ehe sich ein Ast bildet, und weil dann das Auswachsen vielmehr den Anschein gewährt, dass die Membran der Mutterzelle nach aussen gedrängt und durchbrochen werde, als dass sie durch Ernährung sich erhebe und einen Ast bilde. Die Entstehung eines Zellastes unterscheidet sich von der Entstehung einer Zelle dadurch, dass dort nur an Einer Seite, hier an der ganzen Oberfläche Membran gebildet wird, und dass dort die Membranbildung fortdauert, hier aber nur einmal und nur kurze Zeit vorhanden ist. Das *Spitzenwachsthum* ist also, wie die *Zellenbildung*, mit einer Neubildung von Membran verbunden, aber dieselbe ist einseitig und continuirlich.

Sobald bei der Zellenbildung die Membran sich gebildet hat, so dehnt sie sich durch allseitiges Wachsthum aus. Sobald beim Spitzenwachsthum in jedem Momente wieder neue Membran entstanden ist, so dehnt sie sich ebenfalls durch allseitiges Wachsthum aus. In beiden Fällen ist mit der Ausdehnung zugleich eine Verdickung der Membran verbunden. In beiden Fällen dauert ferner die Ausdehnung nur eine Zeitlang und hört dann auf. In beiden Fällen ist endlich die Ausdehnung für alle Puncte der Membran gleich, oder sie ist ungleich; beim gleichmässigen allseitigen

Wachsthum ändert die Zelle oder der Zellast die Gestalt nicht; beim ungleichmässigen allseitigen Wachsthum nimmt die Zelle oder der Zellast eine von der ursprünglichen verschiedene Gestalt an.

— Wie bei der Zellenbildung, so ist auch beim Spaltenwachsthum die Neubildung der Membran und ihr Wachsthum bloss relativ von einander verschieden. Beide werden durch die Ausscheidung von organischem Stoffe aus dem Inhalte bedingt; die eine geht ohne bestimmte Grenze in die andere über.

Wir können also in Bezug auf die *Membranbildung* folgende Unterschiede feststellen. Bei der *Zellenbildung* findet eine allseitige und einmalige Neubildung von Membran statt. Bei dem *Spaltenwachsthum* tritt eine einseitige und fortdauernde Neubildung von Membran auf. Beim *allseitigen Wachsthum*, welches sowohl auf die Zellenbildung, als auf das Spaltenwachsthum folgt, findet eine Ausdehnung und Verdickung der neugebildeten Membran statt.

Das Spaltenwachsthum kann an einer Zelle in Rücksicht auf sein zeitliches und räumliches Verhältniss zum Zellenleben in zweierlei Weise beginnen. In dem ersten Falle beginnt das Spaltenwachsthum unmittelbar mit der Zellenbildung. Eine Partie von Inhalt individualisiert sich, und scheidet an ihrer ganzen Oberfläche Membran aus, wodurch die Zelle gebildet wird; diese Neubildung von Membran dauert an einem Puncte der Oberfläche fort, und die Zelle wächst in dieser Richtung hin. Das Spaltenwachsthum schliesst sich hier unmittelbar an die Zellenbildung an. Es beginnt sogleich nach Entstehung der Zelle, ehe noch das allseitige Wachsthum angefangen hat.

In dem zweiten Falle dagegen dehnt sich die Zelle zuerst durch allseitiges Wachsthum aus. Die Membran verdickt sich; der Inhalt legt sich an die innere Oberfläche derselben an. Dann bildet sich an einem Puncte der Oberfläche unterhalb der Membran eine Partie homogenen Schleimes, und mit derselben beginnt ein neues Spaltenwachsthum, wie

ich es oben beschrieben habe. Das Spitzenwachsthum folgt also hier nicht unmittelbar auf die Zellenbildung, sondern erst auf das allseitige Wachsthum der Zelle. Es kann sowohl an einer Zelle ohne Spitzenwachsthum, als an einer Zelle mit Spitzenwachsthum, als auch an dem Seitentheile eines an der Spitze wachsenden Zellenastes auftreten, und erscheint immer als Auswachsen eines Punctes der Oberfläche.

