ÜBER

ZELLBILDUNG

UND

ZELLTHEILUNG

VON

Dr. EDUARD STRASBURGER
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT JENA.

ZWEITE VERBESSERTE UND VERMEHRTE AUFLAGE

NEBST UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
BEFRUCHTUNG.

MIT VIII TAFELN.

JENA
HERMANN DABIS
(OTTO DEISTUNG'S BUCHHANDLUNG).
1876.

Vorrede zur ersten Auflage.

Während der Arbeit an diesem Buche sind nicht wenig Abhandlungen über die Zelle erschienen, sie beweisen, mit welch erneutem Interesse man sich dem Studium derselben zuwendet.

Den Ausgangspunkt meiner eigenen Untersuchungen bildeten einzelne Beobachtungen über freie Zellbildung und über Zelltheilung, welche in höherer Einheit vereinigen zu können, es mir bald Bedürfniss wurde. So wuchs meine Arbeit zu einer vergleichenden Untersuchung an, die sich allmälig über das ganze organische Reich erstreckte. Dadurch gewann sie auch einen phylogenetischen Hintergrund, der den erhaltenen Resultaten eine objectivere Grundlage gab.

Der Umfang des Gegenstandes brachte es andererseits mit sich, dass ich ihn nicht erschöpfen konnte. Meine Beobachtungen erstrecken sich in ausgedehnterem Masse über das Pflanzenreich; aus dem Thierreiche stehen mir nur einige, aus dem Protistenreiche nur ganz wenige Erfahrungen zu Gebote. Daher wird auch die Behand-

lung des Stoffes nicht überall gleichmässig sein, manche Fragen wird man in diesem Buche nur angeregt, doch manche, wie ich hoffe, auch gelöst finden.

Ich lasse die ganze Darstellung so folgen, wie sie sich mir selbst in der Aufgabe entwickelt hat, gleichsam in ihrem historischen Werden. Zur raschen Orientirung über den Inhalt liesse es sich aber vielleicht empfehlen, das Buch mit dem allgemeinen Theile zu beginnen und dann erst nach Neigung und Interesse — wie denn das Buch nicht für Botaniker allein bestimmt ist — in dem speciellen Theile nach den Beweisstücken zu suchen. Das ausführliche Inhaltsverzeichniss und das Namenregister soll das Auffinden der Einzelheiten erleichtern.

Jena, im Mai 1875.

Dr. Eduard Strasburger.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches habe ich meine Arbeiten auf dem Gebiete der Zellbildung und Zelltheilung fortgesetzt. Ich untersuchte zahlreiche neue, aber auch wieder alle die alten Objecte und erweiterte und befestigte so ansehnlich den Kreis meiner Erfahrungen. Die Folge davon war eine vollständige Umarbeitung des allgemeinen Theiles, der zwar in der Grundlage unverändert blieb, in den Einzelheiten aber vielfach modificirt wurde.

Meine Arbeiten über die Zellbildung veranlassten mich auch, die Befruchtungsvorgänge eingehender Beachtung zu unterziehen, und so entstand ein ganz neuer Abschnitt, den man diesem Buche am Schlusse angehängt findet.

Bei Durchsicht meiner früheren Präparate sah ich mich vielfach veranlasst, dieselben umzuzeichnen, oder auch durch andere zu ersetzen, und dieses, im Verein mit den neu untersuchten Objecten, führte mich dahin, drei meiner älteren Tafeln durch vier neue, correctere zu ersetzen.

Besondere Aufmerksamkeit habe ich auch den thierischen Zellen zugewandt, daher auch der betreffende Abschnitt dieses Buches fast völlig umgeschrieben wurde; an Stelle der zugehörigen Tafel VII trat die neue Tafel VIII und Theile der neuen Tafel VII ein.

Auch über die Vorgänge der Vollzellbildung in pflanzlichen Zellen habe ich mir zum ersten Male durch eigene Anschauung ein Urtheil zu bilden gesucht.

Die nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches erschienenen Arbeiten von Fol über die Entwickelung der Pteropoden, von O. Hertwig über Bildung, Befruchtung und Theilung des Eies von Toxopneustes lividus, so wie weitere briefliche und mündliche Mittheilungen des Herrn Dr. Bütschli, sind nicht ohne Einfluss auf den Inhalt einzelner Capitel geblieben, wie man das an den betreffenden Stellen stets eingehend erörtert finden wird.

Die Ergebnisse der neuesten Veröffentlichungen von Auerbach und Ed. Van Beneden über Zelltheilung und Befruchtung konnten auch noch in den Text eingeschaltet werden, beziehungsweise konnte ich sie noch in demselben besprechen.

Jena, im März 1876.

Dr. Eduard Strasburger.

Inhaltsverzeichniss.

Erster Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Pflanzenreiche.

Freie Zellbildung.

Zelltheilung.

Vollzellbildung.

Zweiter Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Thierreiche.

Dritter Theil.

Einige Bemerkungen über Zellbildung und Zelltheilung im Protistenreiche.

Vierter Theil.

Allgemeine Ergebnisse und Betrachtungen.

Fünfter Theil.

Die Befruchtungsvorgänge und ihr Verhältniss zur Zellbildung und Zelltheilung.

Werthbestimmung der Zelle.

Den Ausgangspunkt dieser Werthbestimmung bilden für uns diejenigen Elementargebilde, welche in dem protoplasmatischen, von einer Hautschicht umgrenzten Zellleibe, auch noch einen Zellkern aufzuweisen haben.

Alle solche Gebilde, die wir für homolog oder doch für histologisch gleichwerthig obigen „Zellen“ halten, wollen wir als Zellen bezeichnen, ob sie nun alle die angeführten Bestandtheile aufzuweisen haben, oder auch einiger derselben entbehren.

Wir werden also den Begriff der Zelle in seiner weitesten Ausdehnung brauchen und begründen dies durch die Auffassung, dass der Werth der Zelle nicht auf einem ihrer Bestandtheile, sondern auf ihrer histologischen Individualität beruht.

ERSTER THEIL.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Pflanzenreiche.

Freie Zellbildung.

Die Eier[1]) von *Ephedra altissima* werden vor der Reife von schaumigem Protoplasma gebildet. Sie führen einen Zellkern, der ihrem organisch unteren, d. h. dem Archegoniumhalse zugekehrten Ende[2]) dicht angedrückt ist (Taf. I, Fig. 2). In späteren Entwickelungszuständen wird an der vom Zellkern bis dahin eingenommenen Stelle die Kanalzelle gebildet. Der Zellkern hat sich in dieselbe und das Ei getheilt, und seine im Ei verbliebene Hälfte wandert jetzt nach dessen Mitte. Zur Befruchtungszeit schwinden die grossen Vacuolen aus dem organisch oberen (vom Archegoniumhalse abgewendeten) Theile des Eies; dasselbe wird jetzt zu zwei Dritteln seiner ganzen Masse von gleichmässig kleinkämmerigem, feinkörnigem, scheinbar homogenem Protoplasma erfüllt. Nur das untere Drittel behält seine grossen Vacuolen, die wohl auch noch, an den Wänden entlang, den homogenen Theil mehr oder weniger weit umfassen. Der Kern der Kanalzelle und derjenige des Eies haben sich jetzt mit körnigen Stoffen gefüllt; der Kern des letzteren tritt dann deutlich hervor und liegt stets in dem unteren Ende des homogenen Protoplasmas (Taf. I, Fig. 3). So fand ich die Eier meist auch bei nicht erfolgter Bestäubung,

1) So nenne ich den ganzen protoplasmatischen Inhalt der Centralzelle des Archegonium (Corpusculum R. Brown's). Vergl. im Uebrigen zur Orientirung die Fig. 1 der Taf. I nebst der Erklärung; und für das Nähere meine „Coniferen und Gnetaceen" p. 87 u. A.; dort auch die Literatur.

2) Auf der Tafel kehren alle Eier ihr organisch oberes Ende nach unten.

z. B. bei einer Ephedra campylopoda, von der wir nur die weibliche Pflanze in unserem Garten besitzen. Sie verharrten in diesem Zustande längere Zeit und gingen endlich zu Grunde. Zur Reifezeit des Eies sind die Zellen des Archegoniumhalses, so wie auch diejenigen, welche die Archegonien umgeben, stark desorganisirt.

Die Befruchtung wird vollzogen, indem der dünne, zarte, mit feinkörnigem Protoplasma erfüllte Pollenschlauch sich an die desorganisirten Zellen des Archegoniumhalses anlegt (Taf. I, Fig. 4). Bis in das Innere des Archegoniums habe ich ihn nie eindringen sehen.

Der Inhalt des Pollenschlauches diffundirt in's Ei, bildet oft kernartige Gebilde in demselben (Fig. 5 u. 6), und wird jedenfalls schliesslich in den Eikern aufgenommen.

Frische Objecte sind für die Beobachtung aller dieser Entwickelungsvorgänge, namentlich auch derjenigen nach erfolgter Befruchtung höchst ungünstig, da sich dann alle Zellen um die Archegonien herum dicht mit undurchsichtigen Stärkekörnern füllen. In möglichst wasserfreiem (womöglich absolutem) Alcohol erhärtetes Material leistet aber vorzügliche Dienste. Wie ich mich durch den sorgfältigsten Vergleich mit frischem Material überzeugen konnte, behalten die Eier der Ephedra, und wohl auch sämmtlicher Coniferen, bei solcher Einwirkung alle ihre Structureigenthümlichkeiten. Nun ist es aber ein Leichtes, die durch längeres Liegen in absolutem Alcohol hinlänglich erhärteten Eier auf dünnen Schnitten aus ihren Archegonien heraus zu präpariren. Jetzt kann man sie drehen und sonst wie nach Belieben behandeln. Manche Structureigenthümlichkeiten treten an so behandeltem Protoplasma überhaupt deutlicher als an frischem hervor.

Sobald der Kern des Eies verschwunden ist, treten in dem äusserst feinmaschigen, als homogen bezeichneten Theile des Eies (selten bis zwischen die Vacuolen hinein) verdichtete Stellen auf, die gleichzeitig in Mehrzahl sichtbar werden. Sie liegen häufig in einer Reihe in der Längsaxe des Eies angeordnet (Taf. I, Fig. 7), aber auch dann in wechselnden

Abständen; häufig aber auch ohne Regelmässigkeit durch den ganzen homogenen Theil des Eies zerstreut (Fig. 8). Bei schwacher Vergrösserung erscheinen sie als dunkle, bei ihrem ersten Sichtbarwerden wenig scharf umschriebene Flecken (Fig. 7) in dem ursprünglichen helleren Protoplasma. Mit starken Immersionssystemen erkennt man sie als mehr oder weniger kugelige Verdichtungen einer homogenen Protoplasmamasse (Fig. 7b). Um jede dieser dichteren Stellen ist, gleichzeitig mit ihrem Sichtbarwerden, eine ihren Durchmesser um das Vielfache überschreitende, concentrische, hellere Zone zu bemerken. Diese Zone nimmt an Grösse zu im Verhältniss der Grössenzunahme des inneren Kerns. Dieser, zunächst solid, beginnt sich nunmehr auszuhöhlen und ein Theil seines Inhalts sich als Kernhülle zu differenziren, während ein anderer sich im Innern der Höhlung zu einem grössern, seltener zu mehreren kleineren, stark lichtbrechenden Kernkörperchen zusammenballt. Inzwischen ist die helle Zone um die Kernanlage immer mehr gewachsen, und es lässt sich meist in derselben eine Sonderung verfolgen, so zwar, dass diese Zone um die Kernanlage dichter, in gewisser Entfernung aber weniger dicht wird (Fig. 8). Wie zuvor, so muss man auch jetzt ausserdem bemerken, dass die Körnchen in der Zone eine deutliche, zur Kernanlage radiale Lagerung zeigen. Schon ganz junge Kernanlagen erscheinen wie von Strahlen umgeben. Erst auf einer gewissen Entwickelungsstufe wird die Abgrenzung der den Kern umgebenden Zellanlage nach aussen deutlich sichtbar; sie ist von einer Hautschicht gebildet, um welche alsbald dunkler erscheinende Punkte ihre beginnende Trennung von dem umgebenden Plasma des Eies andeuten (Fig. 8). Innerhalb der Trennungsstellen wird fast gleichzeitig auch Cellulose ausgeschieden, die rasch zu einer zusammenhängenden Membran sich ergänzt (Fig. 9).

Sobald aber die Zellen ihre Cellulosemembran erhalten haben, ruft absoluter Alcohol eine schwache Contraction ihres Inhaltes hervor; derselbe tritt ein wenig von der Zellwand zurück, während letztere unverändert ihren Ort beibehält und während auch das äusserlich angrenzende Plasma des Eies, wie

zuvor so auch jetzt, durch den absoluten Alcohol gar nicht alterirt, an dieser Wand verbleibt (Fig. 9 die untere Zelle).

Die Figuren 7, 8 und 9 zeigen so alle Stufen der freien Zellbildung in den Eiern der Ephedra, fast von ihrem ersten Beginn an bis zur Bildung der fertigen mit Cellulosemembran bedeckten Zelle.

Das radial angeordnete Protoplasma der Zellen erfährt gleich nach Anlage der Zellwand eine Umlagerung. Dasselbe erscheint alsdann maschenförmig vertheilt, auch tauchen wohl grössere Vacuolen in demselben auf (Fig. 9 und 10). Die freien Zellen werden von 3 bis 8 in einem Ei erzeugt. Sobald dieselben gebildet sind, beginnt das unbenutzte Protoplasma des Eies sich so zu verändern, dass die ursprünglichen Wände der Kammern schwinden, dahingegen die Maschen einzeln, oder wohl auch zu mehreren verschmolzen, sich individualisiren. Sie erscheinen dann als von einer zarten Hülle umgebene, ziemlich inhaltsarme Bläschen. Jod färbt die spärlichen Körner des Innern, so wie auch die Hülle, gelbbraun. Das ganze Protoplasma erscheint somit grobkörnig, ohne hingegen den Charakter des de Bary'schen Epiplasma [1]) anzunehmen.

Normalerweise stören sich die einzelnen Zellanlagen nicht in ihrer Entwickelung, doch ist mir ein interessanter, monströser Fall vorgekommen, wo in der That eine solche gegenseitige Störung stattgefunden hatte (Fig. 11). Das Protoplasma des Eies war durchsetzt von unregelmässig gewundenen Gängen, die im Innern nur durch senkrecht zu ihrem Verlauf aufgesetzte, körnchenfreie Plasmastränge gestützt erschienen. Besser als durch die Beschreibung wird dieses complicirte Verhalten durch die Fig. 11 illustrirt. Die Gänge laufen um einzelne Protoplasmaportionen, in deren Innern je ein Kern zu erkennen ist. Ihr Verlauf scheint aus der Wechselwirkung dieser Kerne zu resultiren.

---

1) Vergl. die Sporenbildung in den Asci. Handb. d. phys. Bot. Bd. II, 1. Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten von de Bary p. 101 u. f. und auch weiter den Text.

Ergänzend sei hinzugefügt, dass jede der im Ei gebildeten Zellen alsbald einen Schlauch treibt, dieser das Archegonium seitlich durchbrechend in das benachbarte Gewebe dringt, sich an seiner Spitze abgliedert, und dass diese abgegliederte Spitze definitiv im Innern des Endosperms (Prothalliumgewebes) die Embryonalanlage erzeugt.[1])

Bei der Conifere *Ginkgo biloba* werden im befruchteten Ei nach Auflösung seines Kerns mehr denn dreissig neue Kerne zu gleicher Zeit gebildet (Taf. I, Fig. 13). Das Ei ist hier auffallend locker gebaut, das Protoplasma auf dünne Wände reducirt, die relativ grosse, polygonale Kammern umschliessen; daher im optischen Durchschnitt ein schönes Netzwerk in Gestalt der Fig. 15 (600 Mal vergrössert). Die feinen Körnchen, welche das Ei trüben, liegen nicht in den Wänden, sondern an denselben. Lässt man Jodlösung auf das Präparat einwirken, so färben sich die Wände der Kammern gelb, die Körnchen, soweit ihre Kleinheit ein ganz sicheres Urtheil zulässt, überall blau[2]); letztere sind also wohl Stärkekörner. Das Lumen der Kammern bleibt völlig farblos. Die Vacuolen, die etwa bis auf diesen Entwickelungszustand sich im Ei erhielten, unterscheiden sich nicht nur dadurch von den Protoplasmakammern, dass sie um so viel grösser und dass sie mehr oder weniger kugelig sind, sondern auch durch ihre scharfe innere und äussere Umgrenzung (in Fig. 14 rechts die Grenze einer Vacuole); auch sie erscheinen in den Alcohol-Präparaten ganz inhaltsleer.

Soweit das Material zur Entscheidung reichte, werden die Kerne hier ebenso wie bei Ephedra angelegt und wachsen auch in derselben Weise. Die Concentration des Protoplasmas bei dem ganzen Vorgange der Zellbildung ist hier aber geringer, und die den Kern umgebende Protoplasmazone markirt sich

1) Hierüber das Nähere in einer späteren Publication.

2) Am besten dann zu sehen, wenn das Jod sich grösstentheils wieder verflüchtigt hat und das Protoplasma sich zu entfärben beginnt, während die Stärke noch das Jod festhält (etwa 24 Stunden nach der Behandlung).

so schwach, dass ich ihrer erst bei speciell auf diesen Punkt gerichteter Untersuchung gewahr wurde.[1]) Der fertige Kern enthält ein oder mehrere stark lichtbrechende, meist hohle, mit Jod sich gelb färbende Kernkörperchen. Die Zone um die Kerne lässt kaum Dichtigkeitsdifferenzen erkennen und markirt sich heller als ihre Umgebung im Ei. Die Kammern sind in dieser Zone langgezogen, die Seitenwände derselben zeigen radialen Verlauf. Die Fig. 13 soll im Allgemeinen diese Schilderung erläutern, ohne bei so schwacher Vergrösserung die feinern Structurverhältnisse zeigen zu können. Um die hellen Zonen erfolgt die Lostrennung und die Membranbildung ganz in derselben Weise wie bei Ephedra, doch verschmelzen hier alsbald alle Zellen, sich vergrössernd, seitlich mit einander und bilden, sich weiter theilend, alle zusammen schliesslich nur eine einzige Embryonalanlage.[2]) Den Vorgang der Verschmelzung der frei entstandenen Zellen konnte ich hier nicht beobachten, ich will denselben am nächstfolgenden Beispiele schildern.

Das Object, an dem die freie Zellbildung am häufigsten untersucht wurde, ja von welchem ausgehend sie einst Schleiden[3]) als einen im Pflanzenreiche ganz allgemeinen Vorgang hinstellte, ist das Endosperm der Phanerogamen.[4]) Ich wählte zur Untersuchung *Phaseolus multiflorus* und zwar zunächst frische Objecte

1) In meinen „Coniferen und Gnetaceen" habe ich diese Zone in Fig. 59 der Taf. XIII nicht abgebildet. Die Fig. 58 der gleichen Tafel mit so scharf sternförmigen Kernanlagen ist nach einem Object entworfen, das, wie ich mich jetzt überzeuge, während der Kernbildung abgestorben sein musste, daher die Kernanlagen einschrumpften und solche scharf sternförmige Gestalten annahmen.

2) Vergl. „Coniferen und Gnetaceen" p. 313.

3) Beiträge zur Phytogenesis in Müller's Archiv (Beiträge zur Botanik S. 129) 1838. Zur Anatomie der Cacteen Mém. de l'Acad. d. St. Petersb. VI S. 1840. Grundzüge der wiss. Bot. I. Aufl. und II. Aufl.

4) Die weitere Literatur hierüber: Naegeli Zeitschrift f. wiss. Bot. Heft 3 und 4. 1846. p. 30; Hofmeister Entstehung des Embryo der Phanerogamen. 1849. p. 11; zuletzt Lehre von der Pflanzenzelle. 1867. p. 116 ff.; Schacht Lehrbuch I. Band. 1856. p. 69; Dippel Mikroskop. 1869. p. 43.

in Hühnereiweiss, bald aber Alcohol-Präparate, nachdem ich mich zuvor überzeugt hatte, dass in absoluten Alcohol eingelegte Objecte vorzüglich erhalten und viel günstiger für die Untersuchung sind. Auch Schleiden hatte die Entdeckung der freien Zellbildung am Endosperm der Leguminosen gemacht; Dippel neuerdings dasselbe Object abgebildet.[1])

In dem befruchteten Embryosack von Phaseolus multiflorus wird zunächst der primäre Zellkern aufgelöst[2]), dann im wandständigen Protoplasma des sich rasch vergrössernden Embryosackes die Bildung der freien Endospermzellen eingeleitet. Das Wandprotoplasma zeigt eine im Allgemeinen netzförmige oder kämmerige Structur, es wird von innen nach aussen dichter, indem die Kammern kleiner werden; relativ die grösste Dichte zeigt es im Mikropyl-Ende des Sackes. Die Bildung der freien Zellen lässt sich an Alcohol-Material bis auf ihre allerersten Anfänge zurückführen, viel weiter als es nach den bisherigen Untersuchungsmethoden überhaupt gelingen konnte. Ausserdem zeigt uns das Alcohol-Material auf das Bestimmteste, entgegen allen bisher gesammelten Erfahrungen, dass Kern und Zelle gleichzeitig und nicht letztere erst nach dem ersteren angelegt wird.[3]) Die erste Verdichtung zur Bildung des Zellkerns wird

---

1) l. c. Taf. II, Fig. 14.

2) So nach Hofmeister auch in allen anderen Fällen freier Endospermbildung im Embryosack der Phanerogamen. Lehr. v. d. Pflz. p. 116.

3) Nach den Angaben von Schleiden sollten im Protoplasma zuerst die Kernkörperchen sichtbar werden, sich um diese andere Körnchen allmälig ansammeln, mehr oder weniger zusammenfliessen und eine dickere oder dünnere Scheibe bilden, zuweilen zwei oder drei solcher Scheiben neben einander liegend sich vereinigen und so den Zellkern erzeugen. Um diese Kerne sollte dann weiter eine Membran entstehen und sich bald auf der einen Fläche des Zellkerns blasenförmig ausdehnen (Grundzüge IV. Aufl., nach der III. vom Jahre 1849 unverändert abgedruckt, p. 148—149). — Naegeli Zeitschr. f. wiss. Bot. Heft 3 und 4 p. 34, hält es für wahrscheinlich, dass sich zuerst das Kernchen bilde und um dasselbe der Kern entstehe. Dann sammle sich vorwiegend einseitig Schleim um den Kern an und umgebe sich mit einer Membran (p. 36). — Aehnlich Schacht Lehrb. p. 70. — Nach Dippel lässt sich die Bildung der Zellkerne nicht mit voller Sicherheit beobachten, man trifft immer schon

in fast punktförmiger Grösse bemerkbar[1]) und gleichzeitig sieht man den Punkt auch schon von einer helleren Zone umgeben, die nach aussen äusserst zart, doch deutlich kreisförmig umschrieben erscheint und für die er den Mittelpunkt bildet (Tafel V, Fig. 5 bei 600 facher Vergrösserung). Diese ersten Anfänge der Zellbildung sind am besten in den lockeren Theilen des Protoplasma an den vom Mikropyl-Ende entfernteren Orten zu beobachten, da im dichteren Protoplasma des Mikropyl-Endes die Zone um den ersten Kernanfang viel kleiner ist und beide um so viel schwerer vom umgebenden Protoplasma zu unterscheiden sind. Dass aber der zarte Kreis nicht etwa die Peripherie eines kugeligen Kerns, der centrale Punkt nicht etwa ein Kernkörperchen darstellt, das zeigen die folgenden, durch die Figuren 6—10, Taf. V, dargestellten Zustände. Der punktförmige Kern nimmt an Grösse zu und in dem Maasse wächst auch die sphärische Wirkungszone desselben, in der oft unzweifelhaft eine radiale Anordnung der Protoplasmatheilchen zu bemerken ist. Die Fig. 8 ist den dichteren Theilen des Protoplasma am Mikropyl-Ende entnommen, um zu zeigen, wie hier die Zonen relativ klein im Verhältniss zu der schon erreichten Grösse der Kerne werden. Die Zellanlagen sind

---

ausgebildete kleinere und grössere freie Zellkerne, die das Kernkörperchen und ein deutliches Häutchen erkennen lassen; um diese häufen sich dichtere Protoplasmamassen an, die sich bald mit einer äusserst zarten Membran umgeben (Mikr. p. 44). Hofmeister schreibt zuletzt, Lehre v. d. Pflz. p. 116: „In dem Wandbelege des Embryosacks aus Protoplasma, welcher die Innenfläche der Embryosackhaut und auch die Aussenseite der Keimbläschen und ihrer Antipoden überkleidet, treten gleichzeitig freie Zellkerne von abgeplattet ellipsoidischer, selten kugeliger Form in Anzahl auf. Bei ihrem ersten Sichtbarwerden sind die Kerne der Endospermzellen bläschenähnliche Gebilde, ohne feste Bildungen im Innern. Ihre Grösse übertrifft in allen untersuchten Fällen erheblich diejenige der später in ihnen entstehenden Kernkörperchen.“ „Um jeden Zellenkern häuft sich ein Ballen dichteren Protoplasmas, dessen Peripherie die Beschaffenheit einer Hautschicht besitzt und der so eine Primordialzelle darstellt.“ Diese Primordialzellen bilden ihre festen elastischen Membranen erst nach eingetretener gegenseitiger Berührung.

1) Vgl. dagegen das eben angeführte Citat von Hofmeister.

mehr oder weniger regelmässig im Protoplasma vertheilt, im dichteren Mikropyl-Ende näher aneinander als in den lockeren Theilen. Bis zu dem Zustande der Fig. 10 bleibt der Kern ganz homogen, stark lichtbrechend, daher die häufige Bezeichnung der Kerne im frischen Zustande als öltropfen-ähnlicher Gebilde. In dem Zustande der Fig. 11, Taf. V, treten dann, meist gleichzeitig, mehrere Vacuolen in der Kernmasse auf, mit rosa erscheinender Flüssigkeit erfüllt. Sehr bald differenzirt sich nunmehr der äussere Umriss der Sphäre als Hautschicht und dann wird auch, bei weiterer Grössenzunahme der Zelle, die Anordnung ihres protoplasmatischen Inhaltes verändert: derselbe zeigt eine netzförmige Vertheilung. Der Kern bleibt aber central oder zieht sich an die Wand zurück. Einzelne Protoplasmastränge bleiben grade und markiren sich dadurch, dass sie vom Kern bis zur Hautschicht der Zelle verlaufen (Fig. 13 und 14, Taf. V). Doch die Zelle fährt fort zu wachsen; ihr Protoplasma zieht sich vom Kern langsam nach der Hautschicht der Zelle zurück; die Wände der Maschen verschmelzen hier und dort zu dickeren Protoplasmaplatten. Der Kern verändert dann auch meist seine ursprünglich sphärische Gestalt; er ist an den gerade gebliebenen Fäden im Centrum der Zelle aufgehängt, oder liegt ihre Wand an (Fig. 15). Endlich fangen die Zellen an sich zu erreichen, hier und dort berühren sie sich schon, an anderen Stellen werden sie noch durch dünnere oder dickere Protoplasmaplatten getrennt, welche resorbirt werden müssen, sollen sich die Zellen vereinigen. Erst wo die Hautschichten zweier Zellen sich vollständig aneinandergelegt hatten, war ich im Stande eine dieselben trennende Cellulose-lamelle mit Chlorzinkjod sicher nachzuweisen.[1]) Das übrige Protoplasma der Zelle hat sich gleichzeitig zu einer relativ dünnen, gleichmässigen, fast vacuolenfreien Körnerschicht an die Wand der Zelle zurückgezogen (Fig. 16). Die zunächst freien, nunmehr bald zum geschlossenen Gewebe verbundenen Zellen vermehren sich durch Theilung, von der weiter im Text die Rede sein soll.

1) Ebenso Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 117.

Niemals habe ich bei Phaseolus multiflorus mehrere neue Tochterzellen frei innerhalb einer ebenfalls noch freien Endospermzelle, wie dies Hofmeister für Asphodelus albus[1]) beschreibt und abbildet, entstehen sehen. Wohl aber kommt es bei Phaseolus sehr häufig vor, dass zwei oder mehrere Kerne so nahe aneinander angelegt werden, dass ihre Anziehungszonen ineinandergreifen. Dann erhält man im einfachsten Falle Bilder wie dasjenige der Fig. 12, Taf. V, oder entsprechend complicirtere.

Erinnert sei hier nur, dass das Endosperm, wie bei Phaseolus, in der Mehrzahl phanerogamer Pflanzenfamilien durch freie Zellbildung angelegt wird, dass es aber auch in einer ganzen Anzahl von Familien, deren Aufzählung ich bei Hofmeister (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 185) nachzusehen bitte, durch wiederholte Zweitheilung des ganzen Embryosackes oder einer von dessen übrigem Raume sich abscheidenden, einzigen grossen Zelle vor sich geht (l. c. p. 181).

Viele Aehnlichkeit mit der Bildung freier Endospermzellen zeigt nach Hofmeister diejenige der sog. Keimbläschen und ihrer Gegenfüssler im Embryosack der Mono- und Dicotyledonen. Sie entstehen ebenfalls als freie Zellen im oberen resp. im unteren Ende des Embryosackes, in dem hier besonders angehäuften Wandprotoplasma dicht an die Wand des Sackes und dicht aneinander geschmiegt. Doch das Auffallende ist, dass der primäre Kern des Embryosacks während dieser Vorgänge in der Regel unverändert bleibt.[2])

Nach jüngst veröffentlichten (1871) Beobachtungen von Janczewski [3]) an *Ascobulus furfuraceus*, besitzt ein junger Ascus dieses Discomyceten eine keulenförmige Gestalt und ist mit

---

1) Entsteh. des Embryo p. 11 und Taf. X, Fig. 30—32, und Lehre v. d. Pflz. p. 117 Fig 29.

2) Vergl. Lehre v. d. Pflz. p. 114 und 115. Auch erwähnt Hofmeister dort der vergänglichen Bildung einer freien Zelle um den primären Kern des Embryosackes mancher Monocotyledonen, p. 115 u. 116.

3) Bot. Zeitung 1871. Sp. 258 u. Ann. d. sc. nat. 5me S. T. 15. p. 199.

stark lichtbrechendem Protoplasma erfüllt, das nur im oberen Theile vollkommen vacuolenfrei ist und hier einen kugelrunden, schwach lichtbrechenden Nucleus mit Nucleolus einschliesst. Vor Beginn der Sporenbildung verlängert sich der Schlauch, dann „verschwindet in einem gewissen Momente der Nucleus und plötzlich erscheinen die acht Sporen auf einmal. Diese simultan entstandenen Sporen sind zuerst kugelförmige, schwach lichtbrechende Protoplasmaportionen, in deren Mitte ein Zellkern mit einem Nucleolus vorhanden ist. In diesem Zustande besitzen sie noch keine feste Membran und werden durch Ammoniak gänzlich zerstört. Später werden sie oval und bekleiden sich mit einer anfangs sehr dünnen Cellulosemembran, welche durch Jodlösung, ebenso wie die Ascusmembran, blau gefärbt wird, während das Protoplasma der Sporen und das zu ihrer Bildung nicht verbrauchte, eine gelbe Farbe annimmt. Diese Reaction ist nicht dauernd; das Protoplasma des Schlauches, welches die Sporen umschliesst, nimmt allmälig die charakteristische Epiplasmareaction an; dann wird es von der Jodlösung schön violett oder braunroth gefärbt“.

Diesen Angaben glaubte ich durchaus vertrauen zu können und versuchte es daher auch nicht, das Object mir selbst zur Untersuchung zu verschaffen. Aus den Figuren l. c. auf Tafel IV, vornehmlich der Fig. 4 von Janczewski, möchte ich noch entnehmen, dass die Sporen bei ihrem Auftreten als hellere Kugeln im Protoplasma des Schlauches erscheinen, so wie ich es auch anderwärts beobachtet hatte. Auch geht aus der Schilderung von Janczewski hervor, dass hier bei simultaner Anlage der Sporen, mit dem Auftreten der 8 Kerne auch gleichzeitig die hellen Zonen um dieselben sichtbar werden, und dass nur die Cellulosemembranen um letztere fehlen, um die Bildung der Sporen ganz perfect zu machen. Es verhält sich diese Sporenbildung also wie die Bildung der freien Endospermzellen von Phaseolus, nur dass hier der Zellkern und daher auch die ihn umgebende Zone von Anfang an die definitive Grösse (d. h. letztere bis zur Bildung der Cellulosemembran, denn das nun eintretende Wachsthum kann hier nicht mehr in Betracht

kommen) erreichen, bei Phaseolus dagegen der Zellkern an Masse längere Zeit zunimmt und dem entsprechend die Zone um ihn sich erweitert.

Nach den übereinstimmenden Angaben von de Bary[1]) und Dippel[2]) werden bei einigen Ascomyceten, zumal *Pezizen*, unter sonst den eben beschriebenen gleichen Verhältnissen, an Stelle des primären Zellkerns des Ascus zwei kleinere gebildet.[3]) „In einem ferneren Stadium findet man vier, dann acht Kerne, immer von der gleichen Structur, aber um so kleiner, je höher ihre Zahl ist. Die acht Kerne letzter Ordnung gruppiren sich in ziemlich gleicher Entfernung von einander; endlich ist jeder derselben von einer runden Protoplasmaportion umgeben, welche von dem übrigen durch grössere Durchsichtigkeit ausgezeichnet und durch eine sehr zarte Linie abgegrenzt ist. Diese Protoplasmaportionen sind die Anfänge der Sporen, sie entstehen alle gleichzeitig, erhalten bald feste Membranen und wachsen im Innern des Ascus etwa auf das Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse heran. Das Protoplasma, welches sie zuerst umgiebt, verschwindet während ihres Heranwachsens bei P. pitya rasch; es wird hier immer, gleich dem in den Sporen enthaltenen, durch Jod, gelb gefärbt". Bei P. confluens nimmt dagegen nach Entstehung der Sporen das Protoplasma die schon oben erwähnte Epiplasmareaction an.

Bei den *Pyrenomyceten*[4]) ist ebenfalls ein Kern im Ascus vorhanden, dann treten statt seiner simultan acht Sporen auf, doch ohne Zellkerne.

Dasselbe giebt nun Sachs sogar für eine Peziza: die *Peziza convexula* an.[5]) Im oberen Schlauchende sammelt sich je ein Theil des Protoplasmas um acht Punkte zu je einer ellipsoidischen

---

1) Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten 1863. p. 14 u. a., zusammengefasst p. 34, und Morphol. und Phys. der Pilze, Flechten und Myxomyceten 1866. (Handb. II, 1) p. 102 u. ff.

2) Mikroskop. p. 47 Taf. II, Fig. 16.

3) Die Schilderung nach de Bary l. c. p. 103.

4) De Bary l. c. p. 105.

5) Lehrbuch IV. Aufl. p. 11.

Masse an. „Jede solche Ansammlung besteht anfänglich aus grobkörnigem Protoplasma, umgeben von einem hellen Hofe. „Später wird jede Spore schärfer begrenzt, der helle Hof verschwindet, ihre Substanz selbst wird feinkörnig, heller, und in einem Brennpunkte ihrer Gestalt bildet sich eine Vacuole, d. h. ein durchsichtiger Tropfen Flüssigkeit. Endlich umgiebt sich jede Spore mit einer festen Haut, die Vacuole schwindet und im Centrum tritt ein grosser Tropfen eines stark lichtbrechenden Oels auf, neben zahlreichen kleineren Oeltropfen."

De Bary giebt weiter an [1]), dass auch in den Asci die weniger als acht oder aber auch mehr, bis 50 Sporen und darüber, enthalten, diese ebenfalls simultan entstehen. In den Schläuchen von *Tuber* soll nach demselben[2]) der Inhalt zunächst in eine excentrisch gelegene, mit Jod sich gelb färbende Protoplasmakugel und ein dieses umschliessendes, wandständiges mit Jod braunroth werdendes Epiplasma sich sondern. In der Protoplasmakugel erfolgt die Bildung der Sporen.[3]) Es treten in demselben „eine bis drei $^1/_{300}$ — $^1/_{150}$ Mm. grosse, runde Zellchen auf, welche überaus zart umschrieben und von dem umgebenden Protoplasma durch etwas geringere Durchsichtigkeit ausgezeichnet sind. Diese Zellchen nehmen nun zunächst an Grösse beträchtlich zu, erhalten schärferen Umriss und allmälig derbe Membran. Während der Ausbildung der erst entstandenen treten häufig Anfänge neuer Sporen auf", und „niemals sind alle Sporen eines mehrsporigen Schlauches auf gleicher jugendlicher Entwickelungsstufe; erst gegen die Reife hin werden die früher entstandenen von den jüngeren eingeholt". Zellkerne sind hier weder in den Schläuchen vor der Sporenbildung, noch bei der Sporenanlage, noch in fertigen Sporen vorhanden. Ebenso bei *Elaphomyces granulatus*[4]), nur dass hier das Protoplasma eine dünne Wandschicht um eine oder wenige grosse Vacuolen bildet

1) l. c. p. 106.
2) l. c. p. 106.
3) Vergl. dagegen Hofmeister Lehre v. d. Pflz. p. 121 u. 122.
4) Ebend. p. 107.

und die Sporen daher an der Wand des Schlauches angelegt werden müssen.

Alle bekannten Zustände, schreibt de Bary[1]), deuten auf eine Uebereinstimmung der Sporenentwickelung der Flechten mit derjenigen der Ascomyceten hin. „Besonders deutlich wird diese angezeigt dadurch, dass es wenigstens in manchen Fällen möglich ist, vor der Sporenbildung den primären Zellkern in den Schläuchen nachzuweisen.«

Nach meinen eigenen Untersuchungen an *Anaptychia ciliaris* (L.) Kbr.[2]) ist dieser primäre Kern in der That vorhanden, er liegt in dem oberen Theile des sich zur Sporenbildung anschickenden, keulenförmigen Ascus. Der Ascus ist mit ziemlich gleich dichtem Protoplasma erfüllt, er besitzt eine dicke, quellungsfähige Wandung. Der Zellkern ist rund, in seinem oberen Theil besonders dicht und lichtbrechend, wie dies an Alcohol-Material sehr leicht festzustellen ist. Der Ascus nimmt an Grösse zu, der primäre Zellkern schwindet, und es treten nun simultan im oberen Theile des Ascus die acht Sporen auf, die einander oft fast bis zur Berührung genähert sind und das obere Protoplasma des Schlauches mehr oder weniger vollständig zu ihrer Bildung verbrauchen. Die Sporen entstehen sofort als Ganzes, in der Mitte einer jeden ist aber eine kleine, verdichtete, wenn auch wenig scharf umschriebene Stelle zu bemerken. Diese Sporenanlagen sind zunächst durchaus solid; sie umgeben sich ausserordentlich rasch mit einer farblosen Cellulosemembran, die auch ausserordentlich rasch an Dicke zunimmt. Gleichzeitig wird die Spore grösser und der protoplasmatische Inhalt zieht sich an ihre Wand zurück. Die mittlere Verdichtung, die sich jetzt als eine Art kleinen, unregelmässig gestalteten, oft sternförmigen Kornes zu erkennen giebt, wird ebenfalls wandständig,

---

1) l. c. p. 282. Vergl. dort auch die Literatur, so wie bei Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 121.

2) Vergl. die Abbildung bei Sachs Lehrbuch IV. Aufl. p. 325. Die ältere Abbildung so wie die Beschreibung des Vorgangs bei Schacht Lehrb. Bd. I p. 74 u. 75 muss durch irgend eine Täuschung veranlasst worden sein.

sie scheint die Bedeutung des Zellkerns zu haben, denn sie verdoppelt sich jetzt, und zwischen ihren beiden, um die Hälfte verkleinerten Theilen, entsteht eine Protoplasmabrücke, welche die nunmehr ellipsoidisch gewordene Spore, ihrem kürzesten Durchmesser gemäss, in zwei gleiche Hälften zerlegt. Die Details der Kerntheilung entgehen hier, der Kleinheit des Objects wegen, der Beobachtung. In der Protoplasmabrücke wird simultan die neue Cellulosewand gebildet, die alsbald auch eine nicht unbedeutende Stärke erhält. Die beiden kleinen Kerne legen sich meist der neuen Wand an, sind aber in etwas älteren Sporen nicht mehr von sonstigen Körnern des Inhalts zu unterscheiden. Sehr rasch beginnen jetzt die Membranen, der nunmehr zweizelligen Sporen zu dunkeln, in Tönen die sich zwischen grau und braun bewegen. Das wenige, um die Sporen zurückgebliebene Protoplasma färbt sich mit Jod jederzeit braungelb.

Uebereinstimmend mit Anaptychia ciliaris fand ich die Anlage der Sporen auch in den Asci der *Calicieae* und *Sphaerophoreae.*[1]) Wenn die Sporen hier auch meist aus dem Ascus nicht entlassen werden, sondern der Ascus in ihnen entsprechende Stücke zerfällt, so entstehen sie trotzdem nicht durch Theilung seines Inhalts, vielmehr frei in demselben. Sie liegen hier stets in nur einer Längsreihe, verbrauchen gleich bei ihrer Entstehung fast den ganzen Inhalt des Schlauches und schmiegen sich endlich, noch grösser werdend, dicht aneinander und an dessen Wand an, diese letztere oft ausbuchtend, indem sie tonnenförmig werden.

Doch auch ziemlich reife Sporen lassen sich noch hin und wieder aus dem Schlauche herausdrücken[2]), und wenn dessen Membran bald nicht mehr optisch nachweisbar ist, so liegt dies nur an ihrer grossen Zartheit und den Lichtbrechungserscheinungen an den dunkelnden Sporen. Die Zweitheilung

---

1) Vergl. auch Tulasne Ann. d. sc. nat. 3me s. T. 18 p. 77, 78 und de Bary Handb. II, I. p. 285.

2) Vergl. auch Tulasne l. c. p. 79.

der Sporen bei Calycium trachelinum zeigte sich ganz der bei Anaptychia entsprechend.

Erwähnt sei an dieser Stelle, was aus den Untersuchungen von Naegeli[1]), Bornet[2]) und Famintzin[3]), namentlich aber des letzteren hervorgeht, dass nämlich bei der Siphone *Valonia utricularis* die Keimzellen durch freie Zellbildung, und zwar ohne Zellkern, aus dem Wandprotoplasma der Mutterzelle entstehen. Auch diese Mutterzelle besitzt keinen Zellkern, eben so wenig wie diejenigen anderer Siphoneen; sie wird von einer chlorophyllhaltigen, wandständigen Protoplasmaschicht gleichmässig ausgekleidet. An Stellen, wo die Keimzellen entstehen sollen, werden nach Famintzin zunächst Stärkekörner in den Chlorophyllkörnern erzeugt. Dann sieht man innerhalb dieser Stellen chlorophyllführendes Protoplasma sich anhäufen. Von der Fläche gesehen erscheinen diese Anhäufungen gewöhnlich kreisrund, im optischen Durchschnitt sieht man sie flach der Zellwand anliegen. Später wird jede derselben abgegrenzt durch eine eigne Membran, welche sich mit ihrer ganzen Aussenfläche der Membran der Mutterzelle anlegt und mit derselben in eins verschmilzt. — So weit interessirt uns hier dieser Vorgang der freien Zellbildung, der ohne vorausgehende oder begleitende Zellkernbildung vor sich geht, und nur um die Schilderung zu vervollständigen füge ich noch hinzu, dass die Keimzellen später zwischen die Lamellen der Mutterzellwand eingeschlossen werden und peripherisch zu Aesten oder sog. Wurzelzellen auswachsen.[4]) Ausser den Keimzellen werden in der Valonia, nach Famintzin, auch Schwärmsporen gebildet. In der gleichförmigen Chlorophyllschicht entstehen Lücken und das aus diesen Lücken gewichene Chlorophyll sammelt sich in dicken, netzförmig verbundenen Strängen an. Dann sieht man das Netz

1) Die neueren Algensysteme p. 155—157. Taf. II, Fig. 7—24.

2) Mémoires de la soc. Imp. des sc. nat. à Cherbourg Taf. VI.

3) Bot. Zeitung 1860 p. 341, neuerdings auch Pedicino Bullett. dei Nat. e Med. Napoli 1870.

4) Das Nähere hierüber bei Famintzin l. c. p. 312.

„in eine grosse Zahl grüner Massen zerfallen, welche durch farblose, immer deutlicher hervortretende Streifen von einander getrennt werden. Bald nach vollkommener Individualisirung wird an diesen eine leise Bewegung sichtbar, und indem letztere immer lebhafter wird, trennen sie sich endlich von einander als eine Unmasse von Zoosporen.“ „Oft wird nicht der ganze Zellinhalt zur Zoosporenbildung verwendet, sondern nur das grün gefärbte Protoplasma, während anderes, chlorophyllfreies Protoplasma unverbraucht bleibt.“ „Ich habe öfters“, schreibt Famintzin, „in den Zellen nach dem Ausschwärmen der Zoosporen die Protoplasmamasse stellenweise als durchsichtiges farbloses Netz verbleiben sehen, in welchem die von den Zoosporen verlassenen Räume noch sichtbar waren.“ Die Schwärmsporen gelangen aus der Mutterzelle in die umgebende Flüssigkeit durch viele in der Membran der Mutterzelle sich bildende rundliche Oeffnungen.

Dieser Vorgang der Zoosporenbildung, dessen ich hier bei der freien Zellbildung erwähne, könnte eben so gut unter die Zelltheilung „mit gleichzeitiger Bildung vieler Tochterzellen“ gebracht werden. Es würden dorthin, nach der gewöhnlichen Eintheilungsweise, diejenigen der eben geschilderten Fälle gehören, wo der gesammte Inhalt der Mutterzelle in der Bildung der Schwärmsporen aufgegangen ist; zu der freien Zellbildung hingegen diejenigen Fälle, wo dieser Inhalt nicht vollständig aufgebraucht wird. Dieses zeigt, wie schwer oftmals eine Grenze zwischen beiden Vorgängen, wie sie heut unterschieden werden, zu ziehen ist; denn auch das andere Kriterium: dass bei freier Zellbildung die Mutterzelle als solche bestehen bleibt, bei der Zelltheilung in der Bildung der Mutterzellen aufgeht, ist oft nicht stichhaltiger.

So machte auch neuerdings Brefeld darauf aufmerksam, dass bei den Mucorineen die Gesammtmasse des Sporangieninhalts in der Gonidienbildung aufgehen kann, der Vorgang den Charakter einer Zellbildung durch Theilung tragen, oder aber — und dies sei der häufigere Fall — vor der Theilung oder mit ihr eine weitere Sonderung des Protoplasma in

einen engeren für die Gonidienbildung bestimmten Theil und einen anderen, der hierfür keine Verwendung findet, stattfinden. Brefeld knüpft hieran die weitere Bemerkung: dass seiner Ansicht nach „beide Vorgänge der Zellbildung als freie Zellbildung im Innern einer Mutterzelle aufgefasst werden müssen. Der Umstand, ob gerade alles Protoplasma der Mutterzelle für die Bildung der Tochterzellen Verwendung findet, oder ob ein Theil desselben für eine besondere Function abgeschieden wird, ist für den Vorgang der Zellbildung selbst von gar keiner Bedeutung. Dort wo es vortheilhaft und nützlich ist, wird Zwischensubstanz bei dem Vorgange gebildet, im andern Falle unterbleibt deren Bildung. Wir haben diese Variation des Vorganges nicht blos bei den Mucorineen, auch bei vielen anderen Pflanzenclassen, z. B. den Ascomyceten und Myxomyceten. So wird bei den Tuberaceen alles Protoplasma des Ascus für die Sporenbildung verwendet, die Entleerung der Sporen erfolgt in dem geschlossenen Fruchtkörper durch Auflösung des Ascus; bei den Discomyceten hingegen bleibt viel Protoplasma bei der Sporenbildung unverbraucht als Zwischensubstanz übrig; sie hat wasseranziehende Eigenschaften, dehnt den Schlauch aus und bewirkt schliesslich ein Aufplatzen und damit die Sporenentleerung aus dem offenen Fruchtkörper. Bei den Myxomyceten ist es ähnlich, hier erhärtet in den meisten Fällen die Zwischensubstanz membranartig und stellt so das für die Entleerung der Fruchtkörper wichtige Capillitium dar.[1])

Als letztes Beispiel soll hier ein Vorgang folgen, der in einem anderen Sinne die Mitte zwischen freier Zellbildung und Zelltheilung hält.

Das Ei[2]) der *Fichte (Picea vulgaris)* besteht zur Empfängnisszeit aus sehr dichtem Protoplasma. Frische Objecte lassen wenig Einsicht in dessen Vertheilung gewinnen, wohl aber Alcohol-

1) Aus den Szbr. der Gesell. nat. Fr. zu Berlin 1875. Nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches veröffentlicht.

2) Zur Orientirung diene die Figur 19 der Tafel II nebst Erklärung. Die Literatur bitte ich in meinen „Coniferen und Gnetaceen“ nachzuschlagen.

Präparate, und zwar auch da nur auf zarten, durch die erhärteten Eier geführten Schnitten. Das ganze Protoplasma erscheint dann, abgesehen etwa von einigen grösseren Vacuolen, die auch fehlen können, aus polygonalen Kammern gebildet; bei 600facher Vergrösserung zeigen sie das Bild der Fig. 21 a, Taf. II. Die Wände der Kammern sind scharf abgegrenzt, kleine Körnchen fehlen fast an denselben; wohl aber sieht man annähernd in der Mitte jeder Kammer ein grösseres stark lichtbrechendes, hin und wieder hohles, mehr oder weniger kugeliges Korn. Zwischen den Wänden und diesen grossen Körnern ist oft noch ein viel schwächer als letztere das Licht brechender Stoff gleichmässig vertheilt, oft scheint dieser Raum auch ganz leer zu sein. Jodlösung färbt die Wände der Kammern und die grossen Körner gelb, wohl auch den Raum zwischen beiden gelblich. Diese Körner sind es, denen das Protoplasma in den Alcohol-Präparaten sein dichtes, grobkörniges Aussehen verdankt. Dass die Kammern keine erst durch Alcohol hervorgerufenen Kunstproducte sind, ergiebt sich aus der Vergleichung vieler Präparate fast von selbst; sie sind zu gleichmässig gestaltet und zu constant; auch fanden wir sie ja, in derselben oder ähnlichen Weise entwickelt, schon in anderen Objecten. Wohl aber drängt sich die Frage auf, ob nicht die grossen Körner innerhalb der Kammern aus eiweissreicher Flüssigkeit erst durch Alcohol niedergeschlagen werden. Es ist mir das fast wahrscheinlicher, doch war es nicht endgiltig zu entscheiden; auf alle Fälle spricht die Anwesenheit dieser Körner in Alcohol-Präparaten für einen grossen Eiweissreichthum des Inhalts der Kammern auch im frischen Zustande. Aehnliche Körner finden sich in den Vacuolen, die bis zu diesem Entwickelungszustande sich im Ei erhielten, doch sind sie dort stets in Mehrzahl vorhanden, unregelmässig, meist gegen die Mitte der Vacuole hin versammelt (Fig. 21 b, Taf. II). In den Kammern findet man dagegen constant, oder doch fast ausnahmslos, nur ein grosses Korn. Die Kammern mit den Körnern rufen bei starken Vergrösserungen oft ganz den Anschein eines zelligen Gewebes hervor (Fig. 21 a, Taf. II). Die Kammern sind auch hier wieder

von etwa noch vorhandenen Vacuolen verschieden, letztere viel schärfer und bestimmter abgeschlossen, daher auch viel starrer als die Kammern, die, wie wir bald sehen werden, nach Bedürfniss ihre Gestalt verändern können. Fügt man Aetzkalilösung hinzu, so schwindet die Structur der Kammern, ihre Einschlüsse werden unkenntlich, die Vacuolen bleiben hingegen deutlich erhalten.

Ich habe Vacuolen und Kammern einander so gegenübergestellt, wie sie hier eben im Extrem neben einander vorkommen; in diesem Extrem sind sie auch wirklich verschieden, mögen sie ihrer Entstehung nach ähnlich und selbst durch Mittelstufen verbunden sein. Hier unterscheiden sie sich nicht nur durch ihre Gestalt und Grösse, sondern auch durch ihren Inhalt. Beide Gebilde führen zwar Flüssigkeit, doch ist diejenige der Vacuolen entschieden wasserreicher als diejenige der Kammern. Daher wohl auch die schärfere Abgrenzung des Protoplasmas gegen den Inhalt der Vacuolen, die geringe Cohäsion zwischen beiden, und daher wohl auch die kugelige Abrundung der Vacuolen; während hingegen die Abgrenzung der innern Contour der Kammern gegen den Inhalt derselben durchaus keine scharfe ist.

Das Ei der Fichte (Picea vulgaris) führt zur Reifezeit an seiner organischen Basis[1]) eine schöne Kanalzelle und in seinem Innern einen grossen Zellkern (Fig. 20, Taf. II). Die Kanalzelle wird von ihrem Zellkern fast vollständig erfüllt. Der Zellkern des Eies, der an frischem Material nur sehr schwach, an in Alcohol erhärtetem hingegen sehr scharf hervortritt, ist dadurch merkwürdig, dass er in seiner der Kanalzelle zugekehrten Hälfte stets dichtes (höhlungsloses) Protoplasma enthält, in der von ihr abgekehrten Hälfte hingegen Körner.[2]) Dieses Verhalten zeigten auch die Zellkerne in solchen Zapfen, die ich in umgekehrter Richtung (also aufrecht) am Baume festgebunden hatte.

---

1) Auch hier wieder sind alle Eier so abgebildet worden, dass sie ihre Basis nach oben, ihren Scheitel nach unten kehren.

2) Protoplasma und Körner färben sich mit Jod gelb.

Der stärkeführende Pollenschlauch dringt, durch die desorganisirten Zellen des Archegoniumhalses seinen Weg sich bahnend, bis zum Ei vor, dann, die Kanalzelle zerstörend, selbst in dasselbe hinein. Der Pollenschlauch ist an seiner Spitze stark porös (Fig. 22, Taf. II); sein Inhalt, wohl zuvor gelöst, diffundirt in das Innere des Eies und wird nachweisbar in den Kern desselben aufgenommen.

Den so befruchteten Eikern will ich als Keimkern bezeichnen. Er beginnt alsbald zu schwinden, wobei seine Masse sich radial in dem Eiplasma zu vertheilen scheint. (Fig. 23, Taf. II.)

Zur Zeit, da die Befruchtung erfolgt, enthält das Ei meist keine, oder doch nur äusserst wenige Vacuolen; nur in seltenen Fällen trifft sie verfrüht auch Eier von noch stark schaumiger Beschaffenheit. Solche Eier neigen, wie mir scheint, zu Missbildungen.

In allen normalen Fällen werden nach Auflösung des Keimkerns gleichzeitig vier Zellkerne in dem organisch oberen (auf der Tafel unteren) Ende des Eies angelegt. Diese Zellkerne zeigen sich hier alsbald in ihrer vollen Grösse (Taf. II, Fig. 24 u. 25).

Es hat etwas Missliches, einen Entwickelungsgang aus einzelnen getrennten Zuständen, die verschiedenen Objecten entstammen, abstrahiren zu müssen. Das so erhaltene Resultat kann nie absolute Gewissheit beanspruchen. Einzelne Entwickelungsmomente können ja so rasch durchlaufen werden, dass sie sich constant der Beobachtung entziehen und somit auch stets in der Construction der Entwickelungsreihe fehlen.

Die Befruchtungsvorgänge bei den Coniferen lassen sich aber unmöglich an einem und demselben Objecte verfolgen, da solches durch die jedesmalige, nothwendige Präparation getödtet wird. Daher mir die Feststellung einer sichern Entwickelungsreihe hier die grösste Mühe verursacht hat. Vier Mal habe ich bereits die Befruchtung bei den Coniferen verfolgt. Ich glaubte schon früher in einem und demselben Zapfen während der kurzen Befruchtungszeit alle Zustände der Befruchtung

vereinigt gesehen zu haben, doch sammelte ich im Sommer 1874, der noch grösseren Sicherheit wegen, drei Tage lang, d. h. während der ganzen Dauer des Vorgangs, die Zapfen: drei Mal am Tage und drei Mal des Nachts, in ziemlich gleichen Intervallen, und fixirte die Zustände, indem ich die einzeln herausgeschälten Blüthen jedesmal sofort in absoluten Alcohol legte. Die Gläser wurden bezeichnet und ihr Inhalt, nach erfolgter Erhärtung der Eier, untersucht. Beobachtungen am frischen Material, in Wasser und Eiweisslösung, gingen denjenigen am Alcohol-Material auch dieses Mal voraus. Das Alcohol-Material war, wie ich das früher schon hervorgehoben, dem frischen bei weitem vorzuziehen, und begnügte ich mich eigentlich damit, an den frischen Objecten nur wieder festzustellen, dass das Alcohol-Material auch wirklich keine demselben widersprechenden Bilder giebt.

So ging denn von Neuem eine ganz ausserordentlich grosse Zahl Eier von Picea vulgaris durch meine Hände. Es zeigte sich dabei, dass die Präparate von Tag und Nacht sich nicht wesentlich in den Zuständen, die sie darboten, unterschieden; wenigstens war es mir nicht möglich, einen solchen Unterschied festzustellen.

Auch in den Zapfen, die ich in umgekehrter Richtung am Baume fixirt hatte, war die Befruchtung in ganz normaler Weise vor sich gegangen.

Die vorjährigen Untersuchungen an Picea vulgaris bestätigten also meine schon früher ausgesprochene Ansicht, dass die vier Zellkerne an Stelle des Keimkerns gleichzeitig im Scheitel des Eies auftreten.

Sie erreichen sofort ihre volle Grösse und erscheinen im frischen Zustande des Präparats als hellere Sphären einer homogenen, das Licht anders als das umgebende Protoplasma brechenden Substanz. Unter dem Einfluss des absoluten Alcohols wird ihr Inhalt körnig, wobei die Körner kleiner und ziemlich gleichmässig vertheilt sein können, oder grösser und dann meist in der Mitte des Zellkerns zusammengeballt.

Die vier Zellkerne zeigen, entsprechend ihrer relativ

grossen Nähe, von Anfang an eine bestimmte Abhängigkeit von einander. Diese äussert sich zunächst schon in ihrer Gestalt: sie ähneln im Allgemeinen Kugeloctanten mit etwas abgerundeten Ecken und Kanten. Am besten veranschaulicht dies Fig. 24, Taf. II. Der Eischeitel ist in derselben etwas gegen den Zuschauer gehoben und zeigt so gleichzeitig die Lage aller vier in einer Ebene liegenden Zellkerne. Die Durchschnittsansicht zweier Zellkerne, auf gleichem Entwickelungszustande wie in Fig. 24, giebt Fig. 25a, Taf. II, während die Fig. 25b die gegenseitige Lage dreier Zellkerne uns vergegenwärtigt.

Jeder entstehende Zellkern übt sofort einen Einfluss auf das umgebende Protoplasma aus, namentlich tritt diese Action combinirt zwischen den inneren Flächen der Kerne auf, also denjenigen, die sie einander zuwenden. Fig. 25, Taf. II, zeigt genannte Verhältnisse am besten, so wie sie nur in den allergünstigsten Fällen zu erkennen sind. Zwischen den Kernen erscheint das Protoplasma dann zu mehr oder weniger deutlichen parallelen Streifen angeordnet, die zwischen je zwei einander zugekehrten, in Wechselwirkung stehenden Kernflächen verlaufen. In der Mitte zwischen je zwei solchen Flächen und parallel zu denselben bemerkt man gleichzeitig eine Verdickung der Fäden, die sich gleichsam als eine Reihe von Körnern, resp. der sie trennenden dunklen Punkte, markirt und die spätere Trennungsfläche der Zellen andeutet. Es sind vier solche Körnerflächen vorhanden, jede von annähernd kreisquadrantischem Umriss, die, in der Mitte der Anlage zusammenstossend, dieselbe in vier Stücke von fast kugeloctantischer, Gestalt zerlegen. Jedes solche Stück enthält einen Zellkern und einen entsprechenden Theil des gestreiften Protoplasmas. Auch nach der unteren Eimasse hin grenzen sich die Kerne, und zwar gemeinsam, ab. Auch dort erscheint das ihnen nächste Protoplasma gestreift und setzen dessen Streifen senkrecht gegen die unteren Kernflächen an. Die gemeinsame Abgrenzung gegen die untere Eimasse wird ebenfalls als besondere, und zwar in fast gleichmässiger Krümmung verlaufende Trennungsschicht angedeutet (Taf. II, Fig. 24 u. 25).

Wir haben es in diesem Falle, wie aus obiger Schilderung folgt, jedenfalls mit einem combinirten Vorgang der Zellbildung zu thun: mit freier Zellbildung einerseits, insofern die vier neuen Zellkerne ganz frei in der Masse des Eies auftreten und vier Zellen bilden, die einen Theil, etwa nur $^1/_5$ der ganzen Eimasse, beanspruchen; mit einer nicht ganz freien Zellbildung andererseits, insofern die Kerne von Anfang an eine constante Beziehung zu einander zeigen, eine gemeinsame Trennungsfläche gegen die untere Eimasse und Trennungsflächen gegen einander bilden. Manchmal kommt hier als Missbildung wirklich freie Zellbildung, oder richtiger freie Kernbildung, vor. Ich bin wiederholt unter den vielen durchforschten Eiern solchen begegnet, in denen nach Auflösung des Keimkerns die vier neuen Kerne statt in dem Scheitel des Eies, ganz zerstreut in dessen Masse aufgetreten waren. Ich hatte mehrere solcher Fälle auf Taf. VIII meines Werkes über Coniferen und Gnetaceen abgebildet, ich füge hier noch einen solchen in Fig. 26, Taf. II, hinzu. Da zeigen die Kerne meistens gar keine Beziehung zu einander und erinnern durchaus an die frei entstandenen Kerne im Ei von Ephedra oder von Ginkgo. Die Zonenbildung ist um solche Kerne bei der Fichte oder Kiefer sehr schwach, wenn überhaupt zu erkennen, und scheint es nie bis zur Bildung abgeschlossener Zellen zu kommen. Ob solche Kerne wieder aufgelöst werden können, um den normalen im Eischeitel Platz zu machen oder nicht, kann ich nicht sagen. Zu solchen Missbildungen mit ganz freien, im Ei zerstreuten Kernen neigen aber wohl vorzüglich solche Eier, die relativ jung befruchtet worden, zu einer Zeit wo sie noch Vacuolen enthielten, welche die gleichmässigen Vorgänge im Ei störten.

Als anderes Extrem, das aber kaum als Missbildung zu bezeichnen wäre, möchte ich den nicht gar zu seltenen Fall noch anführen, wo an Stelle der vier oberen Kerne gleichzeitig acht solche auftreten. Sie stehen dann zu je vier in zwei Etagen über einander, sind aber, wie gesagt, nicht durch Theilung aus einander hervorgegangen, sondern alle gleichzeitig angelegt worden. Die (organisch) obere Etage ist dann immer

viel flacher als die (organisch) untere, und diese letztere ist es, welche die weitere Entwickelung übernimmt. Sie ist gegen die obere Etage zunächst ganz in derselben Weise abgegrenzt wie ihre vier Zellen gegen einander; bald wird die Abgrenzung gegen die obere Etage aber schärfer; ja letztere wird dann völlig abgetrennt, flachgedrückt und wahrscheinlich zuletzt resorbirt.

Ueber das Verhalten der unteren, unbenutzten Eimasse nach Abgrenzung der oberen vier Zellen muss ich noch einiges bemerken.

Vorausgeschickt sei aber zunächst, dass zur Zeit der Bildung dieser Kerne die ganze Eimasse, mit Ausnahme hin und wieder vielleicht nur ihres untersten Theiles, gleichmässig kämmerig erscheint; die Kammern in der früher beschriebenen Weise mit Eiweisskorn und glatten Wänden ohne Stärkeeinschlüsse. Nach Abgrenzung der vier Zellkerne nun zeigen sich zunächst kleine Stärkekörnchen an den Wänden der Kammern. Die grossen Eiweisskörner fangen an zu schwinden, wobei sie zunächst an den Alcohol-Präparaten weniger dicht erscheinen. Die Wände der Kammern desorganisiren sich dann und endlich, wenn die obere Anlage schon in das Endosperm einzudringen beginnt, findet man die unverbrauchte Substanz des Eies nur noch aus spärlichen, unregelmässig vertheilten, mit Jod sich gelbbraun, hie und dort in einzelnen Körnchen sich blau färbenden, feinkörnigen Stoffen bestehend. Die ganze Eiweissmasse ist nach und nach in die obere Anlage gewandert, die so vom Eie aus mit Eiweiss für die weitere Entwickelung ausgerüstet wird, während sie ihren Bedarf an Kohlenhydraten, für die vielen zu bildenden Membranen, auf ihrem Wege in den mit Stärke erfüllten Endosperm- (Prothallium-) Zellen findet.

Zelltheilung.

Wir haben im vorhergehenden Abschnitte die *Picea*-Eier in dem Augenblicke verlassen, wo die vier Kerne im organischen Scheitel des Eies eben gebildet worden waren, respective vier Zellen sich durch Körnerreihen gegen einander und den übrigen Theil des Eies abgrenzten. Bald findet man nun die vier Kerne etwas abgerundet, aus der kugeloctantischen Form in die fast rein ellipsoide übergegangen, und haben dieselben dann im Aequator eine eigenthümliche Platte aufzuweisen, die von einer einfachen Schicht annähernd zu einander paralleler, stäbchenförmiger Körner gebildet wird (Taf. II, Fig. 27). An die beiden Seiten dieser Platte setzen Streifen an, die nach den Polen der Kerne hin convergiren und jedem dieser Gebilde eine spindelförmige Gestalt verleihen. Die Präparate, welche solche Zustände zeigen, sind übrigens höchst selten und gilt es oft lange vergebens nach denselben zu suchen.

In dem nächstfolgenden Entwickelungsstadium findet man die Stäbchenplatte in zwei Hälften gespalten, und aus weiteren Objecten scheint hervorzugehen, dass diese beiden Hälften in der Richtung der Kernpole auseinanderweichen. Zwischen den so auseinanderweichenden Plattensegmenten werden aber zahlreiche feine Fäden ausgesponnen. So erhalten wir das Bild 28 unserer Tafel II.

Es dürfte gewagt erscheinen, aus getrennten Entwickelungszuständen auf obigen Zusammenhang zu schliessen, doch wir treten nur deshalb so entschieden auf, weil wir den ganzen Vorgang an anderen Objecten sich unter unseren Augen haben abwickeln sehen.

Durch denselben ist aber die Substanz jeder der beiden Kernhälften gegen die früheren Pole des Mutterzellkerns gerückt und bildet hier bedeutend verdichtet je einen neuen Tochterzellkern (Fig. 28).

Diese neuen Zellkerne sind bei ihrer Entstehung annähernd ellipsoid und relativ sehr klein, da ihr grösster Durchmesser nur etwa 0,016 Mm., der kleinste nur etwa 0,012 Mm. beträgt. Ihre grössere Axe verläuft transversal zu derjenigen des Mutterzellkerns. Sie erscheinen zunächst homogen; in späteren Entwickelungszuständen ordnet sich aber, während sie an Grösse zunehmen, ihr Inhalt zu mehr oder weniger parallelen, körnigen Streifen an, die in der Richtung ihrer kleinen Axe verlaufen (Fig. 29, 30).[1])

Schon während der Diffenzirung der Tochterzellkerne zeigten die zwischen denselben ausgespannten Fäden eine beginnende Anschwellung in der Mitte ihrer Länge (Fig. 28). Alle diese in einer Ebene liegenden Anschwellungen bilden eine Art Platte, die immer deutlicher im Aequator zwischen den sich bildenden Tochterkernen hervortritt (Fig. 29).

Jeder Tochterzellkern erscheint alsbald von körnigem Protoplasma umgeben, und es ist dann der Zusammenhang zwischen ihm und den Fäden mehr oder weniger aufgehoben (Fig. 29). Die Zellkerne nehmen an Umfang zu (Fig. 30), und gleichzeitig sieht man die Fadenmasse zwischen ihnen sich seitlich ausbreiten, so dass sie eine biconvexe Gestalt erhält. Dann verschmelzen die Anschwellungen der Fäden zu einer annähernd gleichmässigen Scheibe (Fig. 30); im Innern derselben treten aber dunkle Punkte auf, Unterbrechungen, welche seitlich sich vereinigend, schliesslich zu einer völligen Trennung der Scheibe in zwei Hälften führen. Diese Hälften stellen die Hautschichten für die neuen Zellen dar, zwischen welche schon bei ihrer Bildung Membranstoff ausgeschieden wird, der alsbald zu einer continuirlichen Cellulosewand erhärtet. Die Hautschichtplatte

1) Diese beiden Figuren rühren von Pinus silvestris her, die sich in allen Einzelheiten der hier geschilderten Vorgänge wie Picea vulgaris verhält.

der Kernfäden reicht übrigens nicht über den ganzen Querschnitt, in dem die Trennung der Zellen sich vollziehen soll; die fehlenden Stücke an den Rändern werden von dem anstossenden Protoplasma aus ergänzt. Dasselbe zeigt sich hier mehr oder weniger deutlich gestreift und bildet die Platte quer in den Streifen (Fig. 30).