Durch die erste Art des Spitzenwachsthum s wächst eine entstehende Zelle in die Länge. Durch die zweite Art des Spitzenwachsthum s verästelt sich die Zelle.

Das Spitzenwachsthum ist ferner verschieden nach seiner *Dauer*. Es ist begrenzt oder unbegrenzt, je nachdem es entweder zu einer bestimmten Zeit aufhört, oder fortduert, so lange die Pflanze lebt. Das Spitzenwachsthum ist begrenzt in allen an der Spitze wachsenden Zellen der mehrzelligen Pflanzen, ferner an vielen Achsen der einzelligen Pflanzen. Es ist unbegrenzt an einzelnen Achsen von einzelligen Pflanzen, wie z. B. an den Stammachsen von *Caulerpa*<sup>1)</sup>, *Bryopsis* etc.

Nicht alle Zellen besitzen Spitzenwachsthum; es mangelt sogar weitaus den meisten Zellen. Ich habe es beobachtet an einzelligen Algen, wie *Caulerpa*, *Bryopsis*, *Vaucheria*, *Valonia*, *Codium*, *Halymeda*, *Udotea*, an einzelligen Pilzen wie *Achlya*, *Bremia*, *Mucor* etc., an den Endzellen vieler Algen, Florideen und Pilze, wie z. B. an *Conserva*, *Dasycladus*, *Griffithsia*, *Polyactis* etc., an den Wurzeln vieler Algen, Florideen und Pilze, an einzelligen Haaren oder an den Endzellen vielzelliger Haare, am Pollenschlauch; endlich an allen in einen Ast auswachsenden Zellen, wie z. B. an den Gliederzellen vieler Algen, Florideen, Pilze und der aus Zellenreihen bestehenden Organe höherer Pflanzen, ferner an den Epidermiszellen höherer und niederer Pflanzen etc.

---

<sup>1)</sup> Vgl. 1. Heft pag. 151 ff.

### Erklärung von Tab. III. Fig. 1—9.

#### 1—3. *Bryopsis Balbisiana* Ag.

1. Stück eines alten Schlauches. *a* und *b* abgestorbener, von der Wandung losgelöster, in Auflösung begriffener Inhalt. *c* lebender Inhalt, welcher sich von der Zellmembran losgetrennt hat, und der von der Schleimschicht nach aussen begrenzt ist. *d* lebender, unveränderter, an der Wandung liegender Inhalt. *e* Schleimstrang, der Ueberrest der die Stelle *a* früher auskleidenden Schleimschicht; er verbindet *c* und *d*.

2. Das gleiche Schlauchstück wie Fig. 1, nach kurzer Zeit. Der Schleimstrang (1, *e*) ist entzwei gerissen, und hat sich mit den beiden lebenskräftigen Inhaltsparteien (*c* und *d*) vereinigt.

3. Stück eines alten Schlauches, in welchem sich aller Inhalt von der Membran losgelöst hat; der grössere Theil desselben ist abgestorben und in Auflösung begriffen. *a*, *a* farblose, kugelige, kleine Schleimmassen. *b*, *b* dieselben grösser, körnig, schwachgrünlich, mit zarter Membran. *c*, *c* deutliche Zellen, mit grünem, körnigem, an die Wandung gelagertem Inhalte.

#### 4, 6. *Zygnum stellinum* Ag.

4. Stück eines Fadens, wo die Copulation nicht vollständig stattgefunden hat. Der Inhalt hat sich in jedem Gliede zusammengeballt und zu einer Zelle umgebildet, welche diejenige Gestalt zeigt, die der Inhalt zufällig vor der Membranbildung besass. Sie ist ellipsoidisch in *a*, mit einer, dem blinden Fortsatze entsprechenden Warze versehen in *b* und *c*.

6. Zwei Glieder verschiedener Fäden, welche sich mit einander copulirt haben. Der Inhalt der beiden Glieder hat vor der Vereinigung sich zu Zellen umgebildet. Der Inhalt des Gliedes *a* ist zu einer ellipsoïdischen Zelle geworden. Der Inhalt des Gli-

des *b* hat in eben der Gestalt, welche er während seines Durchpasses durch das Verbindungsröhrchen besass, eine Zelle erzeugt.

5. *Spirogyra quinina* Link.

Stück eines Fadens, in welchem sich die Keimzellen ohne Copulation bilden. Der Inhalt hat sich von der Membran abgelöst. In *a* und *b* liegt der Kern aussen an dem Inhalte. In *c* ist der Kern aufgelöst worden.

7. *Scilla cernua* Red.

Kernbildung im Embryosack. — *a* Ein kleines, kugeliges Tröpfchen homogenen farblosen Schleimes mit scharfer Begrenzung; D. M. = 0,002".

- b.* Ein gleiches mit dünnerem Schleime.
- c.* Ein gleiches Schleimkugelchen wie *a*; Dim. = 0,0025".
- d, e.* Ein grösseres Schleimkugelchen (Kern) mit einem eingeschlossenen Ring (Kernchen). Kern und Kernchen besitzen eine gleiche Dichtigkeit; D. M. des erstern = 0,0045".
- f.* Ein Kern, mit einem eingeschlossenen Kernchen von gleicher Dichtigkeit; D. M. des erstern = 0,008".
- g.* Ein Kern, mit zwei eingeschlossenen Kernchen von gleicher Dichtigkeit; D. M. des erstern = 0,009".

8. *Tigridia pavonia* Juss.

Zellenbildung im Embryosack. — *a.* Ein kugeliges Tröpfchen homogenen, farblosen Schleimes mit scharfer Begrenzung (Kern); D. M. = 0,001".

- b.* Ein Kern mit kaum körnigem Schleiminhalt; D. M. = 0,003".
- c.* Ein Kern, in welchem einige grössere Körnchen (Kernchen) sichtbar sind; D. M. = 0,005".
- d.* Ein Kern mit vier dichteren Kernchen, an den sich eine Schicht homogenen Schleimes (Zelle) angelegt hat. Der Schleim der Zelle ist dichter, als der Inhalt des Kernes; D. M. des Kernes = 0,005".

e. Eine Zelle aus homogenem Schleime bestehend, mit einem freien (centralen) Kern. Der Inhalt des letztern ist dünner als der Schleim der Zelle; er schliesst vier dichtere Kernchen ein; D. M. der Zelle = 0,010””.

f. Eine Zelle aus fast homogenem Schleime mit einem lateralen Kern; D. M. der Zelle = 0,015””.

g. Eine Zelle, an welcher ausserhalb des feinkörnigen Inhaltes deutlich eine zarte Membran sichtbar ist. Der Kern besitzt fünf Kernchen; sein Inhalt ist dünner als der Inhalt der Zelle; D. M. der Zelle = 0,020””.

#### 9. Kernbildung im Embryosack an verschiedenen Pflanzen.

a. Ein Kern mit einem lateralen Kernchen von hellerer (dünnerer) Substanz; D. M. des Kernes = 0,004””.

b. Ein Kern mit einem Kernchen von dichterer Substanz; D. M. des Kernes = 0,005””.

c. Ein Kern mit einem Kernchen; beide aus homogenem Schleime von gleicher Dichtigkeit bestehend. — d. Der gleiche Kern, durch die schädliche Einwirkung des Wassers verändert. Der Schleim des Kernes und des Kernchens ist dichter geworden; um das letztere hat sich ein leerer (mit Wasser gefüllter) Raum gebildet. — D. M. des Kernes = 0,009””.

e. Ein Kern mit drei Kernchen; beide aus gleichdichtem, homogenem Schleim bestehend. — f. Der gleiche Kern, durch die schädliche Einwirkung des Wassers verändert. Um jedes Kernchen hat sich ein wasserheller Raum gebildet. Der Inhalt des Kernes und der Kernchen hat sich contrahirt. — D. M. des Kernes = 0,010””.

g. Ein krankhaft-veränderter Kern, wie d und f.

h. Ein krankhaft-veränderter Kern, wie d und f. — i. Der gleiche Kern, kurze Zeit später. Die Membran dehnt sich, in Folge der Endosmose von Wasser, einseitig in eine Blase aus. — k. Der gleiche Kern noch etwas später; die Blase ist noch grösser geworden.

l. Ein krankhaft-veränderter Kern, mit zwei Kernchen, dessen

Membran sich ebenfalls einseitig in eine Blase ausgedehnt hat, wie bei *i* und *k*.