Für die Bildung der Cellulosewand finden sich zu beiden Seiten der noch ungespaltenen Hautschichtplatte Stärkekörnchen ein.

Die ursprüngliche Abgrenzung gegen den unteren Eitheil schwindet schon in dem Stadium der Fig. 28. Die ursprüngliche seitliche Abgrenzung zwischen den Kernen wird jetzt hingegen perfect, indem die Körner der Platten verschmelzen und ebenfalls Hautschichten erzeugen. In Folge des Aufgebens der gemeinsamen unteren Abgrenzung liegen die vier unteren (in der Zeichnung stets umgekehrt) Tochterzellkerne jetzt ganz frei in der unteren Eimasse, die in den seitlichen Abgrenzungen gebildeten Membranen enden dann ebenfalls frei zwischen diesen Kernen (Fig. 29, 30, 31 und 33).

Immer findet man daher in den Eiern von Picea und Pinus vier freie Kerne unter der oberen Embryonalanlage. Diese Zellkerne theilen sich nicht mehr und wachsen zu einer bedeutenden Grösse an, bis zu 0,06 Mm. Durchmesser und darüber. Dann hat sich der protoplasmatische Inhalt meist wieder zu einer glashellen dichten Masse in ihrem untersten Theile angesammelt, während der übrige Innenraum von feinen Protoplasmaströmen (die ich freilich nur aus den Bildern im erhärteten Zustande erschliesse) durchzogen erscheint (Fig. 33).[1])

Nur ein einziger Fall ist mir vorgekommen, wo die unteren Tochterkerne eine nochmalige Theilung eingingen, ich habe diesen Fall in der Fig. 32 dargestellt. Zwischen den neuentstandenen Kernen sind noch die Fäden zu sehen.

In den vier oberen Embryonalzellen wiederholen sich die

---

1) Protoplasmaströme im Innern eines Kerns sind schon von Weiss (Szb. d. k. Ak. d. Wiss. z. Wien 1866. Bd. LIV, Juliheft) gesehen worden.

Theilungen, wie es Fig. 33 zeigt, und es werden rasch drei Etagen von je vier Zellen gebildet. Die Theilungsvorgänge in den secundären Zellen sind wesentlich dieselben wie in den primären, doch wickeln sie sich in einem kleineren Raume ab und sind daher ungünstiger für die Beobachtung. Die zwischen den Zellen gebildeten Scheidewände sind aber alle durchaus einfach und unspaltbar und setzen auch sämmtlich an die ursprüngliche Membran der Centralzelle an (Fig. 31). Letztere wird also nicht durchbrochen, vielmehr wächst sie weiter mit den sich alsbald streckenden Zellen der Anlage. Nur die die Centralzelle umgebenden flachen, die Hüllschicht derselben bildenden Zellen werden an entsprechender Stelle zerquetscht und endlich resorbirt.

Bis zu dem Zustande der Fig. 29 ist es ein leichtes, die erhärteten Eier behufs näherer Untersuchung aus den Archegonien zu befreien, der Umstand aber, dass die neuen Cellulosewände an die alte Wand der Centralzelle ansetzen, macht es selbstverständlich, dass nach Bildung der ersten Querwände zwischen den acht secundären Zellkernen das Ei jedesmal bei Versuch einer Freilegung über dieser Stelle abreisst. Dann führen nur noch feine Schnitte zum Ziele, wie sie denn auch sonst zur Feststellung der Details hier überall mit zu Hilfe gezogen werden mussten.

Ich habe es absichtlich bisher vermieden, auf die Deutung des geschilderten Theilungsvorgangs einzugehen, wir werden eine solche erst versuchen, wenn uns eine grössere Summe von Erfahrung zu Gebote steht. Nur die beiden, bei der Zelltheilung sich bethätigenden Platten will ich, um Wiederholungen zu vermeiden, gleich mit besonderem Namen bezeichnen, und zwar die erste, im Aequator des Zellkerns auftretende: Kernplatte, die zweite im Aequator der Fäden sich bildende: Zellplatte nennen.

Auf die ersten Vorgänge in dem Picea-Ei, die wir unter der freien Zellbildung behandelt haben, muss ich jetzt aber noch ergänzend zurückkommen. Würde der Theilungsmodus, wie wir ihn für die vier im oberen Ende des Eies angelegten

Zellen geschildert, von Anfang an eingehalten, so hätte sich im Keimkerne des Eies eine aequatoriale Platte bilden müssen, sich dann spalten, ihre Segmente auseinanderrücken, zwei neue Kerne, einer im unteren, der andere im oberen Theile des Eies, sich ausbilden, der obere Kern senkrecht zu der vorhergehenden Richtung in zwei Kerne, diese selbst wieder in gleicher Weise in je zwei sich theilen. So hätten wir dann definitiv das Bild vor uns, das wir unvermittelt nach Auflösung des primären Kernes vorfanden. Ich halte es nun für sehr wahrscheinlich, dass wir es hier in der That mit einer verkürzten Entwickelung zu thun haben und dass die eben aufgezählten Mittelstufen nur übersprungen werden. Für eine solche Deutung würde vor allem die gegenseitige Beziehung sprechen, welche die vier oberen Kerne von Anfang an zu einander zeigen, so wie ihre gemeinsame Abgrenzung gegen den unteren Theil des Eies. Einmal ist mir auch ein abnormer Fall vorgekommen, den ich mir nicht anders zu deuten wusste, als dass der Keimkern selbst eine Theilung eingegangen war. Statt des Keimkerns lag nämlich in halber Höhe des Eies, in schräger Stellung, der einen Seite genähert, ein spindelförmiger Körper, der ganz den Habitus eines der in den Theilungsbildern der Figur 28 dargestellten hatte, nur war er gestreckter und in allen Theilen grösser.

Ich habe eben der Einfachheit wegen angenommen, schon der eine der beiden aus dem Keimkern entstandenen Kerne würde im oberen Ende des Eies, wo später die vier Kerne liegen, angelangt sein, doch ist es bei der zunächst gleichmässigen Dichtigkeit des befruchteten Eies auch denkbar, dass hier ursprünglich in der Längsrichtung des Eies mehrere Quertheilungen erfolgten, und dass die, in etwa $^4/_5$ der Eilänge über den vier Kernen jetzt auftretende, sich ja auch bald wieder lösende Trennungsfläche nicht die ursprünglich erste und einzige war. Doch diese Vorgänge scheinen so weit zurückzuliegen, dass sie nicht einmal in abnormen Fällen wiederkehren, vielmehr begegnen wir hier nur Missbildungen ganz entgegengesetzter Art, völlig freier Zellbildung, also gleich-

sam noch fortgeschrittneren Zuständen, welche, wie schon erwähnt, bei durch Vacuolen gehemmter Entwickelung vornehmlich auftreten und somit eher in die Kategorie der Anpassungserscheinungen gehören.

Diese Vorgänge im Abietineen-Ei werfen nun aber einiges Licht auch auf die Verhältnisse bei Ephedra und bei Ginkgo und machen es wahrscheinlich, dass auch dort die reine, freie Zellbildung durch Verkürzung der Entwickelung aus der Zelltheilung hervorgegangen sei. Bei Ephedra wird dann zwar aus jeder einzelnen freien Zelle eine besondere Embryonalanlage erzeugt, doch auch bei Pinus sehen wir alsbald die vier aus der gemeinsamen Anlage hervorgehenden Schläuche sich von einander trennen und jeden an seinem Ende sich selbständig weiter entwickeln. Bei Ginkgo vereinigen sich hingegen die frei entstandenen Zellen wieder zu einer einzigen Embryonalanlage. Ginkgo verhält sich darin zu Ephedra etwa wie Picea vulgaris zu Pinus, da ja bei Picea die Zellen im Eischeitel ganz wie bei Pinus entstehen und doch zusammen nur eine Embryonalanlage bilden.

Ich hatte den Theilungsvorgang in den Picea-Eiern aus getrennten Entwickelungszuständen abstrahiren müssen, ausserdem ihn nur an Alcohol-Material verfolgt, die erschlossenen Resultate verlangten also durchaus und zwar nach einer doppelten Prüfung: erstens galt es festzustellen, ob die Alcohol-Präparate auch in allen Details mit dem lebenden Material übereinstimmen; zweitens ob wirklich an lebendem Material die einzelnen Entwickelungszustände so, wie ich es zunächst nur angenommen, aufeinander folgen.

Namentlich der letzte Punkt konnte erst und ausschliesslich nur an lebenden Objecten sichergestellt werden; was den ersten anbetrifft, so hatte ich zu viel frische Coniferen-Eier untersucht und zu viel erhärtete durch meine Hände gehen lassen, um an dem realen Werth der Bilder, die letztere gaben noch wesentlich zweifeln zu können.

Um den Theilungsvorgang nun unter meinen Augen sich

abwickeln zu sehen, wandte ich mich an eine Süsswasseralge und zwar eine derjenigen, die so oft schon als Material für die gleiche Untersuchung hatten dienen müssen, nämlich an Spirogyra orthospira Naeg. Dieselbe vereinigt alle die nöthigen Eigenschaften, die für ein solches Object erwünscht scheinen. Die Zellen sind relativ gross; ihr Lumen, quer zur Längsrichtung des Fadens gemessen, beträgt circa 0,15 Mm.; in der Längsrichtung des Fadens meist doppelt so viel. Die Chlorophyllbänder sind durch annähernd gleich starke, farblose Intervalle getrennt, die einen Einblick in das Innere der Zelle gestatten. In diesem ist ein schöner, centraler, bei horizontaler Lage des Fadens spindelförmig erscheinender Zellkern auf feinen Protoplasmafäden suspendirt (Taf. III, Fig. 27), der ausserdem ein deutliches, grosses, rundes Kernkörperchen einschliesst.

Die einzige Unvollkommenheit dieser Spirogyra liegt in der Eigenschaft, des Nachts ihre Zellen zu theilen. Ich studirte sie denn auch zunächst des Nachts. Als Lichtquelle benutzte ich die Flamme einer Moderateur-Lampe und schaltete zwischen diese und den Spiegel meines Mikroskops eine mit sehr diluirter Kupferoxydammoniaklösung erfüllte Schusterkugel ein.

Die Kupferoxydammoniaklösung macht das Licht für das Auge so angenehm, dass sich mit demselben lange Zeit ohne besondere Ermüdung arbeiten lässt, nur ist dafür zu sorgen, dass der Contrast in der Beleuchtung des Gesichtsfeldes im Mikroskop und der Umgebung kein zu grosser sei.

Ich finde den Apparat so vortheilhaft, dass ich mich desselben nunmehr auch an trüben Tagen, wenn ich bei starker Vergrösserung zu arbeiten habe, bediene.

Die Theilungen der Zellen pflegten bei der Spirogyra im October (1874) zwischen 10 und 12 Uhr des Nachts zu beginnen[1]; um diese Zeit konnte man sicher sein, die jüngsten

1) Braun (Verjüngung p. 241) fand erst dann Spirogyren in Theilung, als er die frühesten Morgenstunden zur Beobachtung wählte und zuletzt noch das Mittel ergriff, Exemplare vor Sonnenaufgang in Weingeist zu legen. Auch Sachs Lehrbuch IV Aufl. p. 17 legte nach Mitternacht

Theilungszustände vorzufinden. Oft gelang es mir dann, eine und dieselbe Zelle vom ersten Beginn der Theilung an bis zu deren Abschluss zu verfolgen. Um möglichst normale Bedingungen für die Weiterentwickelung der Zelle zu schaffen, führte ich einerseits aus einem etwas höher als der Objecttisch des Mikroskops gestellten, mit Wasser gefüllten Glase einen Baumwollenfaden bis an den Rand des Deckglases und leitete andererseits durch einen ähnlichen Faden das überschüssige Wasser ab.

Von verschiedenen, zunächst festgestellten Entwickelungszuständen legte ich Material in absoluten Alcohol ein.

Als ich mit meinen Untersuchungen schon ziemlich zu Ende war, gelang es mir durch ein sehr einfaches Verfahren die Theilungen auf den Tag zu verlegen. Ich stellte nämlich des Abends einige Stunden nach Sonnenuntergang die Gläser in ein ungeheiztes Zimmer. Es war Anfang November und die Nächte ziemlich kalt, die Temperatur des Zimmers schwankte in den aufeinanderfolgenden Nächten zwischen + 8° C. und + 2° C. In solchen Nächten nun, in denen die Temperatur unter + 5° C. sank, wurden die Theilungsvorgänge sistirt, traten dann aber am nächsten Morgen im erwärmten Zimmer auch bei hellster Beleuchtung, selbst im directen Sonnenlichte ein.[1] [2]

Die Spirogyra orthospira Naeg. lässt sich in Flusswasser nicht schwer cultiviren. Ich wechselte das Wasser fast all-

---

kräftig vegetirende Fäden der Spirogyra longata in sehr verdünnten Alcohol und konnte sie so in Theilungszuständen fixiren. Pringsheim (Pflanzenzelle p. 78) scheint hingegen auch bei Tage Theilungen beobachtet zu haben.

1) Andere Versuche, die Theilungen der Spirogyra orthospira auf den Tag zu verlegen, schlugen mir fehl, so die von Famintzin (Mel. Biolog. tirés du Bull. d. l'Ac. Imp. d. Sc. d. St. Petersb. Tome VI p. 277 u. ff 1867; Jahrb. f. wiss. Bot. VI. 1867 und Mel. Biol. etc. Tome IX p. 131 u. ff. 1873) angegebene Methode continuirlicher Beleuchtung. Das Licht, das ich anwenden konnte, war jedenfalls nicht intensiv genug, da mir die entsprechenden Condensatoren fehlten.

2) Dies vielleicht auch die Ursache, dass Pringsheim die Theilungen bei Tage gesehen.

täglich und liess in demselben einige Stückchen braunschweiger Torf liegen. Der Torf convenirt der Pflanze so sehr, dass sie, die unverzweigte Fadenalge, aus beliebigen Zellen, welche den Torf berühren, kurze schlauchförmige Fortsätze in denselben treibt [1]: jedenfalls ein höchst interessantes Anpassungsvermögen.

Ich gehe auch auf diese Verhältnisse hier näher ein, weil ich wünsche meine Beobachtungen möglichst oft wiederholt zu sehen. Ist es doch eine so schwere Aufgabe, einen Lebensvorgang in seiner ganzen Bewegung zu schildern, und fast eine Unmöglichkeit, denselben in der Zeichnung zu fixiren. Nur die nach Alcohol-Material entworfenen Bilder konnten auch in den feinsten Details genau sein, die nach frischem Material entworfenen bitte ich hingegen nur als Skizzen zu betrachten. Das Object rückte mir je beim Zeichnen vermittels der Camera lucida stets unter der Bleistiftspitze weg, und war auch sonst verändert, ehe ich auch nur annähernd die Zeichnung ausführen konnte. Daher erlaube ich mir auch auf das lebende Material zu verweisen, das ja fast überall zu haben und nach der oben angeführten Methode auch bequem am Tage in Theilung zu verfolgen ist.

Der ganze Theilungsvorgang dauert je nach Umständen 3 — 6 Stunden. Er zeigt sich damit an, dass der in wagrechter Lage des Fadens spindelförmig erscheinende Zellkern (Taf. III, Fig. 1) breiter zu werden beginnt (Fig. 2).[2]) Dabei wird die

---

1) Diese Ausstülpungen älterer Zellen erwähnt schon de Bary (Conjugaten p. 8).

2) Ueber das Verhalten des Zellkerns der Spirogyren bei der Theilung ist bisher im Allgemeinen nur bekannt, dass an Stelle desselben bald zwei vorhanden sind. Braun (Verj. p. 258) lässt es unentschieden, ob eine Theilung des Zellkerns vor sich geht, oder eine Auflösung. Er hält letzteres für wahrscheinlicher, weil die beiden neuen Zellkerne von einer gemeinsamen reichlichen Schleimhülle, wie sie vorher nicht vorhanden war, umgeben sind. Pringsheim (Pflanzenzelle p. 32) erwähnt nur, dass in den Theilungszellen an Stelle des einen Cytoblasten, zwei neue sich finden, welche bei Beginn der Theilung unmittelbar an der Theilungsebene liegen (III, 1). Ebenso Schacht (Lehrbuch. Bd. I. p. 77) und ähnlich auch Naegeli (Pflanzenphysiol. Unters. Heft I p. 43).

dünne Lage körnigen Protoplasmas, die ihn umgiebt, in grosse Aufregung versetzt. Die Körnchen innerhalb derselben bewegen sich hin und her, und dieses Protoplasma selbst hat Neigung, sich in kurze Fäden senkrecht zu den beiden Kernflächen umzuwandeln (Taf. III, Fig. 2). So sehen dann die beiden Seiten des breiter werdenden Kerns wie gefranst aus. Auch an den Fäden, die den Kern tragen, wandern Körnchen hin und her und mögen wohl auch zur Speisung der Körnchenschicht um den Kern beitragen. Dieser wird inzwischen immer breiter, bleibt aber glashell durchscheinend. Auch sein Kernkörperchen ist vergrössert, aber meist noch deutlich sichtbar; es ist dichter als die übrige Kernmasse und widersteht noch längere Zeit der Auflösung (Taf. III, Fig. 2 u. 3).

Etwa eine halbe Stunde nachdem die erste Spur der Verbreiterung am Kern sichtbar geworden, zeigt die glashelle Kernmasse das Vierfache ihres ursprünglichen Durchmessers. Das Kernkörperchen pflegt um diese Zeit in der Kernmasse völlig aufzugehen (Taf. III, Fig. 4, 5). Auch die Körnchen an der Peripherie des Kerns haben wieder abgenommen, der Kern hat im optischen Durchschnitt annähernd rechteckige Gestalt; an den vier Ecken geht die ihn umgebende körnige Protoplasmaschicht in die Suspensionsfäden über, die bei Vergrösserung des Kerns an dem Wandprotoplasma so weit hingeglitten sind, dass sie jetzt ziemlich in Richtung der Diagonalen den rechteckigen Kern verlassen. Häufig kommen zu den Suspensionsfäden der vier Ecken auch noch solche aus der Mitte

---

Hartig (Bot. Zeitung 1855 Sp. 411) giebt an: „da wo zwei Tochterzellen (von Spirogyra crassa) aus einer Mutterzelle durch Abschnürung entstehen, wird er (der Zellkern) in diese hineingezogen und in zwei gleiche Hälften gespalten.“ Hofmeister (Lehre von der Pflanzenzelle p. 83) bemerkt nur an einer Stelle, dass man bei Spirogyra erst dann zwei secundäre Kerne dicht aneinanderliegend, an der Stelle des primären bemerkt, wenn die Bildung der ringförmigen Anlage der die zwei neuen Primordialzellen trennenden Scheidewand bereits begonnen hat. Sachs (Lehrbuch IV. Aufl. p. 17) endlich: „erst bei beginnender Einfaltung, die im Umkreis des centralen Zellkerns stattfindet, bemerkt man in dem centralen Proroplasmaklumpen zwei Zellkerne.“

der mit den Seitenwänden der Zelle gleichlaufenden Fläche hinzu, so wie es dann etwa die Fig. 2 zeigt. Nach Auflösung des Kernkörperchens (Fig. 5) ist ein Gleichgewichtszustand eingetreten, der sofort aber wieder gestört wird. Plötzlich sieht man jetzt nämlich die Kernmasse sich von den beiden Seitenflächen aus nach der Mittelebene zu fadenförmig differenziren. Gleichzeitig verdichtet sie sich in der Mittelebene zu einer stärker lichtbrechenden Platte (Taf. III, Fig. 6). An frischen Objecten ist dies nur schwer zu sehen und wäre mir zunächst auch wohl entgangen, hätten mir nicht gleichzeitig Alcohol-Präparate zur Verfügung gestanden.

Wie ich schon früher erwähnte, habe ich nämlich darnach getrachtet, alle Theilungszustände, wie sie mir zur Beobachtung kamen, auch mit absolutem Alcohol zu fixiren. Ich bewahre von so fixirten Zuständen die schönsten Präparate auf. [1])

Leider sind von vielen auf solche Weise behandelten Objecten stets nur die allerwenigsten zu brauchen, weil in allen Fällen die Zellkerne der mit Alcohol behandelten Präparate nicht ihre natürliche Lage beibehalten, vielmehr an eine beliebige Stelle der Wand der Zelle gezogen werden. Letztere Erscheinung dürfte wohl dadurch zu erklären sein, dass der absolute Alcohol nie ganz unmittelbar, vielmehr im ersten Augenblick stets in schon deluirter Form auf die von so vieler Zellflüssigkeit umgebenen Fäden einwirken dürfte. Diese Fäden, sowie alle sonstigen in die Zellflüssigkeit hineinragenden feinsten Fortsätze des Protoplasmas werden daher, so wie es bei der Einwirkung stark verdünnten Alcohols auch sonst zu geschehen pflegt, in den protoplasmatischen Körper eingezogen. Der Kern

1) Die Präparate halten sich sehr gut in reinem Glycerin, nur muss dasselbe ganz langsam zur Einwirkung kommen. Im entgegengesetzten Falle dringt in der gleichen Zeiteinheit mehr Alcohol aus der Zelle heraus, als Glycerin in dieselbe hinein und die Zelle fällt bandartig zusammen. Ich pflege nun um letzteres zu vermeiden, einige Tropfen Glycerin mit einer grösseren Quantität Alcohol zu mischen, die Präparate in diese Mischung hineinzulegen und den Alcohol sich langsam an der Luft verflüchtigen zu lassen, so dass schliesslich nur das Glycerin zurückbleibt.

erscheint in Folge dessen an meinen Spirogyra-Präparaten in einer Protoplasmamasse mit glatter Oberfläche eingebettet, die innern Verhältnisse im Kern sind dahingegen, ebenso wie die des Wandprotoplasma, vortrefflich erhalten. Letzteres tritt an keiner Stelle von der Zellwand zurück, es behält im absoluten oder doch sehr starken Alcohol durchaus seine ursprüngliche Lage bei; ja erst im Alcohol unter 65° schrumpft es zusammen.

Die transversale Streifung und die mediane, zu ihr senkrechte Platte sind an Alcohol-Präparaten sehr schön zu sehen (Fig. 6). Die Streifen lassen sich leicht als in einer fadenförmigen Structur des Protoplasmas begründet erkennen. Sie erinnern uns wiederum an die Streifung, die wir in den Kernen der Abietineen beobachtet haben. Die mittlere Platte, die im frischen Zustande keine weitere Structur erkennen lässt, setzt, wie Alcohol-Präparate zeigen, die Streifung in gleicher Richtung fort, nur sind hier die Streifen viel dicker und stellen kurze, gleichsam aus der seitlichen Verschmelzung vieler Fäden hervorgegangene Stäbchen dar, die durch gleich starke Zwischenräume von einander getrennt werden (Fig. 6 und 7). Die Platte die sie bilden, färbt sich mit Jod gelbbraun, wegen ihrer Dichtigkeit etwas dunkler als das seitlich anstossende, feingestreifte Protoplasma. Wir erkennen in dieser mittleren Platte unsere frühere Kernplatte aus den Kernen der Abietineen. Sie ist, wie aus der Gestalt der ganzen Kernmasse folgt, von der Fläche aus gesehen (was in Folge zufälliger Drehung im Alcohol hin und wieder möglich wird) annähernd scheibenförmig und reicht mit ihrem Rande bis an die Peripherie der Kernmasse. Sie durchsetzt die feingestreifte Masse, und beide werden von einem annähernd cylindrischen Mantel des umgebenden feinkörnigen Protoplasmas umgeben (Fig. 6 und 7). Diese feinkörnige Protoplasmaschicht geht an ihren Rändern in die Suspensionsfäden über (Fig. 6 und 7); die beiden Endflächen des Kerns lässt sie in diesem Entwickelungszustande noch frei. Die gesammten Ansatzstellen der Kernfäden nehmen hier einen, von der Fläche gesehen, kreisförmig umschriebenen Raum ein. Sie erscheinen in letzterer Lage als feine Punktirung. Bei natür-

licher Lage des Präparats zeigt der Kern mit dem ihn umgebenden Protoplasma eine annähernd viereckige Gestalt mit etwas concaven Seiten, welches letztere durch die Verlängerung der umgebenden Protoplasmamasse in die Suspensionsfäden bedingt wird (Fig. 6 und 7).

Gleichzeitig mit der oben geschilderten Differenzirung der Streifen und der Platte, oder kurz zuvor, beginnen auch an der Wand der Zelle sich die ersten Spuren der Theilung zu zeigen (Fig. 7). Es tritt das durchschnittlich etwa 45 Minuten nach der ersten Regung des Zellkerns ein.

Auch an sich nicht eben theilenden Zellen kann man kleine, dunkel contourirte Körner in unregelmässiger Bewegung an den Rändern der Chlorophyllbänder und auch ausserhalb derselben, an der Hautschicht des Wandprotoplasmas, sehen. Bei eingehender Untersuchung bemerkt man zahlreiche, zarte Ströme feinkörnigen Protoplasmas, die in breiteren oder schmäleren Bahnen sich hauptsächlich zwischen, aber auch ausserhalb der Chlorophyllbänder bewegen. Von diesen Strömen werden auch die grösseren Körnchen geführt; da letztere aber fast zu schwer für dieselben sind, so bleiben sie alle Augenblicke stehen, um gleich darauf wieder ruckweise fortzuschreiten; daher ihre unregelmässige Bewegung. Häufig sieht man vom Rande eines Chlorophyllbandes aus ein stärkeres neues Pseudopodium hervortreten; zahlreiche Körnchen wandern auf dasselbe; es schwillt an seiner Spitze an und bewegt sich gleichsam tastend nach allen Seiten, bis es mit einem andern Strome verschmolzen ist oder an das benachbarte Band sich anlegt. Gelingt dies nicht bald, so kann das Pseudopodium auch wieder eingezogen werden. Die dunkel contourirten Körner, die mit den Strömen wandern, sind, wie sich mikrochemisch nachweisen lässt, Stärkekörner, und sie werden für den Vegetationsprocess der Zelle verbraucht. Sie entstehen direct in der Substanz der grünen Bänder, während die grossen Stärkekörner in den Chlorophyllkörnern[1]) liegen. Am Tage sind die kleinen Körner sehr

1) So nenne ich mit Naegeli (Stärkekörner 1858, p. 403) die stärkeführenden Körner im Chlorophyllbande, für welche de Bary (Conjugaten

zahlreich in den Bändern vertreten, des Nachts schwinden sie aus denselben, sie sind es, die zunächst zum Verbrauch kommen, wobei sie, wie schon geschildert, meist ihren Standort verlassen. Die grossen Stärkekörner werden innerhalb der Chlorophyllkörner selbst gelöst und bleiben, schon ihrer Grösse wegen, viel länger erhalten. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass die aus ihnen hervorgehende Lösung nicht erst wieder in Gestalt kleiner, den vorerwähnten gleicher Körnchen niedergeschlagen werde, ehe sie zur Verwendung kommt. Ich berühre diese Möglichkeit nur, weil häufig solche kleine Stärkekörnchen der Peripherie der Chlorophyllkörner anliegen.

Noch zahlreicher nun, als in den sich nicht eben theilenden Zellen, kann man die Stärkekörnchen innerhalb der in Theilung begriffenen sich bewegen sehen. In der künftigen Theilungsebene selbst, fast genau in halber Länge der Zelle, bemerkt man aber eine kaum messbare Verdickung der Hautschicht in Gestalt eines äussern zarten, ringförmigen Gurtes, der quer um die ganze Zelle läuft (Taf. III, Fig. 7). An Alcohol-Material sehe ich nun deutlich in diesem Gurt eine aus dunklen Punkten gebildete Linie auftreten (Fig. 7). Wir erkennen in ihr wohl die gewöhnliche Trennungslinie der Hautschicht, die hier eben nur wegen der dünnen Protoplasmalage, an der sie auftritt, schwer zu verfolgen ist.

Jetzt beginnen aber die Stärkekörnchen von allen Seiten dem Protoplasmagurte zuzueilen, freilich nicht auf dem kürzesten Wege, ja indem sie sich zeitweise sogar von ihm entfernen können. In dem Gurte wird die Stärke jedenfalls rasch verbraucht und muss demselben daher von allen Seiten zugeführt werden.

Meist wird der Gurt überhaupt erst an der Verstärkung sichtbar, die er von der Körnerschicht des Protoplasmas aus erfährt, an den zahlreichen Körnchen, die sich in derselben ansammeln. Die Körnchen zeigen in dem so zusammengesetzten Gurte zunächst keine bestimmte Anordnung, doch schon nach

p. 2) die Bezeichnung Amylonkerne wählte. Ich komme auf diese Gebilde später zurück.

kurzer Zeit sind sie in zwei durch einen hellen äusserst schmalen Streifen getrennte Reihen angeordnet (Fig. 11). Dieser schmale Streifen ist der erste Anfang der scharf rechtwinklig an die Mutterzellwand ansetzenden Querwand.[1]) Der Streifen nimmt aber die Stelle der punktirten Linie ein, und es ist oft an Alcohol-Material kaum zu verkennen, dass er zunächst etwas perlschnurförmig gekerbt erscheint.

Jetzt sind annähernd schon $^5/_4$ Stunden vom Anfang der Theilung verflossen. An der beginnenden Querwand sammelt sich noch mehr feinkörnigen Protoplasmas und kleiner Stärkekörner an. Die Membran dringt, an ihrer innern Kante wachsend, immer tiefer in das Lumen der Zelle ein; vor dieser innern Kante wandert aber das angesammelte Protoplasma in Gestalt eines dunklen Ringes, der meist noch bedeutend an Masse zugenommen und im optischen Durchschnitt als ein dunkler Knäuel erscheint[2]) (Taf. III, Fig. 20—25; Taf. IV, Fig. 29 u. 30). Die Stärkekörnchen bewegen sich noch ununterbrochen demselben zu.

Die Chlorophyllschicht wird von der vordringenden Scheidewand, respective dem derselben voraneilenden Protoplasmaringe, mechanisch eingefaltet[3]), daher der helle, im optischen Durchschnitte bald dreieckig erscheinende Raum, der von der jungen Membran durchsetzt wird[4]) (Taf. III, Fig. 18 u. 20—27;

---

1) Sachs (Lehrbuch IV. Aufl. p. 17) schildert für Spirogyra longata solche Fälle, in denen die Einfaltung des Primordialschlauches weit vorgeschritten war; ja bis zur völligen Trennung in zwei Säcke, bevor sich die Zellstoffscheidewand zu bilden begann. Sachs beobachtete dies an Material, das er Nachts in verdünnten Alcohol gelegt hatte; mir ist bei Spirogyra orthospira dergleichen nie vorgekommen.

2) Derselbe war bisher unerwähnt geblieben.

3) Ebenso Braun Verjüng. p. 260 und Naegeli Pflanzenphys. Unters. Heft I p. 44 u. 46.

4) Bei Hofmeister (Lehre von der Pflanzenzelle p. 111) heisst es (unter Bezugnahme auf v. Mohl und Pringsheim): „Diejenigen der im Allgemeinen cylindrischen Zellen, welche im Beginne der Scheidewandbildung sich befinden, zeigen ungefähr in der Mitte der Länge an einer gürtelförmigen Stelle eine leichte Einschnürung der chlorophyllführenden Schicht des Wandbeleges aus Protoplasma unterhalb der Hautschicht desselben: eine anscheinende Verdickung der Hautschicht innerhalb

Taf. IV, Fig. 28—33). Die Hautschicht verbleibt an der Mutterzellwand und liegt der jungen Querwand dicht an, auch in dem Winkel den Mutterzellwand und Querwand mit einander bilden. Man kann dies schon aus dem Umstande erkennen, dass die Stärkekörnchen an der Hautschicht entlang, scharf zu beiden Seiten, auch in den Winkel hinwandern, den beide Membranen mit einander bilden; ausserdem aber sehr leicht bei Anwendung wasserentziehender Mittel auf frische Präparate, wobei man die Hautschicht von den besagten Stellen zurücktreten sieht.[1]) Hierbei kann man sich überzeugen, dass der helle Raum zwischen Hautschicht und Chlorophyllbändern dünnflüssigen Inhalt führt, denn die Hautschicht zieht sich nun ohne Hinderniss auf die Chlorophyllbänder zurück. Nur in ganz seltenen Fällen ist der protoplasmatische Ring so stark entwickelt, dass er den grössten Theil dieses hellen Raumes ausfüllt.

Der äussere Rand der sich bildenden Querwand setzt scharf und ohne alle Verdickung an die Seitenwand der Mutterzelle an[2]), ihr innerer Rand scheint hingegen in den Protoplasma-

einer ringförmigen Zone. Anwendung wasserentziehender Mittel, welche nicht quellungserregend sind oder lösend auf neu gebildete Membranen wirken, lassen erkennen, dass diese Erscheinung auf dem Vorhandensein einer sehr schmalen, sehr dünnen, queren Ringleiste aus Zellhautstoff beruht, welche — der Innenfläche der Zellhaut rechtwinklig ansitzend — den protoplasmatischen Inhalt mit einer Ringfurche einschnürt."

1) Dieses bereits richtig von Braun (Verjüngung p. 259) angegeben, dann später auch von Pringsheim (Pflanzenzelle p. 31), von Naegeli (Pflanzenphys. Unters. Heft I p. 43), Schacht (Lehrbuch p. 78).

2) Dieses ebenfalls schon ganz richtig angegeben von Braun in seiner für damalige Zeit trefflichen Darstellung des Theilungsvorgangs bei Spirogyra (Verjüngung p. 260); später von den meisten andern Forschern bestätigt. Zu einer merkwürdigen Auffassung des ganzen Vorgangs ist hingegen ganz neuerdings Tschistiakoff gekommen (Nuovo Giornale botanico italiano Bd. V. p. 214). Es soll bei Spirogyra ein Gurt gummöser Substanz ausgeschieden werden und dessen peripherische Schicht dann erhärten, deshalb bilden sich hier zwei Membranen, die sich unter spitzem Winkel begegnen und aussehen, als seien sie gebildet von einer Falte des Primordialschlauches in einem freien Raume! (Wörtlich übersetzt.) Die anderen Erörterungen dieser Arbeit kann ich wohl übergehen.

knäuel einzutauchen (Taf. III, Fig. 11, 18, 20—25). Ueber die Verhältnisse in jenem Knäuel konnte ich mich am besten an solchen Zellen orientiren die ich durch gelinden Druck tödtete, ohne sie jedoch zum Platzen zu bringen. Da reissen die Chlorophyllbänder in Stücke, die sich um ein oder mehrere Chlorophyllkörner blasenartig zusammenballen, währenddem die Hautschicht sich vor der Wand der Zelle langsam zurückzieht. Die Theilungsrinne erweitert sich und die junge Celluloseleiste wird frei. Da sieht man denn, dass diese Leiste bis auf den Grund der Rinne reicht, und dass die Rinne von einer Hautschicht ausgekleidet wird. Der Grund der Hautschichtsrinne wird aber selbst wieder rinnenartig von dem aus der Körnerschicht des Protoplasmas gebildeten Ringe umfasst. Durch den Rückzug der Chlorophyllbänder ist hier Alles ausserordentlich klar und durchsichtig geworden. Bei Einstellung auf die innere Kante der Celluloseleiste erscheinen die Stärkekörner der Körnerschicht zu den beiden Seiten der Membran angeordnet und bilden so die nämlichen zwei Reihen, die wir beim ersten Auftreten der Leiste gesehen. An unversehrten Präparaten befinden sich diese Stärkekörnchen in schwach wimmelnder Bewegung; bei längerer Beobachtung gelang es mir wiederholt einzelne derselben kleiner werden und endlich ganz schwinden zu sehen.

Doch wir müssen zu dem Zellkern zurückkehren, der inzwischen auch schon weitere Veränderungen durchgemacht hat. Diejenigen, welche auf die erste Differenzirung der Kernplatte folgen, sind im frischen Zustande schwer zu sehen; hat man Glück, so findet man aber auch solche Zellen, die sie ziemlich klar zeigen. Es kommt da auf die Lage der Chlorophyllbänder, aber auch auf Brechungsdifferenzen innerhalb der Kernmasse selbst, die einiger individuellen Variation unterworfen sind, an.

Doch wir wollen uns zunächst an Alcohol-Präparate wenden, an denen die hier in Frage stehenden Verhältnisse immer noch viel schärfer zu sehen sind, und die uns die Beobachtung des lebenden Objectes dann erleichtern sollen.

Zunächst erscheint uns also die Kernplatte im optischen

Durchschnitt aus einer Reihe parallel übereinander liegender, scharf differenzirter Stäbchen gebildet (Taf. III, Fig. 7). Man sieht die Stäbchen durch entsprechend gestaltete dunkle Räume scharf getrennt. Der ganze Kern hat sich auch wieder in der zur Längsaxe der Zelle parallelen Richtung etwas gestreckt, in der entgegengesetzten etwas zusammengezogen, so dass sein Durchmesser in ersterer Richtung den in letzterer zu übertreffen beginnt. Der Kern nimmt alsbald Tonnengestalt an (Fig. 8), und wir wollen von jetzt an, um weitere Umschreibung zu vermeiden, in Hinblick auf die Gestalt der Tonne, ihren parallel zur Längsaxe der Zelle stehenden Durchmesser als ihren Längsdurchmesser, den zum Vorhergehenden senkrechten als Querdurchmesser, die planen Flächen rechts und links als Endflächen, die gekrümmte als Seitenfläche bezeichnen.

An den beiden Endflächen des tonnenförmigen Kerns sammelt sich nun zunächst körnchenreiches Protoplasma an; die Kernplatte wird aber etwas breiter, wobei die Stäbchen in ihrer Mitte eine schwache Einschnürung, die dunklen Zwischenräume eine dem entsprechende Erweiterung erfahren (Fig. 9). Die Kernplatte fängt hiermit an sich in zwei Hälften zu spalten.

In späterem Entwickelungsstadium (Fig. 10) sind die angeschwollenen Enden der Stäbchen etwas auseinandergerückt, ihr mittlerer Theil schwach gedehnt; die Tonne hat sich gleichzeitig nicht unerheblich gestreckt. In Fig. 11 und 12 sind die beiden Plattensegmente noch weiter von einander gerückt. Die Stäbchenenden erscheinen als annähernd kubische Körner, ihr mittlerer Theil ist fadenförmig verlängert. Fig. 13 zeigt einen nächstfolgenden Zustand: die Fäden zwischen beiden Segmenten werden immer länger; die Tonne hat sich ganz auffallend gestreckt, die Entfernung zwischen den Segmenten und den entsprechenden Endflächen der Tonne gegen die ursprüngliche aber nur wenig verändert. Die feinen Fäden an letzteren Orten sind noch immer zu sehen.

Doch kehren wir jetzt zu dem lebenden Objecte zurück. Ich nehme den Fall an, dass wir eine ausnehmend günstige Zelle vor uns haben, die mit seltner Klarheit den Theilungs-

vorgang zeigt. Nach erster Differenzirung der Platte scheint zuerst Ruhe in der Kernmasse zu herrschen; so verfliessen etwa 15 Minuten, nach welcher Zeit das Auseinanderweichen der beiden Plattensegmente beginnt. Diese entfernen sich so rasch von einander, dass ihre Bewegung bei starker (600facher) Vergrösserung ohne Weiteres sichtbar ist. Der von den feinen Fäden durchsetzte Raum zwischen beiden Segmenten scheint röthlich durch, jedenfalls in Folge der geringeren Dichte[1]) des Inhalts den er führt. Während dieser Vorgänge verlängert sich, wie wir schon wissen, die Tonne; das körnige Protoplasma an ihren beiden Endflächen erscheint aber nicht so eingezogen wie an den Alcohol-Präparaten, vielmehr strahlig ausgebreitet und in die Aufhängefäden übergehend.

Ueberhaupt befindet sich um diese Zeit der Kern sammt dem ihm umgebenden Protoplasma in grosser Aufregung; man sieht ihn seine Lage im Lumen der Zelle ganz auffallend verändern; er schwankt nicht unerheblich hin und her und neigt bald nach dieser, bald nach jener Seite. Die Tonne ist an ihren beiden Enden suspendirt. Die Suspensionsfäden gleiten, entsprechend der Verlängerung der Tonne, an der Wandschicht der Zelle entlang; an einen Zug, den sie etwa auf die Endflächen der Tonne ausüben sollten, ist aber in keiner Weise zu denken; ja oft bleiben die meisten Fäden der einen oder anderen Randpartie hinter dem sich streckenden Kerne zurück und werden von demselben an der Wand der Zelle gleichsam nachgezogen.

Während die beiden Plattensegmente im Innern auseinanderrücken, sieht man oft zahlreiche neue Pseudopodien dem körnigen Protoplasma der Endflächen entspringen; viele derselben gehen fast unter rechtem Winkel von der Endfläche ab und dringen frei in das Lumen der Zelle vor. Das ganze körnige Protoplasma nimmt hierbei fast halbsternförmige Gestalt an (Taf. III, Fig. 14). In einzelne Pseudopodien wandert dann oft so viel Protoplasma hinein, dass ihr Ende kugel-

1) So jedenfalls anzunehmen bei den Linsensystemen von Zeiss, die in der Mittelzone untercorrigirt sind.

förmig anschwillt (so z. B. in Fig. 18 links). Dieses Ende tastet hin und her, erreicht wohl die Wandschicht der Zelle oder legt sich an einen anderen Faden an. Erst wenn das erste rasche Auseinanderrücken im Innern vollendet ist, pflegt sich das körnige Protoplasma der Endflächen auf seiner Aussenseite etwas zu glätten, und die Suspensionsfäden werden auf den Rand dieser Endflächen beschränkt (Fig. 15).

Sobald die Verlängerung der Tonne so weit gediehen, dass sie etwa um mehr als die Hälfte länger geworden, als sie es zu Beginn der Kernplattenspaltung war, sieht man die stark gestreckte, von dem umgebenden körnigen Protoplasma gebildete Mantelfläche der Tonne, sich longitudinal in Fäden auflösen (Fig. 15). Es fällt dieses mit dem Zeitpunkt zusammen, in dem die Kernhälften ihre sichtbare Bewegung einstellen. So rasch pflegt dieser ganze Vorgang sich abzuwickeln, dass ich in einem concreten Falle, von dem Augenblick der beginnenden Spaltung der Platte, bis zu dem Augenblick der Auflösung des Mantels der Tonne in Fäden, nur 7 Minuten verfliessen sah.

Diese peripherischen, protoplasmatischen Verbindungsfäden setzen hinter den Plattensegmenten ringförmig an (Fig. 15). Ihre Zahl ist nicht gross (vielleicht höchstens 15). Noch vor ihrer Bildung wird in der Aequatorialebene der eigentlichen, zwischen den Plattensegmenten ausgespannten Kernfäden eine kleine Körnchenanhäufung sichtbar (Taf. III, Fig. 14, 18); sie geht dem bald folgenden Schwinden der Kernfäden voraus. Diese Fäden werden in die aequatoriale Körnchenanhäufung eingezogen (Taf. III, Fig. 18, 19).

Jetzt stellt der ganze noch zusammenhängende Complex einen hohlen tonnenförmigen Körper mit durchbrochener Seitenwandung vor.

Gleichzeitig mit der Einziehung der innern Fäden beginnt eine Verschmelzung der Segmentkörner und des an dieselben nach aussen grenzenden, gestreiften Inhalts jeder Kernhälfte zu je einer soliden Scheibe, die sich bald dem körnigen Protoplasma der Endflächen bis zur Berührung nähert (Fig. 15 u. 16, 19 u. 20).

Zu der Zeit, da die umgebende Plasmaschicht sich in Fäden gespalten, wurde das Auseinanderrücken der Kernsegmente so langsam, dass es sich nicht mehr, selbst bei stärkster Vergrösserung, direct wahrnehmen liess.

In der Tonne folgen jetzt aber beiderseits, von der Endfläche aus, aufeinander (Fig. 17 oder 20): die körnige Protoplasmaschicht, die an ihren äussern Rändern in die Suspensionsfäden an ihren innern Rändern in die Verbindungsfäden übergeht, die homogene Kernscheibe und der innere Hohlraum. Die Ansatzstellen der Verbindungsfäden sind als eben so viele Knötchen markirt (Fig. 17).

Die Kernscheiben fahren aber entweder immer noch fort langsam auseinanderzuweichen, wobei der tonnenförmige Complex stets länger wird, ohne in die Quere auffallend zu wachsen (Fig. 18—21), oder die Kernscheiben behalten zunächst ihre gegenseitige Entfernung fast völlig bei, und die Tonne schwillt nun in die Quere (Fig. 15—17). Das Erstere erfolgt hauptsächlich bei sehr langer Mutterzelle, in der die neuen Zellkerne noch einen langen Weg zurückzulegen haben, um die Mitte ihrer respectiven Zellen zu erreichen; das Letztere hauptsächlich in kürzeren Mutterzellen. Ob aber früher oder später, schwillt die Tonne doch schliesslich in der gleichen Weise an (Fig. 17, 23). Die ihre Seitenwandung bildenden, übrigens, wie schon gesagt, nicht zahlreichen Fäden werden nach aussen immer convexer, wobei sie sich auch seitlich immer mehr von einander entfernen (Fig. 17, 23).[1]) Dieses Auseinanderweichen beginnt etwa $^7/_4$ Stunden nach eingeleiteter Theilung; die junge Querwand der Zelle ist zu gleicher Zeit, etwa um $^1/_4$ des Halbmessers, in das Innere der Zelle eingedrungen.

Die im Aequator der Kernfäden entstandene Körnchenansammlung kann, wo sie überhaupt längere Zeit sichtbar ist, zwischen den Verbindungsfäden in ihrer natürlichen Lage zunächst erhalten bleiben (Fig. 20), später bei beginnender Erweiterung der Tonne aber auf die Verbindungsfäden herüber-

1) Dieser Zustand schon wiederholt früher geschildert und abgebildet.

genommen werden, wo sie sich dann, für alle Fälle, definitiv vertheilen muss (Fig. 21, 22, 23). Bei weiterem Aneinanderrücken erreichen die Verbindungsfäden bald die eingefaltete Chlorophyllschicht des Wandprotoplasmas und verschmelzen mit ihr. Bei ganz medianer Lage der Tonne wird die Falte fast gleichzeitig im ganzen Umfange von den Verbindungsfäden erreicht (Fig. 24, 25); bei excentrischer Lage der Tonne zunächst einseitig. Letzterer Fall ist der seltenere. Die Berührung von Verbindungsfäden und Falte erfolgt etwa zwei Stunden nach Beginn der Theilung.

Um die gleiche Zeit haben aber auch schon wichtige, uns noch unbekannte Veränderungen in den beiden Kernanlagen stattgefunden.

Wir verliessen sie als homogene, stark lichtbrechende Scheiben (Fig. 14, 15, 18). Bald schwellen beide Scheiben bauchförmig nach dem Innern der Tonne zu an (Fig. 16, 17, 19, 21). Sie bleiben hierbei ganz homogen, doch schon wenige Minuten später sieht man annähernd in der Medianebene jeder Scheibe mehrere stärker lichtbrechende Kugeln auftreten.[1]) Der normalste Fall schien mir der zu sein, wo vier solcher Kugeln symmetrisch vertheilt sich zeigten (Fig. 22 rechts, doch nur drei gleichzeitig sichtbar; ebenso Fig. 25 links). In anderen Fällen habe ich auch drei oder zwei auftreten sehen (Fig. 22 links, 25 rechts); kaum je mit Sicherheit nur eine. Von den so angelegten Kugeln schwinden aber jederzeit alle bis auf eine, welche zusehends wächst, während die andern kleiner werden (Fig. 22—24). Die wachsende rückt in die Mitte, die schwindenden hingegen lösen sich, ihre ursprüngliche Stellung beibehaltend, auf (Taf. III, Fig. 23 u. 24).

Gleichzeitig mit dem Schwinden der überzähligen und der Bevorzugung der einen Kugel ist die Kernanlage noch weiter bauchig angeschwollen. So mag denn auch die Bevorzugung der

---

1) Einen Fall habe ich beobachtet, in dem die Theilung so rasch vor sich ging, dass der genannte Zustand schon nach einer Stunde, statt wie gewöhnlich nach fast zweien, erreicht war.

einen, central werdenden Kugel mit dieser Gestaltsveränderung zusammenhängen.

Die zunächst planconvexe Anlage beginnt nun biconvex zu werden, indem sie auch auf ihrer Aussenseite schwillt (Fig. 26) und so ihrer definitiven Gestalt sich nähert. Beide Anlagen brauchen sich nur noch etwas zu dehnen, die körnige Protoplasmalage von deren Aussenseite sich über ihre ganze Oberfläche zu vertheilen und wir haben zwei Kerne vor uns, ganz so wie derjenige war, der den Ausgangspunkt unserer Untersuchung bildete (Taf. III, Fig. 27).

Aus dem ursprünglichen Mutterzellkern sind also zwei neue Kerne entstanden, welche je einer Hälfte desselben entsprechen. Der Mutterzellkern nahm hierbei zunächst durch Wachsthum (wie es schien ein Wachsthum durch Intussusception) an Grösse zu, wurde ganz homogen und zerfiel hierauf in der beschriebenen Weise in seine beiden, sich trennenden Hälften, die Anfangs auch einen homogenen Zustand durchzumachen hatten und mit Aussonderung der Kernkörperchen im Innern ihre Entwickelung abschlossen.

Inzwischen ist aber auch die junge Querwand und vor ihr die Chlorophyllfalte in das Innere der Zelle immer tiefer eingedrungen. Der feinkörnige, stärkeführende Protoplasmaring liegt immer noch auf der Aussenseite der Chlorophyllschicht, und die junge Membran verliert sich mit ihrem schwach verdünnten Rande in demselben. Der Ring hat bedeutend an Masse zugenommen und erscheint im optischen Durchschnitt als starker, dunkler Knäuel (Fig. 20, 24 u. 25). Die zwischen den jungen Kernen bogenförmig verlaufenden Fäden werden von der vordringenden Falte, ohne gebrochen zu werden, in ihrer ganzen Länge der Mitte der Zelle wieder genähert und somit aneinandergerückt (Fig. 26). Auf dem Zustande der Fig. 26 werden endlich die Chlorophyllbänder durchschnitten.[1]) Sofort beginnen sie sich dann, wenn auch nur langsam, in die von der Querwand und der Mutterzellwand gebildeten Winkel

1) Vergl. auch Braun l. c. p. 260.

zurückzuziehen (Fig. 26 u. 27); gleichzeitig verschmilzt auch der körnige Protoplasmaring zu einer vollständigen, körnigen Platte (Fig. 26). In dieser Platte bildet sich jetzt rasch das noch fehlende Stück der Querwand aus. Ich fand diese Platte hier immer rein central und schliesse daraus, dass auch die Oeffnung in der Querwand die gleiche Lage hatte; Naegeli fand sie bei derselben Species auch excentrisch, ebenso bei Spirogyra quinina, in der die Excentricität der Oeffnung der Stelle entsprach, wo das eine Chlorophyllband verdrängt werden musste. [1])

Die Ursprungsstellen der Verbindungsfäden sind aber auf die Innenseite der jetzt schon mit gleichmässiger Protoplasmaschicht überzogenen Kerne gerückt (Fig. 26 u. 27) und die Fäden selbst mehr oder weniger zu einem Strang verschmolzen. Das nach vollendeter Theilung zurückgebliebene, nun überflüssige, körnige Protoplasma wandert aber auf diesen Strängen beiderseits zu den Kernen ab (Fig. 26). In manchen Fällen bleibt auch ein Theil dieses Protoplasmas an der Querwand erhalten und ist dann längere Zeit noch an derselben zu sehen.[2])

Hiermit ist die Theilung vollendet; die beiden neuen Kerne stehen aber immer noch nicht in der Mitte ihrer respectiven Zellen, vielmehr bis auf $^1/_3$ der Zelllänge der neuen Querwand genähert (Fig. 27); nur langsam nehmen sie ihre endgiltige Stellung ein. [3])

Alle die Vorgänge nach Auflösung der protoplasmatischen Wandschicht der Tonne in Fäden lassen sich nur an frischem Material beobachten, sind übrigens so leicht zu verfolgen, dass sie keiner weiteren Präparation bedürfen. Im Alcohol werden, wie schon erwähnt, die hier von zu vielem Zellsaft umgebenen Protoplasmafäden nicht fixirt und die beiden Kernanlagen von

---

1) l. c. p. 44.

2) Die farblosen Protoplasmamassen, die Naegeli in Gestaltsveränderung an den Scheidewänden von Spirogyra alpina beobachtet hat, dürften wohl ähnlichen Ursprungs gewesen sein. (Naegeli und Cramer Pflanzenphysiologische Untersuchungen Heft I, p. 44 u. 45.)

3) Vergl. auch Braun l. c. p. 260.

einander getrennt, sobald sie nur noch durch die Verbindungsfäden zusammenhängen.

Wie aus dieser Schilderung folgt, sind bei Spirogyra orthospira die Theilungen des Zellkerns und des Wandprotoplasmas von einander ziemlich getrennte Vorgänge. Trotzdem erfolgt aber nie eine Theilung des Wandprotoplasmas, ohne dass der Zellkern die Theilungsthätigkeit eingeleitet hätte; unter den vielen Tausenden von Zellen die ich durchmusterte, ist mir auch nicht ein solcher Fall vorgekommen; ein einziger Fall hingegen, in dem umgekehrt die Theilung des Zellkerns ganz normal erfolgt war, die Theilung der Wand aber bis auf jede Spur ausblieb. Dieser Fall war um so interessanter, als die beiden Zellkerne, trotz der fehlenden Trennungswand, eine durchaus normale Lage eingenommen hatten: ihre gegenseitige Entfernung war doppelt so gross als ihre Entfernung von den nächstfolgenden Querwänden.[1])

Die Seitenwände der Zellen von Spirogyra orthospira (vergl. Taf. III, Fig. 24, 26, 27 etc.) zeigen zunächst nach aussen die starke, schon von Braun[2]) und Naegeli[3]) beschriebene Schleimschicht. Dieselbe hatte an meinen Exemplaren, übereinstimmend mit den ältern Angaben, eine Stärke von durchschnittlich 0,0066 Mm. Schon an frischen Objecten waren theilweise in

---

1) Aehnliches hat schon Naegeli (Pflanzenphys. Unters. Heft I, p. 43) bei derselben Species beobachtet; auch de Bary (Conjugaten p. 2) will wiederholt zwei Kerne in der eben geschilderten Lage in Zellen von Spirogyra longata Kg. gesehen haben, ja zweimal sogar deren drei; das eine Mal standen alle drei genau in der Mittellinie der Zelle: einer im Centrum, die andern in gleichen Abständen rechts und links; in dem anderen Falle lagen sie unsymmetrisch, nahe der Seitenwand. Pringsheim, Flora 1852 und Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II Anm. p. 230 hat sogar in einer jungen aus der Copulationsspore hervortretenden Pflanze von Spirogyra jugalis 5 Zellkerne regelmässig angeordnet angetroffen. Die Pflanze zeigte auch, mit andern jungen Spirogyren verglichen, die Länge eines fünfzelligen Entwickelungszustandes, hatte doch aber nur ein einziges Lumen aufzuweisen.

2) l. c. p. 261.

3) l. c. p. 43.

radialer Richtung verlaufende Streifen (Taf. IV, Fig. 34) in der Schleimschicht zu erkennen. Dieselben treten, was ebenfalls Braun und Naegeli schon betonten, deutlicher bei Anwendung von Jodlösung hervor. Sie erscheinen dann als bräunliche Stäbchen, welche an einzelnen Orten dicht neben einander, an anderen nur spärlicher sichtbar, an der inneren Grenze der Schleimschicht beginnen und dieselbe bis auf etwa $^2/_3$ ihrer Dicke durchsetzen. In Aetzkali pflegt die Schleimschicht alsbald unkenntlich zu werden; nur an einem Faden unter den vielen, die ich beobachtet hatte, war unter dem Einfluss der Kalilauge die Schleimschicht scharf hervorgetreten und zeigte deutlich in ihrer ganzen Dicke eine Zusammensetzung aus dicht gedrängten, radial gestellten Stäbchen. Sie erinnerte an die Structur einiger Wachsüberzüge wie sie de Bary[1]) für das Blatt von Heliconia farinosa und Strelitzia ovata Ait., so wie für den Stengel von Saccharum officinarum abgebildet hat. Diese Stäbchenschicht war über älteren Querwänden etwas schwächer entwickelt, liess sich an einigen 40 Zellen des Fadens verfolgen und wurde dann weiter völlig unsichtbar. Wir hatten es hier jedenfalls mit einer individuellen Varietät, einer abnormen Entwickelung jener Schleimschicht zu thun. Wenn man auf in Wasser befindliche Fäden langsam absoluten Alcohol einwirken lässt, so schrumpft die Schleimschicht bis auf eine dünne Haut zusammen. Die Stäbchen treten hierbei oft deutlich hervor und werden kürzer und dicker. Fügt man Wasser hinzu, so schwillt die Schicht wieder zu ihrem ursprünglichen Volumen an.

Unter der Schleimschicht finde ich zunächst eine ganz dünne Membranschicht von höchstens 0,00066 Mm. Dieselbe ist nur bei rein medianer Durchschnittsansicht der Zelle und nur mit den stärksten Systemen sichtbar zu machen; ja, aus ihrem scharfen Auftreten kann man sicher auf mediane Einstellung schliessen, denn sie schwindet sofort bei jeder Vor- oder Rückwärtsbewegung der Mikrometerschraube. Diese Schicht pflegt über ältern Querwänden um ein Weniges stärker als an den

1) Bot. Zeitung 1871 Sp. 145 u. ff.

andern Orten zu sein; sie erscheint rosa gefärbt, doch sicher nur aus rein optischen Gründen. Dass dem so ist, konnte ich einmal an einem abgestorbenen, stark desorganisirten Faden sehen, an dem sich diese Schicht von der nächst inneren abgehoben hatte und nunmehr farblos war. Der Unterschied im Brechungsexponenten zwischen der rosa Schicht, denn so will ich sie nun der Kürze wegen nennen, und der nach innen angrenzenden ist jedenfalls sehr gross, und erscheint diese nächste Schicht aus dioptrischen Gründen auch nicht mit scharfer, schmaler, vielmehr mit relativ breiter, schwarzer Contour nach aussen gegen die rosa Schicht begrenzt. Die jetzt in Frage stehende Schicht ist überhaupt die letzte, die ich bei rein medianer Einstellung unterscheiden kann. Sie ist viel stärker, etwa doppelt so stark als die rosa Schicht und misst daher annähernd 0,0016 Mm. Sie ist stark lichtbrechend und erscheint weiss unter dem Mikroskop. Man braucht bei medianer Einstellung die Mikrometerschraube nur ein wenig zu bewegen, um, wie schon erwähnt, die rosa Schicht verschwinden und dafür eine Anzahl anderer, paralleler Liniensysteme, scheinbarer Schichten, auftreten zu sehen; das veranlasste auch sicher die älteren Angaben, die eine grössere Zahl von Schichten als ich sie eben angegeben, annahmen. Ich habe, das sei nun nochmals betont, die allerstärksten und besten Systeme und 600- resp. 900 malige Vergrösserung zur Feststellung der obigen Thatsachen angewandt, dabei frische, doch auch mit Schwefelsäure, mit Chlorzinkjodlösung oder mit Aetzkali behandelte und auch mit Aetzkali gekochte Fäden untersucht, endlich auch abgestorbne Fäden, deren Zellwände im Wasser sich macerirend alle Zustände der Quellung zeigten. In allen Fällen waren hier an der Seitenwand nur die drei, in ihrem physikalischen Verhalten verschiedene Schichten festzustellen; mit conc. Schwefelsäure allein zerfiel an ganz vereinzelten Stellen die Innenschicht in zwei durch eine dunkle Linie getrennte secundäre Schichten; doch war dies Verhalten so vereinzelt, dass ich es für mehr accidental ansehen möchte.

Die junge Querwand ist zunächst in ihrer ganzen Aus-

dehnung gleich stark und schliesst ohne sichtbare Abgrenzung an die innere Schicht der Seitenwand an (Taf. III, Fig. 18, 20, 21, 24, 26, 27); sie zeigt auch dasselbe optische Verhalten wie diese Schicht. Eine etwas ältere Querwand läuft an ihren Ansatzstellen in eine Verdickung aus, die im optischen Durchschnitt dreieckig erscheint. Diese Verdickung zeigt im Innern einen ebenfalls dreieckig umschriebenen Raum, der übrigens kein Hohlraum ist, vielmehr von einer minder dichten Substanz als seine Umgebung gebildet wird; daher wieder die dunkle Contour um denselben. Bei solchen Querwänden, wie ich sie zunächst im Auge habe, ist die Grundlinie des innern Dreiecks kaum in die Innenschicht eingesenkt (Taf. IV, Fig. 34 a). Die ganze Verdickung der Querwand liegt also noch im Lumen der Zelle, das ganze Dreieck auf der Innenseite der innern Membranschicht. Die Querwand erscheint um diese Zeit immer noch ganz einfach, und gelang es mir auch nicht durch chemische Mittel irgend welche innere Schichtenbildung in ihr hervorzurufen. Bei einer alten Querwand sehen wir hingegen eine anders das Licht brechende, dünne Mittellamelle sich zeichnen (Taf. IV, Fig. 34 b). Diese tritt besonders schön an abgestorbenen, stark desorganisirten oder mit Schwefelsäure behandelten Zellen hervor. An mit Kali behandelten Objecten ist ihr Nachweis weniger einfach wegen der fast ausnahmlos erfolgenden Krümmungen der Querwand. Diese Krümmungen rufen im Verein mit den Erweiterungen des Querwandrandes so viel parallele Liniensysteme hervor, dass man sich kaum unter denselben noch zurechtfinden kann. Es ist ein Leichtes, aus den Bildern dann beliebig viel Schichten herauszuzählen und je nach Veränderung der Einstellung diesen oder jenen Bau herauszudeuten. Mit voller Bestimmtheit konnte ich mich von der Existenz nur je einer Schicht zu den beiden Seiten der Mittellamelle überzeugen, möglich jedoch, und dafür sprechen die Schwefelsäure-Präparate, dass an besonders alten Querwänden diese innern Schichten sich verdoppeln können und sich dann beiderseits in der Innenschicht der Seitenwand vereinigen.

Bei der dickeren Spirogyra setiformis ist die Zusammensetzung der stärkeren Querwand aus 5 Schichten, wie ebenfalls Schwefelsäure-Präparate lehren, ganz durchgreifend, und dasselbe behauptet Hofmeister [1]) auch für die sicher der Sp. setiformis nahe verwandte Sp. Heerii. Doch wir wollen uns hier zunächst ausschliesslich nur an Spirogyra orthospira halten. Bei längerer Einwirkung concentr. Kalilauge kann die Mittellamelle alter Querwände dieser Spirogyra mehr oder weniger desorganisirt werden und dann körnig erscheinen. An ihrem Aussenrande erweitert sich die alte Querwand ziemlich stark (Taf. IV, Fig. 34 b). Die Erweiterung erscheint immer noch im optischen Durchschnitte dreieckig; doch die beiden nach dem Innern der Zellen gerichteten Schenkel des Dreiecks sind nach innen etwas convex geworden. Das äussere Dreieck umschliesst ein ihm ähnliches, entsprechend kleineres; letzteres wird von etwas schwächer lichtbrechender Substanz erfüllt und grenzt, bei der ganz alten Scheidewand die wir jetzt im Auge haben, mit seiner Grundlinie an die äussere dunkle Contour der innern Membranschicht (Fig. 34 b). In diesem Stadium ist überhaupt die Grundlinie des innern Dreiecks nur schwer oder gar nicht mehr zu erkennen, sie fällt dann eben mit der dunklen Contour zusammen. Dass dieser relativ grosse, dreieckige Raum (Fig. 34 b) aus dem kleinen entstanden, den wir in Fig. 34 a sehen, dafür zeugen alle die leicht aufzufindenden Mittelstufen zwischen diesen beiden Extremen (Fig. 27, die Scheidewand rechts). Man sieht hierbei, wie sich das innere Dreieck vergrössert und in dem Maasse sich mit seiner Grundlinie der Peripherie der innern Verdickungsschicht nähert. Dabei werden die beiden, an die Grundlinie grenzenden Winkel des Dreiecks seitlich ausgezogen und schneiden beiderseits in die Verdickungsschicht trennend ein; immer aber ist der Raum ihrer Ausdehnung nur ein sehr beschränkter und setzt sich keinesfalls etwa in eine Trennungslinie innerhalb der innern Wandschicht fort (Fig. 27). [2])

1) Lehre von der Pflanzenzelle p. 190.

2) Dies Alles viel deutlicher bei Ulothrix, von der weiter die Rede sein soll.

Die auf die Querwand übergehende Schicht ist im Verhältniss zu der ganzen innern Wandschicht nur um so viel dünner, als der Streifen misst, der die Grundlinie des innern Dreiecks von der Peripherie der innern Wandschicht trennt. Ist letztere mit der dunklen Contour zusammengefallen, so sind die beiderseitigen Verdickungsschichten der Querwand eben so stark als die innere Wandschicht; von jetzt ab können sie auch noch stärker werden. Die Mittellamelle älterer Querwände ist cuticularisirt; die Cuticularisirung setzt sich auch auf die Wände des innern Dreiecks fort. Bei besonders alten Querwänden springt sie auch, an die Mittellamelle ansetzend, zapfenartig in das Innere des Dreiecks ein, dasselbe mehr oder weniger tief halbirend (Taf. IV, Fig. 34 b).

Diese eingehende Beschreibung des Baues der Seitenwand und der Querwände war für das Verständniss des nun Folgenden nöthig.

Die junge Querwand wird zunächst gleich dick, etwa 0,0009 Mm., in ihrer ganzen Ausdehnung angelegt (Taf. III, Fig. 26 und Fig. 27 die Scheidewand links); sie setzt auch, wie schon bekannt, in gleicher Stärke an die innere Seitenwandschicht an. Zwischen beiden ist keine Grenze vorhanden und auch durch keinerlei chemische Mittel sichtbar zu machen. Wie die Entwickelungsgeschichte zeigt, wird eben der Membranstoff an der Innenfläche der Seitenwand abgesetzt und verschmilzt mit ihr eben so vollständig wie die am innern Rande der in Bildung begriffenen Querwand neu hinzugekommenen Theile mit den schon fertigen derselben. Die Seitenwände der Zelle zeigen aber während der Bildung der Querwand keinerlei messbare Dickenzunahme.[1]) Diese wird erst nach erfolgter

---

1) Bei Hofmeister (Pflanzenzelle p. 153) heisst es: „Bei vielen grosszelligen Fadenalgen, wie Cladophora, *Spirogyra* überzeugt man sich leicht, dass gleichzeitig mit dem Auftreten der zwei sich sondernde Primordialzellen trennenden Scheidewand, auch die obere und die untere Querwand und die freien Seitenwände der in Theilung begriffenen Zelle eine merkliche Verdickung erfahren; ein Vorgang, welcher, für sich allein betrachtet, darauf zurückgeführt werden könnte, dass rings um

Theilung und zwar vornehmlich erst an der Verdickung der Querwand selbst sichtbar. Die Erweiterung am Rande der Querwand wird aber, wie ich aus allen begleitenden Erscheinungen schliessen muss, erst merklich, wenn die Dehnung der Seitenwand der Zelle innerhalb der Ansatzstelle der Querwand ein bestimmtes Maass erreicht. Bei weiterem Längenwachsthum der Seitenwand innerhalb der Ansatzstelle tritt der dreieckige Raum zuerst fast punktförmig auf.

Dass ein Wachsthum innerhalb dieser Stelle wirklich stattfindet, zeigt nun die weitere Vergrösserung des Dreiecks (Taf. IV, Fig. 34 a, Taf. III, Fig. 27 die Scheidewand rechts, und Taf. IV, Fig. 34 b). Dasselbe rückt, sich vergrössernd, mit seiner Grundlinie gleichzeitig an die Peripherie der inneren Schicht und zwar deshalb, weil jene Schicht durch Dehnung hier immer dünner wird. Dieses ausserhalb der Ansatzstelle der Querwand liegende Stück der Innenwand wird jetzt nämlich, wo es vom Zellinnern abgeschnitten, nicht mehr als solches regenerirt, vielmehr durch die sich unter dem Druck des Zellsaftes gegen einander abzurunden strebenden Zellen, so wie auch durch das aus ähnlichen Gründen erfolgende Wachsthum derselben stark in die Länge gezogen. Alle diese Gründe zusammengenommen bewirken auch die Vergrösserung des Dreiecks, dessen Masse zwar eine geringere Dichtigkeit als die Masse der Innenschicht zeigt, sicher aber nicht Intercellularraum ist.

---

die neuen Primordialzellen neue Mebran sich bildet. Aber diese messbare Zunahme der Dicke der älteren Wände der sich theilenden Zelle bleibt sehr weit zurück hinter der Hälfte der Dicke der neu gebildeten Scheidewand. Dieses Verhältniss spricht sich am deutlichsten darin aus, dass bei Cladophora und Spirogyra in kürzester Frist nach der Theilung, in der Regel noch vor der nächsten Theilung (auffallende Ausnahmen finden sich nur in Fäden, die im Uebergange zum Ruhezustande sich befinden) die messbaren Unterschiede der Dicke der neugebildeten Scheidewände von der älterer queren Scheidewände des nämlichen Fadens verschwindend gering werden.“ Da bei Spirogyra orthospira die junge in Bildung begriffene Querwand nur etwa 0,0009 Mm. misst, so würde die Verdickung der Seitenwände nach obigem unter 0,00045 Mm. betragen, sich also noch in solchen Werthen bewegen, die innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen.

Das Streben der einzelnen Zellen, sich unter dem Drucke ihres Inhalts abzurunden, führt oft bis zur völligen Trennung derselben von einander. Es pflegt das unter bestimmten Verhältnissen besonders häufig einzutreten und bedingt eine ungeschlechtliche Vermehrungsart, die den Mangel an Schwärmsporen ersetzt. Namentlich wenn die Pflanze sich längere Zeit unter ungünstigen Verhältnissen befunden, diese sich aber plötzlich zum Vortheil der Pflanze verändern und eine neue, kräftige Entwickelung derselben anregen, ist das Zerfallen der Fäden in einzelne Zellen zu beobachten. Ich habe den Vorgang sich wiederholt unter meinen Augen abspielen sehen. Freilich ist es zunächst nur Sache des Zufalls, wenn letzteres gelingt. An einer beliebigen Stelle des Fadens löst sich mit einem Ruck der Verband zweier aufeinanderfolgender Zellen. Die Trennung der beiden Zellen erfolgt durch die äussern Schichten hindurch und reicht bis auf die schwarze äussere Contour der innern Schicht; sie geht definitiv in zwei die Zelle querumlaufenden Kreislinien vor sich, die den beiden Enden der Grundlinie des Dreiecks entsprechen. Diese, im optischen Durchschnitt dreieckig umschriebene, innere, weniger dichte Masse ist, wie schon erwähnt, an ihrer Peripherie etwas cuticularisirt, und an den beiden Rändern ihrer reifenförmig die Zelle umfassenden Grundfläche löst sich, bei starker Spannung der innern Schicht gegen die äussere, der Zusammenhang. Das Normale ist, dass nur an der einen Zelle der ringförmige Riss erfolgt (Fig. 35). Die Spannung ist so gross, dass, wenn keine Hindernisse dem entgegenstehen, die Zellen meist auf eine kurze Strecke hin auseinandergetrieben werden. Beide Zellen wölben im gleichen Augenblick ihre Endflächen gegen einander; doch ist nur die Endfläche der einen völlig nackt, die der anderen noch von einer Kappe bedeckt (Fig. 35); letztere hindert inzwischen jetzt, wo sie nicht mehr nach entgegengesetzter Seite angespannt ist, nicht die Hervorwölbung; später wird sie ebenfalls abgeworfen. Diese Kappe (Taf. IV, Fig. 36) erscheint, nachdem sie völlig befreit worden, als eine kreisrunde Scheibe und besteht aus der Mittellamelle der Querwand und dem reifenartig ver-

breiteten Rande. Letzterer wird aber, wie sich schon aus dem Vorhergehenden ergiebt, gebildet: von der sich gleich bei der Befreiung zusammenziehenden und dichter werdenden Innenmasse des Dreiecks, dann dem Stücke der Innenschicht, welches die Grundlinie des Dreiecks noch von der dunklen Peripherie derselben trennte, einem entsprechenden Stücke der dünnen rosa Schicht und endlich einem gleichen Stück der Schleimschicht (Fig. 36). Der dünne schmal anstossende Saum des Reifens rollt sich beim Freiwerden nach innen ein (Fig. 36), ein Beweis, dass nun die rosa Schicht nebst Schleimschicht länger sind als die zuvor jedenfalls stark angespannte Aussenlage der Innenschicht. Der Saum rollt sich nicht an allen Punkten gleich stark ein, wodurch der Reif wellenförmig ausgerandet erscheint (in Fig. 35 links angedeutet).

Eine eben solche Scheibe bleibt auch zwischen todten Zellen stehen, deren Wände zu quellen beginnen und die sich dann von einander lösen.[1]) Sie erhält sich zunächst auch, doch ohne die entsprechenden Stücke der rosa Schicht und der Schleimschicht, unaufgelöst zwischen Zellen, auf welche man concentrirte Schwefelsäure hat einwirken lassen.

Bei der Trennung der lebenden Zellen des Fadens von einander zeigt die völlig befreite sofort an ihrer zuvor an die Querwand grenzenden Fläche die weisse Innenschicht, die rosa Mittelschicht und über dieser noch eine dritte weisse Schicht.[2]) Alle drei Schichten sind im ersten Augenblicke fast gleich stark, doch schon im nächsten Moment fängt die weisse Aussenschicht zu quellen an, sich langsam in die Schleimschicht verwandelnd (Taf. IV, Fig. 35). Die rosa Schicht und die Schleimschicht müssen also schon vor dem Aufbrechen der Zelle auf

---

1) Diese Trennung todter Zellen „mit frei werdender Mittellamelle der Querwand, von Form einer kreisrunden Scheibe, die jederzeit mit einer vorstehenden, rechtwinklig ansitzenden, ringförmigen Leiste des Randes versehen ist“, beschreibt auch Hofmeister für Spirogyra Heerii l. c. p. 190.

2) Wie es scheint, auch hier eine wasserreichere, mittlere Schicht zwischen zwei wasserärmeren.

der Aussenseite der innern Schicht vorgebildet worden sein. Fasst man die Endfläche einer noch von der Kappe bedeckten Zelle ins Auge und stellt scharf auf den vorgewölbten Rand der Querwand ein, so kann man hier, falls die Zelle sich in der That nahe am Aufspringen befindet, eine merkliche Verdickung der ursprünglichen Innenschicht bemerken; sie misst hier etwa um $^1/_3$ mehr als an der Seitenwandung. Auch eine Schichtung lässt sich hin und wieder innerhalb derselben sehen, doch nur schwer und meist unsicher, weil die Schichten sich noch optisch fast gleich verhalten und jedenfalls auch stark zusammengepresst sind. Die dunkle Contour liegt immer noch an der Peripherie der ganzen Schicht. Beim Aufspringen werden unter dem Einfluss des umgebenden Wassers die drei Schichten sofort different und treten deutlich in die Erscheinung; die dunkle Contour wird gleichzeitig auf die Peripherie der Innenschicht verlegt. Wie aus obiger Angabe folgt, sind die drei Schichten durch Spaltung aus der ursprünglichen Innenschicht entstanden, und dürfte der vorliegende Fall jedenfalls ein instructives Beispiel für den directen Nachweis solcher Spaltung abgeben.

Die drei sichtbar werdenden Schichten sind zunächst, wie gesagt, fast gleich stark; doch dieses dauert nur eine kurze Weile, denn die Aussenschicht fängt ja sofort zu quellen an, und die Innenschicht nimmt alsbald an Dicke zu. Dann sind aber an dem neuen Zellende ganz dieselben Verhältnisse wie an den Seitenwänden erreicht. Das Zellende zeigt gleich nach der Befreiung ein auffallendes Längenwachsthum, dessen Intensität aber rasch abnimmt und das schon nach wenigen Minuten unmerklich wird. Dabei hatte in einem bestimmten Falle der Mittelpunkt der Endfläche sich um 0,015 Mm. in gerader Linie fortbewegt, wobei freilich auch die Böschung des Zellendes steiler wurde, doch lange nicht in dem Maasse, als dass diese Gestaltsveränderung allein das ganze Vorschreiten des Scheitelpunktes hätte bewirken können. Ein Wachsthum an dieser Stelle ergiebt sich vielmehr auch aus dem Umstande, dass, weil die Chlorophyllbänder zunächst im Wachsthum hinter der Zell-

wand zurückbleiben, das betreffende Zellende gleichzeitig völlig chlorophylllos wird. In dem angeführten Falle war das Ende des bei der betreffenden Lage der Zelle obersten Chlorophyllbandes nach der eben vollendeten ersten Streckung um 0,03 Mm. von dem Mittelpunkt der Endfläche entfernt.

Die Rissstelle ist an der kurz zuvor aufgesprungenen Zelle meist kaum zu erkennen: die relativ breite, dunkle Contour der Innenschicht und sonstige dioptrische Erscheinungen erschweren die Einsicht. Dafür wird aber die Rissstelle schön an den älteren unter solchen Zellen markirt, weil an denselben die innere Schicht, meist auf eine kurze Strecke nach rückwärts von der Rissstelle, sich von den äusseren Schichten befreit (Taf. IV, Fig. 37). Es hat inzwischen jedenfalls ein Wachsthum auch der übrigen Wandung der Zelle stattgefunden und diese Loslösung der äusseren stärker gedehnten Schichten von der inneren, so weit als die Spannungsverhältnisse hierzu ausreichten, veranlasst. Das abgelöste, aus den beiden äusseren Schichten bestehende Membranstück ist nur etwa 0,01 Mm. lang; es biegt sich nach aussen um und ist jetzt sehr leicht zu sehen (Fig. 37), ja auch bei Oberflächeneinstellung als ein die Zelle umgebendes Band, respective als eine derartige Linie zu erkennen. Jetzt kann man denn auch sehen, wie die beiden äussern Schichten der Endflächen sich in dem Winkel, den das abgehobene Membranstück mit der activen Zellwand bildet, auskeilen, und wie beide hier in die schwarze Contour der Innenschicht einlaufen (Fig. 37).

Doch ein Punkt von besonderer Wichtigkeit bleibt uns noch zu besprechen übrig; er betrifft die innern Vorgänge beim Wachsthum der neuen Endfläche. Dieselben lassen sich hier jedenfalls in selten günstiger Weise verfolgen. Noch bevor die Endfläche sich von ihrer Kappe befreit hat, sieht man das feinkörnige Protoplasma der Zelle, die feinen Körnchen doch auch grössere mit sich führend, der Endfläche zuströmen. Es ist das wieder dasselbe Bild, das wir in der sich theilenden Zelle gesehen, und so geht uns für die Bedeutung desselben ein neues Verständniss auf. In sehr reichen und mannichfaltigen

Bahnen bewegen sich die Ströme: an den Rändern der Chlorophyllbänder, zwischen und über denselben. Die ganz feinen Körnchen folgen ohne weiteres dem Strom, die grossen dagegen befinden sich, auch hier wieder, in einem unruhigen, ruckweisen Fortschreiten begriffen, indem sie, den feinen Strömen fast zu schwer, theilweise ruhen, theilweise wieder fortbewegt werden. Besonders günstig ist nun die weitere Beobachtung an den Enden solcher Zellen, die sich von ihrer Kappe schon befreit und ihre erste Streckung bereits vollendet haben. Da pflegt sich an diesen Zellenden ein noch lange andauerndes, intensives Wachsthum zu erhalten, wohl jedenfalls deshalb, weil dieses Zellende dehnbarer ist als die älteren Seitenwände und leichter dem inneren Drucke des Zellsaftes nachgiebt. Die Chlorophyllbänder bleiben aber zunächst noch hinter dem Wachsthum der Zelle zurück, so dass nichts an dieser Stelle die Untersuchung stört. Da sieht man denn, dass an der ganzen fortwachsenden Stelle, die übrigens nicht viel mehr als die Endfläche und ihre Böschungen umfasst, sich so viel feinkörniges Protoplasma angesammelt hat, dass es nicht mehr einzelne Ströme, sondern eine zusammenhängende, übrigens stets sehr dünn bleibende Schicht hier bildet. Stellt man auf die Fläche dieser Schicht ein, so erscheint sie wie feinpunktirt von den vielen kleinen Körnern; die Gleichmässigkeit der Punktirung wird nur von den grösseren Körnern unterbrochen. Im optischen Durchschnitt erscheint aber die Hautschicht auf ihrer Innenseite von diesen feinen Körnchen wie gepflastert. Nur hin und wieder springen an einzelnen Stellen Protoplasmaballen in das Lumen der Zelle vor, gleichen sich aber bald wieder gegen die umgebende Schicht aus. Nur das feinkörnige Protoplasma ist in Strömung, die Hautschicht selbst ruht. Sie zeigt hier einen sehr merkwürdigen Bau, erscheint nämlich wie aus lauter stäbchenförmigen Elementen gebildet, die dicht an einander gedrängt und senkrecht gegen die Wand der Zelle gerichtet stehen (Taf. IV, Fig. 37).[1]) Wir sind schon wiederholt ähnlicher Structur im

1) Hofmeister giebt eine einigermaassen ähnliche Structur für die Hautschicht der Plasmodien (Aethalium septicum) an, wenn diese be-

Protoplasma begegnet. An der Innenfläche der so radial gestreiften Hautschicht rückt nun die zusammenhängende Körnerschichtmasse hin und her; jedenfalls werden durch die hinzueilenden Ströme neue, für die Bildung der Membran erforderliche Substanztheile zugeführt; andere Ströme eilen davon, um sich wohl mit neuen solchen Theilen zu beladen. Ganz ebenso wurde ununterbrochen neues Material dem Protoplasmaknäuel am Rande der sich bildenden Querwand zugeführt, nur war dort die Bildung der Membran noch mehr localisirt als hier. Lässt man Zuckerlösung oder sonst indifferente, wasserentziehende Mittel auf so wachsende Zellen einwirken, so zieht sich die Hautschicht sammt dem übrigen Inhalte der Zelle von der Wand zurück. Die radiale Structur der Hautschicht wird aber dabei zerstört, und zwar schon bei dem allerersten Beginn der Einwirkung. Das sind also die lebendigen Vorgänge beim Wachsthum einer Zellwand.[1]) Diese Zellwand fand ich übrigens an den Orten so erhöhter Thätigkeit kaum merklich dicker als an anderen Stellen; das Längenwachsthum hält hier also dem

---

sonders stark ausgebildet ist. „Häufig tritt dann", schreibt er, „eine radiale, auf den Flächen senkrechte Streifung hervor, . . . eine Streifung, die auf der Nebeneinanderlagerung stärker und schwächer lichtbrechender, dichterer und minder dichter, weniger und mehr Wasser haltender, zur Fläche der Membran vertical gestellter Theilchen beruht." — Seltener soll auch eine Zusammensetzung aus der Fläche der Hautschicht parallelen, abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden Lamellen zu erkennen sein und zwar neben jener radialen Streifung oder auch ohne dieselbe. Lehre v. d. Pflz. p. 24. Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. p. 41, beschreibt eine radiale Streifung auch innerhalb der Hautschicht der Schwärmsporen von Vaucheria, dieselbe soll später geschildert werden.

1) Nach den Angaben von Dippel (Entst. d. wandst. Protoplasmaströmchen in der Pflanzenzelle. Abh. der Naturf. Ges. z. Halle Bd. X) zu urtheilen, müsste sich auch in den Spiralzellen der Kapselwand von Marchantia, den Schleuderzellen der Lebermoose, den Gefässzellen von Balsamina und Impatiens körniges Protoplasma an denjenigen Stellen ansammeln, wo Cellulose ausgeschieden wird, also in den genannten Fällen, in Spiralbändern. Vergl. die anders lautende Erklärungsweise von Dippel l. c., des Separatabdrucks p. 11 u. 12.

Dickenwachsthum das Gleichgewicht, so zwar, dass die Dicke der Membran ein gewisses, specifisches Maass nicht merklich überschreiten kann.

Ich habe den geschilderten Wachsthumsprocess sowohl bei Tage als auch bei Nacht beobachtet und keine irgendwie auffallenden Unterschiede in der Intensität desselben wahrgenommen. Die Strömung in der Zelle war scheinbar gleich rasch, die Protoplasmaanhäufung an der wachsenden Fläche dieselbe, und ebenso auch die Structur der Hautschicht in allen Fällen gleich.

Auch wo die wachsende Stelle mir besonders stark erschien, war durch kein Mittel eine neue Schicht auf der Innenseite derselben sichtbar zu machen. Die neu ausgeschiedenen Cellulosepartien verschmelzen eben ganz vollkommen mit den älteren. Ob die einzelnen Cellulosemolecüle hierbei tiefer oder weniger tief in die vorhandene Membran eindringen, das lehrt die directe Beobachtung nicht; nur war es mir auffallend, dass, bei Rücktritt der Hautschicht, unter Einwirkung von Zuckerlösung, die innere Contour der Membran, besonders an den stark wachsenden, radiär differenzirte Hautschicht zeigenden Stellen, nicht ganz glatt, vielmehr mit feinen Vorsprüngen besetzt erschien, die man mit den Interstitien zwischen den radialen Stäbchen der Hautschicht in Zusammenhang hätte bringen mögen. Es würde das erinnern an die Ausscheidung der Cellulose in den Zellplatten, wie wir sie schon bei der Theilung der vier oberen Zellen im Abietineen-Ei gesehen.

Wie schon früher hervorgehoben, wird bei der Trennung zweier Zellen im Faden stets nur die eine Zelle frei, die andere behält zunächst die Kappe. Die für das Aufspringen nöthige, gleichsam abnorme Spannung war jedenfalls nur in der einen der beiden anstossenden Zellen vorhanden. Doch auch die normale Spannung innerhalb der Zellen ist so gross, dass nach dem Abspringen der einen Zelle die andere sofort ihre Querwand hervorwölbt. Dieses scheint aber auch gleich ein neues Wachsthum an jener vorgewölbten Querwand anzuregen und schliesslich auch hier das Abwerfen der Kappe zu veranlassen.

Ebenso wölben sich auch in kranke oder abgestorbene Zellen, sobald die Spannung in denselben nachgelassen und nicht derjenigen der benachbarten Zellen das Gleichgewicht halten kann, die Querwände jener Zellen hinein. Auch dieses führt zur endlichen Trennung von der kranken Zelle. Um nun nicht auf den Zufall allein angewiesen zu sein, habe ich, zum Behuf der eben vorgeführten Untersuchungen, kräftige Zellfäden in Stücke geschnitten und nun die Vorgänge an den den durchschnittenen Zellen zugekehrten Querwänden verfolgt. Auch hier findet das Hervorwölben von der benachbarten Zelle aus augenblicklich statt; von jenem Moment aber bis zum völligen Abwerfen der durchschnittenen Zelle verfliessen im Durchschnitt 18—24 Stunden. Fäden, welche des einen Tages um 10 Uhr früh durchschnitten waren, hielten um 8 Uhr Abends desselben Tages noch alle durchschnittenen Zellen fest, entledigten sich aber derselben grösstentheils während der Nacht, so dass sie am nächsten Morgen meist nur freie Endflächen zeigten. Um 5 Uhr Nachmittags am nämlichen Tage durchschnittene Fäden hatten am nächsten Morgen theilweise an den durchschnittenen Zellen noch bedeckte Endflächen aufzuweisen. An einigen Fäden andererseits, die ich zwei Tage später um 3 Uhr Nachmittags zerschnitten hatte, war am nächsten Morgen fast überall noch der Zusammenhang mit den durchschnittenen Zellen erhalten. Für die fortgesetzte Beobachtung sind nun hauptsächlich Fäden aus einer solchen Gruppe zu wählen, in der die meisten Fäden sich schon ihrer Endzellen entledigt haben. Da gelingt es dann leicht, den Vorgang der Trennung selbst zu beobachten, der gelinde Druck des Deckglases genügt oft um ihn anzuregen.

Wir haben schon früher gesehen, dass auch innerhalb der sich nicht eben theilenden Zellen Protoplasmaströmungen an den Wänden zu verfolgen sind. Verschiedene, gleichzeitig untersuchte Fäden zeigen sie meist in verschiedener Intensität, ja diese Intensität wechselt sogar oft von einer Zelle des Fadens zur anderen. Mit der Intensität der Strömung scheint hier aber überall auch die Intensität des Wachsthums zusammen-

zuhängen. Welche Structur die Hautschicht in den meisten Zellen besitzt, ist wegen ihrer fast unmessbaren Dünne durchgängig nicht zu bestimmen. Nur an den so überaus stark wachsenden Enden der kürzlich befreiten Zellen verdickt sich die Hautschicht dermassen, dass sie ihre Structur ohne weiteres erkennen lässt. Auch an diesen Orten wird übrigens die Hautschicht dünner und ihre Structur unkenntlich, sobald das Wachsthum nachgelassen hat. Dahingegen glückte es mir, den radiären Bau der Hautschicht im ganzen Umfange der Zelle zu sehen und zwar wiederum in einer Zelle, die ausnehmend intensiv wuchs. Dieselbe Zelle zeichnete sich durch sehr lebhafte Strömungen in ihrem ganzen Umfange aus. Die Hautschicht war übrigens auch in diesem Falle immer noch sehr dünn und nur mit den stärksten Immersionssystemen (Nr. 3 von Zeiss) sicher zu beobachten.

Meine Unsersuchungen über diese das Wachsthum der Membran begleitenden Erscheinungen beschränken sich ausschliesslich auf Spirogyra orthospira, die ich zunächst günstiger als die mir sonst zur Verfügung stehenden Süsswasseralgen fand. Sie sollen auch nur den Zweck haben, weitere Beobachtungen in dieser Richtung anzuregen.

Um Missverständnissen vorzubeugen, hebe ich nur noch hervor, dass ich nicht etwa der Meinung bin, die Ernährung der Membran sei die einzige Function der Protoplasmaströmung. Ich begnüge mich vielmehr damit, gezeigt zu haben, wie dieselbe für die Membranernährung verwerthet werden kann. Auch anderweitigen Transport von Stoffen dürften sie häufig übernehmen, wobei es sich wohl hauptsächlich nur um feste oder im Protoplasma zwar gelöste, aber im Zellsafte unlösliche Stoffe handeln dürfte.

Ich habe im Vorhergehenden nachzuweisen gesucht, dass die Seitenwand der Spirogyra orthospira an allen Zellen ohne Ausnahme von drei Schichten gebildet wird. Secundäre Schichtung ist in keiner dieser drei Schichten nachzuweisen, auch nicht mit Hilfe künstlicher Mittel. Hiermit ist aber die Mög-

lichkeit der Einschachtelungstheorie, nach der jede neu gebildete Zelle sich mit eigener Membran umkleiden sollte und die Seitenwand also aus so viel Schichten bestehen müsste, als sie Zellgenerationen bereits als Hülle gedient, für Spirogyra orthospira ein für alle Mal ausgeschlossen. Und auch der Bau der Querwand zeigt sich von der Zahl der Zellgenerationen, die sich an sie anlehnten, völlig unabhängig. Die beiden aufeinanderfolgenden Querwände einer älteren Zelle, welche sich längere Zeit nicht getheilt hat, sind gleich stark und zeigen durchaus die gleiche Schichtenzahl, ungeachtet doch die eine der beiden Wände durchaus jünger als die andere sein muss. Eben so dick und ungeschichtet wie diese beiden kann dann auch die Querwand einer anstossenden Zelle sein, die sich, wie man aus den entfernteren Querwänden sieht, jedenfalls inzwischen wiederholt theilte. Somit spricht auch der Bau der Querwände der Spirogyra orthospira gegen die Einschachtelungstheorie, ebenso wie dieses schon die directe Beobachtung der Zelltheilung gethan.

Eine Pflanze, für die neuerdings noch die Einschachtelung der Zellhautschichten entsprechend der Zahl der erfolgten Theilungen ganz besonders geltend gemacht wurde[1]), ist *Ulothrix zonata*. Dieses veranlasste mich, dieselbe, oder doch eine sehr nahe mit ihr verwandte Ulothrix-Form, auf diese Verhältnisse zu untersuchen. Ich holte mir die Pflanze aus der Schwarza in der Nähe von Schwarzburg, von demselben Orte, an dem sie Schacht vor 23 Jahren gesammelt.[2]) Auch jetzt noch bedecken die grünen Fäden dieser Alge fast alles Geröll des rasch fliessenden Baches. Ich konnte mich an der relativ dicken Form, die mir zur Verfügung stand, sehr schön über den Bau der Membran orientiren. Dieser Bau wird besonders deutlich an solchen Fäden, die abgestorben längere Zeit im Wasser verblieben, langsam sich zersetzend. Da quellen alle Schichten allmälig auf, und es lassen sich alsbald alle Mittel-

1) Vergl. Dippel, Zelltheilung der Ulothrix zonata. Aus den Abhandl. der Naturforsch. Gesellsch. zu Halle Bd. X. 1867.

2) Pflanzenzelle p. 121.

stufen zwischen solchen Fäden, bei denen die Quellung der Schichten kaum begonnen und solchen, bei welchen sie bis zum Unkenntlichwerden aller Schichtung und theilweiser Lösung der Zellen aus dem Verbande vorgeschritten, auffinden. Was nun auch Entgegengesetztes über den Bau der Ulothrix mag behauptet worden sein, es besteht die Seitenwand der Zellen an allen Stellen des Fadens ebenfalls nur aus drei Schichten. Diese drei Schichten zeigen auch überall das gleiche gegenseitige Verhältniss. Bei einem Faden von beispielsweise 0,038 Mm. Dicke mass die äussere Schicht 0,0009 Mm.; die mittlere, an Stellen, die nicht auf Querwände stossen, etwa 0,002, die innere etwa 0,0012 (Taf. IV, Fig. 38). Die äussere Schicht ist weiss, glänzend, stark lichtbrechend, ebenso die innere, die mittlere dagegen weniger lichtbrechend, durchsichtiger, jedenfalls weniger dicht als die beiden andern. Die Querwände setzen an die innere Schicht der Seitenwand an. Die jüngsten Querwände, die ich zunächst zu Gesicht bekam, zeigten sich noch wenig verdickt am Rande, die Verdickung durchaus noch auf der Innenseite der Innenschicht der Mutterzelle befindlich, diese Innenschicht ununterbrochen und noch mit der ursprünglichen Wölbung beide Schwesterzellen umfassend. In dem verdickten Rande der Querwand ist der s. g. Intercellularraum kaum erst punktförmig angedeutet, alles Verhältnisse die vollkommen denjenigen bei Spirogyra gleichen.

In etwas älteren Zuständen nimmt die Querwand, entsprechend der Dehnung der beiden Schwesterzellen die sie trennt, an ihrem Rande an Dicke zu und der minder dicht angefüllte dreieckige Raum in ihrem Innern zeigt grössere Dimensionen. In der Folge sieht man dieses Dreieck ganz wie bei Spirogyra langsam nach der Peripherie wandern. Da dieses Wandern hier besonders instructiv ist, so habe ich es in einem nach der Natur entworfenen Bilde (Taf. IV, Fig. 38) fixirt. Das Bild ist einem abgestorbenen, doch noch wenig veränderten Faden entnommen; die Schichtenverhältnisse waren an demselben so deutlich, dass sie sich mit vollständiger Genauigkeit und Sicherheit wiedergeben liessen. Bei lit. *a* der genannten Figur liegt nun der dreieckige Raum inmitten der Innenschicht, ohne dass

seine Grundlinie sich seitlich in irgendwelche Trennungslinie fortsetzen liesse; bei lit. *b* erreicht die Basis des vergrösserten Dreiecks schon den Aussenrand der Innenschicht und wird nur noch von einer äusserst dünnen Lage derselben von der Mittelschicht getrennt, diese Lage ist bei gequollenen Zellwänden etwas nach aussen gewölbt; bei lit. *c* endlich mündet das Dreieck frei in die Mittelschicht und nun ist es die Aussenschicht, die sich an dieser Stelle etwas vorwölbt. Diese Vergrösserung des Dreiecks, deren Ursache ich bei Spirogyra schon eingehend erörtert, ist hier die Veranlassung zur Aufstellung der Einschachtelungstheorie gewesen. Die gegenseitige Stellung der Dreiecke ladet denn auch zunächst zu einer solchen Deutung ein.

Die Theilungen pflegen in kräftigen Fäden mit grosser Regelmässigkeit zu erfolgen, und zeigt beispielsweise unsere Figur eine Zellreihe, die in dieser regelmässigen Weise aus einer Zelle entstanden ist. Die erste Scheidewand *b* halbirte die Zelle *c*—*c* in zwei gleiche Tochterzellen und diese beiden zerfielen wieder (nach dem Entwickelungszustande der Querwände zu schliessen) gleichzeitig durch die Querwände a, in je zwei gleiche Enkelzellen. Der jüngste dreieckige Raum bei *a* liegt hier noch durchaus inmitten der Innenschicht der Seitenwand; der dreieckige Raum bei *b* reicht schon bis an die Peripherie der Innenschicht; bei *c* mündet er in die Mittelschicht. Es ist nun sehr verlockend, die Grundlinien der Dreiecke sich beiderseits verlängert zu denken und daraus ein Einschachtelungssystem der Wand zu construiren. Bei zu schwacher Vergrösserung, oder nicht rein medianer Einstellung verhelfen auch die sich bildenden, dioptrischen Liniensysteme zu dieser Construction. Ich habe die Seitenwand mit den besten und stärksten Immersionssystemen untersucht und bin so zu obiger Auffassung gekommen. Besonders empfehlenswerth für die rasche Orientirung sind, wie ich nochmals hervorhebe, solche Fäden, welche abgestorben, auf dem Wege der Maceration im Wasser, ihre Schichten gegen einander stark abgegrenzt haben.

Auf die Querwände ist die Einschachtelungstheorie noch

viel weniger als auf die Seitenwände anwendbar. Freilich kann man auch an den Querwänden, namentlich bei oberen und unteren Einstellungen in der Gegend der Dreiecke, eine grössere Anzahl paralleler Linien auftreten sehen, doch verschwinden diese überall, wo es gelingt einen wirklich medianen, optischen Querschnitt aus der Querwand zu bekommen. Da überzeugt man sich denn, dass bei Ulothrix auch relativ alte Querwände nach Innen vom verdickten Rande im Verhältniss sehr dünn bleiben (Taf. IV, Fig. 38). Nur mit Mühe ist es mir an stark zersetzten Zellfäden gelungen, mich von der Existenz einer differenten, äusserst zarten Mittelschicht innerhalb der Querwand zu überzeugen. Von weiterer Schichtung konnte in keinem Fall die Rede sein; sie war nie mit Sicherheit nachzuweisen. Ich setze gleich hinzu, dass ich bei meiner Untersuchung auch alle sonst üblichen chemischen Quellungs- respective Färbungs-Mittel zu Hilfe zog, ohne durch dieselben wesentlich gefördert zu werden. Von Interesse ist hier nur zu erwähnen, dass beispielsweise die violette Färbung mit Chlorzinkjod an den im Wasser macerirten Fäden um so unmittelbarer eintritt, je weiter die Maceration vorgeschritten ist. Dabei färbt sich die Innenschicht am intensivsten, die Mittelschicht schwächer, die Aussenschicht bleibt ungefärbt. Nach älteren Angaben gelingt es leicht an passenden Schnittstellen des Fadens die eingeschachtelten Zellen einzeln, respective in Generationscyclen herauszuziehen.[1]) Mir wollte diese Operation leider nicht glücken; doch vielleicht standen mir eben nicht hinreichend dicke Fäden zur Verfügung? Denkbar ist es wohl, dass sich die Innenschicht von den beiden äusseren künstlich befreien lasse und dass die Zellen so weit zu Complexen vereinigt bleiben, als sie noch durch die Innenschicht zusammengehalten werden, d. h. so weit als die dreieckigen Räume noch innerhalb derselben liegen.

Einige dickere *Spirogyren,* darunter *Spirogyra nitida* (Taf. IV, Fig. 28—33) und auch *Spirogyra setiformis*[2]), die ich ebenfalls

---

1) Dippel l. c. des Separatabdruckes p. 8.

2) Nach Kützing l. c. Bd. V, Taf. 28.

auf die Verhältnisse der Membran untersuchte, zeigten mir sämmtlich an der Seitenwandung drei Schichten: zwei äussere schmale und eine innere breitere. Sie entsprechen jedenfalls den drei der Spirogyra orthospira und ist die gequollene Aussenschicht der letzteren demnach, wie dieses schon von Alexander Braun [1]) geschehen, als Cuticula zu deuten.

Bei Behandlung mit etwas verdünnter Schwefelsäure tritt in der Innenschicht der Spirogyra setiformis secundäre Schichtung auf: an der Seitenwand sowohl als auch an den Querwänden. [2]) Es war mir einigermassen auffallend, so häufig drei Schichten in der Seitenwandung der Fadenalgen zu begegnen, doch diese Erscheinung erklärt sich wohl aus dem Umstande, dass drei Schichten überhaupt eines der einfachsten Verhältnisse darstellen, in dem durch innere Spaltung entstandene Schichten auftreten und dass hier eben die Schichtung sich meist auf diesem einfachsten Verhältnisse erhält. Durch secundäre Schichtenbildung kann dann übrigens, wie wir dies eben schon bei Spirogyra setiformis gesehen, die Zahl der Schichten vermehrt werden. An einigen zarteren Spirogyra-Arten mit relativ dünner Seitenwandung war ich hingegen nicht in der Lage, auch bei Anwendung der stärksten Systeme, mehr als zwei Schichten zu unterscheiden: eine stärkere weisse Innenschicht und eine zarte Cuticula. Bei sehr dünner Membrananlage dürfte also die Cuticula sich direct abgrenzen, und erst von einer bestimmten Stärke der Membrananlage an die gleichzeitige Spaltung in drei Schichten erfolgen, wie wir dies bei der Innenschicht der Spirogyra orthospira an den Enden sich befreiender Zellen gesehen haben. Das optische Verhalten der drei Schichten war im letztern Falle ein derartiges, dass wir die äussere und innere Schicht für die dichteren, die mittlere für die mindest dichte halten mussten. Die Spaltung findet

---

1) Verjüngung p. 261.

2) Bei der Behandlung mit SO^3 wird ebenfalls ein schöner, grosser, centraler, im optischen Durchschnitt fast quadratischer Zellkern mit grossem Kernkörperchen sichtbar.

hier also in der durch die Naegeli'sche Intussusceptionslehre geforderten Weise statt[1]) und liefert ein direct verfolgtes Beispiel für dieselbe. Selbstverständlich wird hierdurch eine Schichtenbildung durch Apposition für andere Fälle nicht ausgeschlossen. Von den drei durch Spaltung entstandenen Schichten bei Spirogyra orthospira wird die äussere sofort durch Quellung, bei anderen Spirogyren durch Cuticularisirung, different, die innere Schicht nimmt aber durch bevorzugte Ernährung bald an Dicke zu, wodurch das ursprüngliche Verhältniss der drei Schichten völlig verwischt wird.

Viel weniger weichen an den Seitenwänden von Ulothrix die drei Schichten von dem ursprünglichen Verhältnisse ab und namentlich tritt dort die minder dichte (wasserreichere), mittlere Schicht gegen die innere und äussere, dichtere (wasserärmere), scharf hervor.

Aehnlich wie an den sich befreienden Zellenden der Spirogyra orthospira, haben wir die Spaltung in drei Schichten in den Querwänden derselben und anderer Fadenalgen verfolgen können. Zuerst tritt die Spaltung in dem sich verbreiternden Rande der Querwand auf und es entsteht hier ein Ring minder dichter, schwächer das Licht brechender Substanz, der als Intercellularraum gedeutet wurde; später wird eine Mittellamelle in der ganzen Querwand differenzirt, es geschieht dies, sobald die Querwand eine bestimmte Dicke erreicht hat. Auch bei Cladophoren finden wir in der Seitenwand der jungen Zellen drei Schichten wieder (Taf. V, Fig. 50—53): die stärkste weisse Innenschicht, eine zwischen zwei dunklen Contouren liegende zarte Mittelschicht, und eine ebenso zarte Cuticula. Bei Cl. fascicularis lassen sich alle drei Schichten auch am Scheitel der Endzellen verfolgen, ja die Mittelschicht wird dort besonders stark, oft doppelt so stark als die beiden andern Schichten

---

1) Zuerst niedergelegt in der umfangreichen Abhandlung über Stärkekörner. Pflanzenphys. Unters. Heft 2. 1858. — Vergl. dann auch Naegeli und Schwendener, Das Mikroskop p. 542 u. ff., und Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle p. 196.

zusammengenommen und verursacht hier die auffallende Verdickung der Membran am Scheitel. Bei Cladophora fracta sind hingegen am Scheitel der Endzellen nur zwei Schichten: die innere und die Cuticula, zu unterscheiden. Die Membran ist hier verdünnt, von der Mittelschicht nichts zu sehen, und doch nehme ich an, dass sie vorhanden und nur durch Dehnung so verdünnt worden ist, dass sie von der schwarzen Contour der Innenschicht verdeckt wird.[1]) Man kann sich, meine ich, hiervon überzeugen, wenn man ganz junge aus älteren Zellen hervorgebrochene, noch von denselben nicht abgegrenzte Seitenzweiganfänge ins Auge fasst. Da sieht man, wie die drei Schichten der älteren Zellen durch die junge Anlage gedehnt wurden und wie die auch so schon dünne Mittelschicht der älteren Zelle alsbald an der Zweiganlage in der schwarzen Contour der Innenschicht aufgeht. Die älteren Cladophorazellen vermehren durch secundäre Spaltung ganz auffallend die Zahl ihrer Wandschichten, was besonders hervortritt, wenn man quellungserregende Mittel auf dieselben einwirken lässt.[2])

An der Seitenwandung junger Zellen von Oedogonium tumidulum Kg. finde ich nur zwei Schichten: die stärkere, weisse Innenschicht und die dünne Cuticula (Taf. IV, Fig. 40—46). Die Entstehung der Seitenwände ist hier aber eine ganz merkwürdige.

Wie bekannt, wird vor der sichtbaren Theilung der Zelle ein Cellulosering nahe unter ihrem oberen Ende gebildet (Fig. 41).

---

1) Hofmeister giebt an (Lehr. v. d. Pflanzenzelle p. 194), die Membran erscheine homogen, an der Spitze der Endzellen von Cl. glomerata, und lasse die erste Andeutung der Schichtung erst in der Mittelgegend dieser Zellen erkennen. An der Anfügungsstelle der queren unteren Wand der Endzelle an die freien Aussenwände des Zellfadens soll aber die Zellwand in fünf Lamellen gesondert sein.

2) Vergl. auch Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle p. 191 u. 194. Nach demselben Autor soll Hydrodictyon utriculatum während der Vegetation nur drei Schichten in der Zellmembran zeigen, beim Quellen sollen sich die beiden innern Schichten als aus zahlreichen dünnen Lamellen, von abwechselnd stärkerem und schwächerem Lichtbrechungsvermögen, bestehend, ausweisen; p. 190.

Ueber die Bedeutung desselben gehen aber die Meinungen ziemlich weit auseinander. Der Entdecker Pringsheim[1]) und neuerdings auch Naegeli[2]) und Hofmeister[3]) halten ihn für eine von der vorhandenen Zellwand unabhängige Bildung, für eine locale Ausscheidung von Zellhautsubstanz in Gestalt eines der Innenwand angelagerten Ringes.[4]) De Bary[5]), Hartig[6]), v. Mohl[7]) hingegen für eine Falte der innersten Mutterzellhautlamelle; Dippel[8]) endlich für eine Falte der ganzen innern Zellstoffhülle. Es ist bisher aber keine vollständige Entwickelungsgeschichte dieses fraglichen Gebildes geliefert worden. In der That macht es einige Schwierigkeit, die jüngste Ringanlage von den der Zellwand anliegenden körnigen Bildungen des Zellinnern zu unterscheiden und zwar um so mehr, als sich die zur Theilung anschickende Zelle in ihrem oberen Theile dicht mit Inhalt füllt. Mit Zuhilfenahme wasserentziehender Mittel bei lebenden Zellen und von Alcohol-Präparaten habe ich für Oedogonium tumidulum Kg. den Vorgang ziemlich vollständig gewinnen können. Der Zellstoffring beginnt hier als eine schmale (etwa 0,0015 Mm. starke) Verdickungsleiste der Zellwand und ist zunächst nur im optischen Durchschnitt zu erkennen. Diese Leiste erhebt sich, einer jungen Querwandanlage nicht unähnlich, und an ihrer Ansatzstelle wird ein kleiner schwarzer Punkt bemerkbar. Wir haben es hier jedenfalls mit einem ganz ähnlichen Vorgang wie bei der Scheidewandbildung zu thun. Es wird innerhalb einer schmalen, ringförmigen Zone Zellhautstoff ausgeschieden, der vollständig mit der Innenschicht der Mutterzellwand verschmilzt und zu einer

---

1) Pflanzenzelle p. 34. 1854.

2) Mikroskop Bd. II p. 550.

3) Lehre von der Pflanzenzelle p. 102 u. 154.

4) Hofmeister l. c. p. 154.

5) Abhandl. d. Senkenberg. Ges. I. p. 39. 1854, und Bot. Zeitung 1858. Beilage. p. 80.

6) Bot. Zeitung 1855 Sp. 417.

7) Bot. Zeitung 1855 Sp. 721.

8) Mikroskop 1869 p. 52.

vorspringenden Ringleiste auswächst. Sobald sich aber diese ein wenig erhoben, erfolgt, wie dies bei sonstiger Verdickung der Innenschicht geschehen könnte, eine Spaltung innerhalb derselben. Es tritt so die erwähnte dunkle Stelle auf, die jedenfalls der ersten Anlage des Dreiecks am Rande der Scheidewände entspricht, hier aber wegen der relativ grösseren Dicke der Leiste früher als es dort der Fall zu sein pflegt, gebildet wird. Die Ringleiste nimmt zunächst etwas an Tiefe zu, ohne in die Dicke zu wachsen. Der dunkle Punkt wird in einen ihren Seitenflächen parallelen Spalt verwandelt. Jetzt (vgl. Fig. 39, Taf. IV) sieht man deutlich, dass der Spalt um ein Weniges tiefer als die seitliche Insertionsstelle der Leiste in die Mutterzellwand einschneidet. Es ist das die unmittelbare Folge seiner Entwickelung. Weder jetzt noch später wird aber die Innenschicht der Mutterzellwand in ihrem sonstigen Verlaufe durch den Ring gestört.

Als Faltenbildung lässt sich also, wie wir sehen, dieser Vorgang nicht auffassen; man müsste denn auch die Scheidewandbildung, wie sie oben für Spirogyra beschrieben wurde, als Faltenbildung bezeichnen. Mit der Ausscheidung eines freien Zellstoffringes haben wir es hier aber ebenso wenig zu thun, vielmehr mit einer localen Verdickung der Innenschicht der Mutterzellwand.

Die ringförmige Leiste beginnt aber, sobald sie den Zustand der Fig. 40 erreicht hat, an ihrer Innenkante anzuschwellen; diese nimmt bei weiterem Wachsthum immer mehr an Umfang zu, so dass schliesslich der Cellulosering in seiner bekannten Gestalt aus ihr hervorgeht (Taf. IV, Fig. 41).

Wie lange diese ganze Entwickelung dauert, weiss ich nicht genau anzugeben, da ich ja, um die jüngsten Zustände der Ringanlage zu sehen, jedesmal die Zelle in dieser oder jener Weise tödten musste.

Schon in dem Zustande der Fig. 40, Taf. IV markirt sich der Ring peripherisch mit drei Linien. Von diesen entsprechen die beiden Randlinien dem Umfange der sich abrundenden Anschwellung der Leiste, die Mittellinie der innern Trennungsschicht.

Im völlig ausgebildeten Zustande des Ringes (Fig. 41) zeichnen sich aber bei peripherischer Ringstellung meist 5 Linien, wenn auch mit verschiedener Deutlichkeit: die drei innern entsprechen dann der Einfügungsleiste des Ringes, die Randlinien hingegen seinem grössten Durchmesser. Die Einfügungsleiste des Ringes (Fig. 41) ist der ursprüngliche, unangeschwollen gebliebene Theil der Ringleiste; sie ist auch gegen künstliche Eingriffe resistenter als die ganze übrige Ringmasse. Es ist nach Obigem also richtig, wenn v. Mohl[1]) angiebt, dass der Ring nicht „mit einer breiten Fläche an der Mutterzellwand anliegt, sondern dass er mit derselben nur in zwei sehr schmalen, nahe neben einander verlaufenden, auch von aussen an der Zelle sichtbaren Streifen in Verbindung steht“.[2]) [3]) —

Der Spalt dringt auch im fertigen Zustande des Ringes nur bis zu geringer Tiefe in dessen innere Masse hinein. Man kann sich hiervon am besten überzeugen, wenn man völlig ausgebildete Ringe an Alcohol-Präparaten einem gelinden Drucke aussetzt. Da reisst die Membran der Mutterzelle an der vorbereiteten Stelle und gestattet nun volle Einsicht in den Bau des Ringes.

Die Ringmasse zeigt schwache Schichtung, wohl auch eine geringe Verschiedenheit in den Brechungsverhältnissen ihrer innern und ihrer äussern Masse, doch bei Oedog. tumidulum keine wirklich scharfe Abgrenzung zwischen beiden. Nach dem Oeffnen, selbst nach dem künstlichen Oeffnen der Ringe an Alcohol-Präparaten, gleichen sich auch die eben erwähnten Verschiedenheiten innerhalb derselben fast völlig aus.

Nach Pringsheim soll der, von der Zellwand abgekehrte Theil des Ringes mit Chlorzinkjodlösung sich blau färben, der

---

1) l. c. Sp. 721.

2) Dagegen bei Hofmeister l. c. p. 102: „Dieser Ring ist, der Scheitelfläche der Zelle parallel, der Seitenwand derselben dicht angeschmiegt.“ (Vergl. auch Fig. 20.)

3) In dem Lehrbuch von Sachs (IV. Aufl. p. 22) ist in Fig. 17 die Einfügungsleiste am Ringe abgebildet, nur fehlt der Spalt in derselben.

der Zellwand zugekehrte aber gleichzeitig ungefärbt bleiben und sich eine Grenzlinie zwischen beiden Theilen oft in der Weise zeigen, dass der der Zellwand zugekehrte wie in einer Rinne des von der Zellwand abgekehrten liegt.[1]) Ich habe dies bei Oedogonium tumidulum nicht beobachten können, wohl aber eine andere Erscheinung, die an jene vielleicht anzuknüpfen wäre. Lasse ich nämlich Chlorzinkjodlösung auf in Theilung begriffene Zellen dieser Pflanzen einwirken, so sehe ich die Ringe langsam, von ihrer Oberfläche beginnend, ihre Structur verändern und sich gleichzeitig violett färben. Der veränderte und gefärbte Theil setzt jederzeit scharf gegen den noch unveränderten, nunmehr im Verhältniss das Licht viel stärker brechenden ab, und so erscheint letzterer wie in eine Rinne des ersteren eingefügt. Doch sieht man bei Oedogonium tumidulum schon nach kurzer Beobachtungszeit diesen eingeschlossenen, nach der Zellwand zu verschmälerten Theil immer kleiner werden und endlich völlig schwinden, wonach die ganze Masse des Ringes, etwa nur mit Ausnahme der Einfügungsleiste, gefärbt erscheint. Die bei der Färbung eintretende Structurveränderung ist nicht mit auffälliger Quellung verbunden, doch werden durch dieselbe die Contouren der Ringe verwischt. Nur die Einfügungsleisten widerstehen mehr oder weniger der Veränderung.

Nach Hofmeister[2]) wird bei Oedogonium gemelliparum Pringsh. der Ring kurz vor Aufspringen der Wand durch Kupferoxydammoniak in zwei Schichten zerlegt; bei Oedogonium tumidulum tritt dies auch bei solcher Behandlung nicht deutlich hervor.

Wenn die Bildung des Ringes vollendet ist, sieht man, jedenfalls in Folge der endosmotischen Spannung des Zellinhalts[3]), die Membran der Mutterzelle plötzlich im Umkreise reissen. Der Riss erfolgt an der Stelle, welche der inneren Spalte der Einfügungsleiste des Ringes entspricht. Er geht

---

1) l. c. p. 35.
2) l. c. p. 155 Fig. 45.
3) Vergl. Hofmeister l. c. p. 101.

durch die ganze Dicke der Zellwand, denn es reichte, wie wir gesehen, der Spalt der Einfügungsleiste nur äusserst wenig in diese Zellwand hinein. Der Ring klappt, so weit als der Spalt in demselben reicht, faltenartig auf und wird nun durch die rasche Streckung des Zellinhalts gedehnt (Taf. IV, Fig. 43, 45). So stark ist die innere Spannung, dass, da der Riss meist nicht völlig gleichzeitig im ganzen Umkreise der Zelle erfolgt, dieselbe durch einseitige Dehnung an der Rissstelle knieförmig gekrümmt wird; bald gleicht sich diese Krümmung aus.[1]) Die Dehnung betrifft übrigens nur den eigentlichen Ringkörper, während die beiden Hälften der Einfügungsleiste sich nicht verändern. Sie bleiben an ihren respectiven Einfügungsstellen befestigt und sieht man daher die Ringmasse, auch bei bedeutender Mächtigkeit, während der noch wenig vorgerückten Streckung, an ihrem oberen und unteren Rande stets ganz schmal auslaufen (Fig. 43). Die Ringmasse nimmt in solchen Stadien nach der Mitte ihrer Länge an Durchmesser zu[2]); sie wird dünner in dem Masse als die Streckung fortschreitet und erreicht schliesslich an allen Orten annähernd den Durchmesser ihrer aus der Einfügungsleiste stammenden Ansatzstellen.

Die Cuticula wird bei Oedogonium tumidulum erst in vorgerückten Streckungsstadien von der Ringmasse abgegrenzt (Fig. 43). So finden wir denn auch das noch wenig gestreckte Membranstück sich in seiner ganzen Masse mit Chlorzinkjodlösung gleichmässig violett färbend. Bei fortgesetzter Dehnung beginnt dann die Peripherie sich bei der gleichen Behandlung gegen das Innere heller zu zeichnen, doch noch ohne scharfe Abgrenzung; in dem Stadium der Fig. 43 ist endlich eine äussere sich kaum mehr färbende Schicht, mehr oder weniger scharf abgesondert, jedenfalls als Anlage der Cuticula. Die aus dem Ringe hervorgegangene Membran setzt oben und unten dicht an der Risskante und zwar deutlich an der Innenseite

---

1) Vergl. Hofmeister p. 103 u. 153.

2) Ebendas. p. 154.

der Mutterzellwand [1]) an. Dieses ist während der Streckung sehr deutlich, wird aber nach vollendeter Streckung sehr bald unkenntlich und zwar an der unteren Ansatzstelle der Membran schon deshalb, weil an dieselbe hier unmittelbar die neue Querwand sich anschliesst, in der oberen Ansatzstelle aber, weil erstens die Ansatzstelle sehr schmal ist, durch starke Anspannung aber in eine zur Mutterzellwand durchaus parallele Lage gebracht wurde; weil zweitens ja in der That der unter der jüngsten Ringanlage sich bildende Spalt bis zu einer geringen Tiefe in die Innenschicht der Mutterzellwand eindrang und so noch dazu beiträgt eine hier sonst bevorstehende, wenn auch noch so schwache Verdickung auszugleichen; weil drittens nun eintretendes Dickenwachsthum den Rest von Differenzen aufhebt.

Die auf der Aussenseite vorspringenden Rissränder der ursprünglichen Mutterzellwand bilden aber die bekannten Scheiden und Kappen. Die lange Scheide umfasst die ganze untere Tochterzelle, ihr Rand fällt mit der innern Ansatzstelle der neuen Querwand in gleiche Höhe. Die Kappe bedeckt nur den obersten Theil der oberen Schwesterzelle, und da in den je oberen Zellen, die Theilungen besonders häufig zu erfolgen pflegen, so kann man an den Kappen auch am schönsten die Summationserscheinungen verfolgen (Fig. 48, 49). So viel Theilungen, so viel vorspringende Kappenränder [2]), dies ist allgemein bekannt, doch ist noch einigermassen das Verhältniss der Kappen zu einander und ihre Ausbildung streitig: ob sie nämlich als mit ihren Rändern sich deckende Ringe, oder als in einander geschachtelte Schälchen aufzufassen seien. Erstere Ansicht wurde von Pringsheim [3]), letztere von de Bary [4]) vertreten. Der von de Bary angenommene Bau sollte besonders als Beweis für eine Ausscheidung von Zellhautstoff während der Theilung auf

1) Hofmeister l. c. p. 155.

2) Hofmeister rechnete bis zu 12 Vorsprüngen l. c. p. 155.

3) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I p. 16 Anm.

4) Bot. Zeitung 1858 Beilage p. 81, neuerdings auch von Dippel Mikroskop p. 54.

der ganzen Oberfläche der Zellen dienen, doch hat Hofmeister bereits hervorgehoben, dass eine napfförmige Gestalt und Ineinanderschachtelung der Kappen sich eben so gut durch innere Spaltung der Membran erklären lasse. Dadurch hat die Frage, ob nun dieser oder jener Bau, sehr an Bedeutung verloren; nichtsdestoweniger war es für den Abschluss der ganzen Untersuchungen wünschenswerth, auch diesen Punkt noch in Erwägung zu ziehen. Ich wandte zu dem Zwecke dieselbe Untersuchungsmethode wie de Bary an, nämlich die Behandlung mit concentr. Schwefelsäure, und nun zeigte sich, dass beide Angaben über den Bau der Kappen für Oedogonium tumidulum richtig sind, dass dieselben nämlich sowohl Ringe als Näpfe darstellen können (Fig. 49). Beide Formen können in demselben Kappencomplex vereint vorkommen. Das gewöhnliche Verhalten ist, dass die einzelnen Kappenstücke Ringe darstellen, wohlverstanden Ringe, die in eine innere gemeinsame Wandschicht auslaufen, von der sie abgerissen werden müssten, sollte ihre Isolirung gelingen. Bei solchen Kappenringen lässt sich dann oft in keiner Weise die sie von dem nächst oberen und nächst unteren Kappenstücke trennende Contour in der gemeinsamen Einfügungsschicht verfolgen. Hin und wieder gelingt es aber, so wie es de Bary angiebt, eine Kappe oder einen Kappencomplex in Napfgestalt unter concentr. Schwefelsäure aus den übrigen herauszudrücken (Taf. IV, Fig. 49). Ich meine, dieses letztere kann eintreten, wenn zwischen zwei aufeinanderfolgenden Theilungen Schichtenspaltungen stattgefunden haben, so wie es Hofmeister ganz im Allgemeinen angenommen hat.

Die junge Membran, also etwa das eingeschaltete, eben fertig entwickelte Membranstück, besteht, wie schon hervorgehoben, nur aus der Innenschicht und der Cuticula. Dann nimmt es etwas an Dicke zu und die Innenschicht spaltet sich in drei Lamellen: eine wasserreichere mittlere zwischen zwei wasserärmeren. Es ist diese Schichtung im frischen Zustande nicht zu sehen, wohl aber bei Anwendung von verd. Schwefelsäure, wo man dann solche Bilder wie das von Hofmeister

dargestellte (l. c. Fig. 45 p. 155) erhält. Die wasserreiche Mittelschicht quillt sehr stark, die beiden wasserarmen nur wenig. Dem Hofmeister'schen Bilde, das nach einem mit Kupferoxydammoniak behandelten Präparate entworfen ist, müsste noch eine ganz zarte Cuticula auf der Aussenseite hinzugefügt werden, sollte das Präparat völlig denjenigen entsprechen, die ich unter Schwefelsäure für Oedogonium tumidulum erhielt. Unter concentrirter Schwefelsäure kann dann die Quellung bis zum Schwinden der Schichtung gesteigert werden, betrifft aber zunächst nur die Schichten des eingeschalteten Stücks, in nur sehr geringem Masse diejenigen der Kappen und Scheiden. Dieselbe Erfahrung hat Hofmeister für Kupferoxydammoniak gemacht.

Bei starker Quellung pflegen sich die Schichten unterhalb der Kappe in den Raum derselben hineinzuwölben, wie es meine Figuren 48 und 49, Taf. IV, zeigen.

Bei alten, sich stark verdickenden Ruhezellen sind sehr zahlreiche Schichten, schon ohne alle künstlichen Mittel, nur bei Anwendung hinlänglich starker Vergrösserung, wahrzunehmen; dieselben sind alle aus der ursprünglichen Innenschicht entstanden. Ich habe in Fig. 47 ein Stück einer solchen alten Zelle abgebildet, bei der ausserdem der interessante Fall eingetreten war, dass die Streckung der Ringmembran auf halbem Wege stehen blieb und die Entwickelung der Querwand gar nicht erfolgte.[1]) Dieser Fall ist noch weiter merkwürdig durch die Dicke der ursprünglichen Mutterzellwand. Ich muss es freilich dahingestellt sein lassen, ob diese Verdickung nach erfolgtem Theilungsversuche nachträglich durch innere Spaltung vor sich ging, oder ob sich eine so stark verdickte Zelle zu theilen versuchte und eben auch daher die Theilung misslang.

Nicht selten begegnet man übrigens Fällen, wo ein Ring gebildet worden, es aber gar nicht bis zum Aufreissen der Zelle,

---

1) De Bary hat auch Fälle beobachtet, wo die aus dem Ring hervorgehende Membran ganz normal entwickelt wurde, trotzdem eine Theilung der Zelle nicht erfolgte. Abh. d. Senkbg. Gesell. Bd. I, p. 46.

und zur Theilung derselben kam. Verdickt sich später eine solche Zelle, so wird der Ring in die Verdickungsschichten aufgenommen (Fig. 42). Man sieht dann die innersten Schichten der Wand über denselben continuirlich verlaufen, ihn selbst aber zwischen den Verdickungsschichten eingeschlossen. Man könnte hierin einen Beweis für Wachsthum durch Apposition erblicken, doch lässt sich, und das wollte ich nur hervorgehoben haben, die Erscheinung auch anders deuten. Solche unbenutzt gebliebenen Ringe werden nämlich zunächst mit ihrer Aussenseite der Zellwand angepresst, verschmelzen, namentlich an den Rändern, mehr oder weniger mit dieser, und dann wird ihre Innenfläche, gleich der Innenfläche der ganzen Zellwand, ernährt und können von derselben nunmehr auch Schichten abgespalten werden. Diese Schichten sind aber in Folge der jetzt der übrigen Zellwand gleichenden Ernährung dichter als die von ihnen eingeschlossene innere Masse des Ringes, also auch von derselben optisch verschieden. Dass die Seitenwand hier sonst durch innere Spaltung sich schichtet, folgt wohl aus dem vorhin beschriebenen Verhalten der ursprünglichen Innenschicht in dem dreischichtigen Zustande; doch hebe ich nochmals hervor, dass ich die so gewonnenen Resultate durchaus nicht ohne Weiteres zu verallgemeinern beabsichtige, mich vielmehr damit begnüge, die Art des Zellhautwachsthums hier zu schildern, ohne die Fälle, wo es durch Apposition erfolgen soll, damit schon in Frage zu stellen.

Ich habe mir auch bei *Spirogyra orthospira* und *Ulothrix zonata* Rechenschaft darüber zu verschaffen gesucht, wie sich die bereits differenzirten Schichten der Seitenwand beim weiteren Wachsthum verhalten. Nur die Innenschicht grenzt an den protoplasmatischen Inhalt der Zelle, von dem sie direct ernährt werden kann, die beiden äussern Schichten werden durch die erstere vom Inhalt getrennt. Sie werden trotzdem nicht dünner noch minder dicht während die Zelle wächst; sie müssen also auf irgend welche Weise ernährt werden.

Diese Ernährung könnte nun in zweifacher Weise gedacht

werden. Entweder nämlich als eine blosse Ergänzung durch Hinzunahme und entsprechende Veränderung der äussersten Lage der nächst innern Schicht, oder aber als eine wahre Ernährung durch Intussusception und zwar dann durch die innere resp. die inneren Schichten hindurch. Der letztere Fall dürfte hier der allein giltige sein, denn die drei Schichten zeigen stets gleich scharfe Contouren gegen einander, so dass an einen allmäligen Uebergang der innern in die äussern nicht zu denken ist. Im Allgemeinen hält bei den beiden hier in Frage stehenden Algen die Ernährung der Seitenwand ihrem Wachsthum das Gleichgewicht, so dass kaum merkliche Schwankungen sich in Betreff der Dicke der ganzen Wand und der einzelnen Schichten derselben im ganzen Verlauf eines Fadens feststellen lassen.

Nur ausserhalb der Einfügungsstellen der Querwände gehen insofern Veränderungen vor sich, als hier die Ernährungsverhältnisse anders geworden sind. Das vom Zellinnern abgesonderte Stück der Innenschicht wird, da es stark gedehnt und nicht in der entsprechenden Weise ernährt wird, immer dünner, bis es, wie es scheint, sich völlig auskeilt. Das die Mittelschicht in dem erweiterten Rande der Querwand repräsentirende, innere Dreieck stösst dann mit seiner Grundlinie an die Mittelschicht der Seitenwand an und beide Mittelschichten gehen nun continuirlich in einander über. Bei Ulothrix wird dann noch an ganz alten Querwänden ein mittlerer, die Grundlinie unter rechtem Winkel schneidender Theil der Dreiecksubstanz, der bis an die Cuticula anlehnt, so weit chemisch verändert, dass er farblos bleibt, während die angrenzende Mittelschicht mit Chlorzinkjod sich bläuet.

Spirogyra nitida Kg.[1]) (Taf. IV, Fig. 28—33), mit noch grösserem Zellkern als Spirogyra orthospira, einem Zellkern, der ausserdem im optischen Durchschnitt fast quadratisch

---

1) Oder jedenfalls eine der bei Kützing (Tabulae phycologicae V, Taf. 27) unter diesem Namen abgebildeten sehr nahe Form.

erscheint und ein schönes grosses centrales Kernkörperchen führt, zeigt ganz die nämlichen Theilungsvorgänge wie Spirogyra orthospira. Ich begnüge mich damit, hier einige Entwickelungszustände in Abbildung zu geben; ich wählte dieselben so, dass sie diejenigen der Spirogyra orthospira ergänzen.

An einigen Spirogyren mit verdecktem Kern habe ich die Theilung ebenfalls beobachtet und kann von denselben aussagen, dass sie ihre neuen Querwände ganz in derselben Weise wie die Formen mit sichtbaren Zellkernen bilden.

Auch bei den *Zygnema-Arten* geht die Theilung in wesentlich derselben Weise wie bei den Spirogyren vor sich [1]), doch lässt sie sich nur schwer verfolgen. Sicher ist, dass der Zellkern sich wie bei den Spirogyren theilt [2]); das Auseinanderrücken der beiden Hälften und die Ausbildung der Tochterkerne wird aber durch den Zellinhalt verdeckt. Bekanntlich führt jede Zygnemazelle zwei sternförmige Chlorophyllkörper, die in ihrem Innern je einen sog. Amylonkern einschliessen. [3]) Diesen Chlorophyllkörpern müssen die sich von einander entfernenden Kernhälften seitlich ausweichen. Sie rücken zwischen die grünen Strahlen hinein, durch welche diese Körper am Wandprotoplasma befestigt sind; sie halten sich dabei, wie es scheint, beide an derselben Wandseite. Die Querwandbildung folgt alsbald den ersten Vorgängen in der Kernmasse, und wenn ihre Bildung fast vollendet, verdoppeln sich auch die beiden sog. Amylonkerne. Da zerfällt jeder Chlorophyllkörper in zwei Hälften, welche auseinanderweichen; zwischen diese Hälften rückt nun

---

1) Auch hier habe ich die Theilungen künstlich auf den Tag verlegt, dadurch dass ich die Pflanzen des Nachts niedrigen Temperaturgraden aussetzte.

2) De Bary, Conjugaten p. 11, lässt den Zellkern völlig schwinden, die Protoplasmabrücke zwischen den beiden seitlichen, sternförmigen Massen schmäler werden, bis sie sich zuletzt zu einem feinen Faden auszieht, welcher endlich in zwei Hälften auseinanderreisst, deren jede in den entsprechenden grünen Stern überfliesst.

3) Vergl. Pringsheim, Pflanzenzelle Taf. III, Fig. 10—14.

der neue Zellkern hinein und bleibt dort in einer Protoplasmabrücke suspendirt.[1]) Ich habe Zygnema-Fäden während der Theilung in absoluten Alcohol eingelegt, um mich über den Bau und den Theilungsvorgang der sog. Amylonkerne orientiren zu können.[2]) Letzteres gelang auch beim Alcohol-Material erst dann, wenn ich die in Glycerin eingelegten Zellen mit Kalilauge behandelte. Dann quellen nämlich alle Stärkekörner, welche die Chlorophyllkörner undurchsichtig machten, auf: sowohl die kleinen Stärkekörper die zerstreut in dem sternförmigen äusseren Chlorophyllprotoplasma liegen, als auch die grossen Stärkekörner in den sog. Amylonkernen. Die sog. Amylonkerne geben sich dann aber sofort als echte Chlorophyllkörner zu erkennen.[3]) Im Innern bestehen sie aus fester Protoplasmamasse und haben auch eine Wand aus Protoplasma aufzuweisen; zwischen beiden liegen aber die, freilich vor der Behandlung mit Kalilauge zu untersuchenden, relativ grossen Stärkekörner, zu einer einfachen, concentrischen Schicht radial angeordnet.[4]) Diese sog. Amylonkerne unterscheiden sich also nicht wesentlich von so manchen anderen, viel Stärke führenden Chlorophyllkörnern; nur die concentrische Anordnung der Stärkekörner und die fest bleibende Mitte werden zu einer besonders charakteristischen Eigenschaft dieser Körner.

Die sog. Amylonkerne in den Chlorophyllbändern der Spirogyra sind ähnlich gebaut. Auch sie bestehen aus einer festen Mitte, aus Stärkekörnern, die entweder zu einem Ringe verschmolzen oder doch zu einem Ringe unregelmässig angeordnet, die Mitte umgeben, und aus einer festen Hautschicht.

---

1) Vergl. Pringsheim l. c. Taf. III, Fig. 10—15, nebst Figurenerklärung, p. 87. Pringsheim spricht sich über das Verhalten des Kerns nicht aus. Nach de Bary l. c. p. 11 erscheinen die neuen Zellkerne erst in den Querbrücken zwischen den verdoppelten Chlorophyllsternen.

2) Die ersten Angaben über den Bau und die Verbreitung dieser Körper finden sich bei Braun, Verjüngung p. 211.

3) Als solche auch von Naegeli schon bezeichnet und eingehend beschrieben (Stärkekörner 1858 p. 401 u. ff.).

4) Wie dieses auch de Bary schon angiebt, Conjugaten 1858 p. 9.

Die mittlere Masse wie die Hautschicht sind bei Spirogyra sowohl als auch bei Zygnema dunkler grün als das umgebende Protoplasma gefärbt; daher habe ich auch schon bei Spirogyra diese Gebilde als Chlorophyllkörner bezeichnet. [1])

Bei vorsichtiger Behandlung des mit Alcohol entfärbten Materials mit Jod, kann man sich, wie das de Bary [2]) und Naegeli [3]) bereits zeigten, überzeugen, dass sowohl bei Zygnema als auch bei Spirogyra die festen Kerne und die Wand der in Frage stehenden Chlorophyllkörner gelbbraun gefärbt werden, die Stärkeeinschlüsse selbstverständlich blau.

Durch die in der Kalilauge quellenden Stärkekörner wird die Wand der Chlorophyllkörner bedeutend gedehnt; sie nehmen bei Zygnema oft das Vielfache ihres ursprünglichen Volumens ein. Jetzt, wo alle Details des Innern der Chlorophyllkörper zugänglich werden, sieht man, dass es eine gar nicht so seltene Erscheinung ist, dass mehr denn ein Chlorophyllkorn in einem Chlorophyllstern eingeschlossen sei. Ich habe deren zwei hinter-, über- oder nebeneinander gesehen, auch vier in demselben Querschnitt, oder zu zwei neben einander, ja selbst acht. Hat man diese Fälle hier erst richtig erkannt, so gelingt es, sie auch an frischem Material aufzufinden. Bei der Theilung wird nun der centrale Kern der Chlorophyllkörner in der Richtung der Längsaxe der Zelle verlängert, dann in der Mitte biscuitartig eingeschnürt, bei fortschreitender Einschnürung endlich in zwei Theilhälften zerlegt. Ist dies geschehen, so sieht man auch in der gleichen Theilungsebene eine Trennungsschicht sich ansammeln, welche an die peripherische Wandschicht ansetzend, den Innenraum in zwei Hälften zerlegt. Innerhalb dieser Schicht erfolgt dann die Trennung der beiden Chlorophyllkörner.

Wo mehrere Chlorophyllkörner in dem Stern eingeschlossen sind, entstehen sie in gleicher Weise aus einander.