*m.* Ein krankhaft-veränderter Kern mit einem Kernchen, dessen Membran sich bloss an einer kleinen Stelle zu einer Blase ausgedehnt hat.

---

### Erklärung von Tab. IV. Fig. 1—10.

#### 1—8. *Achlyea prolifera* Nees.

Keulenförmig-angeschwollene Enden der Aeste.

1. Ein Theil des Inhaltes bildet eine elliptische Anhäufung, welche am Umfange sich ziemlich allmälig in den übrigen Zelleninhalt verliert, und von welcher radienförmige Strömungsfäden ausgehen.

2. Die elliptische Anhäufung zeigt sich schärfer begrenzt; es sind bloss noch wenige Strömungsfäden übrig.

3. Die angehäufte Inhaltspartie hat sich durch Bildung einer Membran in eine Zelle (Sporangium) umgewandelt. Diese ist dicht mit körnigem Schleim angefüllt.

4. Die Sporangiumzelle ist mit dunklem, körnigem Inhalt erfüllt und von einer ziemlich dicken Membran umschlossen. Sie ist nach oben und unten in zwei Fortsätze (Aeste) ausgewachsen. Dieselben besitzen eine zarte Membran, und einen, wenigstens nach der Spitze hin, homogenen Schleiminhalt. Sie verlängern sich durch Spitzenwachsthum.

5. In dem Astende haben sich drei freie Sporangiumzellen gebildet. Dieselben enthalten körnigen Schleim.

6. Zwei freie Sporangiumzellen, von denen jede in einen Fortsatz ausgewachsen ist. Das eine Sporangium ist dicht mit kleinen Zellchen gefüllt. Das andere hat durch den, an der Spitze geöffneten Fortsatz bereits den grössten Theil der beweglichen Zellchen entleert.

7. Das ganze Astende ist zum Sporangium geworden, indem sein ganzer Inhalt sich besondere, und durch wandständige Zellenbildung in eine Zelle sich umwandelte. Dieselbe ist mit körnigem Schleim gefüllt.

8. Wie Fig. 7. Das Sporangium ist an der Spitze in einen kurzen Fortsatz ausgewachsen. Es ist dicht gedrängt voll kleiner Zellchen.

9, 10. *Griffithsia corallina* Ag.

9. Endzelle eines Stämmchens, 0,080" lang, 0,040" breit. Das Lumen ist mit wasserheller, farbloser Flüssigkeit gefüllt. Die Wandung ist mit einer Schicht dunkelbraunrothen Inhaltes überzogen, mit Ausnahme der Spitze, wo ein wenig-gefärbter, feinkörniger Schleim an der Membran liegt.

10. Die Endzelle hat sich durch wandständige Zellenbildung in zwei Tochterzellen getheilt. Die untere enthält wasserhelle, farblose Flüssigkeit, und ist mit einer Schicht dunkelbraunrothen Inhaltes ausgekleidet. Die obere, kleinere Zelle hat an der Wandung eine deutliche Schicht wenig-gefärbten, feinkörnigen Schleimes, und ist im Innern mit einer dunkelrothen körnigen Masse erfüllt. (Wenn die Zelle grösser wird, so nimmt die fast ungefärbte Schleimschicht an der untern und an den Seitenwandungen so ab, dass sie nicht mehr deutlich unterschieden werden kann; sie bleibt nur an der wachsenden Spitze deutlich. Der übrige [dunkelrothe, körnige] Inhalt trennt sich mit dem Wachsthum der Zelle im Innern, und bleibt an der Wandung liegen.)