---

1) Vergl. darüber auch Cramer in Naegeli, Stärkekörner p. 403.
2) l. c. p. 2.
3) l. c. p. 402.

Vergleichen wir den hier eben geschilderten Theilungsvorgang mit dem sonst für Chlorophyllkörner bekannten [1]), so finden wir zunächst, dass hier der centrale Theil des Kornes sich so wie sonst das ganze Korn theilt; die Theilung der Peripherie muss aber als eine besondere Anpassung des Vorgangs an die fast völlige Aushöhlung des Korns durch die Stärkekörner angesehen werden. [2])

Jedenfalls liegt hier ein Process vor, der sich nur als eine Zerlegung der gewöhnlichen sog. Einschnürung in zwei gesonderte Vorgänge auffassen lässt.

Die Chlorophyllkörner in den Bändern der Spirogyra scheinen sich nur äusserst selten zu theilen, es werden vielmehr neue Körner im Bande zwischen den vorhandenen angelegt. Ihre Entwickelungsgeschichte hat bereits de Bary (Conjugaten p. 2) ausführlich gegeben, ich verweise auf dieselbe.

Schon aus Pietät fühlte ich mich veranlasst, den Theilungsvorgang auch bei *Cladophora* zu studiren, als derjenigen Pflanze, an der die Zelltheilung überhaupt 1835 durch v. Mohl [3]) zum ersten Mal verfolgt worden war. Seitdem ist auch kaum eine andre Pflanze so oft wie jene auf diesen Vorgang hin untersucht worden. Es hängt das, ausser der grossen Verbreitung und der äusserst leichten Cultur der Cladophoren, auch noch mit dem Umstande zusammen, dass man bei demselben leicht fast zu jeder Tageszeit Theilungszustände auffinden kann.

Die Cladophoren besitzen keinen Zellkern, wenigstens habe ich bei den drei untersuchten Arten: Cladophora fracta Kg.,

---

1) Vergl. Hofmeister, Pflanzenzelle p. 372; Kny, Bot. Zeitung 1872 p. 14.

2) Die Theilungsvorgänge an andern ähnlich ausgehöhlten Chlorophyllkörnern sind übrigens noch nicht verfolgt worden und dürften wohl Aehnliches ergeben.

3) Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung. Dissertation vom Jahre 1835, umgearbeitet in den vermischten Schriften p. 362 ff. 1845.

glomerata Kg. und fasciculata Kg., trotz aller angewandten Mittel nie einen solchen finden können.

Ich will hier den Zellinhalt und die Zelltheilung bei Cladophora fracta eingehender schildern.

Unter der sehr dünnen Hautschicht liegt bei dieser Cladophora, wie sonst Regel, die Körnerschicht mit den Chlorophyllkörnern, die hier in mancher Beziehung an diejenigen der Spirogyra erinnern und einzeln in kleinen, grünen, unregelmässig contourirten Protoplasmaplatten liegen. Jene Platten entsprechen jedenfalls den Bändern von Spirogyra. Nicht alle Platten enthalten Körner, vielmehr nur ein geringerer Theil derselben. Sie liegen dicht an einander, nur durch äusserst schmale, farblose Zwischenräume von einander getrennt, und verleihen so der Chlorophyllschicht eine wie gepflasterte Oberfläche. Von der Körnerschicht der Wand entspringen auch feine Platten farblosen Protoplasmas, die in das Innere der Zelle hineinragen und hier an andere anlehnend, im optischen Durchschnitt ein Netzwerk darstellen, in Wirklichkeit das Zellinnere in zahlreiche polyedrische Kammern theilen.[1]) Auch in diesen inneren Platten sind einzelne, oft zahlreiche Chlorophyllkörper vertheilt. Zwischen den Chlorophyllkörpern der Körnerschicht findet man nicht selten bei Cladophora fracta auch einzelne, im Allgemeinen halbkugelige Anhäufungen körnigen Protoplasmas, die im ersten Augenblick durchaus an Zellkerne erinnern. Sie kehren ihre flache Seite der Zellwand zu und senden zahlreiche feine Pseudopodien von ihren Rändern aus, mit welchen sie an der Umgebung festhalten. Sie färben sich mit Jod gelbbraun. Die Stelle eines solchen Protoplasmaknotens markirt sich meist äusserlich schon als hellerer Fleck. Dass es keine Zellkerne sind, folgt unmittelbar aus der Thatsache, dass sie in Mehrzahl in den Zellen sich finden. Ich zählte in einem Falle derselben acht. Sie lassen sich in ganz gesunden Zellen, auch in solchen finden, welche in Theilung begriffen sind, so dass sie sich weder als krankhafte Bildungen, noch als Para-

---

1) Vergl. auch Hofmeister, Pflanzenzelle p. 38.

siten deuten lassen. In inhaltsarmen Zellen sind sie freilich besonders leicht zu sehen und habe ich sie denn auch mit einer solchen Zelle abgebildet in Fig. 1 der Taf. V. Zu gewissen Zeiten fand ich sie sehr häufig, zu anderen wieder nur äusserst spärlich, möglich, dass ihr Auftreten durch bestimmte Culturverhältnisse veranlasst oder doch begünstigt wird. Bei Cladophora glomerata und fasciculata habe ich diesen vielleicht entsprechende Gebilde zwischen Chlorophyllkörpern eingeschlossen gesehen, doch nie in der Weise frei entwickelt wie bei Cl. fracta.

Es theilen sich bei Cladophora fracta, ganz so wie bei den anderen Arten dieser Gattung, nicht nur die Endzellen der Fäden, sondern auch ältere Gliederzellen derselben.

Die sich theilenden Zellen (Taf. V, Fig. 2—4) sind schon bei schwacher Vergrösserung aufzufinden, so auffallend ist die Einschnürung der chlorophyllführenden Schicht, oder vielmehr das Auftreten des hellen Ringes, der diese Schicht umgiebt, an den Theilungsstellen. Das sind nun aber freilich schon ziemlich weit vorgerückte Entwickelungszustände, die so stark in die Augen fallen; nach den jüngsten muss nun weiter bei stärkerer Vergrösserung gesucht werden. Die leicht bemerkbaren, älteren Zustände zeigen uns aber sofort an, ob überhaupt auf Theilungen in dem gegebenen Augenblicke zu hoffen sei, da auch hier sich selten nur ganz vereinzelte Zellen theilen, vielmehr, wenn für die Theilung günstige Bedingung vorhanden, gleichzeitig eine grössere Zahl derselben.[1]) Der Vorgang beginnt mit einer ganz schwachen ringförmigen Ansammlung farblosen Protoplasmas und einem entsprechenden Zurückweichen der Chlorophyllschicht. Sofort fängt auch die ringförmige Anlage der neuen Querwand an[2]), die eben so scharf wie bei Spi-

---

1) Auf diesen Umstand hat früher schon Pringsheim hingewiesen Pflanzenzelle p. 79.

2) v. Mohl erklärte in der Dissertation von 1835 (abgedruckt Flora 1837) die Theilung der Zelle der Cladophora glomerata für eine Abschnürung des Zellinhaltes durch das Einwärtswachsen einer von der Zellwandung ausgehenden Scheidewand. In der Umarbeitung der

rogyra an die Mutterzellwand ansetzt. Auch hier wandern an der Hautschicht des Wandprotoplasmas entlang kleine Körner nach der Bildungsstätte der Querwand hin, auch hier sammeln sie sich an der innern Kante derselben an, doch geschieht beides in viel spärlicherer, daher auch weniger auffälliger Weise

---

Dissertation in den Vermischten Schriften, 1845 p. 369, hielt er die junge Anlage der Querwand für eine Falte des Primordialschlauches, von dem die ganze Theilung ausgeht. Die Zellmembran sollte noch vor vollendeter Abschnürung an der ganzen Oberfläche des Primordialschlauches gebildet werden, also auch an der Abschnürungsstelle die Falte des Primordialschlauches auskleiden, somit an dieser Stelle von Anfang an doppelt sein. — Nach Mitscherlich (mit Zuziehung des Herrn Lasch, seines Gehilfen) (Bericht üb. d. Verh. d. Kgl. Pr. Ak. d. Wiss. z. Berlin 1847) trennt sich die gelatinöse Masse etwas von der Zellwand, und an dieser bildet sich zuerst ein kleiner Ring; die gelatine Masse wird immer mehr zurückgedrängt, sie geht auseinander und trennt sich, währenddem die Bildung der Zwischenwand vorschreitet. Diese Wand ist eine Neubildung und nicht etwa eine Einschnürung; sie bildet im Beginn eine ganz dünne Membran, an diese legt sich nun mehr Cellulose, und es erscheint später jede Zelle mit ihrer eigenen Wand, die da, wo sie die Wand der Mutter- und der Nebenzelle berührt, von dieser absteht. — Thuret bildete 1850 (Ann. d. sc. nat. Bot. 3me T. XIV, Pl. 16, Fig. 17) eine in Theilung begriffene Zelle von Cl. glomerata ab, ohne auf die Deutung des Vorgangs einzugehen. — Pringsheim wies dann (1854) gegen v. Mohl's letzte Auffassung nach, dass „in jedem, nach dem jüngsten Theilungsstadium immer schon eine zarte Zellstoffzwischenwand vorhanden sei“ l. c. p. 21; diese ist zwar einfach, doch hält Pringsheim sie aus anderen Gründen für eine Einfaltung der innersten Schicht der Zellwandung, von der die Theilung ausgeht. — Nach Naegeli, Pflanzenphys. Unters. (1855) Heft I, p. 15, scheidet der Primordialschlauch an einer ringförmigen Stelle Cellulose aus. Indem diese Ausscheidung fortdauert, bildet sich eine ringförmige Platte, welche den Primordialschlauch immer tiefer einfaltet. Er verweist auf Cladophora glomerata und divaricata Taf. IV, Fig. 3—11. — Im Jahre 1855 giebt v. Mohl in der Bot. Zeitung Sp. 734 zu, dass, „sobald auch nur die kleinste Einfaltung des Primordialschlauches vorhanden ist, in derselben der Anfang einer aus Cellulose gebildeten, aus einer einspringenden Falte der innersten Schicht der Zellwand gebildeten Scheidewand liegt.“ — Dippel (Mikroskop p. 51) stellte sich neuerdings (1869) für Cladophora glomerata fast vollständig auf den v. Mohl'schen Standpunkt der Verm. Schriften.

als bei Spirogyra. Dafür ist hier viel mehr farblose Flüssigkeit, wahrscheinlich sehr wasserreiches Protoplasma[1]) vielleicht noch mit Kohlenhydraten in Lösung, um die junge Scheidewand angesammelt, daher der so auffallend starke helle Ring um die eingeschnürte Chlorophyllschicht. Die Hautschicht selbst liegt der Mutterzellwand und der jungen Querwand überall fest an. Es scheint freilich oft als wenn das nicht der Fall wäre, indem man nämlich deutlich in der farblosen, peripherischen Masse eine eingebuchtete Linie erblickt, welche die Mutterzellwand zu beiden Seiten verlassend, nach der innern Kante der Querwand läuft (Taf. V, Fig. 2). Anwendung von Zuckerlösung zeigt aber sofort, dass diese Linie nicht den Rand der Hautschicht repräsentirt[2]), denn letzterer tritt ganz wie zuvor auch aus den beiden Winkeln zurück, die Mutterzellwand und Querwand mit einander bilden. Die eingebuchtete Linie entspricht nur schmalen Protoplasmafäden oder Protoplasmaflächen, die sich in der dünnflüssigen Substanz um die Querwand differenzirt haben und, mit Umgehung des Winkels, die Seitenwand mit der Innenkannte der Querwand verbinden. Auf diesem kürzesten Wege schreiten jetzt die Ströme fort und führen kleine Körner der Innenkante zu, während man solche Körner an der Hautschicht im Winkel nur noch ganz vereinzelt wandern sieht.

Bei Anwendung wasserentziehender Mittel überzeugt man sich auch leicht von der geringen Dichte der die Querwand umgebenden Substanz. Sie setzt dem Rückzuge der Hautschicht auf die Chlorophyllschicht kaum Widerstand entgegen, und ist endlich die Schicht farblosen Protoplasmas über der Chlorophyll-

---

1) Pringsheim bezeichnet sie als farblose Masse von schleimiger Consistenz (die Hautschicht), l. c. Figurenerklärung. Naegeli als verdünntes Protoplasma l. c. p. 46.

2) Pringsheim scheint sie für den Rand selbst gehalten zu haben, denn er sagt in der Figurenerklärung zu Cladophora: „Meist scheint diese Masse (die Hautschicht) ebenso, wie die Körnerschicht, mit Freilassung eines kleinen äussersten Raumes sich etwas einzubiegen.“ So auch die Figuren.

schicht nach vollzogener Contraction über jener Stelle nur um ein Weniges stärker als an anderen Orten.[1])

Der chlorophyllhaltige Zellinhalt wird immer tiefer eingeschnürt (Taf. V, Fig. 3 u. 4). Das Verbindungsstück der beiden Schwesterzellen wird immer enger; es erscheint grün, wenn einzelne peripherische oder innere Chlorophyllkörper in dem Zwischenstück sich vorfinden, oder farblos, wenn sie alle aus demselben ausgewandert sind. Da das ganze Innere hier von Protoplasmaplatten durchsetzt ist und so das Zelläussere und das Zellinnere gleichsam einen einzigen zusammenhängenden Körper bilden, so wird hier die wandständige Chlorophyllschicht auch nicht in der Weise für sich durchschnitten wie bei Spirogyra, vielmehr geht eine zusammenhängende Einschnürung des ganzen, der Körnerschicht des Protoplasmas angehörigen Systems der Zelle vor sich (Taf. V, Fig. 3). Nach vollendeter Trennung des körnigen Inhaltes beider Zellen, und nach vollendeter Bildung der Scheidewand, sieht man hier den grüngefärbten Inhalt der beiden Zellen noch eine Zeit lang von der Querwand fernbleiben und diese daher auch nach ihrer Vollendung zunächst noch beiderseits von der farblosen dünnflüssigen Substanz umgeben. Diese Substanz scheint zu der rascheren Ernährung der jungen Scheidewand beizutragen, wenigstens sprechen an anderen Orten gemachte Beobachtungen, von welchen später die Rede sein soll, für eine solche Annahme. Allmälig wird diese Substanz dann in das Zelllumen aufgenommen und die Chlorophyllschicht der Querwand genährt.

Zu der Zeit etwa, wo die Querwand auf zwei Drittel ihres

---

1) Soll gleichzeitig die junge Querwand unversehrt stehen bleiben, so dürfen nur indifferente wasserentziehende Mittel angewandt werden. Schon Pringsheim zeigte, dass stärkere Säuren, Chlorzinklösung etc., die junge Scheidewand hier lösen, l. c. p. 23. Hofmeister fasst dieses folgendermassen zusammen: „Essigsäure, Lösung von Jodmetallen, von Chlorcalcium, selbst von säurehaltigem Glycerin machen die Ringleiste aufquellen und entziehen sie der Beobachtung: sehr leicht bei Cladophora fracta, etwas schwieriger bei Cl. glomerata; noch widerstandsfähiger ist ihre Substanz bei den Spirogyren.“ Pflanzenzelle p. 111.

Weges vorgedrungen ist, sieht man statt der früheren, scheinbar nur eine einzige Einbuchtung bildenden Ströme, solche in grosser Zahl unregelmässig anastomosirend die farblose Substanz durchsetzen und in ihnen nun die einzelnen Körnchen wandern (Taf. V, Fig. 3).

Die junge Querwand reicht auch hier während ihrer Bildung mit der innern Kante bis auf den Grund der Rinne, die von der Hautschicht gebildet wird (Fig. 2, 3, 4). Von der eingeschnürten Körnerschicht wird letztere aber, wie bei Spirogyra, durch einen aus dichterem Protoplasma gebildeten Ring, der öfters an seinen wenn auch spärlichen Körnchen zu erkennen ist, geschieden. Dass die Körnerschicht bei Cladophora auch nur mechanisch eingedrückt wird, darauf hat schon Naegeli[1]) hingewiesen. Wie leicht dieselbe sich hier von der Hautschicht trennt, zeigt aber auch die in sich nicht eben theilenden Zellen häufige Erscheinung, dass die grüne Schicht auf grössere oder geringere Strecken hin von der Hautschicht zurücktritt und der Raum zwischen beiden sich ebenfalls mit dünnflüssiger Substanz füllt.

Die werdende Querwand ist bei Cladophora fast eben so dünn, wie bei Spirogyra, auch ist sie eben so einfach und lässt sich durch keinerlei künstliche Mittel in zwei Blätter zerlegen[2]). Die Verdickung der Querwand am Insertionsrande beginnt ziemlich frühzeitig, oft noch vor vollendeter Theilung (Taf. V, Fig. 3).

Die unvollendeten Theilungen, die in Gestalt von Falten bei Cladophoren nicht selten vorkommen, haben Pringsheim mit zur Aufstellung der Theorie von der Faltung der innersten Membranschicht als Theilungsmotors veranlasst. Diese sog. Falten waren aber bereits 1847 von Mitscherlich[3]), freilich den damaligen Vorstellungen über das Wachsthum der Membran gemäss, richtig

---

1) l. c. p. 46.

2) Dass sich die junge Querwand hier nicht künstlich in zwei Blätter zerlegen lässt, hebt auch Pringsheim hervor l. c. p. 26.

3) Bericht der Berl. Akad. 1847 p. 434.

gewürdigt worden. Die Scheidewand war nach seiner Auffassung eine Neubildung und nicht etwa eine Einschnürung. Zuweilen geschehe es nun, meinte er, dass sich die Zellwand nur zur Hälfte oder nur auf einer Seite entwickelt, dann finden spätere Ablagerungen auf diese Bildung statt und, wenn man nicht die Entwickelung der Membran fortdauernd unter dem Mikroskop verfolgt hat, kann man diese Bildung für beginnende Ein- und Abschnürungen halten. — Unsere Erklärung der Falten muss aber jetzt etwa lauten [1]): dass die junge, unvollendete oder nur einseitig entwickelte Querwand sich bei weiterem Dickenwachsthum in drei Lamellen spaltet; die mittlere, bei fortgesetztem, hier oft auch an der Einfügungsstelle nicht sistirtem Längenwachsthum der Seitenwand stark gedehnt, ja, wenn sich ein Intercellularraum bildet, selbst ganz unkenntlich gemacht werden kann. In Folge des an den Insertionsstellen fortgesetzten Längenwachsthums der Seitenwand können auch eventuell noch spätere, durch Spaltung entstandene Schichten von einander getrennt werden, jede Schicht dann auch weiter für sich wachsen und secundäre Falten innerhalb der anderen bilden, so wie es in der Fig. 19 auf Taf. I des Werkes über die Pflanzenzelle von Pringsheim für eine Zelle von Cladophora fracta abgebildet wurde. Die obige Deutung gilt natürlich nur für solche „Falten“ der Zellwand, die wirklich aus unvollendeten Scheidewänden ihren Anfang genommen, lassen aber etwaige Fälle unberührt, wo in der That wirkliche abnorme Faltungen der Innenschicht der Membran vorliegen.[2])

Wie wir aus obiger Schilderung ersehen, schliesst die Zelltheilung bei Cladophora fracta unmittelbar an diejenige bei Spirogyra an; nur der Zellkern fehlt. Schon bei Spirogyra war uns aber, im Vergleich mit den Zelltheilungen im Ei der Abietineen, die relativ grosse Unabhängigkeit aufgefallen, die Zellkern und Wandprotoplasma von einander zeigten. Sind wir

---

1) Vergl. auch Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle p. 11 u. f.

2) Normalerweise kommen bekanntlich solche Faltungen an den Querwänden einer ganzen Reihe von Spirogyren vor.

doch bei Spirogyra ausnahmsweise normaler Theilung der Kerne bei völlig ausgebliebener Theilung der Zellen begegnet.

Möglich also, dass uns in dem Theilungsvorgange der Cladophora kein ursprünglicher sondern ein abgeleiteter Fall vorliegt, dass, nachdem hier beide Vorgänge der Kerntheilung und der Zelltheilung so unabhängig von einander geworden wie bei Spirogyra orthospira, der Zellkern, als nunmehr für die Zelltheilung eigentlich überflüssig, mit der Zeit aus der Zelle völlig verschwand.

Solche Emancipirung der Zelltheilung von dem noch vorhandenen Kerne wie bei Spirogyra orthospira, ist uns aber auch sonst nur immer in Zellen mit relativ sehr grossem Lumen begegnet, wo das, wie ich meine, ursprüngliche Verhältniss von Zellkern und Wandprotoplasma bei der Theilung durch die Vergrösserung des Lumens aufgehoben wurde. Ich hebe das ausdrücklich hervor, weil hieraus gleichzeitig hervorgeht, dass es entschieden unrichtig wäre, die eigentliche Beziehung des Zellkerns zur Zelltheilung aus letzterem Verhältniss beurtheilen zu wollen.

Den Fall einer Zelltheilung mit wandständigem Zellkern unter sonst ganz ähnlichen Verhältnissen wie bei Spirogyra bieten uns die *Ulothrix*-Arten.

Die Ulothrix, die ich zunächst (Ende November) aus der Schwarza geholt und in Glasgefässen untergebracht hatte, war in denselben sofort erkrankt, so dass sie keine Zelltheilungen mehr zeigte. Das veranlasste mich, Mitte Januar bei eingetretenem Thauwetter neues Material zu holen. Diesmal wurden die etwas reducirten Pflänzchen, sammt dem Geröll dem sie aufsitzen, sofort in flache Gefässe untergebracht und in der Vorhalle eines der Gewächshäuser unsers botanischen Gartens einem ununterbrochenen Wasserstrome ausgesetzt. Ich benutzte hierzu die durch diese Vorhalle durchgeleitete Quelle, und in dem rasch fliessenden Wasser derselben gediehen nun die Fäden längere Zeit sehr gut, ihre Zellen theilten sich reichlich und bildeten unzählige Schwärmsporen. Ich beobachtete Zellthei-

lung und Schwärmsporenbildung in den Vormittagsstunden. Die Pflanzen, die ich jetzt in Untersuchung hatte, gaben sich als typische Ulothrix zonata zu erkennen. Sie zeigten in ihren Zellen das bekannte wandständige, breite Chlorophyllband, das mehrere stärkeführende Chlorophyllkörner eingelagert enthält; ausserdem den halbkugeligen, mit schönem, centralen Kernkörperchen ausgestatteten, der Seitenwand mit der flachen Seite anliegenden Zellkern.[1]) An der Stelle, wo der Zellkern sichtbar wird, ist das Chlorophyllband gewöhnlich durchbrochen; nur in selteneren Fällen überzieht es den Zellkern mit einer schwachen Schicht von der Innenseite und trennt ihn so vom Zelllumen.

Die Theilung beginnt mit der Vergrösserung des Zellkerns und dem gleichzeitigen Schwinden des Kernkörperchens. Die Contouren des Kerns werden minder deutlich und man kann nun hin und wieder die Kernplatte in demselben auftreten sehen. Dieses gelingt natürlich nur, wenn der Zellkern der dem Beobachter zugekehrten Seitenwand der Zelle anliegt.

Die Kernplatte ist stets quer zur Längsaxe des Fadens gestellt. In besonders glücklichen Fällen habe ich sie auch sich verdoppeln, dann aber alsbald unkenntlich werden und nun für eine Zeit lang sich der Beobachtung völlig entziehen sehen. Gleichzeitig wird nun aber, was übrigens auch nicht immer leicht zu sehen, ein Körnergurt an der Hautschicht der Zelle gebildet. Die Körner, die sich in demselben ansammeln, sind nicht eben klein, doch nur schwach gegen seitwärts anstossende Körnchen abgegrenzt. Jetzt wird auch gleich eine leichte Einschnürung des grünen Inhalts bemerklich und bald lässt sich auch in dem auf diese Weise entstandenen, hellen Ringe bei scharfer medianer Einstellung der Beginn der Scheidewandbildung nachweisen. Dieselbe setzt hier in Gestalt

---

1) Vergl. unter anderem Naegeli, die neuen Algensysteme p. 137; Dippel, Zelltheilung der Ulothrix zonata, aus den Abh. d. Naturf. Ges. Halle Bd. X, Separatabdruck p. 4, und Cramer, über Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix, aus der Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. zu Zürich Bd. XV, Heft 2, Separatabdruck p. 3.

einer dünnen Ringleiste eben so scharf und schmal an die Innenschicht der Seitenwand an, wie in den früher beschriebenen Fällen. Neutrale wasserentziehende Mittel, vorsichtig angewandt, zeigen das auf das Bestimmteste. Die Bildung der Scheidewand hat aber kaum angefangen, so beginnen die Anlagen der beiden neuen Zellkerne wieder deutlicher zu werden. Sie sind etwa um zwei Drittel kleiner als der ursprüngliche Mutterzellkern und noch ohne Kernkörperchen; mitten zwischen ihnen haben sich Körnchen zu einer queren Platte angesammelt. Die beiden neuen Kerne etwa verbindende Fäden sind hier nicht zur Anschauung zu bringen, wohl hin und wieder aber noch eine die beiden Schwesterkerne verbindende tonnenförmige Gesammtcontour: dieses etwa schon drei Viertelstunden nach Schwinden der ursprünglichen Kernkörperchen, während eine Viertelstunde später dann auch die Kernkörperchen, hier sofort nur je eines, in den neuen Kernen sich zeigen.

Diese Kerne sind inzwischen auch bedeutend angeschwollen, jeder etwa auf zwei Drittel der Mutterzellkerngrösse, und haben sich nicht unbedeutend einander genähert. Es ist dies hier einfach Folge ihrer Vergrösserung, da sich ihre von dem gemeinsamen Mittelpunkt abgekehrten Seiten gleichzeitig nicht verrücken.

Die Bildung der Scheidewand schreitet inzwischen langsam von der Peripherie nach der Mitte fort, durchschneidet das Clorophyllband und ist etwa nach weitern $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden vollendet[1]).

Ueber das Verhalten des protoplasmatischen Inhaltes der Zellen von *Oedogonium tumidulum* bei der Theilung will ich hier nur einige wenige Bemerkungen einschalten, und verweise im Uebrigen auf die ältern Beschreibungen dieses Vorgangs. Vor-

1) Vergl. im Uebrigen Schacht, Lehrbuch Bd. I p. 81, und Dippel l. c. und Mikroskop p. 51. Nach letzterem soll der beim Beginn der Theilung vorhandene Kern sich in zwei Tochterkerne abschnüren, die Einfaltung der Membran der Abscheidung der Zellstoffhülle oft bedeutend vorausgehen, letztere aber im Umkreise der ganzen Tochterzellen, nicht allein in der Ringfalte, erfolgen.

ausgeschickt sei, dass diese Zellen zu einer jeden Zeit sich theilen können; ich habe sie des Vormittags so wie des Nachmittags beobachtet, vornehmlich aber des Nachts. Wenn man erst eine Zelle in Theilung gefunden, kann man auch auf andere rechnen, dagegen sollte man auf das weitere Suchen verzichten, wenn dies nicht alsbald gelungen.

Zunächst sammelt sich der körnige Inhalt der Zellen vornehmlich in deren oberem Theile an. Dann beginnt der parietale Zellkern, ohne die Wand der Zelle zu verlassen, sich zu vergrössern, indem gleichzeitig sein centrales Kernkörperchen schwindet. Dieses fällt bereits mit der Ringbildung zusammen.[1]) Die Vorgänge bei der Bildung der neuen Kerne werden hier grösstentheils durch den körnigen Inhalt der Zelle verdeckt, immerhin konnte ich mich überzeugen, dass sie nicht verschieden von denen bei Ulothrix sind. Die Tochterkerne entstehen wie dort in parietaler Lage.[2])

Zwischen denselben zeigt sich, meist erst mit Vollendung des Ringes, die protoplasmatische Trennungsschicht der Schwesterzellen.[3]) Ob dieselbe gleichzeitig die ganze Mutterzelle quer durchsetzt oder von der Peripherie nach dem Centrum in ihrer Bildung fortschreitet[4]), schien mir von dem Umstande abhängig, ob das ganze Lumen der Zelle an dieser Stelle dicht mit Protoplasma erfüllt, oder ob letzteres durch Zellflüssigkeit unterbrochen war. An Alcohol-Präparaten[5]) ist hier aber wieder sehr schön zu sehen, wie alsbald eine Reihe schwarzer Punkte die protoplasmatische Trennungsschicht durchsetzt. Damit beginnt jedenfalls die Bildung der beiden getrennten Hautschichten und auch nachweislich die Ausscheidung von Zellhautstoff zwischen beiden. Jetzt springt die Mutterzellwandung auf, und die Streckung der beiden Schwesterzellen geht in bekannter

1) Hofmeister l. c. p. 103; Dippel, Mikroskop p. 53.

2) De Bary, Abhand. d. Senkenb. Ges. p. 39 u. f. u. Taf. II, Fig. 9 u. 10. Hofmeister l. c. p. 103.

3) v. Mohl, Bot. Zeitung 1855 Sp. 729. Hofmeister l. c. p. 103.

4) Wie es Hofmeister will l. c. p. 103.

5) Am besten dann in Wasser zu untersuchen.

Weise vor sich. Während der Streckung wird aber in der Trennungsschicht die Cellulosemembran gebildet und von der unteren Zelle so weit gehoben, bis sie mit ihren Rändern die untere Einfügungsstelle des Ringes erreicht und nun mit jener verschmilzt (Taf. IV, Fig. 45).

Die untere Zelle ist diejenige der beiden Schwesterzellen, die zunächst rascher wächst; dabei füllt sie sich in ihrem oberen Ende mit farbloser Flüssigkeit an, so dass solche hier den körnigen Zellinhalt von der jungen Membran trennt. Die ganze obere, bisher nur unmerklich verlängerte Zelle ist hingegen noch völlig mit körnigem Inhalte angefüllt, so dass letzterer auch unmittelbar an die junge Membran grenzt. Nach ihrer Befestigung an der Seitenwand wird letztere noch unter dem Drucke der Zellflüssigkeit der unteren Zelle etwas in die obere hinein gewölbt (Fig. 46, die Scheidewand hier durch künstlichen Druck zum Bersten gebracht).

Was mich veranlasste, die Bildung der Cellulosemembran noch während der Wanderung der Trennungsschicht, gegen die jetzt meist herrschende Ansicht[1]), hier anzunehmen, war zunächst der Umstand, dass ich bei Oedog. tumidulum im optischen Verhalten dieser Haut kurz vor dem Erreichen des oberen Randes der Scheide einerseits und nach bereits erfolgter Einfügung an der Seitenwandung andererseits auch mit den besten Systemen keinen Unterschied wahrnehmen konnte. Da mir aber zahlreiche, in den betreffenden Entwickelungszuständen fixirte Alcohol-Präparate zur Verfügung standen, so war ich in der That in der Lage, die Querwand auf ihrer Wanderung vergleichend zu studiren. Das nachträgliche Anwachsen der Querwand an die Seitenwandung hatte für mich aber nichts Unnatürliches, wenn ich bedachte, wie die junge Querwand bei Spirogyra an die ganz alte Seitenwand der Zelle ansetzt, oder wie die inneren Kanten derselben Querwandanlage dort schliesslich im Mittelpunkte vereinigt werden. Ganz eben so brauchte hier nur so viel Cellulose am Aussenrande der jungen Quer-

1) De Bary, Bot. Zeitung 1858 Beil. p. 80. Hofmeister l. c. p. 103.

wand ausgeschieden zu werden, um ihre Vereinigung mit dem unteren Rande des gestreckten Ringes zu bewirken. Gegen die Annahme, als sei die sichtbare Abgrenzung bis zur Erreichung der Ansatzstelle nur Hautschicht, spricht auch der Umstand, dass dieselbe sich zuvor schon wie eine zarte Cellulosewand benahm, bei Anwendung wasserentziehender Mittel Falten schlagen konnte und gegen chemische Eingriffe sich alsbald resistenter zeigte als bei ihrem ersten Auftreten.[1])

Bliebe die Abgrenzung Hautschicht, so hätte sich auf der Wanderung kaum ihr Charakter wesentlich verändert; sie nimmt aber noch vor dem Erreichen ihres Zieles die scharfen Contouren und auch sonst einer jungen noch unfertigen Cladophora-Querwand ganz ähnliche Eigenschaften an.

Dass sie übrigens auch jetzt noch durch energische Eingriffe zerstört wird, hat sie auch nur mit jenen eben genannten Cellulosemembranen gemein. Aus allen diesen Gründen konnte hier überhaupt eine Controverse über die Natur dieser Haut bestehen, und hat denn namentlich schon Pringsheim ihre Existenz als Cellulosemembran sicher behauptet.[2]) Dasselbe geschah auch neuerdings wieder von Dippel[3]), wobei freilich beide Forscher auch eine gleichzeitige Bildung von Zellhaut im ganzen Umfange der Schwesterzellen annahmen.

Mir galt es, was bisher noch von keiner Seite geschehen war, die Cellulosemembran zwischen den beiden Schwesterzellen noch während der Wanderung direct mit Chlorzinkjod nachzuweisen, eventuell mich vom Fehlen derselben in solchen Entwickelungszuständen dann zu überzeugen. An frischen Objecten, das sah ich bald ein, war das gewünschte Ziel nicht zu erreichen. Die nur den Inhalt der Zelle durchsetzende Membran musste sich ja gleichzeitig mit jenem bei Anwendung von Chlorzinkjod contrahiren und die Reaction des Inhalts nun diejenige der Membran verdecken. Nicht so bei Alcohol-Präparaten. Da war der Inhalt in seiner Lage fixirt und zog

1) Vergl. auch Pringsheim, Pflanzenzelle p. 39.
2) l. c. p. 39 u. Jahrb. p. 15.
3) l. c. p. 53.

sich auch unter der Einwirkung der Chlorzinkjodlösung nicht zusammen. Die junge Membran war aber hin und wieder auch von den Körnern der oberen Zelle etwas zurückgetreten und dann ganz frei zu verfolgen. Es zeigte sich jetzt, dass sich diese Membran in der That violett färbt; ja auch noch weitere Eigenthümlichkeiten. In der Höhe, wie in Fig. 44, Taf. IV, erschien die gefärbte Membran fast gleichmässig in ihrer ganzen Ausdehnung. In der Höhe wie in Fig. 43 dagegen mit körnigem oder perlschnurförmigem Durchschnitt. Ja die Celluloseausscheidung liess sich nunmehr bis auf ihre ersten Stadien zurückverfolgen. Kurz vor oder gleich nach dem Aufspringen der Zelle konnte man sie in einer Reihe dunkelvioletter Punkte die Hautschichtplatte durchsetzen sehen. Die Zellstoffausscheidung folgt hier also jedenfalls sehr bald auf die Bildung der Hautschichtplatte und begleitet ihre Trennung in zwei Hälften. Um alle die vorhin geschilderten Färbungserscheinungen deutlich zu bekommen, muss aber die Chlorzinkjodlösung sehr langsam und nur in geringen Mengen zugesetzt werden. Die Trennungsschicht der ersten Entwickelungsstadien namentlich kann auch an Alcohol-Präparaten durch Quellung des übrigen Inhalts mehr oder weniger zerstört werden. Zu den beiden Seiten der jungen Membranen wird mit Chlorzinkjod ein schwacher brauner Saum sichtbar, in dem ich die anliegenden Hautschichten erkennen möchte, der sich auch ganz so wie die Hautschicht an der Seitenwandung verhält.

Alle Entwickelungszustände, die mir hier zu Gesichte kamen, so wie schon die Art der Entstehung der Zellhaut, weisen darauf hin, dass dieselbe hier gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung gebildet werde. Wir haben es hier in dieser Beziehung jedenfalls mit einem ganz ähnlichen Vorgange zu thun, wie wir ihn bei den Theilungen im Ei der Abietineen beobachtet haben. [1])

---

1) Hofmeister lässt hingegen bei Oedogonien die Scheidewand erst auftreten, nachdem die Trennungsfläche beider Zellen eine kurze Strecke

An der Stelle, wo die junge Querwand an den unteren Rand des in diesem Entwickelungszustande noch vorspringenden, aus dem Ring hervorgegangenen Membranhohlcylinders anstösst, verschmilzt sie, wie schon erwähnt, mit ihm und der Verschmelzungsring zeichnet sich durch etwas stärkere Verdickung und Lichtbrechung alsbald vor der übrigen Zellwand aus (Fig. 46).

Unter den vielen Hunderten von Zellen die ich im Theilungszustand sah, fand ich eine einzige, die sich in ganz ähnlicher Weise wie Spirogyra orthospira theilte. „Der abnorme Fall, dass eine Zelle sich in der gewöhnlichen Weise der Zellbildung, ohne Aufbrechen der Mutterzelle theilt", schreibt Pringsheim[1]), „gehört bei Bulbochaete zu den grössten Seltenheiten und kommt nur bei sehr alten Zellen vor; bei Oedogonium habe ich ihn niemals gesehen." Es lag hier also ein höchst seltener Fall vor: die Zelle war noch jung, in der oberen der beiden sich bildenden Schwesterzellen auch ein Ring vorhanden,

über den oberen Rand des Scheidentheils der Mutterzelle hervortrat; dieselbe setzt an das untere Ende des neu eingeschalteten Membranstücks rechtwinklig an und soll ihre Ausbildung von der Peripherie zur Axe der Zelle allmälig, wenn auch sehr rasch, vorschreiten: l. c. p. 104. Nicht uninteressant zur Beurtheilung dieses Verhältnisses dürfte es sein, dass de Bary zunächst in den Abhandlungen der Senkenbergischen Naturforsch. Gesellschaft Bd. I (1854—55) p. 43 ebenfalls behauptet hatte, die Scheidewand bilde sich hier nicht simultan in ihrer ganzen Fläche; bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung solle der contrahirte Primordialschlauch zuweilen deutlich mitten durch ein noch nicht vollkommen geschlossenes Dissepiment hindurchgehen. Es gelinge jedoch, der Querstreifen und des festen Anhaftens des Primordialschlauches an den Querwänden halber, nicht immer, ein deutliches Bild von dem Vorgange zu erhalten. — In der Botanischen Zeitung 1858 Beilage p. 81 schreibt dann hingegen derselbe Autor, die Art der Entstehung der Scheidewand habe er bei den neuerdings angestellten Untersuchungen nicht ermitteln können. Sie entstehe jedenfalls sehr rasch, ob durch centripetales Wachsthum einer ringförmigen Hautlamelle oder gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung, müsse dahin gestellt bleiben. Uebrigens giebt auch hier Verfasser an, die Cellulosehaut ersetze die Protoplasma-Lamelle erst nach Ankunft derselben an der Scheidemündung.

1) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I p. 16.

dieser war aber nicht zum Aufbrechen gekommen; in der Mitte der Länge der Mutterzelle sass die ringleistenförmig vorspringende Scheidewand der Mutterzellwand an und hatte etwa auf ein Drittel des Durchmessers in den Inhalt eingeschnitten. Die Zelle kam mir leider nicht frisch, sondern erst als Alcohol-Präparat zu Gesichte. Der Inhalt war an der Stelle der vordringenden Scheidewand so eingeschnürt wie bei Spirogyra, in dem Verbindungsstück beider Zellen keine vorgebildete Trennungslinie markirt. Die beiden neuen Zellkerne waren noch in einer tonnenförmigen, das Verbindungsstück seitlich passirenden Masse vereinigt. Die Zelle war relativ inhaltsarm.

Wir können wohl, meine ich, diesen Fall für einen atavistischen erklären, wie denn Alles auch sonst dafür spricht, dass wir in dem normalen Theilungsmodus der Oedogonien einen stark modificirten, doch aus der gewöhnlichen Zweitheilung der Conferven abzuleitenden Vorgang vor uns haben.

Einen scheinbar höchst einfachen Vorgang der Zelltheilung ohne Zellkern habe ich in den schlauchförmigen Zellen der *Saprolegnien* verfolgen können. Bekanntlich strömt in das obere Ende des zunächst einzelligen Schlauches, soll dasselbe in ein Sporangium oder Oogonium verwandelt werden, körniges Protoplasma und wird dieses Ende schliesslich durch eine Scheidewand gegen den übrigen Schlauch abgegrenzt. Die ersten Beobachtungen über diese Erscheinung verdanken wir zunächst Unger [1]) und Naegeli [2]), dann höchst eingehende Angaben Pringsheim [3]), de Bary [4]) u. A. m. Unger meinte, dass beim Abschliessen des Zweigendes zum Sporangium nur eine einfache Scheidewand gebildet werde, Naegeli hingegen wollte diesen Vorgang als die Bildung einer die Endspitze des Schlauches völlig

1) Linnaea 1843 p. 135.

2) Zeitschr. f. wiss. Bot. I, Heft 1 p. 102. 1844, und Heft 3—4 p. 28. 1846.

3) Die Entwickelungsges. d. Achlya prolifera N. Act. A. L. C. N. C. 23, 1. 1850 p. 400 u. a.

4) Bot. Zeitung 1852 Sp. 476.

ausfüllenden Zelle gedeutet sehen. Pringsheim neigte letzterer Auffassung zu[1]), mit der Ergänzung, dass die Scheidewand eine doppelte sei, die obere gehöre dem ganzen Sporangium an, die untere dagegen sei nur eine Querwand, die nach der Bildung der Sporangienzelle entstanden, den unten liegenden Schlauchtheil von Neuem an seiner Spitze abschliesse. In seinen Untersuchungen über die Pflanzenzelle (p. 64 Anm. 2) fügt dann Pringsheim hinzu, dass die Wand, welche sich unterhalb der Querwand des Sporangium bildet und so den übrigen Theil des Schlauches wieder abschliesst, wahrscheinlich dadurch entsteht, dass sich eine Hautschicht unterhalb der Querwand des Sporangium ansammelt, die dann zur Membran erhärtet und sich genau an die Seitenwände des Schlauches anschliesst. De Bary meint, der Inhalt theile sich zuerst, dann werde die Scheidewand in ihrer ganzen Ausdehnung auf einmal gebildet, sie entstehe durch das Zusammenstossen der von dem Primordialschlauch abgesonderten Wandungen der beiden in der Mutterzelle entstehenden Tochterzellen. Bei Achlya prolifera kommen nach de Bary die beiden Tochterzellmembranen nie getrennt vor, bei Saprolegnia ferax dagegen nicht selten.

So verschieden konnten also die Auffassungen und Deutungen sein, die selbst ein scheinbar so einfacher Vorgang zulässt; die Deutungen freilich bestimmt durch die theoretischen Gesichtspunkte, welche jeden der genannten Forscher bei seinen Beobachtungen leiteten. Pringsheim giebt aber ausserdem noch an, die directe Beobachtung zeige das Auftreten einer scharfen Begrenzungslinie des das Zweigende erfüllenden Protoplasmas dort, wo dieses an den unteren leeren Schlauchtheil grenzt.

Ich habe nun gefunden, vornehmlich bei Saprolegnia ferax[2]), dass nicht die ganze Protoplasmaanhäufung des angeschwollenen Sporangium oder Oogonium-Endes sich zu einer Zelle ab-

1) l. c. p. 439.

2) So muss ich die Species, den letzten Veröffentlichungen Pringsheim's über Saprolegnien Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, p. 191 gemäss, bezeichnen.

grenzt, vielmehr dass die Scheidewand stets innerhalb der dichten Protoplasmaanhäufung selbstgebildet wird: so, wie es ganz richtig eine neuerdings veröffentlichte Figur von Pringsheim (Taf. XIX, Fig. 6, Jahrb. f. wiss. Bot. IX) für Oogonien von Achlya racemosa zeigt. Innerhalb der dichten Protoplasmaanhäufung, stets noch beträchtlich von der unteren Grenze derselben entfernt, geht bei Saprolegnia ferax die Theilung vor sich. Es bildet sich hier eine farblose, dichtere Protoplasmaplatte von oft nicht unbedeutender Stärke und in dieser nun die Cellulosemembran von dem uns schon bekannten, zunächst gekörnten Aussehen. Sie entsteht simultan, oder jedenfalls sehr rasch, durch den ganzen Querschnitt fortschreitend, ist zunächst sehr zart, bald aber stärker und wird dann von dem Sporangiuminhalt vorgewölbt. Ist letzteres irgendwie auffallend erfolgt, so geschieht es wohl auch, dass der angrenzende Inhalt der Schlauchzelle aus den gebildeten Ecken im Umfange zurücktritt und sich seinerseits gegen die vorgewölbte Wand abrundet, was wohl die Veranlassung zu der Annahme zweier Membranen an dieser Stelle abgegeben hat. Jedenfalls sieht man aber gleich nach Bildung der Membran den der Schlauchzelle zugehörigen Theil des hier angesammelten Protoplasmas von diesem Orte fortwandern und sich gleichmässig in dem Schlauche vertheilen; dadurch wird nun die Concentration des Inhalts zu beiden Seiten der Scheidewand eine ganz verschiedene; jetzt erst grenzt sie an den „leeren Schlauchtheil". Es schien mir nöthig hervorzuheben, dass wir es hier bei Bildung des Sporangium wirklich mit Zelltheilung und nicht etwa mit Abgrenzung einer dichteren Protoplasmamasse in einer der freien Zellbildung etwa sich nähernden Art[1]) zu thun haben. Hier liegt vielmehr ein der Zelltheilung bei Oedo-

1) Wie denn Pringsheim, Pflanzenzelle p. 64, die Entstehung des Sporangium bei Achlya und Vaucheria als Beispiel der freien Zellbildung anführt: Im Innern einer Mutterzelle entsteht aus einem Theile ihres Inhalts an irgend einer Stelle eine neue Zelle; der übrige Inhalt der Mutterzelle schliesst sich durch die Bildung einer Scheidewand von der Tochterzelle ab.

gonium entsprechender Fall vor, wo ja ebenfalls der protoplasmatische Inhalt sich im oberen Ende der Zelle vor der Theilung ansammelt und die Scheidewand innerhalb dieser dichten Ansammlung gebildet wird.

Aehnlich wie das Sporangium von Saprolegnia ferax wird auch dasjenige der *Vaucheria* gebildet; bei Abgrenzung desselben treten doch aber noch eigene Erscheinungen auf, die eine besondere Besprechung verdienen: ich beobachtete wiederholt den ganzen Vorgang bei Vaucheria ornithocephala Hassall, welche in einem raschfliessenden Bache bei Jena auf Steinen wächst. Die Enden der langen Hauptäste, doch auch kürzerer Seitenäste, schwellen etwas auf, während protoplasmatischer Inhalt in dieselben einwandert. Dieser Inhalt nimmt in der Keule eine ganz bestimmte Lagerung ein. Das die Chlorophyllkörner führende Plasma bleibt wie im Schlauche an der Wand, sammelt sich hier aber zu einer starken Schicht an, deren Dicke nach dem Scheitel der Keule zu steigt. Am Grunde keilt sich diese Schicht aus und geht unmerklich in diejenige des Schlauches über. Diese Chlorophyllansammlung bedingt die dunklere Färbung der Keule im Verhältniss zum Schlauche. Der Scheitel der Keule pflegt über der sich unter ihm wölbenden Chlorophyllmasse etwas heller zu bleiben. In dem Grade als die Chlorophyllmassen zunehmen, verengt sich das Lumen der Keule, das bis auf $^2/_3$ Höhe etwa in dieselben hineinragt. Es hat kegelförmigen Umriss, ist übrigens nicht mit Zellsaft, sondern mit hellem, gleichmässig feinkörnigem, nicht allzudichtem Protoplasma erfüllt. Gewöhnlich wird noch vor Abgrenzung des Sporangium das Lumen der Keule in mittlerer Höhe derselben eingeengt, ja von der Chlorophyllschicht durchbrochen, so dass es in ein oberes, sphärisches oder ovales und ein unteres, sich nach dem Grunde zu erweiterndes und in das Lumen des Schlauches sich fortsetzendes, kegelförmiges Stück zerlegt wird. Nun erfolgt für alle Fälle alsbald die Theilung. Die Trennungsschicht wird in dem farblosen Protoplasma des unteren Lumenstückes angelegt, und durchsetzt seitlich die

Chlorophyllschicht an einer Stelle, wo dieselbe noch nicht völlig ausgekeilt ist. Die Trennungsschicht tritt simultan in ihrer ganzen Ausdehnung auf. Kaum wird eine Trennungslinie aber bemerkbar, so sieht man den körnigen Inhalt des angrenzenden Schlauchtheiles von ihr sich rasch zurückziehen. So entsteht unterhalb der Sporangiumlage ein farbloser Raum, der fast so hoch wird, als er breit ist. Dieser Raum ist nach oben ziemlich scharf durch die junge Trennungswand abgegrenzt, nach unten aber von unbestimmter Contour. Kaum hat er aber seine grösste Ausbildung erreicht, so beginnt er wieder an Höhe abzunehmen. Die untere Grenze fängt an langsam und stetig hinaufzurücken und hat sie sich der oberen Grenze bis auf ein Weniges genähert, so wird der noch verbliebene, farblose Raum dann plötzlich von ihr ausgefüllt. Die Ursache dieser ganzen Erscheinung liegt, meine ich, in einer Ausscheidung farbloser Flüssigkeit aus dem Schlauche, gleich nach Anlage der Trennungswand. Diese Flüssigkeit trennt hier die Chlorophyllschicht von der Hautschicht und erstere nur wird zurückgedrängt. Diese Flüssigkeit übt einen Druck auf die Trennungswand aus, so dass diese in das Sporangium etwas hineingewölbt wird. Nur in selteneren Fällen und in ganz unbedeutender Masse sammelt sich etwas derartige Flüssigkeit auch von der Sporangiumseite an der Scheidewand an. Die angesammelte Flüssigkeit dient aber, so möchte ich annehmen, zur raschen Ernährung der jungen Scheidewand und erinnert uns an ähnliche Ansammlung farbloser, dünnflüssiger Inhaltsmasse an den im Werden begriffenen oder eben vollendeten Scheidewänden der Cladophoren; an der Trennungswand der Oedogonien und zwar ebenfalls in der unteren, inhaltsarmen Schwesterzelle u. a. a. O. m. Es waren auch bei Vaucheria ornithocephala in dem farblosen Raume stets, wenn auch spärlich, kleine, längliche, farblose in Bewegung begriffene Stärkekörner zu sehen. Nicht immer war mit der ersten Flüssigkeitsaussonderung und Resorption das ganze Phänomen abgeschlossen, oft habe ich dasselbe in völlig übereinstimmender Weise sich zum zweiten Mal wiederholen sehen. Hat die

Chlorophyllschicht unserer Vaucheria aber die Trennungswand definitiv erreicht, so wird diese nun gleichmässig von ihr, ähnlich wie die Seitenwände, überzogen. Auch in der Sporangiumanlage sieht man die Chlorophyllschicht von beiden Seiten auf die Trennungswand hinüberwandern und zusammenfliessend das mit feinkörnigem Protoplasma erfüllte untere Lumenstück des Sporangium von derselben trennen.

Es war mir, nachdem ich diese meine Untersuchungen abgeschlossen und niedergeschrieben hatte, ein wahres Vergnügen, die Thuret'schen Abbildungen aus dem Jahre 1843[1]) zu sehen, welche das eben Geschilderte in den wesentlichsten Momenten veranschaulichen. Diese Figuren sind so richtig, dass sie die Veröffentlichung meiner eigenen überflüssig machen. Da Thuret ausserdem die Bildung des Sporangium nicht bei Vaucheria ornithocephala, sondern der nahverwandten Vaucheria sessilis beobachtet hat, so will ich seine Schilderung des Vorganges hier in wörtlicher Uebersetzung wiedergeben. „Zur Zeit der Sporenbildung schwellen die Fadenenden keulenförmig an und sammelt sich die grüne Substanz in denselben so bedeutend an, dass sie schwärzlich erscheinen. Dann sieht man gegen die Basis der Anschwellung hin die Körner sich von einander entfernen, einen leeren Raum zurücklassend, als wenn die farblose Schleimmasse sich nunmehr auch verdichten und die Körnchen nach oben und unten wegstossen möchte. Dieses Auseinanderrücken dauert fort bis das Endochrom zu jeder Seite eine scharfe Linie bildet. Dann nähern sich die Körnchen einander und erreichen sich wieder. Doch hat dann eine grosse Aenderung stattgefunden, denn der merkwürdige Vorgang den wir eben beschrieben haben, bedeutet die Trennung der Mutterpflanze und des Vermehrungskörpers: von nun an besitzt die von eigener Membran (épispore) umkleidete Spore eine selbständige Organisation. Ungeachtet dieser Vorgang nur wenige Minuten dauert, ist derselbe leicht zu beobachten, denn die Bewegung des Körnchens ist fast unmerklich. Ausserdem wird die Tren-

1) Ann. d. sc. nat. 2ème série Bot. Tom. XIX. Pl. 11.

nung oft nicht vom ersten Male vollzogen: ich habe sie bis zu drei Mal sich an demselben Faden wiederholen sehen.“ [1])

Aus den Abbildungen von Karsten [2]) ist zu ersehen, dass auch er im Jahre 1852 an Vaucheria sessilis das Auftreten und Schwinden der farblosen Querzone unter dem Sporangium gesehen hat; er deutet sie als farblose, bald von der unteren „zusammengedrängte“ Zelle, und bemerkt auch, der Vorgang könne sich in demselben Faden wiederholen.

Im Jahre 1854 hat Cohn [3]) die gleiche Vaucheria sessilis wieder untersucht, er meint, um das Verhalten der farblosen Querzone unter der Sporangiumanlage zu erklären, „die Spore wölbe sich an einer Stelle halbkugelig nach unten und steige, sich ausdehnend, in die Tiefe der Mutterzelle hinab, bis sie den Primordialschlauch derselben wieder berührt; jetzt hebe sich dieser in die Höhe und presse die Membran der Spore zur flachen Ebene zurück, dann senke er sich wieder, und so zeige sich mehrere Minuten ein lebhaftes Auf- und Niedersteigen, Nahen und Entfernen von Spore und Mutterzelle, bis endlich beide sich wieder platt berühren und diese erst bei der Entbindung der ersteren sich zur Halbkugel emporwölbt“. [4])

Dippel lässt endlich 1856 [5]), immer bei der gleichen Vaucheria sessilis, die Scheidewand zwischen Schlauch und Sporangium durch Einfaltung des Primordialschlauches ganz ähnlich der vegetativen Zellbildung bei mehrzelligen Algen sich bilden. Die Bewegung des Schlauchinhaltes unterhalb der Sporangiumanlage wird von ihm nicht erwähnt.

Die Scheidewände, durch welche bei Vaucheria ornithocephala die Geschlechtsorgane vom Schlauche abgetrennt werden, entstehen in ähnlicher Weise wie diejenigen unter den Sporangien.

---

1) l. c. p. 270.

2) Bot. Zeitung 1852, Taf. II Text Sp. 95.

3) Entwickelung der mikrosk. Algen und Pilze. Nov. Act. A. L. C. N. C. Vol. XVI 1854.

4) l. c. p. 228.

5) Flora p. 501.

Was meines Wissens bisher unerwähnt geblieben, an den Oogonien trotzdem aber sehr schön zu beobachten ist, es tritt nach Anlage der Scheidewand, der Schlauchinhalt ein bis zwei Mal von derselben zurück, einen hellen Raum unter ihr bildend. Es ist das ganz die nämliche Erscheinung wie unter den Sporangien und der helle Raum führt auch hier nur farblose Flüssigkeit. Die langsame Bewegung des Schlauchinhalts von der Scheidewand hinweg und nach derselben zurück nimmt bei zweimaliger Wiederholung etwa eine Stunde in Anspruch.

Wir haben nunmehr die Zahl der lebenden Pflanzen erschöpft, an denen es uns möglich war den Vorgang der Zweitheilung direct zu verfolgen und hiermit haben wir auch Erfahrungen für die Beurtheilung solcher Fälle gesammelt, an denen wir die Theilung nur aus einzelnen Entwickelungszuständen uns construiren müssen. Wir wissen was wir von jenen Objecten nun zu verlangen haben, welche Zustände rascher, welche langsamer bei der Theilung ablaufen, welche Zustände sie uns daher häufiger, welche sie uns seltener werden bieten müssen. Einzelne Theilungsbilder, die uns nunmehr in ihrer Bedeutung bekannt sind, sind so charakteristisch, dass ihr Auffinden allein schon für die Deutung eines ganzen Vorgangs ausreichen wird. Andererseits wissen wir jetzt auch auf das Bestimmteste den Werth der Alcohol-Präparate zu schätzen und werden wir uns daher in Folgendem hauptsächlich an dieselben halten.

Ein Object an dem die Theilung bereits wiederholt verfolgt und geschildert wurde, sind die Spaltöffnungen; v. Mohl[1]), Naegeli[2]), ich selbst[3]), Sachs[4]), zum Theil auch Hofmeister[5])

1) Linnaea 1838 p. 544 und Vermischte Schriften p. 252 und Nachtrag p. 254.

2) Linnaea 1842 p. 237.

3) Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. V.

4) Lehrbuch I. Aufl. p. 72, V. Aufl. p. 77.

5) Lehre von der Pflanzenzelle p. 113 Anm. 2.

und letzthin auch Prantl[5]), haben sich mit dieser Aufgabe befasst. Es bestehen hier zunächst Controversen über das Verhalten des Zellkerns. Nach Naegeli sollte der Mutterzellkern aufgelöst werden, wahrscheinlich sich aber dann ein einziger secundärer Zellkern bilden und in zwei sich theilen. v. Mohl behauptete hingegen eine directe Theilung des Mutterzellkerns, welcher Auffassung auch ich mich anschloss. Sachs konnte unmittelbar vor und längere Zeit nach der Theilung keine Zellkerne beobachten, ebenso Prantl. Was die Scheidewand zwischen den beiden Schliesszellen anbetrifft, so sollte dieselbe nach Naegeli und Garreau[6]) nur die anstossenden Membranen zweier neu individualisirter Zellen repräsentiren; nach v. Mohl hingegen war sie nur eine Trennungswand, von der er behauptete, dass sie ringförmig auftrete; Hofmeister, Sachs und Prantl hingegen nahmen an, dass sie simultan in ihrer ganzen Ausdehnung gebildet werde.

Ich untersuchte nunmehr Iris pumila und Hyacinthus orientalis, also wieder die alten Objecte, zunächst frisch unter Wasser und in Eiweisslösung, dann in Alcohol-Präparaten. Die frischen Objecte geben keine sicheren Resultate, daher wohl auch die zahlreichen früheren Controversen; dahingegen gelingt es oft leicht, an einem einzigen mit absolutem Alcohol fixirten Präparate sich über die ganze Entwickelungsgeschichte zu orientiren. Ja aus letzterem Grunde wären entsprechende Alcohol-Präparate der genannten Pflanzen überhaupt denjenigen zu empfehlen, die sich rasch über die hier behandelten Fragen ein Urtheil bilden möchten. Die Mutterzelle[7]) der Schliesszellen führt bei Iris pumila zunächst einen grossen Zellkern mit einem grösseren, seltener mit mehreren kleineren Kernkörperchen (Taf. VI, Fig. 40). Dieser Zellkern wird grösser

---

5) Flora 1872 p. 311.

6) Ann. d. sc. nat. 4me S. Tm. 1. p. 215.

7) Ich gebe hiermit die früher von mir gewählte Bezeichnung „Specialmutterzelle“ auf.

und homogen ohne indess in der Substanz der Zelle aufzugehen; es treten nun in demselben Streifen auf, die nach seinen beiden Polen hin convergiren, und im Aequator die von einer einfachen Stäbchenreihe gebildete Kernplatte, welche ihn in eine rechte und eine linke Hälfte zerlegt. Der sich hier gegen die Umgebung stets scharf markirende Zellkern nimmt hierbei spindelförmige Gestalt an (Fig. 41 und 42). Die Platte spaltet sich nun in zwei Hälften[1]) und diese rücken auseinander (Fig. 43). Die inneren Theile der Platte werden hierbei wieder zu den sehr charakteristischen Fäden ausgesponnen. Die beiden Plattensegmente gehen in der Bildung der letzteren bis zu einem gewissen Grade auf (Fig. 44, 45 und 46). Das Auseinanderweichen der Plattensegmente dürfte wohl, entsprechend den an lebenden Objecten beobachteten Erscheinungen, verhältnissmässig rasch vor sich gehen, daher auch begreiflich erscheinen, dass man intermediäre Zustände nur selten fixirt zu sehen bekommt (Fig. 43 u. 44). Es erfolgt dann die definitive Ausbildung der neuen Kerne aus den beiden auseinandergerückten Hälften des Mutterzellkerns (Fig. 43—47). Dann tritt in den Kernfäden die Zellplatte auf (Fig. 48), in der gleichen Entwickelung wie wir sie bei den Abietineen gesehen. Die Bildung der Zellplatte fängt auch hier mit einer Verdickung der Fäden im Aequator an. Die verdickten Stellen sind zunächst seitlich durch Zwischenräume getrennt, die sich dunkel markiren (Fig. 48), bald aber verschmelzen sie zu einer zusammenhängenden Hautschichtplatte (Fig. 49). Die Zellplatte fängt sofort an, sich in zwei Platten zu spalten und zwischen ihren beiden Hälften Cellulose auszuscheiden. Die Spaltung der Zellplatte und die Celluloseausscheidung beginnt in zunächst getrennten Punkten, wird aber alsbald zusammenhängend.

---

1) Dieses ist nicht in streng mathematischem Sinne zu nehmen, doch benutze ich hier diese Bezeichnung, so wie auch diejenige, „Plattenhälften“, um längere Umschreibungen zu vermeiden. Das Nähere ergeben dann jedesmal die Bilder.

Dieser Spaltungsvorgang der Zellplatte ist in gewissem Sinne nicht unähnlich der Spaltung der Kernplatte, nur dass hier beide Plattenhälften ganz wenig auseinanderweichen und alsbald alle Verbindungsfäden einziehen.

Die ausgespannten Kernfäden können sich hier zur Zeit der Zellplattenbildung bis an die Wand der Mutterzelle ausgedehnt haben, manchmal erreichen sie dieselbe aber nicht, und das fehlende Stück der Zellplatte wird dann durch eine entsprechende Plattenschicht im Protoplasma der Zelle ergänzt. Wie eine solche Schicht im Protoplasma der Zelle aber erzeugt wird, haben wir ebenfalls schon im Ei der Abietineen gesehen. So wird hier also eine Zellhautstoffmembran fast simultan in ihrer ganzen Ausdehnung erzeugt, und durch diese nun die Mutterzelle in die beiden Schliesszellen definitiv zerlegt (Taf. VI, Fig. 50).

In alten Schliesszellen schwinden die Kerne.

An ganz junger Oberhaut kann man sich, und zwar besonders wieder an Alcohol-Präparaten, überzeugen, dass die Mutterzelle der Spaltöffnung durch einen ganz ähnlichen Vorgang wie der eben geschilderte angelegt wird. Die junge Oberhautzelle ist übrigens nicht vollständig mit Protoplasma angefüllt, letzteres bildet vielmehr nur eine dicke Wandschicht um ein mit Zellflüssigkeit erfülltes Lumen. Der fast kugelige Zellkern zeigt einen nur etwa um $^1/_3$ geringeren Durchmesser als der Querdurchmesser der Zelle, taucht daher mit seinen Rändern in das Wandprotoplasma ein, das Lumen der Zelle völlig abschliessend. Wo nun eine Spaltöffnungsmutterzelle gebildet werden soll, rückt der Zellkern in das vordere Ende der Oberhautzelle und füllt dasselbe aus; dann theilt er sich in der nämlichen Weise, wie sie oben beschrieben wurde, nur dass seine beiden Hälften hier ganz wenig auseinanderrücken (Taf. V, Fig. 38). Zwischen beiden Kernen entsteht dann die Zellplatte und in dieser die Cellulosemembran (Fig. 39). Der Zellkern der Oberhautzelle liegt dieser Membran noch eine Zeit lang nahe an, dann entfernt er sich von derselben.

Eben so günstig, ja fast noch günstiger zur raschen Orientirung über Theilungsvorgänge des Zellkerns und des Zellprotoplasmas sind Alcohol-Präparate des jungen Endosperms von *Phaseolus multiflorus*. Nachdem das Endosperm durch freie Zellbildung, wie früher geschildert, angelegt worden, fahren seine Zellen noch lange fort sich durch Theilung zu vermehren. Der Zellkern ist in denselben entweder mehr oder weniger central im Innern eines mit Zellflüssigkeit erfüllten Lumens suspendirt, oder er liegt einer Wand der Zelle an. Er zeigt ein grosses centrales Kernkörperchen (Taf. V, Fig. 17). Dieses wird zunächst aufgelöst, während sich der Zellkern vergrössert, streifig differenzirt und seine Kernplatte bildet (Fig. 18). Diese besteht aus relativ nur wenigen Stäbchen, welche alsbald in zwei Segmente auseinanderweichen (Fig. 19). Zahlreiche Fäden werden zwischen den Segmenten ausgespannt und bilden einen tonnenförmigen Körper, an dessen beiden Polen sich aus den auseinandergerückten Mutterzellkernhälften die neuen Tochterzellkerne individualisiren (Fig. 20 u. 21). Später bildet sich die Zellplatte in den Fäden, und da diese Zellplatte entweder in ihrem ganzen Umfange, oder doch dem grössten Theile desselben, durch das Zelllumen von der Zellwandung getrennt wird, so muss der fehlende Theil der Zellplatte durch das Zelllumen hindurch gebildet werden. Da treten dann ähnliche Verhältnisse wie bei Spirogyra orthospira auf. Die Wand wird von der Peripherie nach dem Innern zu fortschreitend angelegt und zwar beginnt ihre Bildung noch vor Differenzirung der Zellplatte in den Fäden. Innerhalb der letzteren wird dann das fehlende Stück Membran auf einmal ergänzt, weil hier diese Fäden, zum Unterschied von Spirogyra, bis zur Bildungszeit der Membran erhalten bleiben. Im vorliegenden Falle wirken eben noch Zellkern und Zellprotoplasma im Geschäfte der Zelltheilung zusammen, während sich bei Spirogyra Kerntheilung und Protoplasmatheilung von einander bedeutend emancipirt haben.

In den Kernen treten hier nun zunächst, in der Richtung ihrer grössten Flächenmaasse, mehrere in einer einzigen Ebene angeordnete Kernkörperchen auf. Sie schwinden dann meist

alle bis auf ein einziges, das erhalten bleibt und an Grösse zunimmt.

Die Fäden zwischen den Kernen dehnen sich seitlich oft ganz auffallend aus, um das fehlende Stück der Zellplatte möglichst zu reduciren (Taf. V, Fig. 22, 23). Dadurch wird die tonnenförmige Fadenmasse in einen linsenförmigen, biconvexen Körper verwandelt und die ihm anhängenden beiden neuen Kerne hierdurch einander genähert. Nach vollendeter Bildung der Scheidewand verbreitet sich die Fadenmasse schliesslich noch mehr über diese Scheidewand, sie jederseits mit einer gleich starken Protoplasmaschicht überziehend, in der die den Fäden entsprechende Streifung noch längere Zeit zu erkennen ist (Fig. 24 und 25). Die beiden Kerne werden hierdurch aber der neuen Scheidewand, meist bis zur Berührung, genähert (Fig. 25) und verbleiben auch längere Zeit an derselben, um sie doch aber endlich zu verlassen (Fig. 17 Zelle links). So haben wir denn im Endosperm von Phaseolus ein Beispiel vor uns, in dem gegen die allgemein herrschende Annahme für geschlossene Gewebe, die Scheidewand nicht simultan angelegt wird, sondern succedan, und zwar nach einem gemischten Typus, so dass ein Stück derselben von aussen nach innen fortschreitend, ein anderes plötzlich gebildet wird.[1])

Aeltere Keime von *Pinus silvestris*, die bereits ihre Cotyledonen angelegt hatten und die ich nun auf die Theilungen

---

1) Vergl. dagegen die anders lautende Beschreibung und anders aussehende Abbildung bei Dippel, Mikroskop p. 49 und Taf. II, Fig. 18 II. — Ich selbst gab eine unrichtige Schilderung der Kerntheilung im Endosperm der Coniferen in: Coniferen und Gnetaceen p. 85 und Taf. VI, Fig. 32, auch Hanstein (Stzber. der niederrh. Gesellsch. in Bonn 1870 p. 230) lässt zwar den Zellkern in den Parenchymzellen der höheren Pflanzen, z. B. von Sambucus, Helianthus, Lysimachia, Polygonum, Silene etc., sich zugleich mit der Zelle theilen, doch in anderer Weise. Man soll im Zellkerne statt des einen Kernkörperchens mindestens zwei erblicken, deren Entstehungsweise noch nicht festgestellt war; darauf eine zarte optisch wahrnehmbare Halbirungsgrenze den Kern in zwei Hälften theilen, die noch nicht immer genau im Sinne der späteren

ihrer Zellen untersuchte, zeigten mir durchaus die nämlichen Vorgänge wie die ersten vom Ei abgegrenzten Zellen. Auch jetzt waren nämlich die Zellen, wie im Beginn der Keimentwickelung, völlig mit Protoplasma erfüllt und dem entsprechend musste auch ihr Theilungsvorgang sein.

Bei einer anderen Conifere, der *Ginkgo biloba*, zeigt hingegen der Keim schon in den jüngsten Entwickelungszuständen nur theilweise mit Protoplasma erfüllte Zellen mit Zelllumen und central suspendirtem Kern, dann auch gleich die nämlichen Theilungsvorgänge wie im Endosperm von Phaseolus.

Um Wiederholungen zu vermeiden, verweise ich daher auch nur auf die beigegebenen Figuren der Tafel V, von denen Fig. 26 die Bildung der Kernplatte, Fig. 27 und 28 aber weitere Entwickelungszustände der neuen Kerne und die ringförmige Membrananlage an der Seitenwand der Mutterzelle in höchst durchsichtiger Weise zeigen.

Ein etwa zwanzigzelliger Keim von *Triticum vulgare* hatte wiederum, wie derjenige von Pinus silvestris, ganz mit Protoplasma erfüllte Zellen und einen entsprechenden Theilungsvorgang, also einen solchen wie der Keim der Abietineen aufzuweisen.

Von grossem Interesse war es mir auch, die Vorgänge im Cambium der *Coniferen* aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Ist ja erst neuerdings wieder von zwei Seiten[1]) ausgeführt worden, dass in der Cambiummutterzelle nicht eine

---

Tochterzellen gelagert sind. Später soll im Protoplasma, welches den Kern umgiebt und sich in der Theilungsfläche der Zelle gleich zu Beginn des Vorgangs angesammelt hat, eine freie durchgehende Spaltungsfläche sich bilden, in der darauf allmälig die neue Cellulosewand entsteht.

1) Dippel, Mikroskop p. 49 u. Taf. II, Fig. 18 I, und Flora 1874 p. 266 und Sanio Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX p. 57, und Flora 1874 p. 549.

Scheidewand allein, vielmehr völlig die Tochterzellen umgebende Membranen entstehen. Die schönen naturgetreuen Abbildungen von Sanio schienen mir freilich auch einer anderen Auffassung günstig, ebenso wie seine Angabe, dass eine Trennung der „primären Membran“ in zwei Blätter nie gelingt.[1])

Ich führte meine Untersuchungen an jungen, einjährigen Trieben von *Pinus silvestris* aus, welche eben (im Monat Mai) ihr Längenwachsthum vollendet hatten und in die Dicke zu wachsen begannen. Ich wählte solche Triebe, weil ich ihr Cambium in besonders lebhafter Zellvermehrung vorfand, mir es hier ja aber vornehmlich nur um die Vorgänge bei der Theilung und nicht um die übrigen Fragen, für deren Lösung Sanio besonders älteres Holz empfiehlt[2]), zu thun war.

Wie Sanio ganz richtig angiebt, führen die Cambiumzellen von Pinus silvestris einen peripherischen Wandbeleg von Protoplasma und einen grossen Zellkern, der die Mitte der Zelle einnimmt und den schmalen radialen Durchmesser derselben fast ausfüllt. Führt man Querschnitte durch mit absol. Alcohol zuvor fixirte Objecte aus, so findet man daher auf den Querschnitten die Cambiumzellen und ihre nächsten Abkömmlinge entweder inwendig leer und nur mit einem wenig starken protoplasmatischen Wandbeleg bekleidet, oder völlig mit dunklem Protoplasma angefüllt, je nachdem man eine Stelle der Zelle über oder unter dem Kern oder mit dem Kern selbst getroffen. Der Kern ist in den Cambiumzellen annähernd kugelig, oder doch nur wenig in der Richtung der Längsaxe der Zelle verlängert, er führt mehrere Kernkörperchen. Diese schwinden, während der Kern an Grösse zunimmt; dann tritt die bekannte Streifung des Kerns auf, transversal zu der künftigen Theilungsrichtung, und die Bildung der Kernplatte, die hier schwach markirt ist und deren beide sich entfernenden Segmente hier

---

1) Jahrbücher p. 68; Dippel, Flora p. 266, will diese primäre Membran, seine „Mittellamelle“, in drei Blätter zerlegt haben, was aber auch ein mittleres, unspaltbares Blatt ergiebt.

2) Jahrb. IX p. 51.

nur relativ wenig auseinanderzuweichen haben, da der Raum für eine grössere Ausbreitung des Theilungsvorganges fehlt. Fig. 29, Taf. V, zeigt in der mittleren Zelle der unteren Reihe einen Kern, dessen Platte eben auseinanderzuweichen begonnen. Fig. 30 zeigt einen etwas vorgerückteren Zustand mit auch schon ausgebildeter Zellplatte in radialem Längsschnitt. In Fig. 31 sieht man in der zweiten Zelle von rechts die beiden neuen Kerne der jungen Scheidewand anliegen, die mittlere Zelle in der oberen Reihe der Fig. 29 hat sich auch erst kürzlich getheilt, sie ist oberhalb oder unterhalb des Kernes getroffen, so dass die junge Scheidewand ganz frei vorliegt. Die Bildung dieser Scheidewand geht hier aber so wie bei Phaseolus nicht simultan, sondern succedan vor sich, nur das Stück zwischen den Kernen wird auf einmal ergänzt. Dass dem so ist, lässt sich am schönsten an den weiteren Cambiumzellen der Markstrahlen sehen (Taf. V, Fig. 33), an denen auch der ganze übrige Theilungsvorgang uns viel deutlicher entgegentritt. Uebrigens bedarf es hier für alle Fälle langen Suchens, bis man Theilungszustände findet. In den Holzfasern wird der Zellkern bedeutend gestreckt, seine Kernkörperchen auseinandergerückt, meist in einer einzigen Fläche angeordnet (Fig. 32). Der Zellkern erhält sich bis zu vorgerückten Stadien der Hoftüpfelbildung.

Wie Sanio richtig schildert und abbildet, sind die radialen Wände des Cambiums selbst an so jungen Sprossen, wie ich sie oben näher bezeichnet, von auffallender Stärke. Sanio sieht die Ursache dieser Erscheinung in der schon erwähnten Annahme begründet, dass bei jedesmaliger Theilung jede Tochterzelle sich in ihrem ganzen Umfange mit Zellhautstoff umgiebt. „Indem nun fortdauernd durch tangentiale Theilung im Cambium die Zellenzahl vermehrt und die radialen Wandstücke der Mutterzellen bei den fortdauernden Theilungen nicht resorbirt werden, wachsen allmälig diese zu einer mehr oder weniger beträchtlichen Dicke heran.“ [1]) — Ich nehme nun vielmehr an,

1) Jahrb. IX, p. 63.

die Ursache dieser Dicke sei in der ununterbrochenen Ernährung der radialen Wandung der Cambiumreihe von dem Inhalte ihrer Zellen aus gegeben. Die tangentialen Scheidewände sehe ich an die dicke, radiale Seitenwand ganz in derselben Weise ansetzen, wie die Scheidewand der Spirogyra orthospira an die Seitenwand ihrer Mutterzelle. Die junge Scheidewand ist äusserst zart und durch kein Mittel als doppelt zu erkennen. Sie setzt zunächst ganz scharf und mit ganz schmalem Rande an die Innenseite der Seitenwand an. Dann, ganz so wie bei der gen. Spirogyra oder anderen Algen, sieht man (auf Querschnitten) die Scheidewand an ihrer Ansatzstelle etwas stärker werden; später zeigt sich auch das punktförmige Dreieck an ihrer Basis, und letzteres wächst auch bald, so wie wir es bei den Algen gesehen. An einigen radialen Wandcomplexen und nach Sanio hauptsächlich im Cambium älteren Holzes tritt eine Spaltung ein, so zwar, dass die radiale Wand in ein mittleres breiteres, auch, wie es scheint, weniger dichtes und zwei seitliche, schmälere, dichtere Blätter zerfällt. An diese seitlichen Blätter setzen dann die jungen Scheidewände an, gleiches optisches Verhalten mit ihnen zeigend[1]; das „Dreieck" älterer Scheidewände verliert sich aber in der Mittelschicht. An Stellen, wo drei bis vier Zellen aneinanderstossen, entsteht aus den Dreiecken der Zwickel, in dessen Innern ein Intercellularraum gebildet werden kann. Doch ich fühle mich nicht competent, hier die weiteren Verdickungsvorgänge der aus dem Cambium austretenden Zellen zu behandeln, und verweise in dieser Beziehung auf die wiederholt citirte Abhandlung von Sanio. Dass jede Bast- und Holzzellreihe, das sei nur noch erwähnt, nur eine Mutterzelle im Cambium hat (Sanio l. c. p. 58), ist unzweifelhaft. Eine Scheidewand, welche die zwei Mutterzellen, die von anderer Seite angenommen wurden, im Cambium trennte,

---

1) Diese inneren Blätter mit den Scheidewänden von Sanio als die eigentlichen Wandungen der jungen Holzzellen: die primären Membranen, gedeutet; das mittlere Blatt als lockere Substanz oder Zwischensubstanz: als der Rückstand der Mutterzellhäute früherer Theilungen. Vergl. l. c. auch Taf. IX, Fig. 4.

müsste eben so stark verdickt sein, wie die radialen Wände, einerlei ob nun diese Verdickung durch die Auflagerung der Mutterzellhäute früherer Theilungen oder durch Intussusception vor sich ginge.

Auch die Theilungsvorgänge in den Haaren wollte ich an wenigstens einem Objecte verfolgt haben. Ich wählte hierzu *Tradescantia virginica.* In noch unfertigen Entwickelungszuständen der bekannten Haare an den Staubfäden jener Pflanze sind die je obersten drei Zellen etwa theilungsfähig. Der Kern ist zunächst fast kugelrund und enthält mehrere Kernkörperchen (Taf. V, Fig. 34), dann wächst er in die Länge, und während die Kernkörperchen schwinden, verwandelt er sich in eine dickfaserige Spindel. Die einzelnen Fäden oder Fasern sind hier auffallend stark und convergiren nach den Polen der Spindel, lassen sich aber, einzeln genommen, nicht durch die ganze Länge der Spindel verfolgen, wodurch diese eben das scheinbar faserige Aussehen erhält. Die Kernplatte wird wenig gegen die Fasern markirt (Taf. V, Fig. 35). Zwischen ihren beiden Segmenten werden, wie gewöhnlich, die feinen Fäden ausgespannt. Dieselben schwellen seitlich so an, dass der biconvexe, linsenförmige Körper den sie bilden, fast die Seitenwand der Zelle erreicht. Die beiden jungen Kerne sind zunächst ganz glashell, homogen; dann treten mehrere Kernkörper meist in einer Ebene in ihnen auf (Taf. V, Fig. 34 oben u. 37). Die Zellplatte durchsetzt in uns schon bekannter Weise die Fäden (Fig. 34 u. 37), die Scheidewand wird simultan in derselben gebildet.

In den Endzellen der Staubfädenhaare von Tradescantia wollte Naegeli[1]) die Theilung des „Kernbläschens“ durch eine Querwand in zwei Bläschen, welche sich von einander lostrennen, beobachtet haben.

Nach Hofmeister[2]) sollen die in „Zelltheilung begriffenen

1) Zeitschrift für wiss. Bot. Heft I 1844 p. 67 und Heft III 1846 p. 102.

2) Lehre von den Pflz. p. 112.

Zellen" von Haargebilden verschiedener Gefässpflanzen häufig die ringleistenförmigen Anlagen von Scheidewänden erkennen lassen. So z. B. die jungen Haare von Ecbalium agreste. In anderen soll die dem Wasser Widerstand leistende Scheidewand plötzlich erscheinen, und vor ihrem Auftreten an ihrer Stelle eine den Zellraum durchsetzende Platte von einem Lichtbrechungsvermögen, welches von dem des übrigen Inhalts der Zelle differirt, sich finden. Diese Platte, schreibt Hofmeister, widersteht nicht dauernd dem Einflusse des Wassers: sie verschwindet bei längerem Liegen des Präparats in solchem. So bei Tradescantia virginica in den Haaren der Staubfäden, bei Hibiscus Trionum in denen der Petala. — Die Zellkerne in den Haaren (p. 81) sollen sich aber wie an anderen Orten verhalten, d. h. der Zellkern der Mutterzelle jedesmal bei der Theilung aufgelöst werden und zwei secundäre an seiner Stelle sich bilden.[1])

Dahingegen hatte Weiss[2]) zu finden geglaubt, dass die Zunahme der Zellenzahl der Haare durch freie Zellbildung aus einem Theile des Protoplasmas erfolge.[3]) Für Tradescantia virginica[4]) bildet er „biskotenförmige Kernzellen (Cytoblasten)" (Kerne) ab, die alsbald durch eine zarte Trennungslinie in zwei zerlegt werden; dann Zellen, die zwei seitlich nebeneinander

---

1) In der Abhandlung Hofmeister's über die Entstehung des Embryo der Phanerogamen, 1849, heisst es über den hier behandelten Gegenstand noch im Besondern (p. 8): „Nach der Resorption des primären Zellkerns bleibt dessen Inhalt, wie es auch bei Hibiscus, bei den Mutterzellen der Pollenkörner, der Fall ist, zusammengeballt im Mittelpunkt der Zelle." „Die länglich runde, von einer Membran nicht bekleidete Schleimmasse theilt sich in zwei kugelige Ballen, deren jeder einige der festen Körperchen einzuschliessen pflegt, jeder derselben bekleidet sich nach aussen mit einer Membran, und so sind zwei Tochterkerne gebildet." . . . (Hierzu die Figuren 20—28 der Taf. XIV.)

2) Die Pflanzenhaare 1867 in Karsten's Botanischen Untersuchungen. Band I p. 369.

3) Vergl. das Citat bei Hofmeister, Allgemeine Morphologie p. 543 Anmerkung.

4) l. c. p. 491.

stehende Cytoblasten besitzen. „Die beiden Cytoblasten rücken auseinander und das Protoplasma zwischen ihnen ballt sich zu zwei Primordialzellen, oft auch zu drei und mehr zusammen. Schon dies spricht dafür, dass der Cytoblast als solcher unwesentlich für die Individualisirung der Primordialzellen ist, denn dort, wo sich in einer Mutterzelle drei derselben bilden, ist die eine stets ohne Cytoblasten.“ [1])

Nach Angaben von Hofmeister[2]) soll in den Endzellen dickerer Haarwurzeln von *Laubmoosen* die Ausbildung der ringleistenförmigen Anlage der Scheidewände sehr langsam fortschreiten. Dabei soll, noch bevor diese Anlage auch nur ein Viertheil des transversalen Durchmessers der Zelle durchsetzt hat, ganz in der Regel, in der oberen Theilhälfte der Zelle schon die neue Zweitheilung durch Bildung zweier Zellkerne vorbereitet worden sein. Ich erwähne dieses Falls als einer interessanten Abweichung von dem gewöhnlichen Verlauf.

Nach Pringsheim[3]) werden bei *Saprolegnia lactea* (Leptomitus lacteus Ag.) die einzelnen Zellen der dichotomisch verzweigten Fäden nur durch Stricturen von einander getrennt, jedes Stück zwischen zwei Stricturen führt aber einen grossen Zellkern und documentirt sich so als Zelle. Der Kern soll seinen Ort wechseln und häufig in die Strictur eingezwängt, dieselbe verschliessen. „In älteren Gliedern findet man mehrere Kerne, die, wie es scheint, durch Sprossung und darauf folgende Trennung aus dem ursprünglichen Kerne hervorgegangen sind.“ Diese letzte Angabe macht mir nun freilich die ganze Deutung der „Kerne“ mehr denn fraglich, wie denn auch Pringsheim selbst hervorhebt, dass „die Deutung des Kernes noch mancherlei Zweifeln unterliege“. Ich habe dieser Pflanze hier nur gedacht, um die Aufmerksamkeit von Neuem auf dieselbe zu lenken. Vor allem wäre das Verhalten der Kerne bei eintretender Vermehrung der Stricturen ins Auge zu fassen.

---

1) So l. c. p. 493.

2) Lehre v. d. Pflz. p. 112.

3) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II p. 230.

Andere Vorgänge, die mehr oder weniger von der gewöhnlichen Zweitheilung abweichen, sicher aber nur als Modificationen derselben aufzufassen sind, möchte ich hier noch, wenn auch nur andeutungsweise, berühren. Ich thue dieses schon, um vorzubeugen, dass dieselben nicht etwa als unaufgeklärte Vorwürfe meiner Auffassung der Zelltheilung entgegengehalten werden könnten. Freilich kann ich hier auf alle Details nicht eingehen, und bleiben letztere noch weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Die in ihrer Art merkwürdigste Abweichung von der gewöhnlichen Zweitheilung bietet uns die Entstehung der O-förmigen Spaltöffnungsmutterzellen einiger *Aneimia-*[1]) und *Niphobolus-*[2]) Arten und der ringförmigen Zellen in den Antheridien vieler Farne.[3]) Die O-förmigen Zellen der Aneimien wären ganz unbegreifliche Erscheinungen, stünden sie isolirt für sich da, und wären sie nicht, wie ich[4]) und Rauter[5]) das schon früher nachgewiesen[1]), durch alle Mittelstufen mit der gewöhnlichen Art der Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen durch Zweitheilung verbunden.

Wir können hier an das Beispiel der Iris pumila Taf. V, Fig. 38 u. 39, das uns noch frisch im Gedächtniss sein dürfte, anknüpfen.

Bei genannter Iris haben wir den Zellkern einer jungen Oberhautzelle in deren vorderes[6]) Ende wandern, dasselbe fast völlig ausfüllen und sich nun theilen; zwischen den beiden Tochterzellkernen in den Kernfäden aber eine Querwand entstehen sehen, die hier beiderseits unter rechtem Winkel an die Mutter-

---

1) Vergl. meinen Aufsatz über die Entwickelungsgeschichte der Spaltöffnungen, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V. p. 311 u. ff. und Bd. VII p. 393 Anm. 1.

2) Rauter, Mitth. d. naturw. Vereins f. Steiermark Bd. II Hft. II 1870.

3) Vergl. Kny, Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. Mai 1869. Meinen Aufsatz Jahr. f. wiss. Bot. VII. p. 392.

4) Jahrb. f. wiss. Bot. V. p. 312.

5) l. c.

6) D. h. der Blattspitze zugekehrtes.

zellwand ansetzt und die frühere Oberhautzelle so in eine vordere kleinere und eine hintere, um das Mehrfache grössere Zelle zerlegt. Die vordere Zelle ist bei weitem inhaltsreicher als die hintere, denn sie wird von dem Zellkern und dem denselben umgebenden Wandprotoplasma vollständig ausgefüllt; die hintere Zelle hingegen wird nur quer abgeschlossen an der einen Stelle, wo der Zellkern zu liegen kommt. Bei manchen Farnen (z. B. Asplenium furcatum [1]) finden wir nun der Iris ganz ähnliche Verhältnisse; bei anderen hingegen (z. B. bei Chrysodium vulgare [2]), Asplenium bulbiferum [3]) etc.) sehen wir, bei im Verhältniss zur Grösse des Kerns durchschnittlich viel breiterer Oberhautzelle, die Scheidewand, welche sich nach der Theilung der Mutterzellkerne zwischen den beiden Schwesterzellkernen bildet, nicht mehr grade verlaufen und seitlich an die Mutterzellwände unter rechtem Winkel ansetzen, vielmehr in U-förmiger Gestalt auftreten und mit beiden Schenkeln meist an die vordere Wand der Mutterzelle anschliessen. Um den vorderen Tochterzellkern hat sich nämlich mehr Inhalt angesammelt, ähnlich etwa wie dies in dem vorderen Ende der Oberhautzelle von Iris der Fall war. Dieser Inhalt lehnt auch hier an die vordere Wand der Zelle an, reicht aber nicht aus, um sie ihrer ganzen Breite nach auszufüllen, und da sich die in den Kernfäden zwischen den beiden Tochterzellkernen auftretende Scheidewand in ihrem weiteren Verlauf innerhalb des dichteren Inhaltes hält, so bekommt sie die U-förmige Gestalt. Die Oberhautzelle wird durch dieselbe in zwei ungleiche Zellen zerlegt, von welchen beiden die inhaltsreichere vordere von der inhaltsärmeren hinteren U-förmig umfasst wird.

Wir haben hier jedenfalls einen durch specielle Anpassung modificirten Vorgang vor uns, der aus dem der Iris ähnlichen sich entwickelt haben mag.

Nun kommen aber immer weiter gehende Veränderungen hinzu, werden durch Erblichkeit summirt und führen zu immer

1) Jahrb. V. Taf. XXXVI, Fig. 33.
2) Ebend. Taf. XXXVII, Fig. (42) 47.
3) Ebend. Taf. XXXVI, Fig. 36.

stärkeren Abweichungen von den ursprünglichen Vorgängen. Wir sehen nämlich die beiden Schenkel der U-förmigen Zelle zunächst vorn sich einander nähern, dann bei Aneimia villosa zusammenschliessen, so dass die Spaltöffnungs-Mutterzellmembran nur noch mit einem schmalen Streifen an die vordere Wand der Oberhautzelle ansetzt[1]; endlich sehen wir sie bei Aneimia fraxinifolia diese vordere Wand vollständig verlassen, so dass von den beiden aus der Oberhautzelle entstehenden Schwesterzellen die eine vollständig von der anderen umringt wird.[2])

Ich habe den Vorgang bei Aneimia fraxinifolia mit absolutem Alcohol zu fixiren gesucht und mir nun die Objecte nochmals näher angesehen. Es zeigte sich, dass der Zellkern sich hier ganz ebenso wie am Ausgangspunkte dieser ganzen Reihe von Abweichungen theilt; dass er auch noch während dieses Vorgangs dem vorderen Ende der Oberhautzelle genähert ist, wenn auch etwas weniger als in früheren Fällen; dass er aber gleichzeitig eine zu der oberen und unteren Fläche der Zelle stark geneigte Lage annimmt, so zwar, dass der vordere der beiden Schwesterkerne viel näher der Oberfläche der Mutterzelle zu liegen kommt als der hintere. Daher sieht man denn auch die sich bildende Scheidewand eine trichterförmige Gestalt annehmen, sie setzt mit verengtem Lumen an die untere Mutterzellwand an und erweitert sich rasch nach oben, um hier mit viel weiterem Umfang an die obere Mutterzellwand anzuschliessen. Das von der neuen Scheidewand umgrenzte Stück dieser oberen Wand wölbt sich sofort nach aussen, so dass die junge Spaltöffnungs-Mutterzelle über die sie umgehenden und benachbarten Oberhautzellen emporgehoben erscheint.[3])

Neben diesen eben geschilderten extremen Fällen finden wir aber auch gleich noch bei Aneimia fraxinifolia ausnahmsweise solche, wo ein Anschluss der neuen Scheidewand an

---

1) Jahrb. V, Taf. XXXVII, Fig. 49.

2) Ebendas. Taf. XXXVII, Fig. 53 und Rauter l. c. Fig. 7—10 von Aneimia fraxinifolia und Fig. 12—22 von Niphobolus Lingua.

3) Vergl. die Abbildungen bei Rauter l. c.

die vordere Wand der Oberhautzelle wie bei Aneimia villosa besteht [1]), ja ganz selten auch solche, wo die Scheidewand vorn U-förmig geöffnet ist [2]), ja selbst mit nur relativ geringer Krümmung an die Seitenwände der Mutterzelle ansetzt.

Gelingt es aber den Theilungsvorgang bei Erzeugung der Spaltöffnungs-Mutterzellen von Aneimia fraxinifolia von gewöhnlicher Zweitheilung abzuleiten, so ist hiermit auch die Möglichkeit einer solchen Ableitung für die ringförmigen Zellen der *Farnantheridien* zugestanden. [3]) In der That ist auch schon wiederholt auf die Analogie dieser beiden Vorgänge hingewiesen worden. [4]) Ein Querschnitt durch eine junge Spaltöffnungs-Mutterzelle von Aneimia fraxinifolia gleicht auffallend der Seitenansicht eines der gen. Farnantheridien im optischen Durchschnitt. Man braucht sich die obere Wand der Oberhautzelle, an welche die trichterförmige Scheidewand ansetzt, nur noch stärker vorgewölbt, die benachbarten Oberhautzellen aber beseitigt zu denken. Dann stellt eben der vorgewölbte Trichterraum die sich weiter theilende obere Antheridiumzelle vor, die den Trichter umfassende Schwesterzelle aber die untere Ringzelle des Antheridium. Ein Blick auf die Figuren 11 u. 12 l. c. bei Kny zeigt, dass die Zellkerne hier etwa die nämliche gegenseitige Stellung wie bei Aneimia einnehmen.

---

1) Vergl. Fig. 4 bei Rauter l. c.

2) Fig. 3 ebendas., auch die Figuren 15 A. B. C für Niphobolus Lingua.

3) Während des Druckes der ersten Auflage dieses Buches fand Bauke (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. X p. 67) in dem Antheridium der Cyatheaceen Vorgänge, die das oben Gesagte in schönster Weise bestätigten. Ganz wie bei Aneimia villosa ist nämlich im gen. Antheridium die erste ringförmige Wand an einer Stelle in ihrer ganzen Höhe an der Seitenwand des Antheridium befestigt. In einigen Fällen sogar schliesst der Ring nicht völlig zusammen und setzt mit seiner offenen Stelle dieser Seitenwand an. Wir sehen also auch hier Annäherung an die gewöhnliche Zweitheilung und zwar auf ganz demselben Wege wie bei den Spaltöffnungen.

4) Vergl. Jahrb. VII p. 393 und Rauter l. c. p. 14 Anm.

Dass die Vorgänge der sog. Sprossung und succedanen Abschnürung mit der gewöhnlichen Zelltheilung durch Mittelstufen verbunden sind, darauf ist schon wiederholt, neuerdings auch von Sachs[1]), hingewiesen worden. Es sind auch hier nur die Extreme, die durch allmälige Summirung der Abweichungen sich bedeutender von den typischen Vorgängen entfernt haben.[2]) Es geht hier im Allgemeinen eine Sprossung der Zelle der Theilung voraus, welche letztere selbst in wenig abweichender Weise zu erfolgen pflegt. Sie dürfte hier meist an den Vorgang anschliessen, wie wir ihn bei der Theilung des Saprolegnia-Schlauches zur Bildung des Sporangiums beobachtet haben. Wo ein Zellkern vorhanden, wird derselbe sich jedenfalls in gewohnter Weise theilen[3]); wenigstens ist bisher die Vermuthung von Naegeli[4]), dass bei der Astzellenbildung der Algen, Florideen etc. „und fast aller Pflanzen" sich der ursprüng-

1) Lehrbuch IV. Aufl. p. 16.

2) So die Fälle simultaner Abschnürung, von welchen weiter die Rede sein soll.

3) Wenn nicht etwa Verkürzung der Entwickelung wie bei simultaner Abschnürung (von der weiter unten) im Spiele ist. — Die Vorgänge in dem schlauchförmig verlängerten Keimbläschen von Bartonia aurea (auch von Monotropa, Martynia, Fritillaria, Gagea, Linum), wie sie Hofmeister (Entstehung des Embryo p. 40 Taf. III, Fig. 7—11, p. 61 u. a. m.) schildert, werden wohl auch auf Zweitheilung zurückzuführen sein. Hofmeister giebt an, der primäre Zellkern des Keimbläschen schwinde, und es bilde sich hierauf ein neuer in dem vorderen, von der Mikropyle abgewandten Zellende, in dem auch körniges Protoplasma angehäuft sei. Dieses Ende werde nun als besondere inhaltsreiche Zelle von dem hinteren, nur mit wasserklarer Flüssigkeit gefüllten Raume des Keimbläschen abgeschieden. — Es könnte hier Kerntheilung im Spiele sein, wie in so vielen anderen Fällen, wo Auflösung des Zellkerns angegeben wurde, nur mit rascher Desorganisation des hinteren Kerns. Eine Verkürzung der Entwickelung mit Auflösung des primären und Bildung eines einzigen Kerns n^ter^ Generation in dem vorderen Ende des Keimbläschens, ist viel unwahrscheinlicher. — Ich selbst habe von den oben genannten Pflanzen nur Linum perenne untersucht, dort aber gefunden, dass die Theilung des Keimbläschens in gewohnter Weise erfolgt.

4) Zeitschr. f. wiss. Bot. Heft 3 p. 71 und 72.

liche Zellkern im Lumen der Mutterzelle erhalten, während in der zur Astzelle werdenden Aussackung sich ein neuer bilden sollte, im Allgemeinen nicht bestätigt worden. Auch meine eigene Erfahrungen, so weit sie reichen, sprechen dagegen. Dafür lassen sich aber nur einige wenige Beispiele aufführen, die aber, wie ich meine, auf ganz specielle Fälle beschränkt sind. So soll sich an dem Embryosack von *Bartonia aurea*, nach Hofmeister[1]), gleichzeitig mit dem Auftreten der „Keimbläschen", in der Mikropylgegend eine bauchige Ausbuchtung bilden, in dieser ein freier, kugeliger Zellkern auftreten und dann die ganze Ausbuchtung durch eine Querscheidewand von dem Embryosack geschieden werden.[2]) Der Bildung der Ausbuchtung geht eine Resorption von Zellen an der Mikropyle voraus, wodurch eine Höhlung entsteht, in die erst der Embryosack hineinwächst. Der primäre Kern des Embryosackes betheiligt sich aber eben so wenig an der Bildung des Kerns der Ausbuchtung, als an der vorausgehenden Bildung der Keimbläschenkerne.

Seitliche Auswüchse und Anschwellungen bilden sich auch an einzelnen Theilstücken, der bereits in die Endospermbildung durch Theilung eingetretenen Embryosäcke von *Pedicularis silvatica*[3]), *Veronica Buxbaumii*, *hederaefolia* und *triphyllos*[4]) und *Plantago lanceolata.*[5]) Die Auswüchse werden in diesen Fällen nicht durch besondere Scheidewände abgegrenzt, können auch kernlos bleiben oder Zellkerne erhalten, ja die obere Anschwellung des Embryosacks von Veronica-Arten, nach Hofmeister, selbst mehrere transitorische Zellkerne und sogar Zellen[6]) zeitweise aufzuweisen haben. Diese Ausbuchtungen und Anschwellungen erscheinen dann meist von Protoplasmaströmen,

---

1) Entstehung d. Embr. p. 39.

2) Vergl. auch l. c. Taf. II, Fig. 37—40.

3) Schacht, Jahrb. f. wiss. Bot. III p. 339, und Hofmeister, Abhandl. d. k. s. Ges. d. Wiss. IV p. 613.

4) Hofmeister l. c. p. 620.

5) Ebend. p. 624.

6) So nach Hofmeister bei Veronica-Arten. l. c. p. 620.

später von Zellstoffbalken durchsetzt. Wir haben es hier jedenfalls mit ganz besonderen Anpassungserscheinungen zu thun, bei denen zum Theil freie Kernbildung oder freie Zellbildung, zum Theil, wie am Embryosack von Bartonia, freie Kernbildung mit Zelltheilung combinirt auftreten dürften. Hervorheben muss ich, dass ich bisher nicht in der Lage war, diese Fälle nachzuuntersuchen.

Aus älteren, namentlich auch aus den letzten Untersuchungen von Ress[1]) geht andererseits hervor, dass bei der Thyllenbildung eine benachbarte Holzparenchym- oder Markstrahl-Zelle durch den Tüpfel in das anliegende Gefäss hineinwächst, in demselben anschwellend, nicht selten einen freien Kern erhält und sich endlich durch eine Querwand von ihrem ausser dem Gefäss liegenden Theile abgrenzt.[2]) Nach Stoll[3]) treten in den Thyllenzellen, welche in den Gefässen, an den Schnittflächen der Stecklinge von Passiflora quadrangularis (u. a. m.) gebildet worden, auch Theilungen ein, und quellen diese Zellen dann ziemlich allgemein aus dem aufgeschnittenen Gefäss hinaus, um an der Callusbildung theilzunehmen. Wie sich die an der Bildung des Callus mitwirkenden Parenchym- und Cambium-Zellen bei eintretender Theilungsthätigkeit hinsichtlich ihres Inhaltes verhalten, ist bisher, so viel mir bekannt, nicht untersucht worden. Bei der Thyllenbildung haben wir es aber jedenfalls mit einer eigenen Regenerationserscheinung zu thun, bei der die neue Zelle einen frei erzeugten Kern erhält und ihr Protoplasma in noch unbekannter Weise gegen ihre Schwesterzelle, respective Mutterzelle, abgrenzt.

Es bleibt uns noch übrig, die Vorgänge bei der Sporenbildung der höheren Kryptogamen und bei der Pollenbildung der Phanerogamen näher ins Auge zu fassen. Beides sind Objecte, die für das Studium der Zelltheilung besonders ge-

---

1) Bot. Zeitung 1868 p. 6.
2) Vergl. auch l. c. Taf. I.
3) Bot. Zeitung 1874 Sp. 765 u. a. O.

eignet, von jeher auch zu demselben herangezogen wurden. Die vorhandene Literatur machte hier neue Untersuchungen meinerseits fast überflüssig, denn schon aus den hier und dort gesehenen und geschilderten Einzelheiten war fast mit Sicherheit zu entnehmen, in welcher Weise die Theilung erfolgt. Waren ja bereits von Hofmeister plattenförmige Anhäufungen unregelmässiger Klumpen in der Aequatorialebene der Mutterzellen von Psilotum, Equisetum, Tradescantia, Pinus gesehen worden, wenn er sie auch als Gerinnungsproducte deutete. Hatte derselbe und dann Sachs ja auch Körnchenplatten zwischen den Kernen beobachtet, und Russow später ausdrücklich die Stäbchenplatten, die der Bildung der Kerne vorangehen (Hofmeister's Gerinnungsproducte) für normale Gebilde erklärt, sie bei einer grossen Anzahl von Sporen und Pollenkörnern beobachtet, ihr Verhältniss zu den Kernen angedeutet und ihre Verschiedenheit von den Körnchenplatten hervorgehoben. Während ich an dieser Arbeit schrieb, veröffentlichte endlich Tschistiakoff Untersuchungen, in denen er auch Streifungen schildert und abbildet, deren Bedeutung uns bereits bekannt, die er nun freilich für oberflächliche Streifung seines „Pronucleus" hält und mit merkwürdigen anderen Vorstellungen in Zusammenhang bringt.

Ich lasse hier mit kleinerer Schrift die ganze Literaturübersicht über den zu behandelnden Gegenstand folgen. Ich gebe sie möglichst zusammengedrängt, doch, so weit sie mir von Bedeutung schien, vollständig, weil durch dieselbe unsere eigene Aufgabe deutlicher formulirt und eine grössere Anzahl von Untersuchungen überflüssig gemacht wird.

Die Angaben, dass die Mutterzellen der Pollenkörner (an Cucurbita Pepo beobachtet) sich durch Scheidewände theilen, welche von aussen nach innen wachsen, rühren schon von Mirbel (Recherches sur le Marchantia polymorpha 1833) her und gehören zu den ältesten Beobachtungen über Zelltheilung überhaupt.

In demselben Jahre 1833 (Flora) zeigte v. Mohl, dass die Sporen durch Sonderung der körnigen Masse einer Mutterzelle in vier Partien, die sich mit eigener Haut umkleiden, entstehen. Im Jahre 1839 (Linnaea) lieferte er die erste Entwickelungsgeschichte der Sporen von Anthoceros

laevis. Die Angaben und Abbildungen waren in allen wesentlichen Punkten richtig. Er sah die succedane Theilung einer dem primären Zellkerne anliegenden gelbgrünen Scheibe, die faserigen Stränge zwischen den tetraëdrisch angeordneten Theilstücken; die endliche Auflösung des primären Kerns und die Bildung der Scheidewände, von denen es ihm wahrscheinlich ist, dass sie aus der innern Seite der Zellwandung hervorsprossende Leisten sind, die gegen die Mitte der Zelle zusammenwachsen und sich dort vereinigen. Ganz sicher glaubte er dann auch später (Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle 1851, aus Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie besonders abgedruckt), das Hineinwachsen der Scheidewände von aussen nach innen, gleichzeitig mit der Einschnürung des Inhalts, bei Pollenkörnern beobachtet zu haben.

Nach Naegeli (Entwickelungsgeschichte des Pollens 1842) sollten hingegen die Scheidewände erst nach vollendeter Theilung des Inhalts durch die aneinanderstossenden Membranen vollkommener Zellen gebildet werden (Zeitschr. f. wiss. Bot. Heft I p. 78. 1844).

Was den Inhalt der Mutterzellen anbetrifft, so giebt er an, dass der laterale, primäre Kern derselben resorbirt werde, ein neuer, secundärer, centraler sich bilde, um selbst wieder sich aufzulösen, doch erst nachdem unter seinem Einfluss sich ein oder zwei Mal zwei neue Kerne gebildet hätten. Der Inhalt theilt sich durch wandständige Zellenbildung, im ersten Falle in zwei Zellen, die nochmals, nachdem sich ihre Kerne durch Theilung verdoppelt, in je zwei zerfallen, oder es entstehen im letzteren Falle gleichzeitig vier tetraëdrisch gestellte Zellen, entsprechend den vier so vertheilten Zellkernen (Zeitschr. Heft III p. 70, 1846).

Unger (Ueber die merismatische Zellbildung bei der Entwickelung des Pollens 1844) will hingegen wieder wie v. Mohl die Scheidewände in ihrem Vordringen von aussen nach innen in der Pollenmutterzelle beobachtet haben.

Wimmel (Bot. Zeitung 1850 Sp. 225 u. ff.) will den Zellkern der Pollenmutterzelle in gleicher Theilung wie die Zelle selbst gesehen haben. Er soll sich in einer Richtung besonders ausdehnen und in zwei Kerne zerfallen. Niemals sah Wimmel bei der Pollenentwickelung mehr denn zwei neue Zellen aus einer alten unmittelbar hervorgehen.

Schacht untersuchte zunächst 1849 (Bot. Zeitung Sp. 537 u. ff.) die Entwickelung der Sporen der Farnkräuter, vornehmlich von Asplenium Petrarcae. Er giebt an, der Zellkern der Mutterzellen theile sich durch eine zarte Linie in zwei Hälften, diese in ähnlicher Weise nochmals in zwei; die vier Kerne sollen sich dann abrunden und auseinandertreten und um einen jeden, durch körnigen Inhalt von ihnen getrennt, das junge Zellhäutchen entstehen (hierzu Tafel VIII). Schacht selbst bezweifelte später diese seine Angaben, und würde ich sie hier über-

gangen haben, glaubte sie nicht neuerdings Tschistiakoff bestätigt zu haben. Für Anthoceros laevis kam Schacht 1850 (Bot. Zeitung Sp. 457 u. ff.) zu ähnlichen Resultaten wie v. Mohl, doch lässt er um jeden der vier Zellkerne einen Tochterprimordialschlauch entstehen, über dem dann eine „Zellstoffzelle“ gebildet wird. Ueber die Bildung des Pollens bei Althaea rosea (Pflanzenzelle p. 58 1852) stimmt er fast vollständig mit v. Mohl überein. In den Mutterzellen des Pollens von Viscum album (Lehrbuch I. p. 82 1856) sah er die vier Kerne noch vor Theilung des Inhalts durch Ströme verbunden, wie bei Anthoceros, wenn auch wegen des körnigen Inhalts weniger deutlich.

Pringsheim untersuchte (Pflanzenzelle p. 50 u. ff. 1854) die succedane Theilung in den Pollenmutterzellen von Allium victoriale und die simultane bei Althaea rosea. Ueber die Zellkerne giebt er nur an, dass ihre Theilung dem Beginn der Scheidewandbildung vorausgehe. Die Scheidewand dringe aber von aussen nach innen fort; wenn auch zuerst äusserst dünn und einfach, sei sie doch aus theoretischen Gründen als doppelt, weil als eine Falte der innersten Verdickungsschicht der Mutterzellwand, anzusehen.

Sanio schildert (zuletzt Bot. Zeitung 1857 Sp. 657) abnorme Entwickelungsvorgänge in den Sporenmutterzellen von Equisetum palustre, wo er die Zweitheilung der Zellkerne durch Einschnürung schrittweise verfolgen konnte (Taf. X, Fig. 8—11). Das Gleiche, meint er, dürfte also auch für die normalen Vorgänge gelten.

Die Arbeiten Hofmeister's über den hier behandelten Gegenstand greifen bis auf das Jahr 1848 zurück, auf die Arbeit in der Botanischen Zeitung (Sp. 425, 649 u. 670) über die Entwickelung des Pollens. Zahlreiche spätere Angaben sind in der „Entstehung des Embryo der Phanerogamen“ 1849, den Vergleichenden Untersuchungen der höheren Kryptogamen 1851 und in zahlreichen, in den Abhandlungen der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften veröffentlichten Abhandlungen niedergelegt. Der Verfasser hat übrigens seine Auffassung der Zelltheilungsvorgänge seit 1848 nicht wesentlich verändert, so dass ich mich, zum Zweck dieser Uebersicht, wohl an seine letzte Publication von 1867, die Lehre von der Pflanzenzelle, halten kann, in der er selbst eine Zusammenfassung aller seiner älteren Arbeiten giebt.

In der Entwickelungsgeschichte des Pollens einiger Phanerogamen und der Sporen einiger Gefässkryptogamen soll es sich mit Sicherheit nachweisen lassen, dass der Zellkern der Mutterzelle zunächst zu einer den Mittelraum der Zelle erfüllenden Flüssigkeit sich auflöst. So bei Tradescantia, Pinus, Equisetum, Psilotum. Nach völliger Auflösung desselben wird bei Gerinnung der Substanz, welche bis dahin den Kern bildete, diese zu mehreren zahlreichen, weit kleineren Massen zusammenrücken, die bei Tradescantia und Pinus ohne wahrnehmbare Ord-

nung durch den Raum der Zelle zerstreut sind, bei Equisetum vorzugsweise im Aequator der Zelle sich häufen, bei Psilotum hier zu einer horizontalen Platte sich anordnen. Auf diese Entwickelungsstufe folgt unmittelbar die Bildung zweier neuer, secundärer Zellkerne von der Form abgeplatteter Ellipsoide, deren Umgrenzung beim ersten Auftreten eben so schwer wahrzunehmen ist als die des primären Kerns kurz vor seiner Auflösung. Darauf vollzieht sich die Bildung je zweier kugeliger, tertiärer Zellkerne aus der Substanz jedes der secundären unter ganz ähnlichen Erscheinungen, bei Tradescantia in der Regel nach Bildung einer im Aequator der Zelle liegenden Scheidewand; bei Pinus, Equisetum und Psilotum, ohne dass das Auftreten einer solchen Scheidewand vorausginge.

In den Sporenmutterzellen von Anthoceros, Physcomitrium und Funaria erhält sich der primäre Kern bis nach Ausbildung der tertiären, allmälig blasser und durchsichtiger werdend, und verschwindet erst kurz vor der Bildung der Wände der Specialmutterzellen (p. 83).

„Weitere Vorboten der Trennung des protoplasmatischen Inhalts einer in Vermehrung begriffenen Zelle treten nach der Bildung zweier neuer, secundärer Zellkerne in der Art auf, dass körnige, dem Protoplasma der Zelle eingelagerte Bildungen zwischen je zwei Kernen zu einer, auf der die Mittelpunkte der beiden Kerne verbindenden Linie senkrechten Platte sich anordnen. So in den Pollenmutterzellen vieler Phanerogamen, z. B. Passiflora coerulea, in den Sporenmutterzellen von Equisetum.“ Die Scheidewand, welche demnächst die Zelle in zwei Hälften theilt geht genau durch die Mitte der Körnerplatten (p. 84). In vielen Fällen ist die Anhäufung so schmal, dass sie als dunkler Streifen erscheint, so bei den Pollenmutterzellen von Hemerocalis. Anderwärts bildet sich anstatt der Körnerplatte ein Körnergürtel, ein Ring von Körnchen, so oft in den Sporenmutterzellen von Equisetum, von Psilotum, stets in den Pollenmutterzellen von Pinus. „Hier spaltet sich nachher der Gürtel in zwei zu einander parallele Zonen, zwischen denen die Scheidewand verläuft, welche die Zelle in zwei Hälften theilen wird, dafern es überhaupt zur Bildung einer solchen kommt, dafern nicht vor Zerklüftung des Inhalts der Mutterzelle in zwei Tochterzellen die beiden secundären Kerne wieder aufgelöst und an ihrer Stelle vier tertiäre gebildet werden, die nach den Ecken eines Tetraëders sich ordnen (p. 85).“ „Die Körnerplatten bei Passiflora werden häufig, die Körnergürtel bei Pinus und Equisetum in der Regel sammt den beiden grossen secundären Kernen wieder aufgelöst, noch bevor es zur Bildung neuer Primordialzellen kam. Es bilden sich vier, bei Passiflora coerulea oft auch mehr tertiäre Zellenkerne und zwischen je zweien dieser neue Körnerplatten. Da erst erfolgt die Theilung der Mutterzelle in so viele Tochterzellen, als Zellkerne vorhanden waren (p. 85).“

Wo bei Sporen- und Pollenbildung die gleichzeitige Theilung des Inhalts in vier (sehr selten mehr) Primordialzellen vorkommt, geht ihr die Neubildung von zunächst nur zwei secundären Kernen voraus, so dass auch diese Erscheinung sich als „eine beschleunigte, überstürzte Weiterzerklüftung des Protoplasmas erweiset, welches zuvörderst in nur zwei Theilhälften sich zu sondern begann“ (p. 100). Bei der grossen Mehrzahl der Monokotyledonen erfolgt ganz plötzlich die Bildung der Scheidewände, durch welche die Räume der Pollenmutterzellen in vier (selten mehrere) Fächer, die Specialmutterzellen des Pollens, abgetheilt werden.“ „Das Gleiche gilt von den Pollenmutterzellen der Abietineen und den Sporenmutterzellen der Equiseten.“ Doch auch in allen diesen Fällen erfolgt die Sonderung des Mutterzellinhalts nicht simultan, sondern von der Peripherie zum Centrum sehr rasch fortschreitend (p. 109). Dafür spricht die bei bärtigen Irisarten nachgewiesene Einfurchung des Inhalts der zur Theilung sich anschickenden Mutterzelle vor Beginn der Scheidewandbildung, andererseits die Beobachtung, dass bei einigen der erwähnten Pflanzen Erhärtung und Verdickung der die Zelle bereits vollständig durchsetzenden Wand sichtlich von der Innenwand aus nach dem Mittelpunkt zu fortschreitet, endlich dass bei einigen, jenen nächstverwandten Gewächsen das Auftreten einer im Aequator der Zelle deren Innenwand ansitzenden, dünnen Ringleiste nachgewiesen werden kann: so bei Allium victoriale. Bei der Mehrzahl der Dikotyledonen und bei Anthoceros laevis geht die Scheidewandbildung langsamer vor sich und die noch unvollendeten Scheidewandanlagen werden stark verdickt. Die in den Innenraum der Zelle vorspringenden Leisten erhalten einen dreieckigen Querschnitt. „In solcher Form wachsen sie bei den Passifloreen bis zu etwa $^1/_{12}$, bei Anthoceros laevis bis zu $^1/_5$, bei den Cucurbitaceen bis zu $^1/_4$, bei Malvaceen (Althaea) selbst bis zu $^1/_3$ des Durchmessers des Mutterzellraumes. Der Inhalt der Zelle wird durch tiefe Einschnürungen in mehrere (in der Regel vier) Lappen getheilt, die im Mittelpunkt der Zelle zusammenhängen.“ Weiterhin wird der Vorgang sehr beschleunigt; die breiten, im Querschnitt dreieckigen Anlagen der Scheidewände gehen nach innen hin in sehr dünne Lamellen über, welche centripetal wachsend, in sehr kurzer Zeit im Mittelpunkte der Zelle zusammentreffen (p. 110) (vergl. auch die Fig. 24 u. 25 p. 110 u. 111). Jede durch Theilung entstandene Pollenzelle umgiebt sich dann mit einer besondern, von den Theilungsmembranen verschiedenen Membran in ihrem ganzen Umfange. Ueber das Specielle aus dieser und aus älteren Publicationen bitte ich die Citate weiter in den Anmerkungen zu vergleichen.

Nach Dippel (zuletzt Mikroskop p. 54 u. ff. 1869) theilen sich in den Mutterzellen der Sporen höherer Kryptogamen und der Pollenkörner zuerst die Kerne, dann folgt die Einschnürung der „ursprünglichen Membran“ (Hautschicht), mit der die Abscheidung der Tochterzellstoff-

hüllen successive Schritt hält. Die Theilung der Mutterzelle ist, früheren Angaben entsprechend, entweder succedan (Monokotyledonen) oder simultan (Dikotyledonen und höhere Kryptogamen).

Sachs (Lehrbuch, 1. Aufl. 1868, 4. Aufl. 1874) schildert (IV. Aufl. p. 13) die simultane tetraëdrische Theilung und Trennung des Mutterzellprotoplasmas bei Bildung der Sporen von Funaria hygrometrica ohne gleichzeitige Ausscheidung von Zellstoff, erst nach völliger Trennung soll sich jedes Theilstück mit Zellhaut umgeben. Bei Equisetum sollen die primären Kerne der Sporenmutterzellen sich lösen; grünlichgelbe Körnchen sich zu einer medianen Scheibe in dem sonst körnerfreien durchsichtigen Protoplasma der Mutterzelle anordnen; dann wieder eine Trübung zu den beiden Seiten der Scheibe erfolgen, indem sich Körner an den Polen der Scheibe ansammeln und sich so weit verbreiten, bis rechts und links vor der Körnerplatte nur noch ein heller ellipsoidischer Raum frei bleibt. Diese freien Räume sind zwei Zellkerne. Die Körnerplatte verschiebt sich jetzt, die zwei Zellkerne schwinden, es treten, nach den Ecken eines Tetraëders geordnet, vier kleinere auf, deren jeder auf der den Nachbarn zugekehrten Seite von einem Theil der grünlichgelben Körnchen umgeben ist, die vorher die Körnerplatte bildeten. Dann geht, von innen aus beginnend, die Trennung der vier Protoplasmaportionen vor sich. In den Kernen bildet sich jetzt je ein Kernkörperchen. Endlich sind die Sporen völlig isolirt, sie adhäriren nur noch an einander. Sie sind noch nackt, umhüllen sich aber bald mit einer Zellhaut (p. 14 und Fig. 10). — In den Pollenmutterzellen schildert Sachs die Vorgänge im Wesentlichen ebenso wie Hofmeister; nur lässt er die Zellhautlamelle bei Funkia ovata in den „hellen Grenzebenen" zwischen den Kernen simultan entstehen.

Russow's vergleichende Untersuchungen der Leitbündel-Kryptogamen etc. (Memoiren d. Petersb. Akad. VII. Serie. Bd. XIX, Nr. 1. 1872) enthalten sehr zahlreiche Angaben über Sporen- und Pollenbildung, namentlich über erstere.

Bei Marsilia Drummondii (p. 51) schwinden die Kerne der Sporenmutterzellen, es treten zahlreiche grössere Körnchen auf und ordnen sich zu einer Platte an, welche das Lumen der Zelle in zwei gleiche Hälften theilt (vergl. Taf. VI, Fig. 90). Von Kernen ist bis zur Ausbildung der Spore nichts wahrzunehmen. Bald muss die erste Körnerplatte sechs anderen Platz machen, die das Lumen der Zelle in vier gleiche tetraëdrische Räume theilen (Fig. 1). Jede der sechs Protoplasmaplatten spaltet sich sodann in zwei Platten, die entweder auseinanderrücken, zwischen sich wässerige Flüssigkeit ausscheidend (was selten der Fall zu sein scheint), oder sie bleiben dicht neben einander liegen, und eine scharfe, dunkle Linie deutet die Sonderung in zwei Platten an; darauf werden an Stelle dieser Linien oder

mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter Spalten schmal doppelt contourirte Scheidewände sichtbar (Fig. 93). Die Anlage der Sporen geschieht wie die der Pollenkörner dadurch, dass der Gesammtinhalt der Specialmutterzellen sich mit einer Membran umgiebt, die, von der Specialmuttermembran chemisch different, sich letzterer in ihrem ganzen Umfange dicht (doch lose) anlegt.

Die Polypodiaceen (p. 89) zeigen Mutterzellen mit sehr grossem, meist excentrisch gelegenem Kern (Fig. 104 u. 105). Andere mit einer kreisförmigen Platte von $^1/_2$ bis $^2/_3$ Durchmesser der Mutterzelle an Stelle des Kerns; die Platte aus stark lichtbrechenden länglichen Körnchen oder Stäbchen gebildet. Grösser und schärfer sind diese Körnchen- oder Stäbchenplatten noch in den Sporenmutterzellen der Ophioglossen und Equisetaceen (Fig. 121, 122, 123, 126) (bei letzteren häufig verbogen und meist hell rosenroth oder ziegelroth gefärbt p. 148), am grössten und deutlichsten in den Pollenmutterzellen von Lilium bulbiferum (Fig. 132), dort übrigens aus sehr unregelmässigen Körperchen gebildet.

Diese Stäbchenplatten, das hebt Russow besonders hervor (p. 90), sind durchaus verschieden von den sog. Körnerplatten oder Protoplasmaplatten, die, nachdem der primäre Kern geschwunden und zwei neue (secundäre) Kerne erscheinen, zwischen letzteren auftretend, die Sporenmutterzelle halbiren, oder die nach dem Erscheinen der vier tertiären Kerne auftreten, um die Specialmutterzellwände zu bilden. Aus dem Umstande, dass zur Zeit, wo Stäbchenplatten vorhanden, nie Kerne sichtbar sind, und dass, wie bei Ophioglossum und Lilium bulbiferum leicht zu beobachten, nach dem Auftreten der die Mutterzelle halbirenden Körnerplatte zu beiden Seiten letzterer, wo sonst die Kerne vorhanden, je eine Stäbchenplatte (von dem halben Durchmesser der primären Stäbchenplatte) sichtbar ist, darf man wohl auf eine nahe Beziehung zwischen Kern und Stäbchenplatte schliessen, wenn nicht auf die Bildung letzterer aus ersterem.

Die Theilung der Sporenmutterzelle (p. 91) wird bei den Polypodiaceen dann weiter durch des Auftreten der die Zelle halbirenden Körnerplatte eingeleitet, die nach dem Erscheinen der beiden secundären Kerne zwischen diesen sichtbar wird. Die sec. Kerne schwinden, vier neue kleinere Kerne treten auf. Neue Körnerplatten bilden sich zwischen je zwei Kernen. Die Kerne liegen in einer Ebene, wie in den vier Ecken eines Tetraëders. In den Körnerplatten bilden sich nun in der schon erwähnten Weise die Scheidewände (vergl. Fig. 106—110).

Die hier in den Hauptpunkten wiedergegebene Schilderung vertritt Russow auch in einem neuerdings in der Botanischen Zeitung (Mai 1875, Nr. 20 u. 21) veröffentlichten, gegen Tschistiakoff gerichteten Aufsatze.

Auch in den Pollenmutterzellen von Ceratozamia longifolia will

Juranyi (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII p. 387 1872) das Schwinden des primären Kerns, das Auftreten zweier kleinerer beobachtet haben. Die Scheidewand erscheint als ein plattes, breites, die Zelle gürtelförmig umlaufendes Band, im optischen Durchschnitt der Zelle als ein kleiner keilförmiger Vorsprung. Sie wächst zunächst nun fast gleichmässig in die Dicke und in die Breite und erscheint daher als ein auf breitem Grunde aufsitzender, mehr oder weniger stumpfer Kegel, der von nun an nur an seiner Spitze wächst und sich so zu einer ziemlich dünnen Membran gestaltet, die Theilung rasch vollendend. Es erfolgt nun die Theilung der beiden Schwesterzellen entweder in derselben oder in sich kreuzenden Ebenen. Die Bildung der Scheidewand geht hier ausserordenlich rasch vor sich, so dass Mittelzustände derselben nur selten und schwer anzutreffen sind (vergl. auch hierzu Taf. XXXI u. XXXII).

Aus dieser ganzen Literatur (wenn wir von Tschistiakoff absehen) geht wohl schon zur Genüge hervor, dass die Vorgänge bei der Sporenbildung aller höheren Kryptogamen und der Pollenbildung aller Phanerogamen in den wesentlichsten Punkten übereinstimmen. Die stärkste Abweichung von dem allgemeinen Typus zeigen nur diejenigen Fälle, wo nach übereinstimmenden Angaben[1]) der primäre Kern der Mutterzelle längere Zeit unversehrt bleibt, während ein neuer neben ihm entsteht und durch seine Theilungen erst die folgenden liefert. Es schien diese Abweichung auf die Familie der Moose beschränkt zu sein, wir werden sie aber auch an einem anderen Orte wiederfinden. Im Uebrigen bewegen sich die in der Literatur bisher verzeichneten Verschiedenheiten auf dem hier behandelten Gebiete nur innerhalb ziemlich enger Grenzen: ob die Theilung mit gleichzeitiger, oder nachträglicher Ausscheidung von Zellhautstoff, oder auch ohne eine solche überhaupt vor sich geht.

Nach alledem muss ich im Folgenden zunächst zu constatiren suchen, ob innerhalb der Sporenmutterzellen der höheren Kryptogamen und der Pollenmutterzellen der Phanerogamen die Theilungen in derselben Weise erfolgen, wie in den früher

---

1) Hiergegen auch nur wieder Tschistiakoff Bot. Zeitung 1875. Sp. 23.

von mir behandelten Fällen, dann auch die Modificationen der den allgemeinen Vorgang begleitenden Erscheinungen, so wie die schon angedeuteten Abweichungen von dem allgemeinen Vorgang selbst ins Auge fassen. Meine Aufgabe könnte eine sehr umfangreiche werden, wollte ich auch die Tschistiakoff-schen Angaben gleich als Vorwürfe für neue Untersuchungen aufnehmen, doch hiervon will ich an dieser Stelle absehen und vielmehr erst in der Folge prüfen, wie weit diese Behauptungen überhaupt als neue wissenschaftliche Probleme behandelt werden können.[1])

Am nächsten an rein vegetative Theilungsvorgänge schliessen sich wohl diejenigen an, denen wir in den Pollenmutterzellen der Monokotyledonen so oft begegnen. Das günstigste unter den mir zur Hand stehenden Objecten war *Allium narcissiflorum*, mit dessen Schilderung ich auch beginne. Die Alcohol-Präparate geben auch hier die günstigsten Bilder. Die jungen, eben aus dem Verbande tretenden Pollenmutterzellen zeigen einen grossen Zellkern mit einem Kernkörperchen. Der Zellkern füllt die grösste Hälfte der ganzen Mutterzelle aus, er ist sehr inhaltsreich. Nach völliger Trennung der Mutterzellen verdickt sich ihre Wand auffallend, ihre Zellkerne werden spindelförmig und streifig, und treten einzelne grössere, zu einer einschichtigen Kernplatte angeordnete Körner im Aequator dieser Zellkerne auf[2]) (Taf. VI, Fig. 52 u. 53). Die relativ schwach markirten Streifen zu beiden Seiten der Platte convergiren nach den Polen. Die Zahl der Körner in der Platte ist oft nicht grösser als zehn (Fig. 52 u. 53), oft sind sie auch seitlich unter einander zu einer continuirlichen Platte verschmolzen (Fig. 55 von der Seite und Fig. 56 von der Fläche gesehen). Die Platte zeigt

---

1) Das Referat über die Tschistiakoff'schen Arbeiten kann ebenfalls erst in dem speciellen Theile folgen, da gen. Arbeiten keines allgemeineren Auszugs fähig sind.

2) Eine solche Platte zum ersten Mal von Russow als normale Bildung hervorgehoben und als Stäbchenplatte von den früher schon beschriebenen Körnerplatten unterschieden. l. c. p. 90.

von der Fläche betrachtet, auch wenn sie aus isolirten Körnern besteht, eine continuirliche Contour (Fig. 54), die ursprüngliche Contour des Zellkerns, dessen übrigen Umrisse sich hingegen an den fadenförmig differenzirten Theilen nur schwer verfolgen lassen. Die Kernplatte beginnt sich nun in der uns bekannten Art und Weise zu spalten. Ich habe bei der sehr grossen Zahl von Mutterzellen, die ich durchmusterte, wiederholt solche Zustände zu sehen bekommen (Fig. 57 u. 58). Die beiden Plattensegmente weichen auseinander, ähnlich wie in andern sich theilenden Zellen, die Protoplasmafäden zwischen sich ausspannend (Fig. 57, 58 u. 59). Die Bildung der Tochterzellkerne aus dem Gesammtinhalte jeder der beiden Mutterkernhälften ist hier sehr schön zu verfolgen (Fig. 58, 59 u. 60). Die jungen Tochterzellkerne sind zunächst glashell homogen (Fig. 60 u. 61). Alsbald entstehen aber in ihrer Masse kleine Höhlungen, welche alle in einer Ebene liegen (Fig. 62). Inzwischen haben sich die ausgespannten Fäden seitlich ausgebreitet, wobei ihre Zahl und ihr Volumen jedenfalls durch Aufnahme neuer Substanz und nachträgliche Differenzirung derselben bedeutend zugenommen hat. Die Fäden nehmen schliesslich fast den ganzen zwischen den beiden Zellkernen befindlichen Raum für sich in Anspruch. Gleichzeitig haben sie auch eine Verdickung in ihrer mittleren Länge erfahren, die durch seitliche Verschmelzung der verdickten Stellen zur Bildung einer zusammenhängenden Zellplatte führt (Fig. 62 u. 63). Letztere wird alsbald von einer Cellulosemembran durchsetzt. Oft konnte ich deutlich ein ringförmiges Beginnen dieser Zellwand an der Wand der Mutterzelle feststellen[1]), in den meisten Fällen schien sie simultan innerhalb der ganzen Zellplatte angelegt zu werden.[2]) Wie wir aus früheren Erfahrungen wissen,

---

1) Hofmeister, L. v. d. Pflz. p. 110, hebt auch für Allium victoriale die ringleistenförmige Anlage der Scheidewand hervor.

2) Vergl. auch Sachs, Lehrb. IV. Aufl. p. 15 nebst Abbildungen. Nach Hofmeister (L. v. d. Pflz. p. 109) werden die Scheidewände in allen Sporen- und Pollenmutterzellen, wenn auch ganz plötzlich, doch von der Peripherie zum Centrum fortschreitend gebildet.

ist hier für alle Fälle die Möglichkeit der simultanen Ausscheidung der Cellulosewand durch die in ihrer ganzen Ausdehnung schon praeexistirende Zellplatte gegeben. Die junge Zellwand zeigt wegen ihrer Quellbarkeit bei der Untersuchung eine von Anfang an nicht unbedeutende Stärke. Sie und ihres Gleichen quellen sogar in concentr. Glycerin, in welches die Alcohol-Präparate eingelegt werden. Wollte man sie in ihrer normalen Stärke sehen, so müsste man die Präparate direct in dem absoluten Alcohol untersuchen.

In den beiden nun völlig gegen einander abgegrenzten Schwesterzellen wiederholt sich alsbald der nämliche Vorgang, den wir in der Mutterzelle gesehen. Die beiden Zellen theilen sich entweder in derselben (Fig. 65), oder in sich kreuzenden Ebenen (Fig. 66). Sind die Scheidewände auch hier gebildet, so umgiebt sich jede der Zellen mit einer äusserst zarten, alsbald stärker werdenden, an die vorhandenen, sogen. Specialmutterzellwände angeschmiegten Verdickungsschicht (Fig. 67 u. 68). Diese Verdickungsschicht bricht stärker das Licht, sie erscheint weisser als die ursprüngliche Mutterzellwand und die an sie ansetzenden Scheidewände. Dann werden letztere so rasch verflüssigt, dass man oft lange nach den Verflüssigungszuständen selbst suchen muss. Während dieser Verflüssigung fangen die jungen Pollenkörner sich schon an ihrer (der Mutterzellwand zugekehrten) Aussenseite zu falten an.

In den Pollenmutterzellen von *Anthericum ramosum* habe ich bei der ersten Theilung des Inhalts oft an in Glycerin eingelegten, schwach contrahirten Alcohol-Präparaten eine innere Spaltung der Zellplatte gesehen, während dieselbe an den Rändern noch ganz einfach war[1]) (Taf. VI, Fig. 69). Es ist mir diese Erscheinung an keinem Orte wieder in so auffallender Weise wie hier begegnet. Sie ist die Folge des Umstandes, dass hier die Trennung der Zellplatte in die beiden

1) Aehnliche Erscheinungen schildert Tschistiakoff bei den Sporenmutterzellen von Angiopteris und Isoëtes, zuletzt Bot. Zeitung 1875 Sp. 21.

Hautschichten innerhalb der Region der Kernfäden etwas früher stattfindet als ausserhalb derselben.

Nun galt es mir festzustellen, ob in den Fällen rein tetraëdrischer Theilung die Zellkerne sich ebenfalls in zwei Intervallen theilen, oder ob etwa im Mutterzellkern tetraëdrisch angeordnete Platten auftreten und einen sofortigen Zerfall derselben in vier Theile veranlassen können.[1]) Ich wählte als typisches Object für die Untersuchung *Tropaeolum majus*, das jedenfalls sehr nah an das von Sachs (Lehrbuch, IV. Aufl. p. 15) abgebildete Tropaeolum minus sich hätte anschliessen müssen. Die Mutterzellen führen zunächst einen relativ kleineren Zellkern als die von Allium (Taf. VI, Fig. 70 u. 71); derselbe führt ein grosses Kernkörperchen, vergrössert sich alsbald und bildet, indem er streifig wird, nur eine aequatoriale Kernplatte (in Fig. 72 die Kernplatte von der Seite, in Fig. 73 von der Fläche). Die Platte ist hier weniger markirt als bei Allium, von kleineren und doch auch nur in einer Schicht angeordneten Körnchen gebildet, dafür sind aber die Fäden der übrigen Kernmasse viel dicker.[2]) Nach dem Auseinanderweichen der Plattensegmente (Fig. 74 u. 75), somit der beiden Hälften des Mutterzellkernes, und nach der vollendeten Differenzirung der beiden Schwesterkerne (Fig. 76) wird auch die Zellplatte im Aequator der wohl ähnlich wie bei Allium vermehrten Fäden angedeutet (Fig. 77). Es bleibt aber zunächst bei dieser Andeutung und die beiden eben gebildeten Schwesterkerne theilen sich sofort abermals in sich kreuzenden Ebenen (Fig. 78 u. 79). Die vier neuen Zellkerne treten in Wechselwirkung und nehmen daher in der annähernd kugeligen Protoplasmamasse eine tetraëdrische Lage ein (Fig. 80). Die Wechselwirkung der vier Kerne wird durch die angedeutete primäre Zellplatte nicht verhindert, vielmehr diese Zellplatte selbst in

1) Wie Tschistiakoff neuerdings (zuletzt Bot. Zeitung 1875 p. 6) wiederholt beschreibt.

2) Ein solcher Zustand hat unzweifelhaft das Bild von Tschistiakoff, Bot. Zeitung 1875, Taf. I Fig. XXIX, veranlasst.

vier kreisquadrantische Stücke gebrochen. Zu diesen vier Platten werden noch zwei ihnen gleiche hinzugefügt, als neue Zellplatten zwischen je zwei zuletzt entstandenen Schwesterkernen. So kommt hier die tetraëdrische Vertheilung des ganzen Inhalts zu Stande, die nicht möglich ist, wo, wie bei Allium und den meisten andern Monokotyledonen, auf die erste Zweitheilung gleich die Bildung der festen Cellulosewand folgt. Daher bei den gen. Monokotyledonen nur Anordnung der Pollenkörner in einer Fläche, oder übers Kreuz. Die sechs Zellplatten von Tropaeolum zeigen alsbald den gleichen Entwickelungszustand, ist dieser aber erreicht, so sieht man, den Zellplatten entsprechend, leistenförmige Vorsprünge an der stark verdickten gemeinsamen Mutterzellwand auftreten. Ich glaube, ihrer Bildung geht eine beginnende Abrundung der einzelnen Enkelzellen voraus, welche eine schwache Einschnürung der jungen Tetrade an den Theilungsstellen veranlasst. An den Einschnürungsstellen wird aber die Mutterzellwand verdickt, und zwar dem Einschnürungsraum gemäss in Gestalt breit angesetzter, doch rasch sich auskeilender, im optischen Durchschnitt daher dreieckig erscheinender Leisten (Taf. VI, Fig. 81). Die herrschende Vorstellung, nach der diese ersten Leisten erst ganz dünn beginnen, dann aber rasch an den Ansatzstellen verdickt werden sollen, ist entschieden unbegründet, ebenso wie die weitere Behauptung, dass diese ersten, leistenförmigen Vorsprünge nunmehr langsam nach innen fortwachsen und den Inhalt einschnüren sollen. Es bleibt vielmehr ein für alle Mal bei der ersten eben erwähnten, durch innere Ursachen veranlassten Einschnürung des Inhalts stehen, dessen Grösse, so wie die damit im Zusammenhang stehende Tiefe der von der Mutterzellwand vorspringenden Leisten, nur unbedeutend schwankt. Die Bildung der eigentlichen Trennungswände der Tetrade folgt jetzt erst durch Ausscheidung von Zellstoff zwischen je zwei aus den Zellplatten sich sondernden Hautschichten. Sie erfolgt simultan und die gebildeten Wände setzen mit ihrem Aussenrande an die vorher entstandenen leistenförmigen Vorsprünge der Mutterzellwand

an.[1]) Die inneren, neugebildeten Wände sind aber auch hier sehr quellungsfähig und nehmen selbst in concentr. Glycerin an Durchmesser zu, wodurch die jungen Zellen auseinandergerückt werden (Taf. VI, Fig. 82). Der Vorgang der Pollenbildung findet nun alsbald seinen Abschluss in der Ausscheidung der bleibenden Pollenzellwand als innerer Verdickungsschicht, und zwar, wie es scheint, Appositionsschicht der „Specialmutterzellwand" (Fig. 83), deren Auflösung alsbald folgt.

Ganz dasselbe wie für Tropaeolum majus gilt auch für *Cucumis* (Taf. VI, Fig. 84) und andere dikotyle, tetraëdrische Pollenbildungen, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, so dass ich hieraus schon den Schluss ziehen möchte, dass es tetraëdrische Theilungen des Zellkerns nicht giebt, dass es vielmehr überall zwei Theilungsschritte sind, die den Zellkern der Mutterzelle in die vier Enkelzellkerne zerlegen. In allen Fällen wird die erste Zweitheilung der Mutterzelle durch die Zellplattenanlage zwischen den ersten beiden sec. Zellkernen angedeutet, bevor die beiden folgenden Zweitheilungen eintreffen.[2])

Tschistiakoff giebt in der Botanischen Zeitung von diesem Jahr (1875 Nr. 6) die Entwickelungsgeschichte des Pollens von Epilobium angustifolium, von Magnolia (purpurea und Yulan) und verschiedener Coniferen. Das Protoplasma der Pollenmutterzellen von Epilobium und Magnolia soll einen Pronucleus, mit echtem morphologischen Nucleus in der Mitte, führen. Bei Coniferen soll es hingegen einen echten Nucleus enthalten, der auch ohne Wassereinwirkung sichtbar ist, bald aber zur Organisation von Pronucleus und Pronucleolus herabgeht. Pronucleus und Pronucleolus scheinen in allen den genannten Fällen bis an die Peripherie des Inhalts zu wachsen. Bei Epilobium wird dann der Pronucleus durch ein oder drei (sechs) Spalten in zwei oder vier Portionen simultan getheilt; bei Coniferen werden in ihm eine oder sechs sehr feine

---

1) Daher denn auch in der Schilderung von Hofmeister (Lehre v. d. Pflz. p. 110) die Angabe, dass, nach Bildung der dreieckigen Leisten bis zu einer bestimmten Tiefe, die Abschnürung der Theilhälften des Inhalts sehr beschleunigt wird.

2) Vergl. auch Hofmeister l. c. p. 100.

protoplasmatische Theilungslamellen sichtbar als Andeutung der Theilung in zwei oder unmittelbar in vier tetraëdrisch geordnete Theile. Bei Magnolia sieht man den Pronucleus im Aequator und an den Polen dichter werden. Die aequatoriale Lamelle erweitert sich bedeutend und zeigt eine „meridionale Streifung", während die Substanz der Pole zwei neue künftige Pronuclei darstellt. Die gestreifte Zone erweitert sich mehr und mehr; die Streifung, die stets, wie bei allen andern Protoplasmatheilen, nur unter Wasser-einwirkung sichtbar ist, wird undeutlicher, während die Rudimente der beiden neuen Pronuclei sich mehr und mehr vergrössern. Endlich nimmt die gestreifte Zone ganz die Eigenschaften des umgebenden Protoplasma an, so dass die beiden sec. Pronuclei von einander entfernt sind und in ihrem Innern jetzt vier Nucleoli beherbergen. „Derselbe Theilungsprocess wiederholt sich in jedem der secundären Pronuclei, indem der Inhalt in zwei Theile durch Einschnürung von der Peripherie nach innen fortschreitend, zerfällt." Die primäre Theilung findet fast gleichzeitig mit der secundären statt. Der Inhalt wird eingeschnürt ohne Betheiligung des Primordialschlauchs, der an der Einschnürungs-stelle schwindet. Während des Vorgangs wird aber Zellstoff ausge-schieden und durch diesen Process wird der Inhalt mechanisch ein-geschnürt. Dieser Process kann bis zum Schluss der Theilung anhalten oder auch durch ein plötzliches Zerfallen des schon halb eingeschnürten Inhalts vollendet werden. Bei Epilobium wird von einer Streifung des Pronucleus nichts gesagt, nach dessen oben erwähnter Theilung sollen vielmehr die einzelnen Portionen sich von einander entfernen, endlich unsichtbar werden, worauf im Protoplasma sich zwei oder vier Pronuclei bilden. Die Theilung des Plasmas selbst wird durch pötzliche Aus-bildung fester Scheidewände bewirkt, deren Verdickung von der Peri-pherie und vom Centrum ausgeht. Bei den Coniferen werden erst nach dem Auftreten der schon erwähnten Theilungslamellen Streifen auf der Oberfläche des Pronucleus sichtbar, sie erscheinen als eine Menge schlangenförmiger, dichter und glänzender protoplasmatischer Linien, die bald zu leistenförmigen Meridianen verschmelzen. Die Theilungslamellen des Pronucleus sind dann erweitert, sie sind aus glänzenden, protoplas-matischen Klumpen aufgebaut. Die sec. Nuclei werden wie bei Magnolia gebildet. Der Vorgang ist succedan, falls nicht der primäre Pronucleus sich tetraëdrisch getheilt hat. Die Streifen der aequatorialen Zone ver-schwinden und sammeln sich dann Stärkekörner zu einem aequatorialen scharf begrenzten Gürtel, der bald bis zum Centrum des Protoplasma vordringt: einer bei Zweitheilung, sechs bei tetraëdrischer Theilung. Nun spaltet sich diese dem „Körnerplättchen" entsprechende Lamelle in zwei. Die Mutterzellmembran bildet jetzt eine vorspringende Ver-dickungsschicht, dann wird eine nicht quellbare Cellulosewand in der Mitte der stärkehaltigen Lamelle gebildet; sie schreitet nach der Peri-

pherie fort, wo sie mit der Verdickungsleiste verwächst. Die primäre Theilung ist noch nicht beendet, so beginnt die secundäre. Die Exine soll sich in allen den angeführten Fällen durch unmittelbare Umwandlung des Primordialschlauchs bilden, die Intine durch Ausscheidung von Zellstoff. Das Weitere hierüber bitte ich in der Bot. Zeitung l. c. zu vergleichen.

Von den auf Taf. I. der Bot. Zeitung zusammengestellten Figuren nähern sich die wenigsten der Wirklichkeit, die meisten sind merkwürdige Kunstproducte.

Ich habe hier die Tschistiakoff'schen Arbeiten über Pollen in extenso wiedergegeben, so wird der Leser sich selbst am besten ein Urtheil über dieselben bilden können.

Sehr schön sind alle Einzelheiten der Theilungsvorgänge in den relativ grossen Sporenmutterzellen von *Psilotum triquetrum* [1]) zu verfolgen, wenn auch ihr Inhalt im absoluten Alcohol sich in gewissen Entwickelungszuständen etwas zusammenzieht und dann oft eine Verschiebung der einzelnen Theile gegeneinander veranlasst.

Bei Psilotum liegen die vier aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Sporen fast immer in einer Ebene, trotzdem folgen die beiden Theilungen ganz ebenso rasch auf einander wie bei den vorhin behandelten, tetraëdrisch sich bildenden Pollenkörnern. Unter zahlreichen Mutterzellen findet man auch einzelne, die tetraëdrisch sich theilen.

Die sich eben von einander lösenden Sporenmutterzellen haben bereits einen Zellkern aufzuweisen, der nur wenig der ganzen Zelle an Grösse nachsteht. Derselbe führt ein grösseres oder mehrere kleinere Kernkörperchen, sonst gleichmässig vertheilten, feinkörnigen Inhalt. — Nachdem sich die Sporenmutterzellen gegen einander abgerundet (Taf. VI, Fig. 85), geht die Kernmasse die streifige Differenzirung ein [2]) und tritt die

1) Vergl. auch Hofmeister, L. v. d. Pflz. p. 81 u. 82.

2) Tschistiakoff ist der erste, der von dieser Structur etwas gesehen. Er schildert sie (Bot. Zeitung 1875 Sp. 20) in den Mikrosporenmutterzellen von Isoëtes Durieui wie folgt: Der „Pronucleus" hat die Form eines Ellipsoids . . . auf seiner Oberfläche bemerkt man sehr gut der Länge nach gehende und mehr oder weniger glänzende, d. h. mehr oder

Kernplatte auf.[1]) Die Kernplatte wird hier von relativ langen Stäbchen gebildet (Fig. 86, 90, 92), deren gegenseitige Lagerung am besten aus der Flächenansicht (Fig. 87) ersehen werden kann. Die Fäden der übrigen Kernmasse convergiren sehr stark nach den Polen, ohne sich jedoch an denselben zu schneiden[2]) (Fig. 90, 92). Unter dem contrahirenden Einflusse des absoluten Alcohols werden die convergirenden Fäden hier übrigens mit ihren Enden meist so aneinander gepresst, dass der Kernkörper jederseits in eine scharfe Spitze ausgezogen erscheint (Fig. 86). Die gestreifte Kernmasse und die Kernplatte setzen hier stets deutlich gegen das umgebende Protoplasma ab, die Contour um die Kernplatte wird besonders auffällig, wenn man diese Platte von der Fläche betrachtet (Fig. 87).

Die Spaltung der Platte und die verschiedenen Zustände ihres Auseinanderweichens glückte es mir wiederholt mit Alcohol fixirt zu finden; so in der Figur 93. In Fig. 88 sind die aus dem primären Mutterzellkern hervorgehenden beiden Schwesterkerne schon angelegt; es beginnt die Verdickung der zahlreich differenzirten feinen Fäden im Aequator. Einen weiteren Zustand stellt Fig. 89 dar, in welcher die Zellplatte schon ange-

---

weniger dichte Streifen, was eine Differenzirung in seiner Substanz bekundet. Die Streifen sind wie Meridiane geordnet. In einer etwas vorgerückteren Phase bemerkt man auf der Oberfläche des Pronucleus einen aequatorialen Wulst, der von einer noch dichteren Substanz gebildet ist. „Dieser Wulst ist nichts Anderes als ein dichteres, protoplasmatisches Blättchen, durch welches sich das Protoplasma in seinem physiologischen Centrum theilt und welches demjenigen, das ich im Pronucleus der Angiopteris bei Beginn der Theilung des Protoplasmas vorgefunden habe, vollständig analog ist.“ An den Polen des Pronucleus sollen sich nun zwei kleine, durchsichtigere protoplasmatische Sphären bilden, welche sich während der Beobachtung bald in kleine Vacuolen umwandeln und nichts Anderes sind als der zu den physiologischen Functionen in den Einzelportionen des Protoplasmas nach der Theilung bestimmte Pronucleus u. s. w.

1) Von Hofmeister gesehen und abgebildet l. c. p. 82 Fig. 16 *d* und *e*, doch (p. 83) für ein Artefact erklärt.

2) Wie es etwa Tschistiakoff l. c. Fig. XX oder XXIV abbildet.

legt erscheint. Die beiden Schwesterkerne sind hier, ähnlich wie wir das auch in den Mutterzellen der Pollenkörner meist sehen konnten, so weit auseinandergerückt, dass sie mit ihrer Aussenseite fast an die Wand der Mutterzelle anlehnen. Sie erscheinen gleichmässig körnig. Sofort nach ihrer Bildung beginnt auch wieder ihre Theilung und zwar in derselben Ebene (Fig. 90, 91, 93 u. 94), oder ganz ausnahmsweise, wie schon gesagt, in sich kreuzenden Ebenen (Fig. 95). Dass sich hierbei die nämlichen Vorgänge wiederholen wie bei der ersten Theilung, zeigen die Figuren 90, 93, 96, Tafel VI. Die Stäbchen der Kernplatten und die gestreiften Kernmassen sind nur entsprechend kleiner. In Folge der ungleichmässigen Contraction im Alcohol, der auf diese Zustände besonders empfindlich einwirkt, sind meist die beiden gestreiften Kerne mit sammt ihren Kernplatten gegen einander verschoben, nur selten trifft man sie in ganz normaler Lage. Zwischen den werdenden Enkelzellkernen, die auch fast bis an die Wand der Mutterzelle auseinanderrücken, bilden sich die beiden neuen Zellplatten, die alsbald eben so weit entwickelt erscheinen, wie die zuvor zwischen den Tochterzellkernen angelegte (Fig. 94 u. 95). Die in den Kernfäden erzeugten Zellplatten, sowohl die primären als die secundären, reichen hier, so wie meist auch in den Pollenmutterzellen, völlig bis an die Hautschicht der Mutterzelle, oder fast bis an dieselbe, so dass sie kaum noch am Rande ergänzt zu werden brauchen. Sehr schön lässt sich hier die Spaltung der Zellplatte in die beiden Hautschichtplatten verfolgen: wie sie zunächst in einzelnen Punkten beginnt und diese zu einer zusammenhängenden Fläche allmälig verschmelzen. Doch sind solche Präparate mit punktförmig angedeuteter Spaltung höchst selten, jedenfalls ein Beweis, dass der ganze Vorgang sehr rasch abläuft.

Gleichzeitig mit der Spaltung geht die Ausscheidung der Cellulose vor sich, und zwar simultan in der ganzen Spaltungsfläche (Fig. 97). Körniges Material zur Bildung der Membran findet man an der Zellplatte weder hier, noch in den Pollenmutterzellen, noch sonst in den meisten Fällen angesammelt,

dasselbe wird also wohl in gelöster Form den Verbrauchsstätten hier zugeführt.

Die Mutterzellwand sowohl als auch die jungen Scheidewände[1]) sind hier ganz ausserordentlich quellungsfähig, ja sie quellen selbst wieder in concentrirtem Glycerin. Um dieselben ungequollen zu sehen musste ich die Alcohol-Präparate im Alcohol selbst untersuchen. Meine Zeichnungen sind hingegen nach in Glycerin eingelegten Alcohol-Präparaten ausgeführt, da durch die Quellung der Wand der erhärtete Inhalt nur noch wenig leiden konnte. Frische Objecte gelang es mir eine kurze Zeit hindurch unversehrt in Hühnereiweiss zu beobachten, doch sind die Brechungsdifferenzen der protoplasmatischen Inhaltsmassen während der Theilungsvorgänge im frischen Zustande so gering, dass sie kaum eine Einsicht in die feineren Details gestatten.[2]) Ich begnügte mich also damit festzustellen, dass die frischen Objecte keinesfalls den an Alcohol-Präparaten gewonnenen Resultaten widersprechen; eine Prüfung, die insofern fast überflüssig erscheinen konnte, als ich ja anderwärts die hier geschilderten Theilungsvorgänge in übereinstimmender Weise sich unter meinen Augen hatte abwickeln sehen.

Die Zellkerne junger Sporenzellen erscheinen im frischen Zustande ganz homogen, an Alcohol-Präparaten gleichmässig körnig. Man kann oft in ganz jungen Sporenzellen, welche durch die Quellung der in Anlage begriffenen Scheidewände etwas auseinandergerückt worden, noch die Protoplasmafäden sehen, die vom Zellkern nach der Trennungswand verlaufen und in der Hautschicht an derselben enden (Fig. 98 u. 99). Sehr bald wird diese Anordnung aber verwischt. Die Sporen-

---

1) Dass die Scheidewände bei Sporen und Pollenkörnern aus der mittleren, erhärteten Lamelle einer ausgeschiedenen Gallerte gebildet werden, wie es Tschistiakoff will, ist für diese Fälle hier eben so wenig richtig wie für Spirogyra, für die er es gleichfalls behauptet hat. Es erhärtet hier vielmehr überall die ganze ausgeschiedene Cellulose zur Membran.

2) Tschistiakoff schliesst daraus, dass es nur chemische, nicht morphologische Vorgänge sind etc. Vergl. Bot. Zeitung 1875 Sp. 7.

zellen bilden in gewohnter Weise ihre bleibenden Wände und werden nach Auflösung der sog. Specialmutterzellwände frei (Fig. 100).

Die Sporenmutterzellen von *Funaria hygrometrica* sind schon, weil relativ klein, für die Verfolgung der Einzelheiten des Theilungsvorgangs nicht günstig[1]), doch galt es mir für dieselben auch nur festzustellen, ob die an die Mutterzellwände ansetzenden Scheidewände in ihnen, wie in den bisher betrachteten Fällen, gebildet werden, oder ob den Angaben von Sachs[2]) gemäss ihre Bildung unterbleibt. An den von mir untersuchten Exemplaren war nun das erstere der Fall und hatten sie sämmtlich die in Frage stehenden Scheidewände aufzuweisen.[3]) Alcohol-Präparate zeigten das auf das Bestimmteste.

Andererseits sollten auch nach übereinstimmenden Angaben von Sanio[4]) und Sachs die Sporenmutterzellen von *Equisetum* völlig nackt sein. Ich selbst konnte mich hingegen, zum Mindesten bei Equisetum limosum, an Alcohol-Präparaten von der Existenz einer sehr zarten Membran überzeugen, von der sich das Protoplasma zurückzieht (Taf. VI, Fig. 102 u. ff.). Die Theilung der Sporenmutterzellen erfolgt hier tetraëdrisch und giebt an Alcohol-Präparaten ein für die Untersuchung ausserordentlich günstiges Object ab, dessen Studium ich nicht genug empfehlen kann. Der Umstand, dass die Entwickelungszustände inner-

1) Hofmeister (vergl. Unters. p. 75 und Taf. XVI Fig. 1—4 u. Lehre v. d. Pflz. p. 83) giebt an, der primäre Zellkern in den Sporenmutterzellen von Funaria werde bis zur Bildung der tertiären erhalten. Von Sachs wird dieses Verhältnisses nicht erwähnt; die Objecte, die ich frisch im Wasser untersuchte, sprachen in der That für die Hofmeister'sche Auffassung, eben so die gleichen Zustände bei Physcomitrium pyriforme. Bei Encalypta vulgaris theilt sich hingegen der primäre Zellkern in gewohnter Weise.

2) Lehrbuch IV. Aufl. p. 13.

3) So auch nach den Angaben von Hofmeister, vergl. Unters. p. 75.

4) Bot. Zeitung 1856 Sp. 178, auch Tschistiakoff. Nuovo Giorn. Bot. Italiano Vol. VI. p. 223.

halb eines Sporenfaches nicht alle gleichweit vorgeschritten sind, erleichtert sehr das Auffinden der Mittelstufen. Die Fig. 101 unserer Tafel VI zeigt vier Sporenmutterzellen noch im genetischen Zusammenhange. Die schon angeführte Figur 102 zeigt den hier ausserordentlich klar sich zeichnenden Zellkern zur Zeit, wo er sich streifig differenzirt und die Kernplatte bildet.[1]) Die Figuren 103 und 104 zeigen nur Modificationen in der Entwickelung dieses Zustandes. Was sich hier aber noch besonders schön sehen lässt, das sind die Zustände des Auseinanderweichens der beiden Plattenabschnitte, respective also der beiden Hälften des Mutterzellkerns (Fig. 105, 106, 107, auch 111 u. 112) und die Differenzirung der beiden Tochterzellkerne aus diesen letzteren (Fig. 105—108). Die Mutterzellkernhälften bleiben hier nämlich an Alcohol-Präparaten während ihrer Umgestaltung zu den Tochterzellkernen ganz scharf gegen das umgebende Protoplasma abgegrenzt, und man kann die hier von den Polen anhebende Verschmelzung der Fäden jeder Hälfte zu dem homogenen Tochterzellkerne fast in allen ihren Stadien verfolgen.

Endlich nehmen die beiden Zellkerne ihre definitive Gestalt an, wobei sie sich nicht wenig vergrössert gegen ihre ursprüngliche Anlage zeigen (vergl. Fig. 108 mit Fig. 107) und rücken gleichzeitig in ihre peripherische Stellung innerhalb der Sporenmutterzelle ein. Der Fadencomplex zwischen ihnen vermehrt und verbreitet sich und wir erhalten Bilder wie Fig. 108. Die Fäden sind in diesem Falle besonders zart und zahlreich und eignen sich fast den ganzen Inhalt zwischen den Kernen an, soweit dieser nicht zur Ernährung und Vergrösserung der Kerne selbst dient. Auf den Zustand der Fig. 108 folgt derjenige mit der Zellplatte (Fig. 109 u. 110) und dann die Theilungen in den beiden Schwesterzellen, welche durchaus die eben geschilderten Vorgänge wiederholen und, wie schon erwähnt, in sich kreuzenden Ebenen erfolgen. Die Figuren 111—116 bedürfen somit keiner weiteren Erklärung. Die Fig. 117 zeigt dann

1) Vergl. auch die annähernd ähnlichen Abbildungen dieses Zustandes bei Tschistiakoff l. c. Taf. VII Fig. 11 und Taf. IX Fig. 9 u. 10.

weiter, wie noch von der gemeinsamen Mutterzellwand umgeben, die jungen Sporen sich gegen einander abzurunden beginnen und wie hierbei die noch in Fig. 116 abgeflachten, excentrischen Zellkerne in einer jeden, sich ebenfalls abrundend, central werden. Hierbei treten einzelne Kernkörperchen in den Zellkernen deutlich auf. Die Auflösung der „Specialmutterzellwände“ und die Befreiung der jungen Sporen werden uns durch Fig. 118 vorgeführt. Diese jungen Sporen sind in der That eine kurze Zeit nackt[1]) (Fig. 118 u. 119), umgeben sich aber alsbald mit einer zarten Hülle (Fig. 120), deren weitere Differenzirung ich hier nicht verfolgen will. Von dem Augenblicke der Isolirung der Mutterzellen an findet man dieselben innerhalb des Sporenfaches in einer schleimigen Zwischensubstanz eingebettet, die viel Stärkekörner enthält und die mit absolutem Alcohol erhärtet sich schneiden lässt, so dass die Sporenmutterzellen auf den Präparaten in ihrer natürlichen Stellung im Fach erhalten bleiben (diese Zwischensubstanz nur in einigen Figuren, wie 102, 103, 118 angedeutet). Unzweifelhaft schöpften die jungen Sporen später aus dieser Zwischensubstanz das Material zu ihrer weiteren Entwickelung, vornehmlich zur Bildung ihrer Membran, und nimmt die Zwischensubstanz in dem Masse als sie reifer werden ab.

Höchst merkwürdig ist die Sporenbildung derjenigen Lebermoose, deren Sporenmutterzellen den Sporen entsprechende Ausstülpungen bilden. Ich untersuchte hierfür *Pellia epiphylla*. Die noch kugeligen Sporenmutterzellen füllen sich nach Hofmeister (vergl. Unters. p. 20) mit sehr zahlreichen kleinen Chlorophyllkörperchen an. Dann erfolgt nach Dippel (Mikroskop p. 57) die Bildung der vier Zellkerne, welcher Vorgang durch das Chlorophyll verdeckt wird. Entsprechend der Stellung der vier Zellkerne, ob rein übers Kreuz, ob tetraëdrisch, sollen nunmehr aber die vier Aussackungen der Mutterzelle gebildet werden, in

1) So auch Hofmeister, L. v. d. Pflz. p. 149. Russow l. c. 149. Sachs l. c. p. 14.

welche je ein Zellkern hineinwandert. Die Zellkerne seien auch hier fast vollständig von dem dichten, an Chlorophyllkörnern reichen Inhalt verdeckt. Die Ausstülpungen nehmen alsbald eiförmige Gestalt an, doch stehen sie noch in offener Verbindung mit einander.

Das Material, das mir Ende December zur Verfügung stand, zeigte nun alle die folgenden Entwickelungszustände bis zur Trennung der fertigen Sporen. Ich fand es vortheilhaft, statt Wasser mit dest. Wasser verdünntes Hühnereiweiss für meine Untersuchungen zu benutzen. — An dem innern Rande der vier Ausstülpungen ist die Mutterzellwand am stärksten verdickt[1]; es entstehen so gleichsam leistenförmige Vorsprünge in den gemeinsamen Innenraum, die im optischen Durchschnitt zapfenartig erscheinen.[2] Bei gekreuzter Stellung der Sporen sind die Leisten in Dreizahl vorhanden: eine als vollständiger Ring und zwei als Halbringe; bei tetraëdrischer Stellung der Sporen hingegen in bekannter Weise angeordnete sechs Leisten. Bei günstiger Lage der Mutterzellen habe ich mich nun auf das Bestimmteste überzeugen können, dass auch hier die Theilung des Inhalts so vor sich geht, dass Zellplatten, an die zapfenartigen Vorsprünge ansetzend, im Innenraum der Mutterzelle sich bilden. Die Beziehung der Kerne zu der Theilung war hier nicht aufzuklären; der dichte, körnige Inhalt verdeckte diese Verhältnisse.

Hat man übrigens die richtige Concentration der Eiweisslösung für die Untersuchung der Sporen getroffen, so werden letztere, ohne zu platzen, entschieden durchsichtiger, so dass die Zellplatten deutlicher hervortreten. In denselben beginnt dann sehr bald die Spaltung und die Ausscheidung von Cellulose. Letztere ist sehr quellungsfähig, so dass nach ihrer Bildung die Sporenzellen sofort auseinandergerückt werden, und so, namentlich bei der Untersuchung im Wasser, ein scheinbar inhalts-

---

1) Vergl. auch Hofmeister l. c. p. 20.

2) Vergl. die Abbildungen bei Hofmeister l. c. Taf. VI und bei Dippel l. c. Taf. IV.

leerer innerer Raum entsteht. Dieses gab wohl die Veranlassung zu den übereinstimmenden Schilderungen von Hofmeister [1]) und von Dippel [2]), dass die Sporen durch eine nach innen convexe Wand vom tetraëdrischen, nur mit wasserklarer, durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit erfüllten Mittelraume der Mutterzelle abgeschieden werden. „Diese zarte Membran", schreibt Hofmeister, „ist nicht etwa der Kante der breiten, in den Mittelraum vorspringenden Leisten aufgesetzt, sondern sie schmiegt sich der Fläche derselben an und umschliesst den ganzen Inhalt der Ausbuchtung, der somit jetzt eine sehr zartwandige eiförmige Zelle darstellt: die junge Spore." Was Hofmeister aber so als den Theilungsvorgang selbst beschreibt, ist schon die Bildung der bleibenden Wandung der Spore, die in gewohnter Weise angelegt wird und erst auf die innern, quellenden Scheidewände der Mutterzelle folgt. Die Sporenmembran zeigt alsbald feine Poren, und nicht selten ganz feine Vorsprünge auf ihrer Oberfläche. Oft sieht man nun, wohl in Folge schwacher Quellung der Sporen in der Eiweisslösung, die dünne Wandung der Mutterzelle an den Enden der Ausstülpungen platzen und die Sporen hervortreten. Dann bleiben die entleerten Mutterzellhäute in ihrer ganzen Vollständigkeit zurück; in der Natur hingegen werden die dünnen Theile derselben bei der Befreiung der Sporen gelöst, und nur die verdickten Leisten bleiben eine Zeit lang erhalten. Sie stellen, wie schon Hofmeister (l. c. p. 21) hervorhebt, ausserordentlich zierliche Objecte dar, die man in der Kapsel zwischen den Sporen findet. Ihre Gestalt ist aber verschieden, je nachdem die Anordnung der Sporen eine gekreuzte oder tetraëdrische war.

Von hohem Interesse war es mir nun auch, die Sporenentwickelung bei *Anthoceros* zu verfolgen. Von Anthoceros laevis stand mir reiches Material zu Gebote. Ich habe hier zunächst längere Zeit die frischen Objecte, ebenfalls in Hühnereiweiss,

---

1) l. c. p. 20.
2) l. c. p. 58.

dann auch, und zwar mit übereinstimmenden Resultaten, Alcohol-Präparate untersucht, welche letztere hier übrigens wenig günstig sind und weit stärker verändert erscheinen als in den meisten andern Fällen. Ich hebe das ausdrücklich hervor, um etwaigen Enttäuschungen an Alcohol-Präparaten bei späteren Untersuchungen vorzubeugen. Es gilt auch hier die Wirkung des absoluten Alcohols erst für jedes Object durch Versuch zu ermitteln.

In einem und demselben Sporogonium von Anthoceros findet man alle Zustände der Sporenentwickelung beisammen, da das Reifen der Mutterzellen von der Spitze nach dem Grunde der schotenförmigen Kapsel fortschreitet. Die Entwickelung dieser Sporen ist aber so oft geschildert und abgebildet worden [1]), dass ich mich hier auf nur kurze Angaben beschränken und auf die älteren Zeichnungen verweisen kann. Zunächst ist es sicher, dass der Mutterzellkern hier nicht in Theilung eingeht [2]), vielmehr unverbraucht zurückbleibt und schliesslich aufgelöst wird, während aus einer chlorophyllhaltigen (bei Anth. laevis) oder farblosen (bei Anth. punctatus Hofm. l. c. p. 7), einseitig am Mutterzellkern angesammelten Protoplasmaplatte die neuen Zellkerne hervorgehen. Diese einseitige Platte theilt sich zunächst in zwei Hälften, letztere rücken auseinander indem sie feine Fäden zwischen sich ausspannen, und jede Hälfte theilt sich in gleicher Weise noch einmal. Die feineren Vorgänge der Kernbildung werden bei Anthoceros laevis durch die Stärkekörner verdeckt. Die Kerne liegen innerhalb der Stärkemassen, sind relativ klein und treten nur selten seitlich zwischen denselben hervor. Zwischen den vier sich tetraëdrisch anordnenden, fast die Mutterzellwand erreichenden Kernmassen sind aber die Kernfäden in gewohnter Weise ausgespannt. Hier sind diese Fäden,

---

1) Von v. Mohl, Linnaea 1839 u. Verm. Schriften p. 84. Von Naegeli, Zeitschr. f. w. Bot. Bd. I, Heft I p. 49. Von Schacht, Bot. Zeitung 1850. Von Hofmeister vergl. Unters. 1851 p. 7 und Lehre v. d. Pflz. 1867, p. 111 u. 112.

2) Nur Tschistiakoff stellt die Sache anders dar. Bot. Zeitung 1875 Sp. 23.

auch von ältester Zeit (v. Mohl 1839) an, gesehen worden. Der primäre Kern der Mutterzelle wird nach vollendeter tetraëdrischer Vertheilung der neuen Kernmassen, zwischen denselben in der Mitte liegend und immer blasser werdend, endlich völlig aufgelöst. Das Kernkörperchen pflegt etwas länger als der Kern selbst sichtbar zu bleiben. Nun beginnt in den ebenfalls durch nachträgliche Differenzirung vermehrten Kernfäden die Bildung der Zellplatten; alle sechs werden hier gleichzeitig angelegt. Dann treten in den Zellplatten die Scheidewände auf. Hugo v. Mohl und Hofmeister (vergl. die Abbildungen in: Lehre v. d. Pflz. p. 111) wollen ihr allmäliges Eindringen von der Wand der Mutterzelle aus nach dem Centrum beobachtet haben. Es ist ein solches Eindringen nicht ausgeschlossen, ich habe mich aber nie von demselben mit voller Sicherheit überzeugen können; das normale Verhalten ist es jedenfalls, dass die Wand auf einmal durch die ganze Zellplatte gebildet werde. Die jungen Scheidewände sind hier wiederum ausserordentlich quellungsfähig, wie in den meisten Fällen wo sie alsbald wieder aufgelöst werden sollen. Die Quellungsfähigkeit derselben nimmt an den Einfügungsstellen ab, in geringerem Masse auch an den innern Kanten; daher erscheinen die gequollenen Scheidewände in ihrem mittleren Theile bauchig aufgetrieben. Stellt man auf die Oberfläche der Mutterzellwand ein, so zeichnet sich der äussere, schmale Rand der Scheidewände als eine stärker lichtbrechende Linie inmitten des durchscheinenden, etwas tiefer liegenden, breit aufgequollenen Theils, was vielleicht zu der Annahme verleiten konnte, die Scheidewand entstehe hier als eine erhärtete mittlere Lamelle aus einer gallertartigen Masse.[1]) — Jede Spore scheidet nun ihre besondere Membran aus, die als eine äusserst zarte, stärker lichtbrechende Verdickungsschicht an den vorhandenen Wandungen auftritt, bald an Dicke zunimmt und dann ihre auf der Aussenseite sich bildenden Vorsprünge (ähnlich den Pollenkörnern, vergl. u. a. die Abbild. bei Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. p. 33, Fig. 34) in diese Wandungen

1) So Tschistiakoff, Bot. Zeitung 1875 Sp. 23.

hinein differenzirt. Gleichzeitig beginnt diese bleibende Sporenhaut sich zu bräunen, und durch die nun erfolgende Auflösung der Mutterzellwand und der Scheidewände werden die Sporen frei.

Hofmeister führt in seinen vergleichenden Untersuchungen (p. 74, 75) und zuletzt in seiner Lehre von der Pflanzenzelle (p. 83) ausser Anthoceros auch noch Physcomitrium und Funaria als solche Pflanzen an[1]), in deren Sporenmutterzellen der primäre Zellkern die Bildung der tertiären Zellkerne überdauert. Wir können auch diese letzteren Angaben bestätigen.

Nicht wenig aber ist es auffallend, dass sich diese Verhältnisse auch in den Makrosporenmutterzellen von *Isoëtes Durieui Bory.* wiederholen. Die Pflanzen sammelte ich Ende Mai des Jahres 1874 in Gesellschaft der Herren Thuret und Bornet am Meeresufer bei Antibes. Es gelang mir dieselben lebend nach Jena zu bringen, wo sie, in Blumentöpfen und zwar in sandigem Boden gepflanzt, bis jetzt vorzüglich gedeihen.

Nach Hofmeister[2]) sind bei Isoëtes lacustris die Mutterzellen der Makrosporen erheblich grösser als diejenigen der Mikrosporen. Die Sporenmutterzellen zeigen einen grossen Zellkern, der allmälig blasser wird, endlich verschwindet, nachdem zwischen seiner Peripherie und der Innenwand der Zelle zwei stark abgeplattet sphärische Anhäufungen körnigen Schleimes aufgetreten waren. Nach dem Verschwinden der Membran des primären Kernes nehmen jene Schleimhaufen sofort ellipsoidische Gestalt an und erscheinen als zwei secundäre Kerne. Zwischen diesen kann sich die Zelle nun theilen, oder die beiden Zellkerne werden zuvor verflüssigt, vier neue gebildet und dann erst die Theilung der Zelle zwischen denselben ausgeführt. Der letztere Fall ist der seltenere. Die vier Zellen liegen in einer Ebene, nur höchst selten kommt die Anordnung nach den Ecken eines Tetraëders vor. — Ich vermuthe, es handelt sich bei dieser Schilderung nur um die Mikrosporenmutterzellen, von denen auch

---

1) Ueber die letzteren vergl. das p. 148 Gesagte.

2) Beiträge zur Kenntniss der Gefässpflanzen. Abhandl. der M. P. Cl. d. K. Sächs. Gesell. d. Wiss. 2. Band p. 152. 1855.

die Abbildungen (Taf. XIV) stammen. Es wird das zwar nirgends im Text gesagt, doch heisst es weiter unten: „Die Specialmutterzellen der grossen Sporen ausnahmslos tetraëdrischer Anordnung“ etc.

Im nuovo giornale botanico italiano (Bd. V, p. 207 u. ff.) hat Tschistiakoff vorläufige Bemerkungen über die Entwickelungsgeschichte der Sporangien und der Sporen von Isoëtes Durieui[1]) veröffentlicht. Ich möchte hier auch am liebsten mit Sachs[2]) sagen: „zumal sind mir seine (Tschistiakoff's) Auseinandersetzungen über das Verhalten des Nucleus und die Theilungsvorgänge unverständlich“, andererseits möchte ich doch aber Tschistiakoff in jeder Weise gerecht werden und versuche es daher, ihm in seinen Auseinandersetzungen zu folgen. — In den isolirten Mutterzellen der Mikrosporen sollen also nach Tschistiakoff (l. c. p. 209), während aller Zustände ihrer Theilung, der Nucleus und Nucleolus der Autoren nur unter dem Einfluss des Wassers auftreten, weshalb sie von Tschistiakoff bis zur Theilung des Protoplasmas in zwei Theile als nur physiologisch seiend angesehen werden. Das Wasser als chemisches Reagens gebraucht, macht den Nucleus und Nucleolus sichtbar, indem es sie in den Nucleus und Nucleolus der Autoren verwandelt. Der primäre, excentrische Nucleus der Autoren schwindet nun zur Zeit der Zweitheilung, so dass das Wasser keinen Nucleus mehr auftreten lässt, doch bald zeigt sich ein neuer, centraler Nucleus (auct.), der sich in zwei theilt (wie es Herr Naegeli schon gesehen hat), während das Wasser uns erlaubt, dort (d'y voir) mehrere concentrische Sphären zu sehen, die wohl das sind, was man nach den Autoren concentrische Nuclei nennen müsste. Die Trennung des Protoplasmas schreitet von innen nach aussen fort. Die Mutterzellen theilen sich constant in zwei Intervallen: die zweiten Theilungen erfolgen wie die ersten. Dann bilden sich die Specialmutterzellen, doch

---

1) Notice préliminaire sur l'histoire du développement des Sporanges et des Spores de l'Isoëtes Durieui Bory.

2) Lehrbuch IV. Aufl. p. 472.

nicht im Sinne Naegeli's, denn seine „Specialzellen“ existiren nirgends. Die Mutterzellen der Makrosporen haben ganz andere Eigenschaften, ganz ähnlich den Sporenmutterzellen von Anthoceros laevis. Die wahren Nuclei werden hier in Anwesenheit des wahren primären Nucleus gebildet. Die protoplasmatischen Balken, welche sie unter einander verbinden, entstehen auf Kosten mehrerer protoplasmatischer Fäden, welche mit einander verschmelzen. Die Theilung schreitet ebenfalls von innen nach aussen fort, sie ist stets tetraëdrisch.

In der Botanischen Zeitung 1875, Sp. 20 u. ff., scheint Tschistiakoff theilweise seine Auffassungen geändert zu haben, auch finden wir hier noch weitere Details zugefügt; es wäre fast zu glauben, dass derselbe inzwischen auch Alcohol-Material untersucht hätte. Es werden da vor Allem, wie ich es in einer Anmerkung schon anführte, auf der Oberfläche des Pronucleus die Streifen angegeben, wie Meridiane angeordnet; dann der aequatoriale Wulst, ein dichteres protoplasmatisches Plättchen, durch welches sich das Protoplasma in seinem physiologischen Centrum theilt; dann weiter an den Polen des Pronucleus die protoplasmatischen Sphären, die sich bald in Vacuolen verwandeln: die Pronuclei. Die Theilung geht vom Centrum aus nach der Peripherie hin: sie geht nur in Folge der sich je nach ihrer Polarität gruppirenden Moleküle vor sich, so zwar, dass die ihrer Natur nach verschiedenen Gruppen sich durch die gegenseitige Repulsionskraft trennen müssen. — Für die Makrosporenmutterzellen hebt nun Tschistiakoff, seinen früheren Behauptungen entgegen, hervor, dass er die Stärkemassen nicht für Nuclei hält. Die vier secundären Nuclei entstehen im Innern des primären, der sich hierauf löst; dann legen sie sich jeder vor eine der inzwischen schon tetraëdrisch vertheilten Stärkemassen. In der Nähe der Stärkemassen divergiren nach allen Richtungen unzählige protoplasmatische Fädchen; an den Kreuzungsstellen der Fäden entstehen tetraëdrisch angeordnete, dichtere und gleichförmige Platten, bestimmt, durch die sie später durchziehenden und in zwei Platten trennenden Spalten das Protoplasma in Einzelportionen zu theilen.

Doch ich gehe nun zu meinen eigenen Untersuchungen über.

Die Mutterzellen der Makrosporen von Isoëtes Durieui sind von einer bei Mutterzellen von Sporen und Pollenkörnern ganz ungewohnten Grösse, dabei ganz durchsichtig. Sie lassen sich in allen Entwickelungszuständen, vorzüglich mit absolutem Alcohol, fixiren und geben dann in Glycerin sehr instructive Präparate. Die isolirten, kugeligen Mutterzellen erreichen schon vor jeder Theilung einen Durchmesser von circa 0,075 Mm. Der centrale Zellkern wird von grossen Stärkekörnern und dichterem Protoplasma mehr oder weniger einseitig bedeckt. Der Zellkern ist inhaltsarm, die übrige Mutterzelle von ziemlich weit- und zart-maschigem Protoplasma erfüllt (Taf. VII, Fig. 1). Das dem Kern anliegende Protoplasma theilt sich nun, während die Mutterzelle selbst etwas an Grösse zunimmt, in zwei Hälften. Jede der beiden Protoplasmamassen nimmt annähernd auch die Hälfte aller Stärkekörner mit; zwischen den einander zugekehrten Flächen der Protoplasmamassen haben sich während ihres Auseinanderweichens die Kernfäden in gewohnter Weise gebildet. Der inhaltsarme Mutterzellkern wird durch dieselben zur Seite gedrängt (Fig. 2). Dann erweitern sich die beiden Protoplasmamassen in sich kreuzenden Richtungen (Fig. 2) und theilen sich alsbald noch ein Mal. Jede der vier Stärkegruppen rundet sich jetzt mehr oder weniger ab, doch ohne irgend welche gemeinsame Hülle zu erhalten, sie liegt vielmehr in einem feinkörnigen Protoplasmaklumpen eingebettet, von dem die Kernfäden ausgehen. Die Massen ordnen sich rein tetraëdrisch an, wobei sie in einiger Entfernung von der Mutterzellwand bleiben (Fig. 3). Der primäre Mutterzellkern ist jetzt wieder in die Mitte der Mutterzelle gedrängt worden; er ist allseitig von den äusserst zahlreichen, feinen Kernfäden umgeben, deren Zahl jedenfalls durch nachträgliche Differenzirung neu aufgenommener Substanz sich hier bedeutend vermehrt hat. Der Mutterzellkern wird aber immer inhaltsärmer, während seine Hautschicht dicker und granulirter erscheint (Fig. 3); endlich schwindet er vollständig. Es fällt dies sein Verschwinden mit

der Zeit zusammen, in der die Zellplatten gebildet werden. Letztere entstehen alle sechs gleichzeitig. Da sie im Mittelpunkte der Mutterzelle zusammenstossen, so muss aus demselben erst der Mutterzellkern entfernt werden. Um diese Zeit beginnt aber auch erst die Differenzirung der Zellkerne in den vier Protoplasmamassen. Die Anlage beginnt immer seitlich von der Stärkemasse und zwar, so weit sich dies noch sicherstellen lässt, auf derjenigen Seite, welche der letzten Theilungsfläche zugekehrt ist. Es zeigt sich hier eine Verdichtung im Protoplasma; so entsteht zunächst ein solider Körper, der sich beim Vergrössern aushöhlt, wobei mehrere (meist unbestimmt begrenzte) Kernkörperchen in seinem Innern auftreten (Fig. 4—6). Anfangs liegen die Kerne noch der Stärkekörnergruppe an, entfernen sich dann aber von derselben (Fig. 7 u. 8). Die Entwickelung der Kerne ist, abgesehen von ihrem Ursprung, nicht unähnlich derjenigen, die sie bei ihrer Differenzirung aus den Kernhälften sonst zu durchlaufen haben: auffallend ist das so weite Hinausschieben ihrer Bildung. Die Zellplatten entstehen hier nicht, wie Tschistiakoff will, durch Kreuzung ursprünglich getrennter protoplasmatischer Fäden, vielmehr sammelt sich auch hier im Aequator der Kernfäden Hautschichtmasse an, die schliesslich zur Bildung zusammenhängender Zellplatten führt (Taf. VII, Fig. 3 u. 6). Die ausgespannten Kernfäden erreichen seitlich nicht ganz die Hautschicht der Mutterzelle und müssen die Zellplatten daher von dem weitmaschigen Protoplasma, das ausserhalb der Kernfäden den Zellraum erfüllt, ergänzt werden. Die Hautschichtplatten sind auch hier zunächst durchaus einfach, spalten sich aber alsbald in der gewohnten Weise in je zwei Hälften, zwischen welchen gleichzeitig sehr quellbare Cellulose als Membran ausgeschieden wird (Fig. 7 u. 8). Es sind keine sichtbaren Stoffe zur Bildung der Membran an der Zellplatte wahrzunehmen. — Instructiv ist zu verfolgen, wie auch nach der Trennung die feinen Protoplasmafäden zunächst noch gegen die Hautschicht verlaufen, in derselben aufgehend (Fig. 7); diese Anordnung wird jedoch alsbald unkenntlich (Fig. 8). Die Ausscheidung der Cellulose-

membran erfolgt gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung der Zellplatte; Leisten werden an der Mutterzellwand nicht erzeugt, ebenso wenig als etwa bei Psilotum oder Anthoceros.

Es ist gewiss nicht wenig auffallend, an einer durch alle übrigen Charaktere so weit von Anthoceros entfernten Pflanze, ganz dieselben eigenthümlichen, von den typischen so weit abweichenden Vorgänge bei der Theilung der Makrosporenmutterzelle wiederzufinden. An eine Homologie beider Erscheinungen ist in keiner Weise zu denken, ja um so weniger, als merkwürdiger Weise die Mutterzellen der Mikrosporen von Isoëtes Durieui in dem gewöhnlichen Theilungsmodus verblieben sind. Letzteres macht es sogar wahrscheinlich, dass die abweichende Art der Makrosporenbildung bei Isoëtes erst innerhalb dieser Gattung selbst neu aufgetreten ist. Was aber bei Anthoceros sowohl wie bei Isoëtes diese übereinstimmende Abweichung veranlasst haben mag, ist schwer zu sagen, man möchte fast denken, wenn man diese Sporenmutterzellen mit anderen vergleicht: die relative Substanzarmuth und relativ geringe Grösse ihrer Zellkerne im Verhältniss zu ihrem eigenen stark anwachsenden Volumen.

Die Mutterzellen der Mikrosporen sind, wie gesagt, in dem gewöhnlichen Theilungsmodus verblieben und bieten sogar, mit absolutem Alcohol fixirt, sehr günstige Objecte, um normale Theilungszustände zu studiren. Sie stimmen in ihrem Verhalten fast vollkommen mit den monokotylen Pollenmutterzellen überein. Eben isolirte Mutterzellen haben einen Durchmesser von nur etwa 0,023 Mm. und vergrössern sich auch in der Folge nur wenig. Der Durchmesser ihres Zellkerns ist etwa um die Hälfte kleiner. Der Zellkern liegt central in feinkörnigem Protoplasma eingebettet, scheint selbst von der ziemlich gleichen Consistenz wie seine Umgebung zu sein und führt ein grosses Kernkörperchen. Der Zellkern vergrössert sich dann, das Kernkörperchen schwindet, die Kernmasse nimmt die spindelförmige Gestalt und die gestreifte Structur an und bildet gleichzeitig die Kernplatte. Die Theilung der Mutterzelle erfolgt in zwei Intervallen. Erst nach vollendeter Aus-

scheidung der Cellulosewand zwischen den beiden Tochterzellen beginnt die Bildung der Enkelzellen aus denselben. Fast ausnahmslos werden letztere übers Kreuz angelegt. Schon während der jedesmaligen Differenzirung der neuen Kerne aus den entsprechenden Hälften der Mutterkernsubstanz sieht man diese Kerne sich vacuolenartig aushöhlen und meist ein, seltener mehr Kernkörperchen in der Höhlung sich zeigen. Doch das sind alles Vorgänge, die, wie wir sehen, so nahe an das uns schon für die Pollenmutterzellen der Monokotylen Bekannte anschliessen, dass es keiner weiteren Schilderung derselben hier mehr bedarf.

Wir wollen schliesslich noch einige solcher Fälle ins Auge fassen, wo eine grössere Anzahl von Tochterzellen aus dem gesammten Inhalte einer Mutterzelle hervorgeht.

Ich beginne mit einem auch sonst in jeder Beziehung merkwürdigen Beispiele, das ich de Bary[1]) entnehme und welches am besten zeigt, wie solche simultane Theilungsvorgänge mit der Zweitheilung zusammenhängen und wie sie aus derselben, wie ich meine, nur durch Verkürzung der Entwickelung entstanden sind.

Bei *Craterospermum laetevirens* A. Br. wird die junge Keimpflanze zunächst von einem einzelligen Schlauche gebildet, der auch nur eine einzige Chlorophyllplatte besitzt. Bei weiterem Wachsthum des Schlauches zerfällt diese Platte aber der Quere nach „in vier Partien, welche durch farblose, Zellsaft führende Interstitien getrennt werden". — Dies „ist das erste Anzeichen einer bevorstehenden Theilung des Keimschlauches durch Querwände". Um die Mitte einer jeden der vier Platten entsteht die ringförmige Anlage einer Querwand, die unter gleichzeitiger Einfaltung des Primordialschlauches und Einschnürung der Platte in der Mitte, centripetal in das Lumen des Schlauches hineinwächst und sich zuletzt zur vollständigen Membranlamelle schliesst, nachdem die Platte sich vorher in zwei Hälften ge-

1) Conjugaten p. 16 u. 17.

theilt hat. Das Zerfallen der vier Platten und die Bildung der vier Querwände beginnt und vollendet sich durchaus gleichzeitig, der Keimschlauch theilt sich somit durch Querwandbildung mit einem Male in fünf Tochterzellen. Aus der Anordnung der Platten vor der Theilung und der angegebenen Stellung der Querwände geht hervor, dass von jenen fünf Zellen des jungen Fadens die oberste und unterste mit je einer, die drei anderen mit je zwei Chlorophyllplatten versehen sind. Bei den folgenden Theilungen entstehen nun in einer jeden Zelle gleichzeitig so viele Querwände, als Chlorophyllplatten in derselben vorhanden sind, und zwar je um die Mitte einer Platte eine Querwand. Jede der drei mittleren, zweiplattigen Zellen theilt sich somit gleichzeitig in drei Tochterzellen, deren mittlere wiederum zwei, deren seitliche je eine Chlorophyllplatte erhalten. Die oberste und unterste der fünf erstgebildeten theilen sich durch eine Querwand in je zwei mit je einer Platte.“ — „In allen anderen Zellen des Fadens wiederholen sich die Theilungen fort und fort in gleicher Weise. Eine einfache Chlorophyllplatte zerfällt, ausser bei der Querwandbildung, niemals in zwei. Es bleiben daher, so viel neue Zellgenerationen auch entstehen mögen, stets drei zweiplattige, Dreitheilung zeigende Zellen, während durch ihre und der einplattigen Theilung die Zahl der letzteren fort und fort vermehrt wird.“ (Vergl. hierzu l. c. die Figuren 1—13, Taf. III.)

Bei diesen ersten Theilungen scheinen die Zellkerne zu fehlen, welche in späteren Zellgenerationen zu sehen sind. In den Zellen mit nur einer Platte liegt der Zellkern genau in der Mitte der letzteren. Merkwürdig ist aber das Verhalten der drei zweiplattigen Zellen, von welchen sich der Faden während seiner ganzen Existenz nicht befreien kann. Diese drei Zellen sollen dann auch je zwei Zellkerne erhalten und zwar diese Zellkerne hier nicht in der Mitte ihrer respectiven Platten, sondern dem farblosen Zwischenraume, der beide trennt näher liegen. Diese Zellkerne theilen sich hier jedenfalls wie in allen anderen Fällen und so muss wieder, wie auch in der That, eine neue mittlere zweiplattige und zweikernige Zelle

aus der Dreitheilung dieser zweiplattigen und zweikernigen Mutterzellen hervorgehen.

Einer Verkürzung der Entwickelung, mit Ueberspringung einiger Theilungsschritte, sind wir auch im Eie der *Abietineen* begegnet. Dort wurde der primäre Zellkern des Eies aufgelöst und vier neue gleichzeitig für die vier Zellen im oberen Ende des Eies gebildet. Bei *Ginkgo* haben wir sogar gegen dreissig Zellkerne an Stelle der primären auftreten und zwischen diesen dann eben so viel Theilungen der gesammten Eimasse erfolgen sehen.

In dem Falle des Craterospermum laetevirens sind die Zellkerne aus den ersten verkürzten Theilungsschritten, wie es scheint, völlig geschwunden; in dem Ei der Abietineen und von Ginkgo ist ihre Entwickelung selbst verkürzt, was in der Auflösung des Keimkerns und dem simultanen Auftreten einer Anzahl neuer Kerne seinen Ausdruck findet, nie jedoch, wie ich ausdrücklich hervorheben muss, in der gleichzeitigen Theilung eines Zellkernes in mehr als zwei Theile. Wie wir nun weiter etwa bei der freien Zellbildung der Sporen in den Schläuchen einiger *Pezizen* die acht Sporen zwar simultan angelegt, die acht Kerne für dieselben aber durch succedane Zweitheilung vorbereitet sehen, so haben wir auch im Gebiet der Zelltheilung in vielen *Sporen-* und *Pollen*mutterzellen eine in gewohnter Weise durchgeführte Zweitheilung der Kerne mit nur angedeuteter Zweitheilung der Zellen vor uns gehabt, in den Sporenmutterzellen von *Anthoceros* und den Makrosporenmutterzellen von *Isoëtes Durieui* sogar eine succedane Zweitheilung der neu improvisirten Kernmasse mit rein simultaner Bildung der Zellplatten.

Einen noch ausgeprägteren, aber freilich abnormen Fall hat Pringsheim[1]) beobachtet, einen Keimling der *Spirogyra jugalis* nämlich, der, wie schon früher einmal citirt wurde, die Länge fünfzelliger Keimlinge erreichte, ohne sich zu theilen,

---

1) Flora 1852 u. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II, p. 231 Anm.

der aber trotzdem fünf Zellkerne in normalen Abständen aufzuweisen hatte.

Die Schwärmsporen der Zoosporeen unter den Algen und der Saprolegnien werden, wo sie in grösserer Zahl auftreten, meist simultan gebildet; um so interessanter sind die Fälle wo ihre Bildung durch succedane Zweitheilung erfolgt, Fälle welche demgemäss die extremen Vorgänge wieder an die gewöhnliche Zweitheilung anknüpfen.

Die *Ulothrix zonata*, die ich auf die Zelltheilung untersucht hatte, bildete auch unter den früher beschriebenen Culturverhältnissen zahlreiche Schwärmsporen. Ich hatte zunächst die grössere Form derselben entstehen sehen, welche in geringerer Anzahl, 2, 4 oder 8, innerhalb einer Mutterzelle angelegt wird, neuerdings auch die kleinere, deren Zahl bis über 32 steigt.

Zellen, welche sich zur Bildung von Schwärmsporen anschicken [1]), schwellen etwas bauchig an und werden alsbald auch an dem Verhalten ihres Inhalts kenntlich.[2]) Das Chlorophyllband vertheilt sich gleichmässig über die ganze Zellwandung, statt wie früher nur die Seitenwände zu bekleiden.[3]) Jetzt entschwindet der wandständige Zellkern der Beobachtung und gleichzeitig beginnt die Theilung in zwei Zellen. Dieselben werden normaler Weise in solcher Lage zu einander wie zwei rein vegetative Zellen, seltener in schräger Lage angelegt. Ueberzieht die Chlorophyllschicht nur als dicker Beleg die Wände, so schreitet die Anlage der Hautschicht zwischen den beiden werdenden Zellen, wie auch sonst, ringförmig be-

---

1) Naegeli, die neueren Algensysteme, 1847, p. 137 auch die älteren Angaben bei Kützing, Phycol. general. (1843) pag. 251 tab. 80 und die späteren bei Thuret, Ann. d. sc. nat. 3me Ser. Bot. T. 14. 1850. p 22 Taf. 18 und Braun, Verjüngung 1851 p. 158 u. 170. Schacht, die Pflanzenzelle 1852 p. 124. Taf. II, Fig. 20—25 und Lehrbuch p. 219. Dippel, Mikroskop 1869 p. 47. Taf. II, Fig. 17.

2) Ich habe die Beobachtungen grösstentheils des Nachts, doch wiederholt auch am frühen Morgen machen können.

3) Naegeli l. c. p. 138.

ginnend von der Peripherie nach innen fort, der Unterschied ist nur der, dass hier keine Cellulosemembran gleichzeitig ausgeschieden wird, oder doch wenigstens nicht zur Membran erhärtet. In den selteneren Fällen wo die Chlorophyllplatte quer durch die Zelle in der Ebene der Theilung ausgespannt ist, kann die Bildung der Hautschicht in dieser simultan vor sich gehen. Ich habe wiederholt in den ersten beiden durch Theilung gebildeten Zellen Zellkerne gesehen, zum Beweise, dass der Zellkern der Mutterzelle sich ebenfalls getheilt und seine beiden Hälften sich in gewohnter Weise differenzirt hatten. Nicht selten werden diese beiden ersten Zellen sofort zu Schwärmsporen, wo ich dann freilich Zellkerne in denselben nicht erblicken konnte. An solchen Zellen bemerkt man hingegen alsbald den länglichen, rothen Strich, der gewöhnlich an den beiden von einander abgekehrten Flächen der Schwesterschwärmsporen sich zeigt, viel seltener an den zugekehrten Flächen; nie aber etwa in der einen Zelle hier, in der anderen dort. Sollen mehr als zwei Schwärmsporen sich bilden, so theilen sich die beiden Schwesterzellen vor Bildung der rothen Striche noch einmal, unter rechtem Winkel zu der ersten Theilung, und zwar entweder beide in derselben Ebene oder, wie gewöhnlich, über's Kreuz.[1]) Die Theilung selbst kann von der Peripherie nach dem Innern fortschreiten, oder sie geht, wie gewöhnlich, simultan in einer zuvor angesammelten Protoplasmaplatte vor sich. In solchen Platten kann man dann auch stets wieder die Trennung durch schwarze Punkte eingeleitet sehen. — Auf diese Theilungen können nun noch weitere, jedesmal unter mehr oder weniger rechten Winkeln zu den vorhergehenden, folgen. Das ursprüngliche Lumen der Zelle wird in so viel kleine Lumina zerlegt, als Schwärmsporen entstehen; nur ausnahmsweise fehlen letzteren die inneren Höhlungen und zwar in denjenigen seltenen Fällen, in welchen die Mutterzelle vor der Theilung sich ganz mit Inhalt angefüllt hatte. Nach Abschluss der Theilungen wird

---

1) Ueber die Aufeinanderfolge der Theilungen vergl. auch Naegeli l. c. p. 137 u. Braun l. c. p. 171.

die Mutterzellwand durchbrochen. Noch bevor dies geschieht, wird eine Quellung ihrer inneren Schichten bemerkbar, dieselben nehmen Wasser auf und müssen einen Druck auf die Zoosporen ausüben, dem, wie ich meine, eine wichtige Rolle bei ihrer Entleerung zukommt.[1]) Werden nur wenige (2—4) Schwärmsporen gebildet, so ist keine Blase um dieselben beim Austritt bemerkbar[2]), bei mehr (8) Schwärmsporen war dieselbe oft nachzuweisen, doch nur äusserst schwach entwickelt; erst bei noch grösserer Anzahl tritt sie deutlich auf, wie das auch Cramer[3]) hervorhebt.[4]) Diese äussere Blase wird von der hervorgetretenen innern Verdickungsschicht der Mutterzelle gebildet. Die Schwärmsporen werden frei, wenn diese Blase platzt; sie schwindet dann im umgebenden Wasser. Bei mehr denn 8 Schwärmsporen wird ausserdem eine innere Blase angelegt, von der ich Cramer[5]) beistimme, dass sie eine metamorphosirte Schwärmspore sei. Auch ich fand diese Blase in der Mutterzelle central oder auch excentrisch gelegen, und sah an ihr wiederholt den rothen Strich. Nach der Entleerung und Befreiung aus der Umhüllungsblase gleiten die Schwärmsporen von der inneren Blase ab, was ich Alles übereinstimmend mit Cramer fand und in dessen Abhandlung des Weiteren nachzulesen bitte.

Die befreiten Schwärmsporen zeigen im Allgemeinen eiförmige Gestalt.[6]) Sie werden nach aussen von einer dünnen, protoplasmatischen Hautschicht umgrenzt. Von dieser entspringen am Vorderende der Schwärmspore vier lange Cilien[7]) (etwa

---

1) Vergl. übrigens über die Mechanik des Vorgangs Cramer: Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix. Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellsch. zu Zürich. Bd. XV. Heft 2.

2) Ebenso Cramer l. c. p. 7.

3) l. c. p. 4.

4) Vergl. auch die Abbildungen bei Thuret. Ann. d. sc. nat. Bot. 3me ser. T. XIV. Pl. 18. Fig. 4.

5) l. c. p. 6.

6) Vergl. hier wieder Cramer p. 5.

7) Cramer giebt für die von ihm untersuchte Form nur zwei an, Thuret dagegen l. c. ebenfalls 4.

zwei Mal so lang wie die Schwärmspore); die Insertionsstelle derselben erscheint als ein etwas stärker das Licht brechender Knoten. Der rothe Strich liegt mehr oder weniger von der Insertionsstelle der Cilien entfernt, er gehört der Hautschicht an und wird durch eine stäbchenförmige Verdickung derselben, welche hin und wieder in ihrem Verlaufe unterbrochen sein kann, veranlasst. Der Hautschicht von innen angeschmiegt liegt an der einen Seite der Schwärmspore die Chlorophyllplatte, die zwei bis drei grössere Körner führt. Die Platte kann verschieden stark sein, durchschnittlich aber erreicht ihr Querdurchmesser kaum ein Drittel des Durchmessers der ganzen Schwärmspore; nur ausnahmsweise füllt sie fast den ganzen Innenraum der Schwärmspore aus. Der sonst normaler Weise disponible Raum wird aber mit Ausnahme nur einer kleinen Stelle vorn an der Insertion der Cilien von einer mit dünnflüssigem Inhalte erfüllten Blase eingenommen, die ich für ein durch Theilung aus dem Lumen der Sporenmutterzelle entstandenes Gebilde halte. Diese Blase führt stets eine geringe Anzahl stark lichtbrechender Körnchen. An der vorderen, der sog. Mundstelle der Schwärmspore finden wir endlich etwas farbloses, feinkörniges Protoplasma, in dem nur hier und dort ein oder das andere grössere Körnchen vorkommt. In diesem Plasma, etwas seitlich von der Ansatzstelle der Cilien, ist aber (was ich nirgends für Ulothrix erwähnt finde) eine sehr kleine contractile Vacuole zu sehen. Ich habe dieselbe längere Zeit während des Ausschwärmens der Sporen und auch während ihres Zuruhekommens in Thätigkeit beobachtet. Die Zeitintervalle zwischen zwei Pulsationen liessen sich auf 12—15 Secunden feststellen. Ich habe in den Schwärmsporen vergebens nach dem Zellkern gesucht; derselbe kommt hier als solcher nicht zur Entwickelung; seine Substanz ist aber, so muss ich es annehmen, an der Bildung der farblosen Mundstelle betheiligt.

Die meisten Schwärmsporen gehen im Wasser des Objectträgers unter dem Deckglas zu Grunde, dann sieht man sie zerfliessen, ohne dass irgend welche Membran dabei zu bersten

brauchte. Die Schwärmsporen, welche sich weiter entwickeln sollen, umgeben sich, während sie zur Ruhe kommen, mit einer äusserst zarten Cellulosemembran.

Schon nach kurzer Zeit beginnt die Schwärmspore an ihrem farblosen Ende zu einem haarähnlichen Fortsatze auszuwachsen.[1]) Das farblose Protoplasma folgt aber mit Ausnahme der Hautschicht der Spitze des Haares nicht, vielmehr sieht man es sich an dem Orte seiner ursprünglichen Lage zum Zellkern constituiren. In späteren Zuständen (die ich namentlich an solchen Sporen beobachten konnte, die aus der Sporenmutterzelle herausgekeimt und so mit den Fäden in Verbindung geblieben) sah ich dann, dass die Chlorophyllplatte sich verlängert hatte und an dem Zellkern vorbei in das haarähnliche s. g. Wurzelende hineingewachsen war. Die erste Theilung des Keimlings pflegte in nur geringer Höhe über der Verengung zu erfolgen, sie zerlegte die einseitige Chlorophyllplatte in zwei Stücke. Zwei Zellkerne mit schönen Kernkörperchen waren jetzt zu sehen. Der rothe Strich zeichnete sich noch deutlich an der Hautschicht der breiteren Zelle und war auch nach wiederholter Theilung derselben oft noch zu sehen. Das ganze Pflänzchen besitzt zunächst eine ganz zarte Membran, am stärksten erscheint die Spitze des „Wurzelendes“ verdickt und es tritt an derselben oft die Spaltung in drei Schichten ein, während sie sonst noch an keiner anderen Stelle zu sehen ist.

In den Zoosporangien der *Saprolegnien* wird, wie aus zahlreichen Angaben bekannt, eine grosse Anzahl Schwärmsporen simultan aus dem gesammten protoplasmatischen Inhalte des Sporangium gebildet. Ich habe sie bei Saprolegnia ferax an der Wand des Sporangium entstehen sehen, wenn das Protoplasma ein centrales Lumen in der Zelle freiliess; oder aber, was ja auch bekannt, in dem ganzen Sporangiumraume, wenn derselbe vom Protoplasma völlig erfüllt ward.

---

1) Naegeli l. c. p. 137. Braun l. c. p. 159.

Besonders lehrreich erschienen mir die Vorgänge in denjenigen relativ seltenen Zoosporangien, welche nur ganz wenige Schwärmsporen entwickelten.

Wir wollen einen solchen Fall zunächst näher ins Auge fassen. Das Sporangium erscheint dann mit Protoplasma völlig erfüllt und letzteres gleichmässig in seinem ganzen Innenraume vertheilt, wobei eine Anordnung der feinen Körnchen zu netzförmigen Figuren meist nicht zu verkennen ist. Plötzlich beginnt die Sonderung des Protoplasmas in so viele annähernd gleiche Portionen, als Schwärmsporen erzeugt werden sollen und fast gleichzeitig sieht man im Centrum jeder Portion ein rosa erscheinendes kugeliges Bläschen auftreten. Die Sonderung geht im ganzen Sporangium fast gleichzeitig vor sich und wird angedeutet durch Anhäufungen von Körnchen an den späteren Trennungsstellen der Sporen. Die Abgrenzungen durch die Körnchen werden immer deutlicher und bilden regelmässige Figuren.[1]) Dann zeichnen sich inmitten der Körnchen äusserst zarte, helle Linien: die sich bildenden Hautschichtplatten. In letzteren gelingt es endlich, meist unzweifelhaft, das Auftreten ganz feiner schwarzer Punkte zu sehen: als erste Andeutung der Trennung der Hautschichtplatten in je zwei Hälften. Die Zellen sind jetzt noch polygonal, doch folgt nunmehr eine geringe Contraction ihres Inhalts, wodurch eine Abrundung derselben ermöglicht wird. Der Grad dieser Abrundung ist in Sporangien ohne centrales Lumen und mit wenigen Sporen, immer nur ein geringer. Mit der Abrundung geht aber die Trennung der Sporen Hand in Hand, wobei hier und dort einzelne Verbindungsstellen der Hautschicht zwischen den ursprünglich trennenden schwarzen Punkten sich zu feinen, bald durchrissenen und eingezogenen Fäden[2]) verlängern können.

Endlich ist die völlige Trennung durchgeführt, die Sporen

---

1) Vergl. für Letzteres das Bild bei Sachs IV. Aufl. p. 13, die Figuren 1 u. 2 bei de Bary, Bot. Zeitung 1852, Taf. VII, dann im Allgemeinen auch die Figuren bei Thuret, Ann. d. sc. nat. Bot. 3me S. T. 14. Pl. 22.

2) Vergl. auch Hofmeister, Lehre v. d. Pflz. p. 89.

durch schmale, rosa erscheinende Zwischenräume von einander getrennt. Jetzt beginnt die bekannte Bewegung der Sporen gegen einander, der bald ihr Ausschwärmen aus dem nun am Scheitel des Sporangium gebildeten Loche folgt.

Die eiförmige Schwärmspore zeigt zwei Cilien an ihrem vorderen Ende und auch deutlich noch ein centrales rosa „Bläschen“ [1]), das wir vorhin in seiner Entstehung verfolgt. Das „Bläschen“ scheint bei der Keimung zu schwinden. [2])

Wiederholt sind mir Fälle vorgekommen, in welchen, nachdem die Sporenanlage es schon bis zur Bildung der Körnergrenzen, ja selbst Hautschichtgrenzen, gebracht hatte, plötzlich die ganze Entwickelung rückgängig wurde, alle Trennungsandeutungen schwanden und das Sporangium alsbald wieder von gleichmässig kämmerigem Protoplasma gefüllt erschien. Dann, nach kurzer Zeit, wurde die Entwickelung und zwar nun auffallend schnell wieder aufgenommen. Eine solche zweite Sonderung fiel mir stets durch die im Verhältniss zu der ersten grosse Regelmässigkeit der Theilstücke auf.

Wo sehr viele Schwärmsporen aus dem das Sporangium völlig erfüllenden Inhalte entstehen, da ist der Vorgang dem eben beschriebenen durchaus gleich, nur sind die Einzelheiten schwerer zu verfolgen.

Im Grunde wenig abweichend sind auch diejenigen bei der von mir beobachteten Form seltneren, im Allgemeinen aber häufigsten Fälle, wo das Protoplasma des Sporangium nur einen starken Wandbeleg um eine centrale Vacuole bildet. Da werden die Sporen in nur einer Schicht angelegt und sie wölben sich bei ihrer Sonderung zunächst einseitig gegen den inneren Zellraum vor, so dass das Wandprotoplasma dann im optischen Durchschnitt auf seiner Innenseite wie gebuchtet erscheint. [3])

---

1) Vergl. die Abbildungen bei Thuret l. c. Fig. 6.

2) l. c. Fig. 7.

3) Pringsheim, Achlya prolif. p. 402, Taf. 46, Fig. 7—8. — Braun, Verjüngung p. 286 u. ff.

Ausser den schon geschilderten kommen bei Saprolegnia ferax nach Pringsheim[1]) auch die Zellnetzsporangien vor. Zu ihrer Anlage[2]) füllt sich das Schlauchende ganz mit Inhalt an und wird durch eine Querwand von dem unteren Schlauchtheil getrennt. Dann erfolgt die fast simultane Bildung einer grösseren oder geringeren Zahl von Zellen, ganz ebenso wie wir sie früher in den vollen Sporangien gesehen; allein diese Zellen scheiden Cellulose in ihren Trennungsflächen aus und theilen so den ursprünglichen Sporangiumraum in zahlreiche Fächer. Die neuen Wände setzen, wo sie die alte Mutterzellwand erreichen, scharf an dieselbe an. Der protoplasmatische Inhalt eines jeden Faches wird später frei, indem er seitlich die Sporangienwand durchbohrt.[3])

Bei der Bildung der Oosporen von *Saprolegnia ferax* zieht sich das Protoplasma an die Wand des Oosporangium zurück und die Sporen werden hier meist, wie aus den Beschreibungen und Abbildungen von Pringsheim[4]) und von Cornu[5]) bekannt, in einiger Entfernung von einander angelegt. Es entstehen zunächst helle Interstitien und endlich wird der ganze Inhalt auf die Concentrationsstellen eingezogen. Das ist der gewöhnliche Vorgang, der für alle die Fälle gilt, in welchen keine allzu grosse Zahl von Oosporen gebildet wird; entsteht hingegen eine bedeutende Zahl derselben, so können sie auch dicht gedrängt auftreten und sonst auch alle Erscheinungen zeigen wie die Schwärmsporen derselben Pflanze, wenn sie an der Wand gebildet werden. Die Oosporen sind wenig durchsichtig, immerhin kann man sich bei jungen Zuständen von der Existenz eines centralen rosa Bläschens auch in ihnen überzeugen. Später, wenn der Oeltropfen sich in ihrer Mitte

1) Vergl. l. c. Bd. IX, p. 222.

2) Vergl. Leitgeb. Jahrb. f. wiss. Bot. VII, p. 359.

3) Das Weitere bitte ich bei Pringsheim, Jahrb. Bd. II p. 214, Bd. IX p. 222, u. bei Leitgeb Bd. VII p. 360 nachzulesen.

4) Achlya prolifera p. 420.

5) Ann. d. sc. nat. 5me Ser. T. 15. p. 36 u. 37. Taf. I, Fig. 6 u. 7.

zu bilden beginnt, wird das centrale Bläschen durch denselben an die Peripherie gedrängt und fällt hier nun leicht als heller Fleck auf.

Pringsheim beschreibt diesen Fleck in den Oosporen von Achlya polyandra[1]), wo er sich bis zur Keimung erhält, dann aber schwindet.[2]) Aehnliche centrale, substanzarme Gebilde, die man sich allgemein scheut als Zellkerne zu bezeichnen, die man aber in der Stellung findet, die sonst der Zellkern einnimmt, sind, das sei hier gleich noch erwähnt, auch an verschiedenen anderen Orten beobachtet worden. So bildet sie beispielsweise de Bary[3]) in den Basidiosporen der Pilze ab, u. s. w. Diesen substanzarmen Gebilden scheinen keine späteren Aufgaben mehr obzuliegen, sie werden, so weit die Beobachtungen bisher reichen, später gelöst.

Die Entstehung der Schwärmsporen bei *Hydrodictyon*, wie sie uns von Alexander Braun[4]) geschildert wird[5]), ähnelt sehr demjenigen Vorgange, der sich im Sporangium von Saprolegnia abspielt, wenn letzteres nicht von Protoplasma völlig erfüllt, sondern von demselben nur an der Wand ausgekleidet wird. Die Wandschicht aus Protoplasma der Zellen von Hydrodictyon verliert zunächst ihr frisches, durchsichtiges Grün; ihre Stärkekörner werden aufgelöst; sie erhält ein trübes Aussehen und erscheint bald von helleren Flecken regelmässig durchsetzt Kleine Chlorophyllkörnchen häufen sich als Grenzlinien zwischen den helleren Flecken an. Dann ziehen sich diese Chlorophyllkörnchen nach den hellen Räumen zurück und an ihrer Stelle wird ein Netz dichter Grenzlinien sichtbar. So erscheint der protoplasmatische Wandbeleg in eine sehr grosse Zahl ziemlich gleich umfangreicher, meist sechseckiger Täfelchen zerlegt. Jetzt

1) Jahrb. f wiss. Bot. Bd. IX. p. 198.

2) l. c. p. 228 u Taf. XX, Fig. 7—11.

3) Handbuch p. 114.

4) Verjüngung p. 279 u. ff.

5) Später im Wesentlichen auch ebenso von F. Cohn Nov. Act. Ac. C. L. C. Bd. XVI. 1854. p. 217.

beginnen sich die Täfelchen abzurunden, wobei sie sich zunächst an den Ecken von einander trennen. Sie werden linsenförmig, endlich kugelrund und völlig frei. Sie bewegen sich dann seitlich gegen einander, doch ohne wesentlich ihren ursprünglichen Platz zu verlassen. Sind es die zur Netzbildung bestimmten, meist grössern Zoosporen, so vereinigen sie sich endlich wieder, wahrscheinlich zur Zeit der auf ihrer Oberfläche beginnenden Cellulose-Ausscheidung, zu einem Netze; sind es die zum Ausschwärmen bestimmten kleinen Zoosporen, so verlassen sie alsbald die Zellwand, schwärmen durch den Zellraum und werden durch Löcher aus der Mutterzelle nach aussen entlassen. Das Nähere über die letzteren Vorgänge, die ich hier nur ergänzend berühre, bitte ich bei Braun nachzulesen.[1])

Interessant ist die Abweichung in der Schwärmsporenbildung bei der Saprolegniee *Aphanomyces stellatus.* Die bevorstehende Zoosporenbildung wird nach de Bary[2]) dadurch angezeigt, dass das körnige Protoplasma des langen cylindrischen Zoosporangium sich in Querzonen von abwechselnd ungleicher Höhe und Dichtigkeit sondert. „Die Hauptmasse desselben sammelt sich nämlich in Gürteln an, welche etwa 3—4 Mal so hoch als der Durchmesser des Schlauches und durch kürzere Querzonen getrennt sind, in welchen dem hyalinen, die Membran auskleidenden Primordialschlauche nur spärliche Körnchen anhaften.“ — „In den dichteren, dunkleren Querzonen ist das übrigens stets wandständige Plasma zunächst nicht gleichförmig vertheilt, sondern in unregelmässigen, länglichen, in ihrer Mitte dickeren Streifchen angesammelt, welche durch schmale, helle Längsfurchen getrennt sind.“ „Die getrennten Streifchen einer jeden vereinigen sich dann zu einer gleichmässig körnigen, oben und unten ziemlich scharf abgegrenzten Masse, deren äusserer Umriss ein wenig von der seit-

---

1) Verj. p. 283. Vergl. auch Cohn l. c. und Pringsheim, Monatsber. d. K. Akad. d. Wiss. Berlin. Dec. 1860.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II p. 170.

lichen Zellhaut zurücktritt", „in ihrer Mitte findet sich oft ein schmaler, heller, axiler Raum, der anzeigt, dass sie, wenn auch dicker geworden, doch noch dem Primordialschlauch anliegen und einen von Flüssigkeit erfüllten Raum umschliessen". Die Theilung beginnt „wenige Minuten später, indem sich in den helleren Querzonen der Primordialschlauch von der Membran ablöst und etwas nach Innen zusammenzieht. Langsam schnürt sich nun das einer jeden hellen Zone angehörige Stück in seiner Mitte mehr und mehr ein, um zuletzt einen feinen, je zwei dichtere Portionen verbindenden Faden darzustellen, der entweder längere Zeit bestehen bleibt, oder endlich in der Mitte in zwei, in die beiden benachbarten plasmaerfüllten Zonen überfliessende Stücke zerreisst." — „Während des Einschnürungsprocesses sieht man an der Innenseite der zarten Linie, die den Primordialschlauch bezeichnet, die Körnchen der hellen Querzonen deutlich nach oben und unten gleiten, um sich mit denen der benachbarten dichten Protoplasmamasse zu vereinigen." Mit Vollendung des Processes ist der ganze Inhalt des Schlauches in eine einfache Reihe von cylindrischen, an den Enden abgerundeten Primordialzellen, die zukünftigen Schwärmsporen, zerfallen.

Wiederum etwas anders ist der von Cohn[1]) für die Oosporen der *Sphaeroplea annulina* geschilderte Vorgang. Dieselben entstehen in nur einer Reihe innerhalb ihrer Mutterzelle. Letztere ist zunächst mit Vacuolen dicht erfüllt und führt gleichmässig vertheilte Stärkekörner. Bald gruppiren sich diese zu mehreren in ziemlich gleichen Abständen in der Axe der Zelle und erscheinen von grünem Protoplasma umgeben. Dann werden protoplasmatische Trennungswände, je eine in der Mitte zwischen zwei grünen Massen, sichtbar. Schliesslich verdoppelt sich jede Wand und der Inhalt eines jeden Faches zieht sich zu einer runden Kugel, je einer Oospore, zusammen.

Doch nicht in allen Zellen des Fadens sind die Entwicke-

1) Ann. d. sc. nat. Bot. IV. Ser. T. V. p. 196 u. ff. Taf. 13.

lungsvorgänge die gleichen, vielmehr begegnen uns in einigen derselben wiederum ganz andere eigenthümliche Erscheinungen. Hier sieht man zwar die ursprüngliche Anordnung im Protoplasma erhalten, dasselbe wird von einer Reihe sehr grosser Vacuolen durchsetzt, doch verliert es seine grüne Färbung und seine Stärkekörner, wird orange und zerfällt nun simultan in eine sehr grosse Zahl kleiner, länglichen Zellchen, die Spermatozoiden. Diese entstehen hier also aus dem Wandprotoplasma und den Protoplasmaplatten, welche, die Zelle quer durchsetzend, die grossen Vacuolen von einander trennen; das ganze Protoplasma der Zelle wird zu ihrer Bildung verbraucht. Bald wird ihre Anordnung aufgegeben und sie erfüllen, sich vertheilend, das ganze Lumen der Zelle, um alsbald durch seitliche Löcher aus der Zelle entlassen zu werden.

Auch die Vorgänge der „simultanen Abschnürung" gehören unter die Fälle gleichzeitiger Bildung von mehr denn zwei Zellen aus einer Mutterzelle und müssen hier Erwähnung finden. Auch sie werden sich auf die typischen Vorgänge der Zelltheilung ganz wie die „succedane Abschnürung" zurückführen lassen, wenn auch diese Zurückführung hier oft mit noch grösseren Schwierigkeiten verbunden sein dürfte. Ich wähle als Beispiel gleich einen der ausgeprägtesten Fälle, die Bildung der Sporen an den Basidien der *Hymenomyceten*.

Die Basidie[1]) ist eine anfangs cylindrische oder meist kurze keulenförmige Zelle, sie erscheint von gleichmässigem oder durch Vacuolen unterbrochenem körnigem Protoplasma erfüllt. Bei einigen Pilzen ist in den Basidien ein Zellkern nachgewiesen worden, der durchaus demjenigen in den Asci zu gleichen schien. Zum Behufe der Sporenbildung treibt der Scheitel der Basidie meist zwei oder mehr Ausstülpungen, die Sterigmen. Die Spitze dieser letzteren schwillt dann zu je einer Blase an, welche allmälig die Gestalt und Grösse der fertigen Spore erhält. In dem Masse, als dies fortschreitet, rückt das Proto-

---

1) Vergl. de Bary, Handbuch II, 1. p. 113.

plasma aus der Basidie in die Anschwellungen. Die Basidie wird von unten nach oben immer mehr entleert und enthält, nachdem die Sporen ihr Wachsthum vollendet haben, nur noch spärliche Protoplasmaüberbleibsel und Fettkörner. Von dem Beginn der Sterigmenbildung an fand de Bary den Zellkern in den Basidien nicht mehr, er scheint zu verschwinden.

Die Bilder, welche de Bary[1]) von der Entwickelung der Sporen bei Corticium amorphum giebt, zeigen, dass zu der Zeit, wo die Sporen schon fertig abgegrenzt worden[2]), die Sterigmen noch dicht mit Protoplasma angefüllt sind. Es wird auch hier also nicht eine „Abgrenzung" der Spore durch eine Scheidewand an der Grenze der dichten Protoplasmamasse, vielmehr eine Bildung dieser Scheidewand innerhalb der dichten Masse, ganz wie bei Saprolegnia, stattfinden. Jede Spore entsteht wohl durch einen ähnlichen Theilungsschritt, wie wir ihn an so vielen andern Orten, bei Ansammlung des Protoplasma in dem einen Theile der Mutterzelle beobachtet haben, nur dass hier ausserdem eine Sprossung der Mutterzelle der Theilung vorausgeht und dass durch Verkürzung der Entwickelung mehrere Theilungsschritte gleichzeitig erfolgen. In zahlreichen andern Fällen werden übrigens die aus einer Basidie erzeugten Sporen auf zwei reducirt, als Ausnahmefälle dann sogar nicht selten auf eine (so besonders bei Hymenogastreen); ihre Zahl kann aber in anderen Gattungen bis auf neun steigen. In den jungen und den frisch gereiften Sporen vieler Arten ist ein heller, centraler Kreis zu sehen.[3])

Höchst interessant ist die von Tulasne[4]) entdeckte Thatsache, dass bei verschiedenen *Tremellineen* die kugeligen oder breit ovalen Basidien sich durch senkrechte Längswände in vier, wie Kugelquadranten angeordnete Tochterzellen theilen. Jede dieser Tochterzellen treibt dann ein langes Sterigma, das

---

1) l. c. p. 114.
2) Fig. 45 lit. f.
3) l. c. p. 114.
4) Ann. d. sc. nat. Bot. 3me S. T. 19. p. 193.

an seiner Spitze die Spore erzeugt. Für Tremella violacea bildet nun Tulasne l. c. Taf. 12, Fig. 7, einen Fall ab, in dem die Basidie sich nicht getheilt hatte und doch vier Sterigmen trug. Die Basidien der Dacrymyces-Arten, die auch zu den Tremellineen gehören, bleiben sogar normaler Weise einzellig [1]), wenn sie auch zwei Sterigmen den Ursprung geben. Ich will es dahingestellt sein lassen, welcher Zustand der ursprünglichere ist, derjenige der mehrzelligen Basidien, deren Tochterzellen nur je eine Spore bilden, oder derjenige der einzelligen, die mehrere Sporen gleichzeitig erzeugen. Verlockend ist es genug, die letzteren für eine abgekürzte Entwickelung der ersteren zu halten. Wie dem auch sei, wir sehen, dass die Anknüpfungen an einfachere Vorgänge hier nach keiner Seite hin fehlen.

1) Tulasne l. c. p. 223.

Vollzellbildung.

Wir gehen zum Schluss noch zu den extremen Fällen über, in denen nur eine einzige Zelle aus dem Inhalte einer schon vorhandenen sich bildet. Wird der ganze Inhalt der Mutterzelle zur Bildung der Tochterzelle verwendet, so haben wir einen Fall sogenannter Vollzellbildung vor uns.

Ich schicke voraus, dass ich von der Vollzellbildung alle Schichtenbildung an der Cellulosewand der Zelle ausgeschlossen sehen will; ja selbst diejenigen Fälle, in welchen nachweislich eine neue Schicht auf der Innenseite der Wand durch Apposition gebildet worden ist. Die Bildung der eigentlichen Wände der Pollen- oder Sporenzellen innerhalb der sog. Specialmutterzellen ist also in diesem Sinne auch keine Vollzellbildung. Eben so wenig kann ich diese Bezeichnung für Häutungserscheinungen der äussern Zellhautschichten gelten lassen, ob diese nun bei der Keimung von Sporen oder Pollenkörnern eintreten oder sonst mit den Wachsthumsvorgängen verbunden sind.[1])

Ja selbst eine Befreiung der nackten Zelle aus ihrer Cellulosehaut, wie das bei der sog. Häutung vieler Saprolegnienschwärmsporen stattfindet, ist keine Vollzellbildung, wenn sie die blosse Folge der Quellung des Inhalts ist, sonst aber keine spezifischen Veränderungen desselben aufzuweisen hat. Unter

1) Dieses Letztere besonders auffallend bei Rivularien und Scytonemaceen. Vergl. die Abbildung bei Hofmeister, Lehre v. d. Pflz. p. 154, Fig. 43.

Vollzellbildung möchte ich mit einem Worte nur diejenigen Fälle zusammengefasst sehen, wo die alte Zelle wirklich eine neue wird, dieses durch bestimmte moleculare Umlagerungen in ihrem Leibe zu erkennen giebt.[1])

Durch Vollzellbildung in diesem Sinne werden, so weit meine Erfahrungen reichen, gebildet: die Schwärmsporen mancher Algen; die Eier (Oosporen) verschiedener Algen (incl. Characeen) und verschiedener Saprolegnien; die Eier der Muscineen, der höheren Kryptogamen und der Archispermen; die Spermatozoiden vieler Algen.

Den einfachsten Fall der Vollzellbildung bietet uns wohl die Anlage der Schwärmspore bei solchen Algen, die nur je eine Schwärmspore in ihren Sporangien bilden.

Bei *Oedogonium* und *Bulbochaete*, schreibt Pringsheim[2]), „macht sich dem Beobachter der Anfang der Sporenbildung zuerst durch das Zurücktreten des Inhalts von den Ecken der Mutterzelle bemerkbar". Bei einer Species von Oedogonium, die ich untersuchte und die mir identisch schien mit der von Pringsheim auf seiner Tafel I, Fig. 13 u. ff. abgebildeten, ging dem erwähnten Zustande eine Zunahme an Inhalt der betreffenden Zelle voraus, wobei der Zellkern für alle Fälle eine centrale Lage in derselben einnahm.

Hatte sich der Inhalt dann aber ein wenig aus den Ecken zurückgezogen und so an den Kanten abgerundet, so sah man den Zellkern seine centrale Lage verlassend den grünen Wandbeleg der Zelle durchbrechen und an die Hautschicht direkt angelehnt, einen hellen, seitlichen Fleck in der mittleren Länge der Zelle erzeugen.

Dieser helle Fleck ist relativ tief, von U-förmiger Contour, in günstigen Fällen ist das schöne, grosse Kernkörperchen in demselben zu sehen. Nun fängt der Zellkern aber an sich von der Wand wieder zurückzuziehen; er rundet sich auf seiner Aussenseite ab, an dieser letzteren beginnt sich farbloses Proto-

1) In diesem Sinne scheint sie auch Sachs zu fassen. Lehrbuch IV. Aufl. p. 9.

2) Jahrbuch f. wiss. Bot. Bd. I, p. 26, Taf. I.

plasma anzusammeln. Diese Ansammlung wird immer stärker und in dem Masse zieht sich auch der Zellkern in das Innere der Zelle zurück. Das grün gefärbte Protoplasma greift allseitig zwischen ihn und die peripherische Ansammlung, so dass letztere mit dem Zellkern zusammen bald eine helle Figur etwa urnenförmiger Art bildet. Dann wird der Hals von dem Bauch der Urne durch die grüne Plasmaschicht getrennt und der peripherische Fleck steht nun fertig da in seiner definitiven Gestalt. Dieser letzte Zustand hat Pringsheim[1]) zu dem folgenden Passus in seinem Aufsatze über Oedogonien veranlasst: „Die Aehnlichkeit der schon in der ungeöffneten Mutterzelle vorhandenen Mundstelle der Schwärmspore mit einem Cytoblasten, welche noch durch ihre seitliche und wandständige Lage unterstützt wird, könnte der Vermuthung Raum geben, dass die Mundstelle der Schwärmsporen einer Umwandlung des Cytoblasten der Mutterzelle ihre Entstehung verdankt; diese Vermuthung ergiebt sich jedoch als falsch, sobald man die Schwärmsporenbildung in solchen Zellen untersucht, welche einen verhältnissmässig geringen Körnerinhalt besitzen, denn in ihnen sieht man den in vollkörnigen Zellen verdeckten Cytoblasten deutlich neben der vorhandenen Mundstelle oder in einiger Entfernung von ihr liegen.“

Wir haben nun aber in der That die Stelle des Mundflecks durch den Zellkern eingenommen gesehen und dieser wich erst zurück, als sich die farblose Plasmamasse an der Wand ansammelte. Ich vermuthete daher zunächst, der Mundfleck gehe durch Theilung aus dem Zellkern hervor, überzeugte mich aber alsbald, dass dieses nicht der Fall sein könne, da der Zellkern während der ganzen Entwickelungszeit des Mundflecks unverändert bleibt und unter sonst günstigen Verhältnissen sein Kernkörperchen zeigt. Es scheint somit der Zellkern nur an die Peripherie zu rücken, um hier die Ansammlung der Hautschichtmasse zu veranlassen; denn auch die Annahme, der Zellkern entleere hier, sich zurückziehend, gewisse Inhaltsmassen, wurde durch die Beobachtung nicht gestützt.

---

1) l. c. p. 28.

Sobald der Mundfleck angelegt und noch bevor er durch eine Chlorophyllschicht vom Zellkern getrennt worden, beginnt die Bildung der Cilien aus seinem Rande; dieselben scheinen aus diesem Rande hervorzuwachsen, wenigstens glaube ich sie sicher in verschiedenen Längen beobachtet zu haben. Die Cilien entspringen dicht über der angrenzenden, unverdickten Hautschicht und liegen derselben in ihrem weiteren Verlauf dicht an; um sie deutlich zu sehen, müssen daher wasserentziehende und tingirende Mittel angewandt werden. Der fertige Mundfleck hat annäherend linsenförmige Gestalt, in der Mitte seiner Aussenseite ist er körnig, sonst homogen.

Die Schwärmsporen wurden bei der von mir untersuchten Species gewöhnlich der Reihe nach aus der jeweiligen Endzelle entlassen. Zu diesem Behufe reisst die Zelle im Umkreis am Ende der letzten Kappe auf. Dieser Vorgang wird durch die Quellung der innersten Verdickungsschicht der Cellulosewand der Zelle veranlasst. Aus der geöffneten Zelle fliesst langsam die Schwärmsporenmasse heraus, dieselbe ist von der hervorquellenden Verdickungsschicht der Zelle von aussen eng umfasst. In dem Masse als sie heraustritt, nimmt die Schwärmsporenmasse eine ovale Gestalt an, und diese Gestalt zeigt auch alsbald die ganze Schwärmspore, wobei, wie bekannt, ihre Längsaxe mit der Queraxe des früheren Zellinhalts zusammenfällt. Die innerste Verdickungsschicht der Mutterzelle hebt sich blasenförmig von der Schwärmspore ab. Dass dem so ist, lässt sich leicht mit Hilfe chemischer Reagentien feststellen.

Sobald die Blase nun an Grösse zugenommen, beginnt sich die Schwärmspore in derselben hin und her zu bewegen. Die Cilien beginnen meist schon während ihres Austretens zu schwingen, in manchen Fällen liegen sie auch nach dem Austritt der Schwärmspore ihr noch eine Weile ruhig an. Dann ruht auch die Schwärmspore und ihre Bewegung beginnt mit dem Augenblick wo ihre Cilien zu schwingen anfangen. Dass diese die Bewegungsorgane sind, kann daher nicht bezweifelt werden.[1]) Bald hat die Schwärmspore die sich vergrössernde

1) Vergl. dagegen Pringsheim, Pflanzenzelle p. 70.

und immer stärker quellende Blase durchbrochen, sie eilt davon. Der Zellkern ist in der Schwärmspore in ursprünglicher Weise erhalten geblieben, er zeigt in ihr eine centrale Lage; dadurch unterscheidet sich diese Schwärmspore auch von derjenigen von Ulothrix, wo ich die Zellkernmasse in der farblosen Substanz suchen muss, welche an der Mundstelle angesammelt ist. Bei Ulothrix zieht sich der Zellkern von der Mundstelle eben nicht zurück. Ich war nicht wenig erstaunt, an den Oedogonium-Schwärmsporen auch einen rothen Strich in der Nähe des Mundfleckes zu finden: derselbe tritt meist sehr deutlich bei der Quellung hervor, wenn man Essigsäure einwirken lässt; an lebenden Objecten ist er nicht zu sehen. Bei der Behandlung mit Essigsäure überzeugt man sich leicht, dass die Schwärmspore nur von einer protoplasmatischen Hautschicht umgrenzt wird.

Besonders werden als Beispiel für Vollzellbildung die grossen Schwärmsporen von Vaucheria sessilis vorgeführt. Der Gesammtinhalt des keulenförmigen, endständigen Sporangium soll sich etwas zusammenziehen und zur Schwärmspore umgebildet, aus einem oberen Riss des Sporangium hervorquellen.

Ausser bei Vaucheria sessilis und piloboloides sind von Walz [1]) Schwärmsporen auch bei Vaucheria sericea Lyngb. beobachtet worden. Ich selbst hatte Gelegenheit, dieselben bei Vaucheria ornithocephala Hassall, einer mit Vaucheria sessilis nahe verwandten Species, zu sehen und Schritt für Schritt in ihrer Bildung zu verfolgen.

Das Sporangium bei *Vaucheria ornithocephala* Hassal zeigt sich gleich nach seiner Anlage von einer dichten, von zahlreichen Chlorophyllkörner dunkel gefärbten Protoplasmaschicht ausgekleidet, die nur am Scheitel des Sporangium etwas heller erscheint und in der Längsaxe des Sporangium von einem selten continuirlichen, gewöhnlich in zwei ovale Stücke zertheilten Lumen unterbrochen wird. Diese Lumina sind von hellem, feinkörnigem, chlorophylllosem Protoplasma

1) Jahrbuch f. wiss. Bot. Bd. V p. 131.

erfüllt. Jetzt sieht man nun das obere Lumen nach dem hellen Scheitel des Sporangium wandern und sich hier mit demselben vereinigen; gleichzeitig bewegt sich auch das untere Lumen aufwärts in der gleichen Richtung, um schliesslich das gleiche Ziel zu erreichen. Ist dies geschehen, so erscheint das Sporangium mit hellem Scheitel und dunklem, $^2/_3$ seiner Höhe fassendem Grunde. Gleichzeitig hat sich die Hautschicht um diese ganze Masse herum auffallend verdickt und bei hinreichend starker Vergrösserung erscheint sie aus ähnlichen radial gestellten Prismen aufgebaut [1]), wie wir sie in der Hautschicht der Spirogyra an noch wachsenden Stellen beobachtet hatten.

Stellt man mit scharfen Systemen auf den optischen Durchschnitt der vorderen, hellen Scheitelpartie ein, so lässt sich in derselben eine sphärische an die untere Chlorophyllmasse anstossende, homogene Partie erkennen und um diese herum, nach der oberen, chlorophyllärmeren Region hin, leicht unterscheidbar, das Protoplasma zu weiten Maschen angeordnet, deren Seitenwände im Verhältniss zu der inneren, homogenen, sphärischen Masse radial gestellt erscheinen. Die Chlorophyllkörner liegen peripherisch an den Wänden der Maschen, welche letztere bis an die erwähnte, starke Hautschicht reichen.

Sporangien deren Inhalt die beschriebene Structur erreicht hat, werden alsbald durchbrochen und sind daher zur anhaltenden Beobachtung zu wählen, wenn es gilt das Austreten der Schwärmsporen zu sehen. Hervorgehoben muss werden, dass in diesem Falle die Umlagerung des Sporangium-Inhalts nicht mit einer Contraction desselben verbunden ist, dass hier zu keiner Zeit vor dem Oeffnen des Sporangium der Inhalt von seinen Wänden zurücktritt.

Die Durchbrechung des Sporangium-Scheitels erfolgt mit einem Ruck; in demselben Augenblicke quillt der vordere Theil der Schwärmspore aus der Oeffnung hervor und fängt gleich-

---

1) Auch Sachs (Lehrbuch, IV. Aufl., p. 41) erwähnt einer radialen Streifung an der Hautschicht der Schwärmsporen von Vaucheria.

zeitig an um seine Längsaxe zu rotiren. Diese Drehung wird auch von dem noch im Sporangium befindlichen Theile der Schwärmspore ausgeführt, doch oft langsamer als von dem bereits ausgetretenen. Die Oeffnung im Sporangium ist enger als der Querdurchmesser der Schwärmsporen, so dass sich letztere durch diese Oeffnung hindurchzwängen muss. Sie schraubt sich gleichsam aus dem Sporangium heraus. Cilien sind an der Schwärmspore nicht zu bemerken, wohl aber weist ihre Drehung sowohl, als auch die Bewegung in der Nähe befindlicher kleiner Körper schon jetzt auf die Existenz solcher Cilien hin. Die Geburt der Schwärmspore dauert meist etwas über eine Minute. Das Oeffnen des Sporangium wird hier jedenfalls durch inneren Druck veranlasst, den die Masse der Schwärmspore selbst auf die Sporangiumwandung ausübt und der, wie mir schien, auch von einer innersten Quellschicht an der Wand des Sporangium unterstützt wird. Ist die Schwärmspore theilweise draussen, so reicht das stete Schwingen ihrer Cilien für die weitere Entbindung aus. Dass dem so ist, zeigte sich mir in dem einen Falle, wo die äussere Hälfte der Schwärmspore abriss, der innere Theil aber, ohne nun der vorderen Oeffnung angedrückt zu werden, im Sporangium verblieb. Bei der eben erwähnten Durchreissung der Schwärmspore hatte sich bei relativ sehr enger Austrittsöffnung der vordere Theil der Schwärmspore von dem hinteren geradezu abgedreht. Schliesslich blieb nur noch ein feiner aus Hautschicht bestehender Verbindungsfaden zwischen beiden Theilen übrig, der zuletzt durchrissen wurde.

Lässt man während des Austritts concentrirte Essigsäure auf die Schwärmspore einwirken, so sieht man meist in der sphärischen homogenen Substanz, die nach vorn an die Chlorophyllmasse grenzt, eine Anzahl Eiweisskörner niedergeschlagen werden. Die Zahl derselben nimmt meist nach dem Centrum der hellen Masse hin zu. Gleichzeitig quillt die Hautschicht auf und erscheint nun aus einer einfachen Schicht rechteckiger Kammern zusammengesetzt. Die radialen Wände dieser Kammern sind es, die in normalem Zustande die Er-

scheinung der radial gestellten, stark lichtbrechenden Prismen hervorrufen.

Die Bewegung der Schwärmspore von Vaucheria ornithocephala dauert, ähnlich wie das Walz (l. c.) für Vaucheria sericea angegeben hat, nur äusserst kurze Zeit, $^1/_2$—$1^1/_2$ Minuten, hin und wieder auch etwas länger. Die Schwärmspore bewegt sich in gerader Richtung vorwärts, gleichzeitig um ihre Längsaxe sich drehend. Stösst sie schräg gegen ein Hinderniss, so verändert sie ihre Richtung; stösst sie ganz gerade gegen dasselbe, so fährt sie fort sich um ihre Axe zu drehen, ohne den Ort zu verlassen. Einmal sah ich in dieser Weise eine Schwärmspore gegen die Spitze eines Krystalls gestemmt sich noch eine Minute lang drehen. So in ihrer Vorwärtsbewegung gehemmte Schwärmsporen sind für die Weiterbeobachtung besonders geeignet.

So lange sie noch in Bewegung sind, haben sie mehr oder weniger elliptische Gestalt und die homogene Sphäre liegt in dem einen, dem vorderen Brennpunkte der Ellipse. Mit der vorderen, helleren Partie, an der auch die Hautschicht etwas stärker entwickelt ist, schwimmt die Schwärmspore voran. Nur in dem Augenblicke, wo sie zur Ruhe kommt, werden die Cilien an ihr sichtbar. Dieselben sind bei dieser Species nur spärlich vorhanden und vornehmlich auf der vorderen Hälfte der Schwärmspore vertreten. Sie scheinen den dichten Stäbchen der Hautschicht zu entspringen. Nach wenigen Augenblicken werden die Cilien eingezogen und nun beginnt die Bildung der äusserst zarten Cellulosemembran. Vor wenigen Minuten sah man noch die Schwärmspore bei gelindem Druck auseinanderfliessen, jetzt zieht sich die Hautschicht von einer äusserst zarten Membran zurück. Während der Ausscheidung der Membran sieht man die Hautschicht an Mächtigkeit abnehmen und die Chlorophyllschicht der Peripherie der Schwärmspore sich nähern. Sie hat dieselbe bald bis auf einen kaum messbaren Zwischenraum hin erreicht. Am längsten bleibt die Hautschicht in ihrer ursprünglichen Structur an dem vorderen Ende erhalten, sie verändert sich zuletzt auch hier, doch erst, wenn sich die sphärische,

homogene Protoplasmamasse in das Innere der Schwärmspore zurückgezogen hat. Dann schliesst die dunkle Chlorophyllschicht auch am vorderen Ende der Schwärmspore zusammen und ist hier in derselben Stärke vertreten wie an der ganzen übrigen Peripherie. Die homogene Protoplasmamasse wird so gleichzeitig in die Mitte der kugelig gewordenen Spore eingeschlossen. Das ursprünglich vordere Ende ist nicht mehr zu unterscheiden.

Wenn wir nun bedenken, wie sich die Kammern des umgebenden Protoplasma radial um die innere, homogene, sphärische Protoplasmamasse angeordnet zeigten, wie diese Masse bei der sich bewegenden, elliptischen Schwärmspore in dem einen ihrer Brennpunkte lag, wie nachdem sich diese Masse in's Centrum zurückgezogen, die Spore kugelig wurde, wenn wir, sage ich, dies Alles bedenken: so muss es uns wahrscheinlich werden, dass diese homogene, sphärische Masse hier die Rolle eines Zellkerns spielt, dass sie in ihrer Gesammtheit oder doch in ihren Bestandtheilen eine besondere, bestimmte, sich in radialen Bahnen fortpflanzende Wirkung auf das umgebende Protoplasma ausüben. Als Zellkern im morphologischen Sinne ist diese homogene Plasmamasse hier nicht abgegrenzt, sie geht continuirlich in ihre Umgebung über, doch verübt sie die physiologischen Functionen desselben. Bei der Keimung der Spore, die meist mit einem oder mehreren Schläuchen in der auf die Entbindung folgenden Nacht erfolgt, vertheilt sich die homogene, centrale Masse gleichmässig auf das ganze Lumen. Bei der Theilung zur Bildung eines Sporangium haben wir diese homogene Plasmamasse in grösserer Concentration sich an den Theilungsstellen wieder sammeln sehen.

Auch für *Vaucheria sessilis* giebt Thuret schon 1843 an, der Sporangiuminhalt werde im oberen Theile heller noch vor seiner Entleerung; die halbentleerte Spore führe bereits rotirende Bewegung aus; sie schwimme dann mit dem helleren Theile nach vorne; das „Episporium", aus dem die Cilien entspringen, bilde im ganzen Umfange einen breiten, körnigen Hof[1]).

---

1) l. c. p. 270 u. 271.

Das Maximum der Bewegungsdauer für die Schwärmspore von Vaucheria sessilis giebt Thuret auf nur 19 Minuten an, meist nur auf die Hälfte dieser Zeit; manchmal höre das Schwärmen fast unmittelbar nach der Entleerung auf. Unger [1]) will hingegen dieselbe Schwärmspore über zwei Stunden lang in Bewegung gesehen haben. Der Unterschied dieser Angaben mag sich dadurch erklären, sagt Thuret, dass Unger diese Schwärmsporen frei im Wasser, er hingegen zwischen zwei Gläsern beobachtet hat.

Auch die Bildung der Eier habe ich bei *Vaucheria ornithocephala* Hassall entwickelungsgeschichtlich verfolgt.

Der zur Fructification sich anschickende Schlauch zeigt zahlreiche Oeltröpfchen auf der Innenseite seiner wandständigen Chlorophyllschicht. Die Bildung des Oogonium beginnt, wie aus den Untersuchungen früherer Forscher hinlänglich bekannt ist, als papillenartige Austreibung seitlich am Schlauche. [2]) Diese Papille nimmt an Grösse zu und erhält alsbald eiförmige Gestalt. Die Wände der Papille sind von derselben Plasma- und Chlorophyllschicht wie der Schlauch ausgekleidet, am Scheitel ist in ganz jungen Zuständen etwas farbloses Protoplasma angesammelt. Auf der Innenseite der Chlorophyllschicht häufen sich die Oeltropfen alsbald zu bedeutender Mächtigkeit an. Das noch vorhandene Lumen ist mit farblosem feinkörnigem Protoplasma erfüllt und hängt mit dem Lumen des Schlauches zusammen. In dem Masse als sich nun aber das Zelllumen mit Oeltropfen anfüllt, beginnt sich alles farblose Protoplasma der Anlage an der Peripherie derselben, nahe dem Scheitel anzusammeln; hier wird alsbald auch ein schnabelförmiger Auswuchs gebildet, welcher der ganzen Anlage die Gestalt eines Vogelkopfes ertheilt. Nunmehr wird das Oogonium vom Schlauche abgegrenzt. An der Stelle, wo die Scheidewand gebildet werden soll, noch innerhalb der Region der Oeltropfen, sammelt sich ein Querstreifen farblosen Protoplasmas an und in diesem

---

1) Die Pflanze im Momente der Thierwerdung. Wien 1843.

2) Vergl. hierüber vornehmlich auch Pringsheim, Monatsber. d. Ak. d. W. zu Berlin 1855 und de Bary, Ber. d. Freiburger Naturf. Ges. 1856.

erscheint die Querwand. Sie wird gebildet zu einer Zeit, wo das Oogonium fast schon seine volle Grösse erreicht hat, worauf die angrenzende Chlorophyllschicht nebst den Oeltropfen, wie ich das schon früher erwähnt habe, ein bis zwei Mal von der jungen Scheidewand zurückweicht, um dann erst definitiv an ihr zu verbleiben.[1])

Aus dem gesammten Inhalte des Oogonium wird das Ei gebildet: die Ansammlung farblosen Protoplasmas am Schnabel desselben nimmt immer mehr und mehr zu und drängt die Oeltropfen und Chlorophyllkörner immer weiter von diesem Orte hinweg. Endlich wird das obere Drittel des Eies ausschliesslich von der farblosen Substanz eingenommen, die einen bedeutenden Druck auf die Membran des Oogonium auszuüben scheint. Plötzlich beginnt die farblose Substanz am Schnabelende einen papillenartigen Fortsatz zu treiben, der sich mehr und mehr zu einer selbständigen Kugel abrundet; diese hängt alsbald nur noch durch eine schmale Verbindungsbrücke mit dem Ei zusammen und wird endlich aus dem Oogonium ausgestossen, wobei sich die Verbindungsbrücke zu einem endlich durchreissenden Faden verlängert. Die unmittelbare Boobachtung lehrt, dass hierbei die Membran des Oogonium nicht durchlöchert

---

1) Die von mir untersuchte Form stimmt wohl am nächsten mit der von Hassall als Vaucheria ornithocephala Agd. abgebildeten (Tafel VI, 4) überein, welche übrigens nicht die Vaucheria ornithocephala Agardh's ist, da letztere, wie Walz schon nachgewiesen (l. c. p. 150 und 157), mit V. sericea Lyngb. zusammenfällt. Wir haben unsere Vaucheria daher als Vaucheria ornithocephala Hassall bezeichnet. Diese Vaucheria unterscheidet sich von V. sessilis Vauch. durch die kurzgestielten Oogonien mit schräg aufwärtsgerichtetem Schnabel; durch das nicht hornförmig, sondern hakenförmig gekrümmte Antheridium; dadurch, dass dieses Antheridium hier höher als die Oogonien ist; durch das vorhin beschriebene Verhalten der Schwärmsporen und durch die hellere Färbung ihrer Fäden. Wie Vaucheria sessilis trägt auch unsere Vaucheria die Oogonien meist paarweise, dann ein Antheridium zwischen beiden, oder auch einzeln mit einem Antheridium zur Seite. Rabenhorst scheint dieselbe Form als Vaucheria ornithocephala Agardh in seine Kryptogamen-Flora p. 225 aufgenommen zu haben.

wird, vielmehr gallertartig aufquillt, und dass der austretende Plasmatropfen durch die Gallerte durchgepresst wird. Mit Recht bemerkt daher Walz [1]), die Oeffnung des Oogonium sei durch gequollene Gallerte verstopft.

Fast die Hälfte des farblosen Protoplasma am Scheitel des Eies wird auf diese Weise ausgestossen. Das Ei rundet sich jetzt ab und nimmt alsbald, wahrscheinlich durch Wasseraufnahme, an Volumen zu, wobei sein farbloser Scheitel gegen die Gallertschicht angedrückt wird; ja nicht selten tritt letzterer, die Gallertschicht vordrängend, papillenartig aus dem Oogonium hervor.

Nach der Befruchtung umgiebt sich das Ei in seinem ganzen Umfange mit einer Cellulose-Membran. Die Chlorophyllkörner und Oeltropfen beginnen langsam in das farblose Protoplasma am Scheitel hineinzuwandern und alsbald ist nichts mehr von einer solchen Ansammlung an dieser Stelle zu bemerken.

Nach den Angaben von de Bary [2]) zieht sich mit der Geschlechtsreife der Oogonium-Inhalt von *Vaucheria aversa* Hass. plötzlich zu einem kugeligen, dunkelgrünen Eie zusammen, welches in dem Grunde des Oogonium liegt und den oberen Theil desselben leer lässt. Zugleich erscheint der Schnabel des letzteren offen. Aehnliches scheint nach Hofmeister [3]) für das Ei von *Vaucheria rostellata* Kütz. zu gelten.

Bei allen *Oedogonieen* tritt nach den Angaben von Pringsheim [4]) der Inhalt des Oogonium bei seiner Reife von der Wand zurück und ballt sich zu einer einzigen kugel- oder eiförmigen Masse, dem Eie zusammen. — Die grosse Anzahl dicht aneinandergereihter Chlorophyllkörner macht das Ei undurchsichtig, doch zeigt dasselbe, wie bei Vaucheria, an der der Eintrittsöffnung der Spermatozoiden zugekehrten Seite eine nur

1) l. c. p. 138.

2) Zuletzt im Bericht über die Fortschritte der Algenkunde in den Jahren 1855, 1856 und 1857. Bot. Zeitung 1858, Anh. p. 76.

3) L. v. d. Pflz. p. 93.

4) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 47.

aus farblosem Protoplasma gebildete Stelle. Beim Oeffnen des Oogonium wird nach Juranyi [1]) bei Oedogonium diplandrum ein Theil des die farblose Stelle bildenden Plasma ausgestossen. Es ist zu bedauern, dass noch alle Angaben über das Verhalten des ursprünglichen Zellkerns in den Eiern der Oedogonien fehlen. Derselbe wird eben des dichten Inhaltes wegen sehr schwer in diesen Eiern zu verfolgen sein.

Die andern Beispiele der Vollzellbildung, die ich hier noch anführen könnte, will ich übergehen, da sie nichts wesentlich Neues mehr bieten. Erwähnt sei nur noch, dass bei *Stigeoclonium insigne*, nach der Fig. 11 der Abbildungen (Taf. I) bei Naegeli [2]) zu urtheilen, in der Mutterzelle statt einer Schwärmspore auch zwei erzeugt werden können; ja bei Bildung der Mikrozoosporen nach Braun [3]) selbst vier. Auch bei Coleochaete sollen ebenfalls nach Braun statt der typischen einen, zuweilen zwei Schwärmsporen in einer Mutterzelle sich zeigen. [4])

Bei *Oedogonium diplandrum* [5]) entstehen die Androsporen durch Vollzellbildung, nur je eine aus dem Gesammtinhalt ihrer Mutterzelle [6]), bei den um die Hälfte als die Androsporen kleineren, sonst ihnen fast völlig gleichenden Spermatozoiden, je zwei in ihrer Mutterzelle. [7]) Diese beiden Beispiele zeigen schon, dass der Vorgang für die Bildung einer jeden Schwärmspore nicht wesentlich verschieden sein kann, mögen diese nun in der Einzahl oder Mehrzahl innerhalb einer Mutterzelle entstehen. Noch auffallender wird dieses Verhältniss in den Oogonien solcher Saprolegnien die typisch eine Mehrzahl von Oosporen erzeugen, wenn ausnahmsweise nur eine Oospore gebildet wird. Andere Saprolegnien zeigen typisch nur je eine Oospore.

---

1) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, p. 9.

2) Pflanzenphys. Unters. Heft I 1855. Vergl. die Erklärung zu Fig. 11, p. 40.

3) Verjüngung p. 148.

4) l. c. p. 249.

5) Juranyi, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, p. 1.

6) l. c. Taf. I, Fig. 2 u. 11.

7) l. c. Taf. II, Fig. 2.

Bei *Aphanomyces stellatus,* schreibt de Bary [1]), löst sich der „Primordialschlauch“ von der Membran des Oogonium los und zieht sich zu einer frei in der Mitte des Oogonium liegenden Kugel zusammen, welche, anfangs hautlos, sich später in Folge der Befruchtung mit einer Cellulosemembran umgiebt. Ebenso wird der Vorgang von Cornu [2]) für die meisten *monosporen Saprolegnien* beschrieben, und ebenso gilt er auch für die Bildung der Eier (Oosporen) in den Oogonien der meisten *Algen* und in der Centralzelle der Archegonien bei den *Muscineen* und *Gefässkryptogamen.* Das Oogonium der *Fucaceen* unter den Algen, bildet bei gewissen Arten aus seinem gesammten Inhalte nur ein Ei, bei anderen hingegen vier, bei noch anderen selbst acht Eier. [3])

Die Vorgänge der Vollzellbildung bleiben sich gleich, mag die Mutterzelle einen Zellkern führen oder nicht; im letzteren Falle kann derselbe, wie wir das in der Schwärmspore von Oedogonium gesehen, unversehrt auf die Tochterzelle übergehen. Die Vollzellbildung ist in den meisten Fällen mit einer Contraction des Inhalts der Mutterzelle verbunden, kann aber auch ohne eine solche vor sich gehen, wie wir das im Sporangium bei Vaucheria ornithocephala beobachtet haben.

An die typische Vollzellbildung schliessen sich solche Fälle an, wo zwar nur eine Tochterzelle in der Mutterzelle erzeugt wird, aber doch nicht deren gesammten Inhalt in Anspruch nimmt. Diese Fälle könnten unter die freie Zellbildung gebracht werden, ich ziehe es aber vor, sie hier zu behandeln, des innigen Zusammenhanges wegen, den sie mit den typischen Vorgängen der Vollzellbildung zeigen.

Bei den im Bau der Geschlechtsorgane den Saprolegniaceen so nahe stehenden *Peronosporeen,* wird, nach de Bary [4]), das Protoplasma des Oogonium in eine peripherische, fast

1) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II, p. 177.
2) Ann. d sc. nat. Bot. 5me S. 15 Bd. p. 38.
3) Thuret Ann. d. sc. nat. Bot. 4me S. Bd. 2, p. 205.
4) Zuletzt im Handbuch Bd. II, 1. p. 158.

homogene, körnerarme Lage und eine die Mitte einnehmende, durch dicht gehäufte Fettkörner undurchsichtig gemachte, dunkele, kugelige Masse gesondert. Diese letztere bildet das Ei oder die Befruchtungskugel, und umgiebt sich nach der Befruchtung mit einer Cellulosemembran. Ebenso giebt Cornu[1]) für eine Saprolegniacee, das *Rhipidium* an, dass dessen eine Oospore im Oogonium nicht, wie sonst, nur von wässeriger Flüssigkeit, vielmehr von einer, wenn auch fast farblosen, doch stark lichtbrechenden Substanz umgeben wird. Diese Substanz ist hier, wie bei Peronospora, zur Reifezeit der Oospore geschwunden.

Eine Abweichung von den Vorgängen der typischen Vollzellbildung begegnet uns in der Entwickelungsgeschichte der Spermatozoiden bei den Characeen, Muscineen und den Gefässkryptogamen, d. h. in allen denjenigen Fällen, wo die Spermatozoiden eine von der Schwärmsporenform der Algen stark abweichende Gestalt angenommen haben.

Bei den *Farnen,* resp. einigen *Polypodiaceen,* fand ich schon früher[2]), dass die frei gewordenen, abgerundeten Mutterzellen der Spermatozoiden zunächst ihren centralen Zellkern einbüssen und sich nun ihr ganzes Protoplasma an die Wand der Zelle zurückzieht, während ihr Inneres von einer mit farbloser Flüssigkeit erfüllten, nur einige, spärliche Körnchen führenden Vacuole eingenommen wird. Dann spaltet sich die ganze protoplasmatische Wandschicht im Umfang der Vacuole zu einem Schraubenfaden, an dessen vorderen Windungen feine Cilien sichtbar werden. Nach Entleerung der Mutterzellen aus dem Antherium werden die Spermatozoiden durch Aufplatzen der Mutterzellwände frei, und nun eilen sie in dem umgebenden Wasser davon, die centrale Vacuole an ihrer hinteren, cilienlosen Windung mitnehmend.

Neuere Untersuchungen haben die hier gegebene Entwickelungsgeschichte auch für andere Farne bestätigt, ganz zuletzt

---

1) l. c. p. 39.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII, p. 394.

ist dies noch von Bauke für die Cyatheaceen geschehen[1]), ausserdem hat aber Millardet[2]) die Untersuchungen noch auf andere Gruppen der Gefässkryptogamen ausgedehnt; Pfeffer[3]) hat sie für Selaginella-Arten geliefert. Bei *Selaginella*-Arten zeigt sich die Entwickelung des Spermatozoiden ganz derjenigen bei den Farnen entsprechend. Bei *Isoëtes lacustris* ist sie ihr jedenfalls sehr ähnlich, nur dass hier das Protoplasma im Beginn der Differenzirung die ganze Mutterzelle erfüllt und erst in dem Masse, als es zur Bildung des Spermatozoiden verbraucht wird, eine innere Höhlung, um die das Spermatozoid nun eingerollt erscheint, sich bildet.[4]). *Marsilia* ist aber dadurch merkwürdig, dass bei der Bildung ihrer Spermatozoiden ein Theil des Inhalts der Mutterzellen unbenutzt zurückbleibt. Bei *Marsilia elata*[5]) zeigen die Mutterzellen erst einen homogenen Inhalt, dann sammeln sich im Centrum der Zelle Körnchen, grösstentheils Stärkekörnchen, an, während sich an der Peripherie eine durchsichtige Zone einstellt. Alsbald ist die körnige Masse einseitig verschoben und wird von der durchsichtigen Masse wie umfasst. Die körnige Masse wird mit Jod blau, die durchsichtige gelb gefärbt. Aus der ersteren entsteht das schraubenförmig eingerollte Spermatozoid, und sie wird heller in dem Masse als dieses sich bildet. Schliesslich umgiebt das Spermatozoid ein nur wenige Körnhcen enthaltendes Bläschen, es eilt beim Freiwerden aus der Mutterzellwand davon, während die vorhin genannte durchsichtige Masse, sich im Wasser abrundend, unbenutzt liegen bleibt. — Bei *Salvinia natans* wird, nach Pringsheim's Beschreibung[6]) zu urtheilen, in jeder Antheridialzelle erst ein kleines bläschenförmiges Gebilde aus der sich von den Mutterzellwänden zurückziehenden Protoplasmamasse ausgeschieden, bevor letztere sich in die vier

1) Jahrb. f. wiss. Bot. X, p. 73.
2) Le prothallium male des Cryptogames vasculaires. Strasbourg 1869.
3) Botanische Abhandl. v. Hanstein, p. 15.
4) Millardet l. c. p. 16.
5) Millardet l. c. p. 6.
6) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, p. 510.

Spermatozoidmutterzellen theilt. Der Fall bei Marsilia, wo das Spermatozoid nicht den gesammten Inhalt der Mutterzelle zu seiner Bildung beansprucht, lässt sich mit demjenigen der Entstehung der Oospore der Peronosporeen oder von Rhipidium vergleichen und also auch als eine Art freier Zellbildung auffassen. Merkwürdig ist die weitere Veränderung des Vorgangs bei Salvinia, wo die Ausstossung eines Theils des Inhalts auf einen früheren Zustand verschoben wird; hier entsteht also die Urmutterzelle der Spermatozoiden gleichsam durch freie Zellbildung, während, wie es scheint, die Spermatozoiden in ihren resp. Mutterzellen nun ohne weitere Inhaltsscheidung durch Vollzellbildung erzeugt werden.

ZWEITER THEIL.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Thierreiche.

Von grossem Interesse muss es jetzt für uns sein, zu erfahren, ob die für pflanzliche Zellen gewonnenen Resultate auch für die thierischen gelten. Der Bau dieser Elementarorgane zeigt eine so grosse Uebereinstimmung in beiden Reichen, dass eine Uebereinstimmung auch ihrer Bildung a priori wahrscheinlich erscheinen musste. Nun haben wir aber gefunden, dass der Zellbildungsprocess im ganzen Pflanzenreiche aus gemeinsamer Grundlage sich entwickeln lässt; es würde daher auch ein einziges mit den typischen Vorgängen des Pflanzenreiches übereinstimmendes Beispiel aus dem Thierreiche genügen, um uns zu überzeugen, dass die bei den Pflanzen gewonnenen Resultate ganz im Allgemeinen für die Zelle gelten. Nicht unsere Aufgabe könnte es aber sein, zu verfolgen, wie sich dieser typische Vorgang dann noch im Thierreiche in einzelnen Fällen modificirt. Die eventuelle Zurückführung solcher Modificationen auf einen allgemeinen Typus, so wie wir sie für das Pflanzenreich versucht, bliebe dann den mit dem Gesammtgebiet der Thiere vertrauten Zoohistologen vorbehalten.

Ich sprach eben die Vermuthung aus, es dürfe wohl auch nur einen Vorgang der Zellentstehung im Thierreiche geben, auf welchen anderweitige Abweichungen zurückzuführen seien; dem scheint nun freilich eine vor kurzem erschienene Abhandlung von Auerbach[1]) zunächst schon zu widersprechen, indem

1) Organologische Studien zweites Heft 1874.

es in derselben gleich in den Vorbemerkungen heisst, „dass es in verschiedenen Fällen in der That mannichfache, nicht bloss formell, sondern wesentlich verschiedene Proceduren sind, welche die Vermehrung der Kerne vermitteln. Das Gemeinschaftliche ist nur das, dass innerhalb eines gegebenen protoplasmatischen Substrats die Vermehrung erfolgt“. Ganz unzweifelhaft soll eine echte und „unantastbare“ Selbsttheilung der Kerne existiren und eine hervorragende Rolle spielen; Auerbach selbst beschreibt aber eingehend in der genannten Abhandlung eine neue Art der Kernvermehrung, die er als die palingenetische bezeichnet, und die er an den nackten Zellkernen der Eier von Ascaris nigrovenosa und Strongylus auricularis verfolgt haben will. Der centrale hüllenlose Zellkern [1]) des noch einzelligen Eies wird in der Richtung der Längsaxe desselben spindelförmig und zeigt bei fortgesetzter Streckung eine Verminderung seiner Masse. Er erscheint bald nur als eine ganz enge Spalte im Protoplasma und diese verschwindet dann gänzlich. Doch noch während seiner Verlängerung ist an seinen beiden Enden eine grosse Anzahl radiärer, heller Strahlen in dem dunklen Dotter aufgetreten, sind gleichsam zwei blasse Sonnen entstanden, welche unter einander durch ein langes stabförmiges Zwischenstück in Verbindung stehen, das eine Zeit lang noch den erwähnten nucleären Spalt enthält. [2]) Auerbach nennt diese Doppelsonne mit ihrem Verbindungsstiel „karyolytische Figur“ und meint, dieselbe entstehe dadurch dass der Kern untergehe, dass während der Verlängerung und gleichzeitigen Volumenverminderung der Kernhöhle allmälig der dieselbe erfüllende Kernsaft zwischen die Molecüle des benachbarten Protoplasmas eindringe und dabei die Dotterkörnchen aus diesem verdränge. Das Active bei dieser Erscheinung ist, nach Auerbach, jedenfalls nicht der Kern selbst, sondern das ihn umgebende Protoplasma. Um diese Zeit beginnt die Segmentirung des Dotterballens, die sich bei Strongylus

1) Ueber dessen Entstehung vergl. bei Auerbach p. 202—217.

2) l. c. p. 218.

auricularis dadurch anzeigt[1]), „dass die Dotterkügelchen sich sowohl von der Oberfläche des Dotterballens, als auch von einer mittleren Querebene in demselben etwas zurückziehen, so dass ringsherum ein klarer, protoplasmatischer Saum und ausserdem in der Mittelgegend ein blasser, querer, beiderseits in den Saum übergehender Streifen sichtbar wird". Hierdurch ist die Ebene für die bevorstehende Trennung des Protoplasmas verzeichnet.

Bei Ascaris nigrovenosa will Auerbach hingegen nur eine partielle, auf die Gegend der Furchungsrinne beschränkte Ausbildung des peripherischen Saumes beobachtet haben. Nun folgt die Einfurchung, die rasch fortschreitet und nach kurzer Zeit bis an den entgegengesetzten Rand gelangt, wenn sie nicht vorher einer von diesem kommenden, ähnlichen Einkerbung begegnet. Bemerkenswerth ist, dass die Dotterhaut an dieser Einsenkung keinen Antheil nimmt, und „dass die Einbuchtung sehr bald von einem schmalen Saume klaren, körnchenfreien Protoplasmas begrenzt ist, welcher auch die sich weiterhin vertiefende Einkerbung immer umfasst, an den Eiern von Strongylus auricularis aber in noch grösserer Ausdehnung vorhanden ist". [2])

Kurz nachdem die Einfurchung aber begonnen, soll in dem Stiele der Doppelsonne (der karyolytischen Figur) an zwei der Furchungsebene nahen Punkten je eine Vacuole sich bilden. Diese Vacuolen nehmen nun an Grösse zu, rücken auseinander, und wenn die Durchfurchung vollendet ist, haben sie die Mitte ihrer Segmente eingenommen, ohne jedoch die Sonnen ganz zu erreichen. [3]) Die Vacuolen geben sich als die jungen Kerne zu erkennen; die karyolytische Figur schrumpft dabei allmälig mehr und mehr zusammen, wobei der Körper der Sonne sich zu einem concavconvexen Meniscus oder einer Scheibe abflacht; diese schwindet zuletzt. Auerbach meint nun, dass in jeder

1) l. c. p. 222.
2) l. c. p. 223.
3) l. c. p. 224.

entsprechenden Hälfte der karyolytischen Figur der in ihr diffus vertheilte Kernsaft, aus den Molecülar-Interstitien des Protoplasmas sich herausziehend, wieder in einen Tropfen sich sammele und zum Kern des Segments gestalte.[1]) Die Kerne sind, nach ihm, zunächst nur mit klarer Flüssigkeit erfüllte Höhlen im Protoplasma, nachträglich finden sich in ihnen aber Kernkörperchen ein, ein grösseres und zwei bis drei kleinere, sie treten nicht völlig gleichzeitig und durchaus unabhängig von einander auf, als Kügelchen, die anfangs sehr blass, allmälig dunkler werden und dann noch an Grösse zunehmen.[2]) Eine Hüllmembran erhalten die Kerne nicht.

Aus dieser Schilderung Auerbach's können wir zunächst entnehmen, dass die Theilung des Protoplasmas der Eier von Strongylus auricularis und Ascaris nigrovenosa in ganz ähnlicher Weise wie in den pflanzlichen Zellen vor sich geht. Bei Strongylus wird die Hautschichtplatte in der ganzen Theilungsfläche vorgebildet und die Trennung erfolgt dann innerhalb derselben[3]); bei Ascaris schreitet die Bildung dieser Platte von aussen nach innen fort, begleitet von der gleichzeitigen Trennung der beiden Zellen, alles Verhältnisse die uns in ähnlicher Weise bei der Theilung pflanzlicher Zellen entgegentreten, namentlich auch dann, wenn diese Theilung zur räumlichen Trennung der Schwesterzellen führen soll und nicht von Celluloseausscheidung begleitet ist, so z. B. bei der Theilung des Inhalts der Zellen von Ulothrix zur Bildung zweier Schwärmsporen. Hier wie dort nimmt die vorhandene Hautschicht der Zelle an der Theilung nicht Theil, sie faltet sich nicht ein, es wird vielmehr, ob simultan in der ganzen Fläche, ob von aussen nach innen fortschreitend, die Hautschicht für die Theilungsebene neu gebildet. Eine sehr häufige Erscheinung im Thierreiche scheint es zu sein, dass die Theilung, respective

---

1) l. c. p. 226.

2) l. c. p. 205.

3) Ebenso nach Goette im Ei der Unke. Vergl. Atlas zur Entwickelungsgeschichte der Unke Taf. I, Fig. 18 und Text p. 56 u. 58.

Trennung des Zellplasmas ganz einseitig vorschreitet[1]), was aber selbstverständlich keinen irgendwie in Betracht kommenden Unterschied gegen die Pflanzenzellen abgeben kann.[2])

Anders nun, als mit der Theilung des Protoplasma der Zelle, soll es mit ihrem Kerne sein, denn wir sind über dessen Verhalten bei Zweitheilung der Pflanzenzelle zu einer anderen Auffassung als Auerbach gelangt. Doch sind hier nicht einige Theile des Vorganges dem Verfasser verborgen geblieben oder von demselben unrichtig gedeutet worden? — Ich suchte hierüber durch eigene Untersuchungen der Eier von Ascaris nigrovenosa ein Urtheil zu erlangen, kam aber zu wenig entscheidenden Resultaten, da ich diese Eier alsbald als relativ ungünstige Objecte für die Entscheidung dieser Fragen erkennen musste. So viel stand für mich zunächst nur fest, dass durch das, was ich selbst gesehen, die Möglichkeit einer Uebereinstimmung mit den Vorgängen in pflanzlichen Zellen bis zu einem gewissen Grade nicht ausgeschlossen war. Doch die Details blieben mir constant unter den dunklen Protoplasmakörnern der Eier verborgen.

Mittlerweile hat Bütschli, der die Eier verschiedener Nematoden, vornehmlich diejenigen von Cucullanus elegans, und zweier Schnecken untersuchte, auch noch andere Bilder für die Kernvermehrung gewonnen.[3]) Zunächst schwand während der Theilung des „Dotters“ jede deutliche Grenze zwischen dem ehemaligen Kern und dem Dotter, wobei aber durchaus nicht ausgemacht war, dass die Kernmaterie sich wirklich mit dem umgebenden Protoplasma gemischt hatte. „Nachdem nun bei

1) Vergl. hierfür auch Kleinenberg, Hydra p. 49. Ueber ein eventuelles Verhältniss dieser Theilungsart zur Stellung des Zellkerns siehe weiter unten.

2) Auch schreibt Alexander Braun (Verj. p. 255), dass er an den späteren beweglichen Generationen von Chlamidococcus pluvialis, einer einzelligen Alge, noch vor Aufhören der Bewegung häufig eine vom hinteren Ende gegen das vordere, flimmertragende, allmälig fortschreitende Theilung der Schwärmspore beobachtet habe.

3) Vergl. die vorläufige Mittheilung in d. Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. XXV, p. 211.

Cucullanus elegans der Kern in ein Stadium der Unerkennbarkeit eingetreten ist" — „so sieht man in der Mittellinie des Dotters, die früher der Kern einnahm, einen spindelförmigen Körper liegen. Er ist deutlich längsfaserig, und in den frühesten Stadien seiner Erkennbarkeit liegt in jeder Faser im Aequator des Körpers ein dunkles, glänzendes Korn, so dass die Körner zusammen in der Ansicht auf die Enden des spindelförmigen Körpers einen Körnerkreis bilden." „Aus dem einfachen, aequatorialen Körnerkreis gehen zwei hervor, die in der Längsrichtung des Körpers nach dessen Enden zu auseinanderrücken, bis sie schliesslich nahe den Mittelpunkten der zukünftigen Furchungskugeln angelangt sind; dann ist gewöhnlich von den spitzzulaufenden Enden des ehemaligen spindelförmigen Körpers nichts mehr zu sehen, sondern man bemerkt nur die beiden Körnerkreise mit den sie verbindenden Fasern.[1]) Mittlerweile ist die Furchung des Dotters senkrecht zur Axe dieser Fasern nahezu vollendet. Wenn die Bildung der Kernchen beginnt, ist jede deutliche Spur der Körnchenkreise und Fasern verschwunden, ohne dass ich anzugeben wüsste", schreibt Bütschli, „was aus ihnen geworden ist."

Der so geschilderte Vorgang erinnert auffallend an unsere Erfahrungen an pflanzlichen Zellen, er wird fast übereinstimmend, wenn wir ihn durch die Schilderung ergänzen, die Bütschli früher, und zwar noch vor Auerbach's Veröffentlichungen, von der Eifurchung bei Rhabditis dolichura gegeben.[2]) Da sah er nämlich bei Beginn einer jedesmaligen Theilungsaction den Kern „recht undeutlich" werden, wobei „von einem Verschwinden desselben aber keine Rede" war (l. c. p. 104). Der Kern erhält hierbei die Gestalt einer Citrone (l. c. Fig. 61 c II), wahrschein-

---

1) Aehnliche Bilder hat zuerst Kowalevsky in den Furchungskugeln von Euaxes gesehen (Mém. de l'acad. imp. d. sc. de St. Petersb. VIIme Sér. T. XVI 1871 Taf. II, Fig. 24) und als einen sich theilenden Kernkörper beschrieben.

2) Vergl. Nova Acta Ac. C. L. C. Nat. Cur. Vol. XXXVI, p. 101—104 u. Taf. XXVI, Fig. 61. 1873.

lich in das von Bütschli nunmehr für Cucullanus beschriebene, spindelförmige Stadium eintretend, wobei hier aber die Streifung und der aequatoriale Kreis unsichtbar bleiben. Nach einiger Zeit sollte dann an jedem Pol des citronenförmigen Gebildes eine kleine knopfförmige Anschwellung bemerkbar werden, mehr und mehr wachsen und um diese sich je ein Strahlenkreis im Dotter bilden. „Es haben sich demnach jetzt schon zwei Centren der Anziehung gebildet.“ „Die knopfartigen Anschwellungen rücken mehr und mehr auseinander und vergrössern sich gleichzeitig stetig, indem der sie verbindende Theil immer schmäler wird und schliesslich nur wie ein dünner Verbindungsfaden erscheint. Jetzt beginnt auch die eigentliche Furchung; zuerst erscheint an den Rändern eine senkrecht zu diesem Faden gestellte Furche, die mehr und mehr nach innen sich fortsetzt, bis schliesslich eine vollständige Trennungsspalte hergestellt ist“ (l. c. p. 102 u. 103 u. Fig. 61).

Die für Rhabditis geschilderten Vorgänge der Tochterkernbildung, die auf die Spindelform des Mutterkerns folgen, scheinen also bei Cucullanus unsichtbar zu bleiben, und Bütschli erwähnt denn auch[1]), „die karyolytische Figur Auerbach's könne bei Cucullanus elegans deshalb nicht zum Ausdruck kommen, weil die Dotterkörner fehlen“. Diese Homogenität der Eimasse macht hier die späteren Vorgänge der Tochterkernbildung, wobei die Kernmasse sich kaum optisch von dem umgebenden Protoplasma unterscheidet, unsichtbar, ermöglicht aber die Einsicht in die Differenzirung innerhalb des Mutterzellkerns vor Bildung der Tochterzellkerne. Bei Rhabditis[2]) verdecken hingegen die Dotterkörner die erste Differenzirung innerhalb des Mutterzellkerns; die homogenen Tochterzellkerne stechen dann aber gegen diese Körnchen ab. So sind beide Objecte wohl geeignet, sich gegenseitig zu ergänzen.[3])

1) Vorl. Mittheilung p. 211.

2) So auch bei Ascaris nigrovenosa.

3) Die von Auerbach untersuchten Ascaris und Strongylus verhalten sich jedenfalls wie Rhabditis, wie denn auch die Auerbach'schen Abbildungen denjenigen von Bütschli (Nova Acta) sehr ähneln.

Nach Ausbildung der Trennungsspalte wird, nach Bütschli, bei Rhabditis die strahlenförmige Zeichnung in dem Dotter undeutlicher, die Contouren der Kerne aber immer bestimmter, bis sie wieder scharf umschriebene Bläschen darstellen. Während des ganzen Vorgangs der Theilung fand er andererseits die Contouren der Kerne etwas verschwommen, und oft schien es ihm selbst, als wenn von ihnen aus strahlenartige Fortsätze in die Substanz des Dotters sich erstreckt hätten (p. 103).

Da Herr Dr. O. Bütschli seine Angaben über das Verhalten der Kerne von Cucullanus nur in Form einer vorläufigen Mittheilung, ohne Figuren, veröffentlicht hatte, so bat ich denselben brieflich, mir seine, diesen Vorgang illustrirenden Zeichnungen einzusenden und mir eventuell dann auch deren Benutzung zu gestatten.

Herr Dr. Bütschli ging in der freundlichsten Weise auf meine Bitte ein und fügte noch brieflich weitere, mir höchst werthvolle Angaben seinen bisher veröffentlichten hinzu. So erfuhr ich aus denselben, dass bei der Theilung der Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica „die Formation des spindelförmigen Körpers und seine Umwandlungen, sowie die Entstehung der neuen Kerne der jungen Zellen zum Theil noch besser zu sehen sind, wie bei Cucullanus". „Auch bei den sich theilenden, embryonalen, rothen Blutkörperchen des Hühnchens lassen sich, wenn auch nicht so deutlich, dieselben Vorgänge beobachten." Herr Dr. Bütschli hat „fernerhin diesen, durch Umwandlung des Kernes hervorgehenden, spindelförmigen Körper auch noch hinreichend deutlich in den Furchungskugeln von Räderthiereiern (Brachionus und Notommata) und auch in den Blastodermzellen eines Schmetterlingseies gesehen". Bei Schneckeneiern konnte er „wenigstens deutlich den faserig streifigen Bau des Kernes während der Theilung" verfolgen und beim Froschei schienen ihm die Verhältnisse „ganz entsprechend zu verlaufen".

„Es ist also diese Erscheinung", schreibt Dr. Bütschli, „jedenfalls eine weit verbreitete bei der Zelltheilung in der Thierwelt." Dennoch hat er „bis jetzt auch bei einigen

Objecten sich vergeblich bemüht, bei der Kerntheilung etwas von den in Frage stehenden Bildungen wahrzunehmen, so namentlich bei den Knorpelzellen".

Das hier nach einem Briefe vom 16. April 1875 Mitgetheilte findet sich nunmehr auch in einer weiteren, vorläufigen Mittheilung [1]) durch Bütschli veröffentlicht und dem eben angeführten Beispielen dort noch dasjenige der Nephelis-Eier beigefügt. Dieselben dürften nach mündlicher Mittheilung des Dr. Bütschli wohl eines der günstigsten Objecte für die Beobachtung der Zelltheilungsvorgänge abgeben und die Uebereinstimmung dieser Vorgänge mit den typischen der pflanzlichen Zellen unwiderruflich beweisen. Aus dieser letzten vorläufigen Mittheilung von Bütschli will ich nur erwähnen, dass derselbe dort hervorhebt, wie er nunmehr zu der Ueberzeugung gelangt sei, dass (die Vorgänge sind für die Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica geschildert) die Entstehung des spindelförmigen Körpers auf eine Umwandlung des gesammten Kernes zurückzuführen sei. Der Kern büsst bei dieser Verwandlung seine scharf contourirte, dunkle Hülle und einen beträchtlichen Theil seines Saftes ein, so dass sich sein Volumen bedeutend verringert. Die aequatoriale Körnerzone theilt sich in zwei, die auseinanderrücken, durch Fasern untereinander verbunden. Man bemerkt dann häufig recht deutlich radiäre Strahlung im Zellprotoplasma um die Enden des spindelförmigen Körpers.

Die Art, wie sich Bütschli das Verhältniss der Körner zu der Bildung der Tochterkerne in der letzterwähnten vorläufigen Mittheilung denkt, will ich übergehen, da ihm auch in dieser Beziehung die Untersuchung von Nephelis mit den Vorgängen in pflanzlichen Zellen übereinstimmende Resultate ergeben hat.

Kowalevsky scheint der erste zu sein, der einer radiären Structur in den Segmenten des sich furchenden Eies der

---

1) Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. XXV, p. 428 Anm., dann p. 427.

Ascidien erwähnt [1]), andererseits ist Fol der erste, der zwei mit einander zusammenhängende, sternförmige Bilder in den Eiern von Geryonia beobachtet hat. [2])

„Im befruchteten Geryonia-Ei", schreibt derselbe, „wird zunächst der Eikern oder das Keimbläschen heller, verschwommener"; . . . nach einigen Secunden verschwindet es gänzlich vor dem bewaffneten Auge. „Setzen wir aber gerade in diesem Augenblicke etwas Essigsäure hinzu, so kommt der Rest, gleichsam nur eine Andeutung des früheren Kerns, wieder zum Vorschein. Auf beiden Seiten dieser Kernüberbleibsel zeigen sich zwei Protoplasmaanhäufungen, deren dicht angesammelte Körnchen zwei regelmässige, sternförmige Figuren darstellen. Die Strahlen dieser Sterne werden durch die in geraden Linien aneinander gereihten Körnchen gebildet. Mehrere solche Linien reichen von einem Stern- oder Anziehungscentrum in einem Bogen zum andern, indem sie die Reste des Keimbläschens umfassen. Das ganze Bild ist äusserst klar und deutlich und erinnert lebhaft an die Art und Weise, wie ausgestreuter Eisenstaub sich um die beiden Pole eines Magneten anordnet." „Hätten wir", schreibt Fol, „mit dem Zusatz des Reagens noch einige Secunden gewartet, so hätten wir vom Keimbläschen keine Spur mehr angetroffen. Die Sterne sind dann schon weiter auseinandergerückt." „Jetzt fängt die erste Furchung oder Zelltheilung an", „senkrecht auf eine Linie, die wir uns durch beide Sterne geführt denken können."

Es war auch dasselbe von Fol zum Vergleich herangezogene magnetische Bild, das mir in den Sinn kam, als ich die vorgerückteren Stadien der Kerntheilung zum ersten Mal in den Kernen der vierzelligen Anlage im Ei der Abietineen erblickte. Die Angabe über das Zurückbleiben eines Restes des früheren Kerns zwischen den beiden neuen, sind wir geneigt, auf die die beiden Kerne verbindenden Kernfäden zurück-

---

1) Mem. de l'Acad. imp. de St. Petersb. T. X n. 15, p. 4. 1866.

2) Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaften Bd. VII, p. 475. 1873.

zuführen. Fol hat jedenfalls nur die vorgerückteren Stadien der Kerntheilung gesehen, während die jüngeren auch hier wohl, wie gewöhnlich, im frischen Zustande verborgen bleiben.

Wenig später als von Fol sind auch von Flemming im Ei von Anodonta zwei Strahlenfiguren gesehen worden.[1]) Der Mutterzellkern soll vor ihrer Bildung aufgelöst werden, die Tochterzellkerne, laut neuesten Angaben[2]), wohl in dem Mittelpunkte der Sterne entstehen. Zwischen den zwei Sternen findet Flemming einen in Carmin sich intensiv färbenden Körper, den er auch für einen Kernrest ansehen möchte und der später schwindet. Erst nach vollendeter Theilung sollen die Zellkerne wieder deutlich werden.

Ein vor kurzem erschienener Aufsatz von Fol über die Entwickelung der Pteropoden[3]) enthält ebenfalls werthvolle Angaben. Fol lässt den Zellkern schwinden und ihn durch zwei Molecular-Sterne ersetzt werden, welche sich von einander entfernend den Dotter in zwei entgegengesetzten Richtungen fortreissen.[4]) Er bemerkt, dass die neuen Attractionscentren an der Grenze des Zellkerns und des Protoplasma an zwei entgegengesetzten Punkten noch vor dem Schwinden des Kerns auftreten und dass von diesen Punkten aus an lebenden Objecten Strahlen entspringen, welche rasch anwachsend nur die Substanz des Kernes durchsetzen. Der Kern soll in dem Augenblicke schwinden, wo sich diese Strahlen in seiner Mitte begegnen. Zusatz von Essigsäure macht hier den Kern noch vor seinem Schwinden unkenntlich, lässt dagegen jetzt schon zwei vollständige Sterne hervortreten.[5])

Noch vor Beginn der Einschnürung wird nach Zusatz von Essigsäure eine Trennungslinie zwischen den beiden Sternen sichtbar; sie wird durch etwas grössere Körner als diejenigen

---

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. X, p. 286, Taf. XVI, vornehmlich Fig. 58.

2) Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Bd. LXXI. Wien 1875.

3) Archive de Zoologie expérimentale 1875. Tome IV.

4) l. c. p. 109.

5) l. c. p. 110.

des umgebenden Protoplasma gebildet. Dann folgt die Einschnürung von einer Stelle aus, die über dem früheren Zellkern gelegen war. Die neuen Zellkerne zeigen sich erst nach vollendeter Theilung im Centrum der protoplasmatischen Partie jeder der beiden Zellen.[1])

Die Abhandlung von O. Hertwig über das Ei von Toxopneustes lividus[2]) will ich, da sich dieselbe bereits auf die erste Auflage dieses Buches bezieht, erst in der Folge besprechen; ebenso und aus gleichen Gründen die vorläufige Mittheilung von W. Mayzel über die Vorgänge bei der Theilung der Kerne in Epithelialzellen.[3])

Meine eigenen Untersuchungen thierischer Zellen beschränkte ich auf nur wenige Objecte, doch aus zwei möglichst entlegenen Gebieten: auf Netzknorpelzellen aus der Ohrmuschel eines Kalbes und auf einige Eier.

Das erste Object wählte ich als Beispiel der sog. endogenen Zelltheilung „umkapselter Zellen", das als solches den bisher betrachteten Fällen der Theilung nackter Zellen scharf gegenüber gestellt wurde. Ich muss freilich gleich vorausschicken, dass dieses Object „ungünstig" für die Beobachtung des Theilungsvorgangs ist; dass an frischen Präparaten sich kaum etwas gewinnen lässt und dass auch kunstgerecht behandelte Präparate nur Bilder geben, die der Phantasie einen ziemlich weiten Spielraum übrig lassen. Die erhaltenen Bilder genügten immerhin, um sicher festzustellen, wie wenig die Schemata, die für die Theilung der Knorpelzellen im Allgemeinen noch abgebildet werden[4]), auf den wirklichen Vorgang dieser Theilung passen. Meine Beobachtungen schliessen hingegen

---

1) l. c. p. 111 u. 112.

2) Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. 1875. Aus dem ersten Bande des morphologischen Jahrbuchs von Gegenbaur.

3) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. No. 50.

4) Vergl. Frey, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen, 4. Aufl. 1873, p. 91.

insofern an diejenigen von Heidenhain[1]) an, als auch letzterer die Zellkerne nie in der behaupteten Abschnürung fand, vielmehr giebt er an, immer schon zwei gesonderte Zellkerne nahe an einander in einer noch ungetheilten Zelle beobachtet zu haben. Er sah dann weiter mitten durch die Zelle zwischen den beiden Zellkernen die Scheidewand auftreten als eine durchaus einfache, äusserst feine, in der Mitte und an den Enden gleich breite Linie.

Jede der von mir untersuchten Knorpelzellen, das muss vorausgeschickt werden, war von einer homogenen farblosen Membran umgeben und an diese erst grenzte, oft ganz scharf, oft auch weniger scharf, die faserige Substanz. An mit Essigsäure-Carmin behandelten Alcohol-Präparaten war die farblose homogene Membran nicht unbedeutend gequollen. Der protoplasmatische Zellkörper schliesst einen grossen dichten Zellkern ein, der von Carminlösung dunkler gefärbt war und gegen den sonst inhaltsarmen Zellkörper meist deutlich abstach. Das erste Anzeichen der Theilung glaubte ich in solchen Zellen zu finden, in denen der Zellkern in einer Richtung sich vorwiegend ausgedehnt hatte; er war dann auch oft wie von einer aequatorialen Platte durchsetzt. Dann fand ich auch Zustände, die mir ein begonnenes Auseinanderweichen zweier Plattenhälften zu zeigen schienen. Auch konnte ich in einigen Fällen deutlich zwischen den weiter auseinandergerückten Kernhälften feine Fäden ausgespannt sehen, ohne dass noch eine Spur von Theilung am Protoplasma der Zelle zu bemerken gewesen wäre. Im Aequator der Fäden, die ich hier, wie in der Pflanzenzelle, als Kernfäden bezeichnen möchte, und im ganzen Umfang derselben bis an die Mutterzellwand reichend, wurde dann eine Trennungsschicht sichtbar, jedenfalls den Anfang der Zellplatte andeutend. Endlich war die ursprüngliche Mutterzelle in zwei Schwesterzellen getheilt und zwar beide durch eine homogene Scheidewand getrennt, die am Rande an die homogene Mutterzellwand ansetzte. In Essigsäure-Carmin zeigte die Scheide-

1) Studien 2.

wand in Folge der Quellung von Anfang an eine nicht unbedeutende Stärke, so etwa wie die stark quellbaren Scheidewände in den Pollenmutterzellen gleich nach ihrer Anlage. Aus zahlreichen Beobachtungen musste ich die Ueberzeugung gewinnen, dass auch hier, wie in Pflanzenzellen die bei der Theilung von einer vollständigen Zellplatte durchsetzt sind, die Scheidewand nicht von aussen nach innen fortschreitend, sondern simultan in der ganzen Trennungsfläche angelegt wird. Hiermit ist dann der ganze Theilungsact vollendet; die junge Scheidewand nimmt aber vornehmlich in ihrer Mitte an Stärke zu und erscheint daher hier angeschwollen. Hat die angeschwollene Stelle aber eine bestimmte Dicke überschritten, so spaltet sie sich wie pflanzliche Zellmembranen in drei Lamellen, zwei peripherische und eine mittlere. Die peripherischen bleiben homogen, die mittlere erscheint aber faserig. Letztere zeigt ihrer Entstehung gemäss eine spindelförmige Gestalt, nimmt an Dicke zu [1]) und nähert sich mit ihren beiden Enden allmälig den Rändern der auch im Ganzen an Dicke zunehmenden Scheidewand. Endlich hat sie dieselbe völlig durchsetzt und nun mündet sie in die Netzfaserschicht im Umfang der Zelle ein. Wenn auch schon deutlich faserig, erscheint sie doch auch jetzt noch dichter, d. h. viel engmaschiger als weiter liegende Partien der sog. Zwischensubstanz, welche übrigens auch im Umkreise eines jeden Zellcomplexes dichter gewebt sind als an entfernteren Orten. Wie aus Obigem hervorgeht, ist die Zwischensubstanz, wenigstens in diesem Falle, nichts weiter, als die netzfaserig differenzirten Mittellamellen der Zellmembranen. [2]) Die Theilungen in den Zellen wiederholen sich rasch und zwar meist in mit den vorhergehenden sich kreuzenden, seltener in den gleichen Ebenen. Die Folge ist aber, dass jede

---

1) Hier also auch jedenfalls Wachsthum durch Intussusception wie bei den pflanzlichen Membranen.

2) Dass diese Differenzirung nichts mit der Structur des Protoplasmas zu thun hat, wie es Heitzmann (Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. Band LXVIII, Abth. III, Juli-Heft, Wien 1873) will, ist wohl klar.

Zelle schliesslich von der Mittellamellsubstanz ganz umgeben werden muss. Durch die Vermehrung derselben im Umfang jedes Zellcomplexes und dadurch, dass sie weitmaschiger wird, rücken aber die einzelnen Zellcomplexe immer mehr auseinander. [1])

Wie wir also aus Obigem sehen, werden die Zellkerne der Knorpelzellen nicht biscuitförmig ein- und durchgeschnürt und auch die chemisch differenten Membranen dieser Zellen nicht von aussen nach innen fortschreitend gebildet. Ist das Object im Allgemeinen auch für das Studium des Theilungsvorgangs ungünstig, so war zum Mindesten doch ganz sicher festzustellen, dass an demselben sich keine Momente für eine abweichende Auffassung der Zelltheilung ergeben. Da die aus dem Mutterkern entstehenden beiden Tochterzellkerne nur wenig auseinander rücken, so muss das oft an Abschnürung erinnernde Bilder ergeben, im Allgemeinen sind es aber keine andern Bilder als solche, wie wir sie in Pflanzenzellen unter ähnlichen Verhältnissen gesehen.

Doch ganz andere positive Ergebnisse habe ich den Untersuchungen der Eifurchung zu verdanken. Ich verfolgte dieselbe an verschiedenen Eiern, vornehmlich denjenigen von *Phallusia mamillata* und von *Unio pictorum*. Da die beiden letzteren Thiere mir das bei weitem günstigste Material für die Beobachtung abgaben, so will ich mich im Folgenden auch ausschliesslich nur an dieselben halten.

Phallusia mamillata untersuchte ich Ende März 1875 in Neapel, wo mir dieselbe in der zoologischen Station in gefälligster Weise reichlich zur Verfügung gestellt wurde. Anfang September des gleichen Jahres konnte ich sie, Dank der zoologischen Station in Triest, auch dort in grössern Mengen zur Beobachtung erhalten. Beide Male gelang mir die künstliche Befruchtung der Eier. Zu diesem Zwecke wurden die Producte

---

1) Ueber die Literatur der hier berührten Fragen bitte ich in Frey's Handbuch 4. Aufl. p. 177 nachzuschlagen.

den Enden der Geschlechtsgänge entnommen und in einer Uhrschale in frischem Seewasser gemischt.[1])

Das reife Ei (Taf. VIII, Fig. 1) wird von gleichmässig feinkörnigem Protoplasma gebildet, das nach aussen sich mit einer nur schwach markirten Hautschicht abgrenzt. Dieser liegt der äusserst schwer sichtbar zu machende Eikern an. Das Ei ist in einer ziemlich complicirt gebauten, doch im Allgemeinen durchsichtigen Hülle eingeschlossen.[2])

Die Folge der Befruchtung ist die Bildung eines neuen, peripherisch gelegenen Kerns, der dem befruchtenden Stoffe und Theilen des alten Zellkerns entstammt, wie später noch ausführlich behandelt werden soll.

Der neue Zellkern wird sofort von einer homogenen Plasmazone und von Radien umgeben, die das anstossende, körnige Protoplasma durchsetzen. Er rückt langsam von der Peripherie nach dem Innern des Eies, und in dem Masse nimmt die Grösse der Strahlen um ihn zu. Die Bildung dieses Keimkerns, wie ich ihn schon früher genannt, pflegte an den von mir untersuchten Phallusia-Eiern etwa zwei Stunden nach der künstlichen Vermengung der Geschlechtsproducte zu beginnen. Seine Wanderung von der Peripherie nach dem Centrum wurde in relativ kurzer Zeit vollendet. Sie verlangsamte sich in dem Masse, als er sich von der Hautschicht entfernte. Der Keimkern erschien während seiner Wanderung im frühen Zustande ganz homogen; seine Bewegung hörte oft auf, noch bevor er die Mitte des Eies erreicht hatte.

Nach Einstellung der Bewegung nimmt der Kern an Grösse zu und wird weniger lichtbrechend, die ihn umgebenden Strahlen schwinden, ebenso die homogene Plasmazone, in der er lag. Bald wird er selbst fast unsichtbar. Das ist der Augenblick, wo er beginnt in die uns von den Pflanzenkernen her bekannte

---

1) So auch Kupfer, Archiv für mikr. Anat. Bd. VI, p. 127.

2) Vergl. hierüber Kowalevsky, Mém. d. l'Acad. imp. d. sc. d. St. Petersb. VIIme Ser. T. X. Nr. 15, 1866, p. 2, u. Archiv f. m. Anat. Bd. VII, p. 103 u. 104, 1871, und Kupfer, Arch. f. m. A., Bd. VI, p. 120 u. f. 1870.

Differenzirung einzutreten. Er wird spindelförmig, streifig, und erhält die aequatoriale Zellplatte (Taf. VIII, Fig. 6). Dieser Zustand giebt sich an früheren Objecten durch die beiden Sonnen zu erkennen, die an seinen Polen auftauchen. Seine innern Structurverhältnisse bleiben verborgen und lassen sich nur mit Hilfe von Reagentien zur Anschauung bringen.

Die besten Dienste leisteten mir hier schliesslich, nach dem Vorbilde von O. Hertwig angewandt, die Osmiumsäure und das Beale'sche Carmin, die ich aber auf Alcohol-Präparate einwirken liess und mit einer Carbolsäure-Behandlung verband. Ich legte also meine Alcohol-Präparate zunächst für fünf bis zehn Minuten in einprocentige Osmiumsäure, dann für 48 Stunden in das Beale'sche Carmin und untersuchte sie schliesslich in concentrirtem Glycerin, dem ich Carbolsäure zugesetzt hatte. Auf diese Weise konnte ich alle Details der Kerntheilung auch bei Phallusia sehen und meine auf die letztere bezüglichen Bilder der ersten Auflage hier durch bessere ersetzen.

Ausserdem hatte ich im Laufe des verflossenen Sommers auf ihre Zelltheilung etwa zwanzigzellige Embryonen von Unio pictorum untersucht und war auch hier mit Hilfe von Chromsäure zu klarer Einsicht gelangt. Das Unio-Material wurde mir in gefälligster Weise von Herrn C. Rabl, der eben über die Embryonalentwickelung dieses Thieres im zoologischen Institute zu Jena arbeitete, mitgetheilt. In frischem Zustande ist auch von diesen Objecten wenig über die feineren Vorgänge der Kerntheilung zu erfahren, und weiss ich nunmehr aus mündlichen Mittheilungen des Dr. Bütschli, dass auch letzterer alle seine Beobachtungen an mit bestimmten Reagentien behandelten Präparaten machte.

Auch die Zellen etwa zwanzigzelliger Embryonen von Unio pictorum sind, wie es das Ei gewesen, noch ganz dicht mit grobkörnigem Inhalte erfüllt, der die inneren Vorgänge in denselben durchaus verdeckt. Um letztere zur Anschauung zu bringen, wurden die betreffenden Keimanlagen, die durch die bedeutendere Anzahl und die zeitweilige Grösse ihrer Zellen sich als besonders geeignet für die betreffende Untersuchung

herausstellten, zunächst in einprocentige Chromsäurelösung gebracht und dann nach 24 Stunden in absoluten Alcohol gelegt. Nach weiteren 24 Stunden habe ich die Objecte in ein Gemisch von Wachs und Olivenöl eingeschmolzen und dann nach einiger Zeit mit scharfen Rasirmessern äusserst feine Schnitte aus denselben hergestellt. Die Schnitte wurden in absoluten Alcohol, dann in Terpentin gelegt, um sie wieder zu erhärten und vom Oel und Wachs zu befreien, und dann endlich, nach dem Rathe des Herrn Rabl, definitiv in Dammar-Lack unter feinen Gläsern fixirt.

Nur an sehr zarten Schnitten waren die erwünschten Beobachtungen zu machen, wobei es freilich oft sehr langen Suchens nach den betreffenden Entwickelungszuständen bedurfte. Musste es doch der Zufall fügen, dass der Schnitt eben aus einer im richtigen Zustande befindlichen Zelle eine Mittellamelle befreite, und dass derselbe auch noch senkrecht zu der Theilungsebene die Zelle getroffen. Nichtsdestoweniger gelang es mir hier nacheinander alle Entwickelungszustände der Zellen aufzufinden, wie es meine Fig. 15—21 auf Taf. VII zeigen. Der spindelförmige, gestreifte Körper mit Platte (Fig. 16 u. 17), zu welchem sich der Zellkern differenzirt, entspricht hier in allen Einzelheiten dem nämlichen Zustande in Pflanzenzellen. Ich habe denselben in den Fig. 16 u. 17 in Seitenansicht genau mit der Camera lucida entworfen. Die Fig. 18 zeigt einen ähnlichen Kern in senkrechter Stellung, wobei bei *a* auf die eine Spitze desselben, bei *b* auf die Kernplatte eingestellt wurde. Wie wir sehen, wird die Kernplatte auch hier nicht von einem Körnerkranze, sondern von einer durchgehenden Körnerscheibe gebildet. An den beiden Enden des spindelförmigen Kerns zeigen die Seitenansichten (Fig. 16 u. 17) das umgebende Protoplasma, wenn auch nur erst in geringem Umfange, radiär angeordnet. Diese Erscheinung lässt sich in thierischen Zellen sehr deutlich, in pflanzlichen kaum verfolgen. Die Strahlen an den Polen der Spindel sind wie verschmolzen an ihrer Basis und umgrenzen dieselben so mit einer homogenen, körnchenlosen Zone. Die Pole der Spindel sind durch ihre stärkere Lichtbrechung

hier besonders markirt, viel schärfer als dieses meist in pflanzlichen Zellen der Fall ist. Sie sind deutlich die Punkte, nach denen die Radien des umgebenden Protoplasma convergiren.

Sehr wichtig war es mir, einige Mal den Zustand des Auseinanderweichens der beiden Segmente der Kernplatte fixirt zu finden. Ich habe einen solchen Zustand in der Fig. 19 abgebildet; es ist ganz dasselbe Bild, wie wir es etwa in den Sporenmutterzellen von Equisetum limosum gesehen, nur sind die Pole an den Spindelhälften schärfer ausgeprägt. Einen folgenden Zustand stellt dann die Fig. 21 vor, welche uns die beiden Segmente der Kernplatte weiter auseinandergerückt, ausserdem die Pole der Spindel abgeflacht zeigt. Dann tritt ein Stadium ein, wo die Kernanlagen völlig homogen werden; dann das durch die Fig. 21 dargestellte, wo die definitive Ausbildung der Zellkerne bereits einseitig begonnen; auf den nächsten Entwickelungszuständen ist diese Ausbildung vollendet.

Die aus den mittleren Theilen der Kernplatte hervorgegangenen Fäden sind hier nur wenig zahlreich und schwach entwickelt, sie erfahren weder eine Vermehrung noch eine seitliche Ausbreitung wie in pflanzlichen Zellen.

Die Kernanlagen haben in Fig. 21 bereits ihre definitive Stellung innerhalb der zukünftigen Schwesterzellen erreicht. Während ihres Auseinanderrückens und ihrer Differenzirung wächst auch der Strahlenkranz um dieselben, in dem Masse nimmt auch noch die sie umgebende, homogene, körnchenlose Zone zu, die es besonders schwer hält gegen die jungen Kernanlagen abzugrenzen, so lange diese nicht in ihre definitive Ausbildung eingetreten. Die Mittelpunkte für die homogene Plasmaansammlung und die Strahlen werden bis zuletzt von den ursprünglichen Kernpolen gebildet (Fig. 20 u. 21), daher die Kerne excentrisch in den Sonnen zu liegen kommen, und zwar innerhalb einer Linie, welche die beiden Pole verbindet. Selbst die fertigen Kerne fahren noch eine Zeit lang fort in ihrer excentrischen Stellung zu verharren, selbst wenn die Substanz der Pole nicht mehr unterscheidbar ist und sich in der Masse der Kerne vertheilt hat. Merkwürdig ist, dass sie

nun häufig ihre ursprüngliche Lage aufgebend, um den früheren Pol gleichsam rotiren, ohne indessen an seine Stelle zu rücken.

Die Einschnürung der sich theilenden Zelle beginnt bald nach der Trennung der beiden Segmente der Kernplatte (Fig. 20); wir wollen uns mit derselben eingehender an den Eiern von Phallusia beschäftigen, wo es mir möglich war, sie an lebenden Objecten zu verfolgen.

Die hier geschilderten Vorgänge, so weit sie die spindelförmige Differenzirung der Zellkerne und ihre Theilung betreffen, sind, wie ich das schon in der Literaturübersicht hervorgehoben, gleichzeitig mit mir und unabhängig von mir, von Bütschli gesehen worden; wenn er die Vorgänge auch in manchen Punkten anders gedeutet hat, so bleiben doch die von ihm beobachteten Thatsachen den hier geschilderten gleich, oder doch mit denselben durchaus vereinbar. Sehr werthvoll mussten mir diese seine Angaben sein, da ja wohl zu befürchten war, ich selbst hätte mich bei Beurtheilung der so schwierigen thierischen Objecte von den bei Pflanzen gesammelten Erfahrungen beeinflussen lassen. Dr. Bütschli hatte, was mir seiner Zeit auch sehr wichtig gewesen, die Spaltung und das Auseinanderweichen der Kernplatte in thierischen Zellen feststellen können, noch bevor es mir selbst gelungen war, derartige Zustände in Präparaten fixirt zu finden. Von den mir im April 1875 zur Ansicht gesandten, noch unveröffentlichten Figuren gestattete mir Dr. Bütschli einige nach Wunsch in meine Tafeln aufzunehmen. Ich wählte damals zwei Figuren, welche die Furchung der Eier von Cucullanus elegans und vier andere, welche die Theilung der Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica vorführten. Im August 1875 sandte mir Dr. Bütschli seine Tafeln von Nephelis, und da er mir auch diese zu benutzen erlaubte, so ziehe ich es vor, in dieser Auflage nur zwei seiner Theilungsfiguren von Blatta und zwei besonders schöne Figuren sich furchender Eier von Nephelis aufzunehmen. Die ersten beiden Figuren tragen in meiner Tafel VIII die Nummern 14 u. 15, die beiden letzteren

16 u. 17. Fig. 14 zeigt den spindelförmigen, streifig differenzirten Kern in der Spermatozoidenkeimzelle von Blatta germanica noch vor der Spaltung der Kernplatte. In Fig. 15 ist diese Platte schon gespalten. Die Fig. 16 von Nephelis zeigt uns ebenfalls in der oberen Zelle den spindelförmig differenzirten Zellkern mit noch ungespaltener Kernplatte. Fig. 17 führt uns die Spaltung derselben vor; in der unteren Zelle der Fig. 16 sehen wir die endliche Bildung der Zellkerne. Von unbedeutenden Differenzen abgesehen, stimmen diese Bilder mit denjenigen die ich selbst in Pflanzenzellen und in den Eiern von Phallusia und Unio gesehen, völlig überein.

An den lebenden, sich unter meinen Augen furchenden Eiern von Phallusia mamillata konnte ich die Wirkungssphäre der neuen Kerne in vorzüglichster Weise verfolgen. Zunächst hatte sich also in dem noch einzelligen Eie eine radiäre Anordnung des Plasma im Verhältniss zu den beiden Polen des in Theilung eintretenden Keimkernes bemerkbar gemacht. Diese Anordnung wird prägnanter, sobald die beiden Kernplattensegmente auseinandergerückt sind. So erhalten wir alsbald die durch einen Stiel verbundenen Sonnen: Auerbach's karyolytische Figur. War der Keimkern während des Beginns seiner Theilung auch excentrisch, so rückt doch jetzt in allen Fällen während des Anwachsens der beiden Sonnen die ganze Figur nach der Mitte des Eies. Die zwischen den beiden Kernanlagen ausgespannten Fäden sind bei Phallusia ebenso wenig zahlreich als bei Unio und bei den von Bütschli abgebildeten und hier aufgenommenen Fällen. Bei Schnecken scheinen sie, nach mündlicher Mittheilung von Bütschli, zahlreicher zu sein. Bei Phallusia werden die Kernfäden noch vor vollendeter Theilung unkenntlich; bei Nephelis bleiben sie, nach der Abbildung von Bütschli (Fig. 16, untere Zelle) zu urtheilen, länger bestehen. In dem Masse als in dem lebenden Phallusia-Eie die Bildung der neuen Kerne fortschreitet, sieht man auch die Strahlen der Sonnen an Länge zunehmen. Sie erreichen einestheils die Peripherie des Eies, anderentheils beginnen sie unter entsprechenden Winkeln in der Aequatorialebene des Eies zusammenzustossen.

Dieses hat nun sofort eine Gestaltsveränderung des ganzen, bis dahin mehr oder weniger kugeligen Eies zur Folge: es beginnt sich dasselbe in der Richtung einer die beiden Kerne verbindenden Linie zu strecken und wird elliptisch (Fig. 7). Die aequatoriale Ebene, in der die Strahlen aufeinander stossen, fängt an sich etwas heller gegen das übrige Protoplasma zu zeichnen; bald wird eine leichte ringförmige Vertiefung in der aequatorialen Ebene bemerkbar (Fig. 8); sie tritt hier völlig gleichmässig im ganzen Umfange des Eies auf, nimmt rasch zu, so dass nach wenigen Augenblicken die Trennung der beiden Eihälften vollzogen sein kann. Ich habe diese Trennung oft so plötzlich erfolgen sehen, dass von einem Fortschreiten derselben von aussen nach innen kaum mehr die Rede sein konnte, sie vielmehr ganz simultan in dem ganzen Querschnitte vor sich zu gehen schien.

Die während der Trennung sich gegen einander abrundenden Eihälften flachen sich alsbald wieder mehr oder weniger gegen einander ab.

Die Fig. 6—10 unserer Tafel VIII, die sich auf die erste Zweitheilung des Phallusia-Eies beziehen, sind nach mit Osmiumsäure, Beale'schem Carmin, Glycerin und Carbolsäure behandelten Alcohol-Präparaten entworfen und zeigen ausser den eben geschilderten, an frischen Objecten sichtbaren Vorgängen auch die Differenzirung und Theilung des Keimkerns und die Umwandlung seiner beiden Hälften in die neuen Kerne. Das Alles erfolgt hier aber durchaus so wie bei Unio, nur ist die Serie der Abbildungen hier insofern noch vollständiger, als Fig. 9 auch einen Zustand eben vollendeter Ausbildung der neuen Kerne uns vorführt. Die Theilung ist noch vor definitiver Ausbildung der Kerne abgeschlossen, diese folgt ihr aber auf dem Fusse.

Die Kernfäden sind, wie schon gesagt, bei Unio wie bei Phallusia gleich schwach entwickelt, nicht minder glaube ich bei letzterer, in einer an Verhältnisse in pflanzlichen Zellen erinnernden Weise, hin und wieder schwache Verdickungen im Aequator der Kernfäden beobachtet zu haben (Taf. VIII,

Fig. 8). Diese Verdickungen mögen auch hier von der in der künftigen Trennungsebene sich ansammelnden Hautschichtmasse herrühren, die dann an den betreffenden, von den Kernfäden durchsetzten Orten die äussere Trennungsschicht der neuen Zellen bildet. Ich hätte dieser so schwach ausgeprägten Verdickungen hier gar nicht erwähnt, wenn nicht neuerdings Dr. Bütschli mir mitgetheilt hätte, ähnliche Verdickungen der Kernfäden bei Nephelis und vornehmlich bei den Schnecken beobachtet zu haben. Bei letzteren scheinen die Kernfäden sich auch seitlich stärker auszubreiten, was sich vielleicht dann auch mit den Angaben von Fol über Pteropoden in Zusammenhang bringen liesse, bei welchen in dem sich theilenden Ei eine aus grösseren Körnern als diejenigen des umgebenden Protoplasma, vorgebildete Trennungslinie geschildert wird. (Vergl. die Abbildung l. c. Taf. VIII, Fig. 5.)

Zwei Stunden nach dem Vermischen der Geschlechtsproducte pflegte ich die Phallusia-Eier in der ersten Zweitheilung zu sehen. Die beiden aus der Theilung des Eies hervorgegangenen Zellen wiederholen die eben geschilderten Vorgänge. Nach kürzerer oder längerer Ruhe sieht man in ihnen je zwei neue Sonnen sich an den Polen der Zellkerne ausbilden und letztere in den Theilungszustand eintreten. Da kommt es denn bei Eiern, die frei auf dem Objectträger in nur wenig Wasser liegen und die sich daher abzuflachen streben, nicht selten vor, dass beide von einander getrennte Zellen nun wieder mit einander verschmelzen. Es geschieht das aber stets erst dann, wenn die ursprüngliche Anordnung der Protoplasmatheilchen, wie sie sich aus der ersten Theilung ergab, in jeder der beiden Zellen durch eine neue, die folgende Theilung vorbereitende, ersetzt worden. In solchen auf künstliche Weise wieder einzellig gewordenen Eiern kann man dann vier „Sonnen“ erkennen, von welchen je zwei durch ein Verbindungsstück vereinigt sind, sich aber mit ihren Strahlen gegenseitig nicht erreichen.

In allen thierischen Zellen, die ich bisher zu untersuchen Gelegenheit hatte, werden die Zellkerne bei ihrer Anlage zu-

nächst homogen. Dann folgte deren definitive Ausbildung, von der Seite her beginnend wo die Kernplatte lag und von dort bis zu den Polen hin fortschreitend. Der endgiltig ausgebildete Theil unterscheidet sich durch seine geringere Lichtbrechung und seine Kernkörperchen von dem noch homogenen Theile (Fig. 21 Taf. VII und Fig. 8 Taf. VIII). Er tritt daher auch viel stärker gegen seine Umgebung hervor, als der homogene Theil, und wird selbst im frischen Zustande als vacuolenartiges Gebilde sichtbar. Die in die endgiltige Ausbildung eintretenden Kerntheile sind daher meist für den ganzen Kern gehalten worden, und stimmt es durchaus zu der oben geschilderten Art der fortschreitenden Kernausbildung, wenn Auerbach[1]) sagt, dass die neuen Kerne als äusserst kleine Vacuolen im Stiel der karyolytischen Figur, an zwei der Trennungsebene nahen Punkten auftreten und wachsend sich gegen die Pole hin bewegen, ohne dieselben völlig zu erreichen. Manchmal konnte die definitive Umbildung der Kernsubstanz an zwei nahe gelegenen Punkten statt an einem beginnen und so zwei vacuolenartige, endlich verschmelzende Gebilde in der homogenen Substanz des Kernes auftauchen. Mit mehr als zwei Punkten habe ich diese Differenzirung nicht anheben sehen, aus Mittheilungen von Bütschli muss ich jedoch schliessen, dass in anderen Fällen die Zahl dieser Punkte in der That grösser werden kann.

Der Zellkern besitzt in dem Augenblicke, wo seine definitive Ausbildung eben vollendet ist, fast durchaus noch die Gestalt des halben, in Spindelform eingetretenen, mütterlichen Zellkernes (Taf. VIII, Fig. 9 und 12). Dieser Zustand folgte bei Phallusia sehr bald auf die vollendete Zelltheilung. Die den Zellkern umgebenden Strahlen beginnen dann zu schwinden, ebenso die an den Zellkern grenzende homogene Plasmazone sich in dem körnigen Protoplasma der Zelle zu vertheilen. Der Zellkern rundet sich dann ab und dichtere Bestandtheile seines Inhalts werden jetzt zur Bildung einer Hülle um denselben benutzt. Der Zellkern nimmt auch jetzt mehr oder

---

1) l. c. p. 224.

weniger an Volumen zu, und ich vermuthe, dass er seine Nahrung hierbei aus dem homogenen, angrenzenden Protoplasma schöpft. Der Zellkern bleibt noch lange excentrisch, ich habe ihn, wie schon früher erwähnt, in Stellungen gesehen, als wenn er sich um die früher durch seinen Pol eingenommene Stelle gedreht hätte (Taf. VIII, Fig. 10 und 13).

Wie aus unseren Beobachtungen hervorgeht, tritt der Zellkern in seine definitive Ausbildung erst mit Vollendung der Zelltheilung ein; auf der Höhe seiner Action auf das umgebende Protoplasma ist er homogen, da auch sein Pol sich kaum noch durch stärkere Lichtbrechung gegen seine übrige Masse abzeichnet. Soll eine weitere Zelltheilung folgen, so muss die Substanz des Kernes auch erst wieder gleichmässig werden; derselbe entschwindet in Folge dessen an frischen Objecten mehr oder weniger der Beobachtung, wird spindelförmig und geht die weiteren Differenzirungen in seinem Innern ein.

Bei den Theilungszuständen, die mir in den etwa zwanzigzelligen Keimanlagen von Unio pictorum vorlagen, pflegten die Zellen in zwei ungleiche Theile sich zu zerlegen. Sehr wichtig für die Beurtheilung der Rolle, welche der Zellkern bei der Theilung spielt, war es mir nun, zu beobachten, dass in solchen Zellen der sich theilende Mutterkern bereits eine excentrische Lage einnimmt (Taf. VII, Fig. 16, 17), und dass die auseinanderrückenden Tochterzellkerne die zukünftige Theilungsebene bestimmen, indem dieselbe stets in die Mitte zwischen beide Tochterzellkerne fällt (Taf. VII, Fig. 20 und 21). Sind der Mutterzellkern und dann die Tochterkerne ausserdem der einen Seitenwand der Zelle näher gerückt, so beginnt auch die Einschnürung des Zellplasma zunächst von dieser Seite (Fig. 21).

Einige Monate nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches und mit Bezugnahme auf dasselbe, veröffentlichte O. Hertwig „Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies“. Der III. Abschnitt der genannten Schrift ist ausschliesslich der Eifurchung gewidmet.

Als Untersuchungsobject dienten die Eier eines Seeigels, des Toxopneustes lividus. O. Hertwig beginnt mit der Schilderung der Theilungsvorgänge am lebenden Ei. Das, was er hier gesehen, stimmt im Wesentlichen mit dem von Auerbach für Ascaris und Strongylus-Eier Mitgetheilten überein. Der Zellkern[1]) verlängert sich zunächst, an seinen beiden Polen sammelt sich völlig homogene Substanz an und bildet um dieselben einen zunächst kleinen Hof. In der Umgebung des Hofes ordnen sich die Dotterkörnchen in Radien an, die auf die Kernpole als gemeinsames Centrum gerichtet sind. So entstehen im Ei zwei kleine Sonnen, zwischen welchen der Kern als Verbindungsstück mitten innen liegt. Wenn die beiden Sonnen den Kern an Grösse bedeutend übertreffen, dann tritt endlich ein Stadium ein, wo der letztere sich vollständig der Beobachtung am lebenden Objecte entzieht. Jetzt hängen die beiden Sonnen durch einen schmalen körnchenfreien Streifen zusammen. Dieser Streifen soll bügelförmig gekrümmt sein. Die Strahlen der Sonnen erreichen einerseits fast die Eioberfläche, andererseits endigen sie in der zukünftigen Theilungsebene. Wir sehen jetzt im Ei die „hantelförmige Figur“ Auerbach's liegen. Interessant ist, dass zur Zeit, wo der Kern sich zu strecken und an seinen Polen sich eine körnchenfreie Stelle zu bilden beginnt, das Ei seine ursprüngliche glatte Begrenzung verliert: es wird höckerig. Dies hängt jedenfalls mit den inneren Umlagerungen der Protoplasmatheile zusammen. Wenn die Hantelfigur sich auszubilden beginnt, nimmt das Ei auch nach und nach wieder seine ursprüngliche runde Form mit glatter Oberfläche an.

Ist die hantelförmige Figur ausgebildet worden, so beginnt sich das Ei in der Richtung derselben zu strecken. Bald darauf sieht man in der Theilungsebene eine ringförmige Einschnürung entstehen, die immer tiefer bis zur völligen Trennung der beiden Schwesterzellen einschneidet. Die beiden Theile der hantelförmigen Figur rücken, je mehr die Furche einschneidet, um so weiter auseinander; jede Kugel verwandelt sich hierbei in

1) l. c. p. 54 u. ff.

eine nach der Theilungsebene hin concav gekrümmte dicke Scheibe, die mit der entgegengesetzten Scheibe noch durch den jetzt sehr in die Länge gezogenen Stiel zusammenhängt.

Kurz vor oder unmittelbar nach der Durchschneidung sieht man in einiger Entfernung von der Theilungsebene in dem Verbindungsstiel plötzlich je eine helle, kleine Stelle auftauchen. Sie rundet sich ab und nimmt langsam an Grösse zu, sie ist der Kern der Tochterzelle. Jetzt verliert sich die strahlenartige Anordnung der Dotterkörnchen, dann verschwindet der Stiel der hellen Figur; der Kern entfernt sich mehr von der Durchschnittsebene und wandert zum Theil in die helle Scheibe hinein. Dieselbe bleibt am längsten bestehen, schwindet aber auch endlich bis auf einen kleinen Hof an zwei Seiten des Kerns.

Wie wir sehen, stimmt diese Schilderung in allen wesentlichen Punkten mit der Auerbach'schen überein; andererseits waren auch am frischen Seeigel-Ei für die Thatsache der Kerntheilung keine directen Momente zu gewinnen. O. Hertwig hat nun aber die Seeigel-Eier auch künstlich und zwar nach einer vorzüglichen Methode, mit Osmiumsäure und Beale'schem Carmin behandelt und dabei sehr instructive Präparate erhalten, wie ich das nach eigener, eingehender Ansichtnahme derselben bezeugen kann.

Die mit entsprechenden Reagentien behandelten Präparate der Seeigel-Eier zeigten zunächst den Kerninhalt homogen geronnen. In Eiern die eine Viertelstunde später abgetödtet wurden, erschien der Zellkern spindelförmig. „Die Spitze der Spindel, welche leicht umgekrümmt ist, nimmt gerade die Mitte der körnchenfreien Stelle ein und tritt als ein besonders deutlich erkennbares, dunkler geronnenes Korn hervor.“ Dann lässt der verdickte, mittlere Theil der Spindel eine Anzahl dunkler geronnener, in Carmin stärker gefärbter Fäden oder Stäbchen erkennen, die zu einer Scheibe angeordnet sind: Hertwig's mittlere Verdickungszone. Zu der Zeit, wo an lebenden Objecten die hantelförmige Figur zu sehen ist, zeigen die abgetödteten in der Mitte des Eies einen langen, bandförmig aussehenden Körper,

der sich mit Carmin ein wenig stärker als seine Umgebung färbt. Das Band soll nach Art eines Bügels leicht gekrümmt sein. Seine Enden reichen bis in die Mitte der beiden Sonnen und enden hier als dunkle, scharf begrenzte Streifen. In einiger Entfernung von seinen Enden zeigt das Band je einen verdickten und dunkler gefärbten Abschnitt, der auch aus Stäbchen, wie die der früheren „mittleren Verdichtungszone“ besteht. Auch diese Stäbchen bilden bei senkrechter Ansicht je einen Körnerkreis. Hertwig nennt sie die seitlichen Verdichtungszonen des Kernbandes. Mittelstück und Endstück des Bandes erscheinen an Osmium-Carmin-Präparaten homogen und schwach geröthet, und hie und da glaubte Hertwig an ihnen eine zarte Streifung wahrzunehmen. Das Mittelstück sollte zuweilen eine Einschnürung zeigen. Unter einer grösseren Anzahl von Präparaten findet man auch solche, welche zwischen dem eben und dem vor ihm beschriebenen Stadium einen Uebergang vermitteln, indem die seitlichen Verdichtungszonen des Kernbandes näher beisammen liegen. An halb eingeschnürten Eiern hat sich das Kernband verlängert, die beiden seitlichen Verdichtungszonen sind weiter auseinander gerückt und haben ihre streifige Differenzirung eingebüsst. An Stelle der Stäbchen erblickt man grössere oder kleinere Körner und aus Verschmelzung derselben entstandene Tropfen, an andern Präparaten nur noch eine zusammenhängende, dunkel geröthete Masse mit höckeriger Oberfläche. Besonders lehrreich soll jetzt eine seitliche Ansicht des Bandes sein: „Die zu einer homogenen Masse verschmolzenen Stäbchen der Verdichtungszone bilden am Uebergange des Stiels in den Hantelkopf eine spindelförmige Anschwellung; dieselbe verlängert sich peripherisch in einen feinen Fortsatz, der oft nach einer Seite gekrümmt ist und in der Mitte der körnchenfreien Figur mit einer kleinen Anschwellung endet. Median hängen die beiden Spindeln durch eine feine, dunkle Linie zusammen.“ „Nach der vollendeten Theilung sieht man die spindelförmige Anschwellung sich mehr und mehr verdicken und endlich Kugelgestalt annehmen, die Fortsätze dagegen kürzer werden und verschwinden. So entsteht

der runde Kern der Tochterzelle in dem als seitliche Verdichtungszone bezeichneten Abschnitt des Kernbandes."

Wie wir sehen, lassen sich diese Angaben sehr wohl mit meinen eigenen vereinigen und kam daher auch Hertwig zu dem Resultate, dass die Kerntheilung in den Seeigel-Eiern im Wesentlichen ebenso wie bei Spirogyra orthospira vor sich geht. Spirogyra orthospira, das will ich hier gleich hervorheben, ist überhaupt dasjenige Object, auf welches sich alle Deutungen der Kerntheilung so lange werden stützen müssen, als es nicht gelingt, auch an andern Orten den lebendigen Vorgang zu verfolgen. In den Seeigel-Eiern ist dies aber, wie wir gesehen, eben so unmöglich, als bei Ascaris und Strongylus und auch sonst bei allen den bisher untersuchten Objecten.

Mit der Darstellung welche ich in der ersten Auflage dieses Buches von der Eitheilung bei Phallusia gegeben, stimmen meint Hertwig, seine Beobachtungen weniger überein; er stützt sich hierbei auf den Vergleich mit den Figuren meiner damaligen Tafel VII, Figuren, die in der That sehr unvollkommen waren. Ich konnte bei der damaligen Behandlungsmethode keine correcteren Bilder erhalten und suchte daher im Laufe des verflossenen Sommers bessere zu gewinnen. So entstanden die Figuren von Unio pictorum, die ich an mit Chromsäure behandelten Embryonen sah und die sich auf meiner jetzigen Tafel VII zusammengestellt finden. Ich beabsichtigte diese Zeichnungen zunächst ganz denjenigen von Phallusia zu substituiren, als mich die von O. Hertwig angegebene Osmium-Carmin-Methode, mit Carbol-Behandlung combinirt, in die Lage versetzte, auch noch von Phallusia correcte Zeichnungen entwerfen zu können. Meine Alcohol-Präparate, entsprechend behandelt, gaben noch ganz schöne Bilder; dieselben standen den Hertwig'schen Präparaten, die frisch in Osmiumsäure gebracht worden waren, in denjenigen Zuständen nach, welche die Spindel und Spaltung der Kernplatte zeigen, waren ihnen aber überlegen in den Zuständen der definitiven Ausbildung der Kerne und darin, dass in ihnen die Strahlung vorzüglich

erhalten blieb. Die Spindel und Theilung derselben hatte ich nun aber bereits sehr schön an den Chromsäure-Präparaten von Unio gesehen.

Auch meine jetzigen Abbildungen von Unio und Phallusia unterscheiden sich noch in mehreren Punkten von den Hertwig'schen des Toxopneustes lividus. Ich fand die Spindel in meinen Präparaten viel regelmässiger ausgebildet, die Körner der Kernplatte viel schärfer abgegrenzt und möchte die Krümmungen, die Hertwig an den Enden der Spindeln gesehen, für ganz zufällig halten. Ausserdem muss ich bemerken, dass die auseinandertretenden Kernplattensegmente Fäden zwischen sich ausspannen (es folgt das übereinstimmend aus Bütschli's und meinen eigenen Beobachtungen), dass diese Fäden ein cylindrisches Gebilde darstellen, also durchaus nicht die Bezeichnung eines Bandes verdienen, und dass ihre bandartige Natur auch schwer mit der eigenen Angabe Hertwig's zu vereinigen wäre, dass die „seitlichen Verdichtungszonen" bei senkrechter Stellung des „Bandes" Körnchenkreise bilden. Mit Recht hält mir Hertwig entgegen, dass die neuen Kerne bei Phallusia nicht im Mittelpunkte der Sonnen angelegt werden, diese meine frühere Angabe muss nach der Schilderung in dieser Auflage präcisirt werden. Wir haben nunmehr gesehen, dass der Tochterzellkern durch die Verschmelzung der sämmtlichen Bestandtheile einer Mutterzellkernhälfte, inbegriffen das Plattensegment, homogen wird und dass er dann erst in seine definitive, vacuolenartige Differenzirung eingeht, die von der Segmentseite her beginnend bis zum Pol fortschreitet. Mit diesem Ende reicht nun der Kern in der That bis zum früheren Mittelpunkt der Sonne. O. Hertwig lässt aber den Tochterzellkern sich an Stelle des Plattensegmentes bilden; „an Stelle der Stäbchen", schreibt er, „erblickt man grössere oder kleinere Körner und aus der Verschmelzung derselben entstanden Tropfen . . ., dann eine zusammenhängende . . . Masse".

Hertwig hat den homogenen bis zum Pol reichenden Kern übersehen und verfällt in denselben Fehler wie Auerbach, indem er den in vacuolenartige Differenzirung eintretenden innern

Theil des Kerns für den gesammten Kern ansieht. Es stimmt durchaus zu den Thatsachen, wenn Auerbach diesen vacuolenartigen Kern sich vergrössern und gleichzeitig der Sonne nähern lässt. Hertwig giebt eine ähnliche Schilderung seiner Beobachtungen an lebenden Objecten, an den Osmium-Carmin-Präparaten lässt er den Kern aber in dem von ihm als „seitliche Verdichtungszone“ bezeichneten Abschnitt entstehen, aus der zunächst spindelförmigen Gestalt in die kugelige übergehen, den peripherischen und innern Fortsatz kürzer werden und mit der übrigen Kernmasse verschmelzen.

„Wenn ich hinsichtlich des Vorgangs der Kerntheilung mich in völliger Uebereinstimmung mit Strasburger befinde“, schreibt O. Hertwig, „so kann ich dagegen seiner Auffassung, nach welcher der Kern bei den Pflanzen eine Rolle bei der Cellulosebildung spielt, nicht beistimmen.“ — Ich schicke gleich voraus, dass ich dem Kern nie eine Rolle bei der Cellulosebildung habe spielen lassen; ich habe vielmehr geschildert, wie die Kernfäden im Aequator anschwellen, diese Anschwellungen verschmelzen und so eine continuirlich die Kernfäden durchsetzende Platte, die ich Zellplatte nannte, erzeugt wird. Diese Platte bestehe aus Hautschichtmasse, spalte sich alsbald und in die Spaltungsfläche werde gleichzeitig Cellulose ausgeschieden. Zur Bildung der letzteren schienen oft sichtbare Stärkekörnchen an der Zellplatte vorhanden, in anderen Fällen werde die nöthige Substanz in gelöster Form zugeführt. Wer die Richtigkeit dieser Angaben prüfen will, den bitte ich eines der Objecte, auf welche sich dieselben beziehen, nachzuuntersuchen; ich würde hierzu vielleicht die noch in Vermehrung begriffenen Endospermzellen von Phaseolus oder junge Staubfädenhaare von Tradescantia virginica empfehlen.

In der That sind die zwischen den Kernen ausgespannten Fäden, wie die Kerne selbst, der Ernährung fähig und nehmen dabei oft beträchtlich an Zahl und Masse zu, namentlich in der Aequatorialebene dehnen sie sich meist sehr bedeutend aus; nichts destoweniger verdankt doch der ganze Complex, so angewachsen er auch sein mag, den Kernfäden seine Entstehung.

Auf die Deutung der Zellplattenbildung komme ich noch in dem vierten Theile dieses Buches zurück.

Ganz vor Kurzem veröffentlichte, ebenfalls mit Bezugnahme auf die erste Auflage meines Buches, W. Mayzel vorläufige Mittheilungen „über eigenthümliche Vorgänge bei der Theilung der Kerne in Epithelialzellen". [1]) Eine freilich sehr unvollkommene Abbildung von Th. v. Ewetsky aus dem in Regeneration begriffenen Endothel der Membrana Descemeti [2]) hatte in mir bereits die Vermuthung erweckt, dass auch an diesen und ähnlichen Orten die Kerntheilung wie in allen bisher behandelten Fällen vor sich geht. Diese Vermuthung findet ihre schönste Bestätigung in dem genannten Aufsatze von Mayzel. Die Präparate, an denen Mayzel seine Beobachtungen anstellte, stammten vorzugsweise von der Hornhaut und der Hautdecke des Frosches, zum Theil auch von der Hornhaut des Kaninchens und der Katze. Das künstlich aufgelöste Epithel war an den betreffenden Objecten bereits theilweise oder auch total regenerirt. Ausserdem beobachtete Mayzel dieselben Bildungen auch an ganz normalen Hornhäuten des Frosches, jedoch nur an der Peripherie und in einer vergleichsweise nur sehr spärlichen Anzahl von Zellen. Am zweckmässigsten erwies sich die zweiprocentige Chromsäurelösung bei der Behandlung dieser Präparate.

In dem Randtheile des Epithelialdefectes, in welchem der Regenerationsprocess am lebhaftesten vor sich geht, scheint derselbe wohl durch freie Kern- respective Zellbildung zu erfolgen, hier waren keine in Theilung begriffenen Kerne zu beobachten, vielmehr stets nur inmitten der bereits völlig regenerirten Zellschichten. Die sich theilenden Zellen zeichnen sich durch ihre bedeutende Grösse, mehr abgerundeten Contouren, grössere Durchsichtigkeit ihrer Substanz und insbesondere

---

1) Centralblatt f. die med. Wissenschaften 20. Nov. 1875. No. 50.

2) In dem 3. Hefte der Unters. aus dem path. Inst. zu Zürich 1875. Taf. V, Fig. 5. Vergl. auch Text p. 98.

durch das eigenthümliche Aussehen ihrer Kerne aus. Als besonders charakteristisch hebe ich hervor: die spindelförmig verlängerten, mehr oder weniger an ihren Enden zugespitzten Kerne, zart in der Richtung der Längsaxe gefasert und quer durchsetzt von einer continuirlichen oder von einzelnen Körnern gebildeten Scheibe. In manchen Fällen war diese Scheibe verdoppelt. Dann Kerne von mehr ovaler Form, die an den beiden zugespitzten Enden aus zwei kleinen, schaalenförmigen, mit ihren Hohlflächen einander zugekehrten Gebilden bestehen. Von der einen Hohlfläche zur andern verlaufen Fäden. Die aequatoriale Querscheibe fehlt. Die Fäden werden in der Mitte durchrissen, schwinden und die Kernanlagen erscheinen dann zusammengesetzt aus mosaikartig an einander gelagerten Stäbchen, oder ganz homogen. Weiterhin werden sie zu rundlichen Gebilden, bekommen endlich eine vacuolenförmige Höhlung, in welcher Kernkörperchen auftreten. Während des Auseinanderrückens der beiden Kernscheiben hat sich die Zelle in gleicher Richtung verlängert und schnürt sich zwischen ihnen ein. Nach beendigter Theilung liegen die sonst abgerundeten Zellen mit platten Flächen an, auch ihre Kerne sind der Theilungsfläche anfangs noch stark genähert und scheinen zuweilen mittelst feiner Fäden noch in Verbindung zu stehen. Schliesslich entfernen sich die Kerne von einander, die Zellen nehmen polygonale Gestalt an und lassen sich von ihren Nachbarn nicht mehr unterscheiden.

Die Angaben über freie Zellbildung im Thierreiche sind noch sehr spärlich, es lassen sich zunächst als solche die Vorgänge bei der Entstehung der Keimhaut an den Insecteneiern anführen.

So giebt Weissmann[1]) an, bei *Chironomus* verdicke sich „das Keimhautblastem im ganzen Umfange des Dotters gleichmässig, bis es eine auch gegen den Dotter hin scharf abgegrenzte Schicht darstellt“. „Es erscheinen sodann in dem Keimhaut-

---

1) Die Entwickelung der Dipteren 1864 p. 6.

blastem, in gleichen Abständen von einander und an allen Stellen zu gleicher Zeit, helle, runde Flecken, welche sich schon nach wenigen Augenblicken als scharf contourirte, kugelige Bläschen von 0,0068 Mm. Durchmesser erkennen lassen." „Bald erhebt sich nun die früher der Eihaut glatt anliegende Blastemschicht zu einer Menge kleiner Kugelabschnitte, deren jeder einen Kern zum Centrum hat."

Eingehender noch wird derselbe Vorgang von Kowalevsky [1]) für *Apis mellifica* beschrieben. „Am oberen Ende des Eies", heisst es dort, „bilden sich anfangs sehr schwache, aber schnell wachsende Erhebungen, welche aus grossen Kernen mit dem sie umgebenden Protoplasma bestehen. Diese ersten Blastodermzellen standen auf $^1/_2$ oder $^2/_3$ ihres Durchschnitts von einander ab; an ihren unteren Grenzen verlieren sie sich in dem Dotter..." „Die Zwischenräume der Zellen, welche anfangs zu beobachten waren, füllen sich allmälig durch Auswachsen von neuen Zellen, die ganz auf dieselbe Weise wie die ersten erscheinen, und so bildet sich ein vollständiges Blastoderm, das aus schönen, langen cylindrischen Zellen besteht."

Wir haben es in diesen Fällen jedenfalls mit einer Verkürzung der ontogenetischen Entwickelung zu thun, wie wir sie für ähnliche Vorgänge im Pflanzenreich wahrscheinlich zu machen suchten. [2])

In einer Abhandlung über die Regeneration des Plattenepithels giebt Klebs neuerdings an [3]), dass „die Kerne der an der Regeneration betheiligten Epithelzellen zerfallen, . . . während neue Kerne in dem contractilen Protoplasma entstehen, . . . durch

---

1) Mém. d l'Acad. imp. d. sc. de St. Pétersb. VII Sér. Tome XVI, 1871 Nr. 12, p. 45.

2) Kupfer lässt auch die Testazellen am Ei der Ascidien durch freie Zellbildung entstehen (Archiv. f. mikr. Anat. Bd. VI, p. 123), was aber von Kowalevsky auf das Bestimmteste in Abrede gestellt wird (Archiv f. mikr. Anat. Bd. VII, p. 104).

3) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. III, Heft 2, p. 144 u. 153.

Auseinanderweichen und strahlige Anordnung der Protoplasmakörner um ein sich aufhellendes, ellipsoides Centrum.“ [1])

Auch die vorläufige Mittheilung von Mayzel (l. c.) macht freie Zellbildung am Rande der von ihm beobachteten, in Regeneration begriffenen Epitheldefecte wahrscheinlich. Somit dürften der freien Zellbildung bei Pflanzen entsprechende Vorgänge bei der Regeneration thierischer Gewebe stattfinden.

---

1) Vergl. das Bild l. c. Taf I, Fig. 7.

DRITTER THEIL.

Einige Bemerkungen über Zellbildung und Zelltheilung im Protistenreiche.

Hier muss ich mich in der That nur auf einige Andeutungen beschränken, besser in diesem Gebiete Bewanderten alles Weitere überlassend. Nur einige allgemeine Gesichtspunkte möchte ich auch an dieser Stelle zur Geltung bringen.

Wenn irgend wo im organischen Reiche, so werden wir bei den Protisten eine weitgehende Modification in den Bildungsvorgängen der Zellen mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten haben. Nirgends nämlich haben die Bestandtheile der Zelle eine so weit gehende Veränderung erfahren, als in einzelnen Abtheilungen für einzellig geltender Protisten. Diese Veränderungen müssen in der That weitgehende sein, wenn eine Einigung über viele dieser Organismen, ob einzellig ob mehrzellig, so schwer zu erreichen war, ja zum Theil sich noch nicht erreichen liess. Wo aber die einzelnen Bestandtheile der Zelle sich ganz neuen und speciellen Lebensfunctionen anpassten, da mögen sie auch ihre histologischen Charaktere so stark verändert haben, dass sie, an extremen Formen betrachtet, als ganz neue unvermittelte Eigenschaften der Zellen erscheinen mögen. Es muss überhaupt dahingestellt bleiben, ob es je gelingt, alle die extremen Formen hier auf eine gemeinsame Quelle zurückzuführen: sicher ist, dass in keinem Falle jetzt schon, den an stark modificirten Zellen gewonnenen Resultaten eine allgemeinere Bedeutung vindicirt und dass dieselben nicht ohne weiteres benutzt werden dürfen, um die Vorgänge in typischen pflanzlichen und thierischen Zellen zu deuten.

Ich habe hierbei zunächst die *Infusorien* im Sinne, die man jetzt geneigt ist, für einzellige Organismen zu halten, bei denen dann aber jedenfalls die einzelnen Theile der Zelle die weitgehendsten Modificationen erfahren hätten, die überhaupt im ganzen organischen Reiche bekannt sind. So hat neuerdings R. Hertwig [1]) bei einer Gruppe der Infusorien, den *Acineten*, eine merkwürdige Knospung des Zellkerns beobachtet, wie sie an andern Orten wohl kaum wieder vorkommt. Dieser Zellkern ist an jungen Individuen der Podophrya gemmipara Hertw. hufeisenförmig, verzweigt sich dann aber mannichfaltig in älteren Zuständen. „Zahlreiche seitliche Knospen wachsen aus dem Nucleus senkrecht zur Längsrichtung desselben hervor. Indem dieselben sich dichotomisch verästeln, durchsetzen sie das ganze Körperparenchym in mannichfach gewundenem oder winklig geknicktem Verlauf. Für alle diese Kernknospen sind die kolbig angeschwollenen Enden charakteristisch, während die mittleren Theile sich nicht selten zu feinen, durch Imbibition kaum nachweisbaren Fädchen ausziehen können.“ [2]) Auf der oralen Fläche des Körpers bilden sich an den zur Fortpflanzung sich anschickenden Individuen kleine, allmälig an Grösse zunehmende Protuberanzen. Die Protuberanzen werden von der Membran des Gesammtkörpers überspannt, das Protoplasma des letzteren geht unmittelbar in sie über. Sie liegen über den angeschwollenen Enden der Kernknospen, die alsbald in sie hineinwachsen: je eine Knospe in eine Protuberanz. Bei zunehmender Grösse der letzteren nehmen die Kernknospen in ihnen eine hufeisenförmige Gestalt an. Endlich löst sich der Verbindungsfaden, der von dem Endtheil der Kernknospe zu dem mütterlichen Kern führte, und bald beginnt die inzwischen zum reifen Schwärmer ausgebildete Protuberanz ihr individuelles Dasein.

Bei den echten Acineten werden die Schwärmer im Innern des Körpers gebildet, doch zeigt R. Hertwig [3]) für Acineta

1) Inaugural-Dissertation Leipzig 1875.

2) l. c. p. 27 u. 28.

3) l. c. p. 52.

cucullus, dass auch dort der Mutterzellkern knospenförmige Fortsätze treibt, um deren Endanschwellung sich je eine Protoplasmakugel abschnürt.

Auf welche Weise diese Vorgänge der Knospung mit der bekannten Zweitheilung der Infusorien in Zusammenhang zu bringen sind, muss ich dahingestellt lassen. Den neuesten Veröffentlichungen Bütschli's [1]) zu Folge, sind die sog. Nucleoli der Infusorien als Zellkerne aufzufassen und verhalten sich bei der Theilung als solche; die früher als Samenkapseln gedeuteten Gebilde sind aber nur die spindelförmigen Theilungszustände dieser Zellkerne.

Bei der Zweitheilung der *Noctiluca* soll ihr Zellkern, nach Cienkowski [2]), grösser werden und sich dann einschnüren. Die Vorbereitung zur Theilung schien ihm von diesem Zellkerne auszugehen. In darauf folgenden Stadien zeigt die sich theilende Noctiluca eine Bisquitform und besitzt zwei von einander getrennte Nuclei. Die Einschnürung schreitet dann nach und nach fort bis zur Sonderung in zwei Individuen.

Sehr eigenthümlich ist das Verhalten der Noctiluca bei Bildung der Zoosporen. Diese entstehen, nach Cienkowski [3]), nie an Exemplaren, welche die Geissel, das Staborgan und die Mundöffnung besitzen, sondern an den fast inhaltsleeren, eingehüllten Individuen. Die allmälige Umbildung der normalen Noctiluken in diese glatten, kugeligen Blasen ist direct verfolgt. Das erste Kennzeichen der nahenden Zoosporenbildung ist das Verschwinden des wandständigen Nucleus und im einfachsten Falle, den ich hier nur berücksichtigen will, das Zerfallen des Inhaltes in 2—4 nicht weit entfernte und nicht scharf von einander gesonderte Klumpen. Den vier Inhaltstheilen ent-

---

1) Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXV, p. 426.

2) Archiv f. mikr. Anat. Bd. IX, p. 50. 1873.

3) l. c. p. 53.

sprechend erhebt sich dann die Wand der Blase in eben so viel Flügel, die mit Protoplasma erfüllt werden und durch wiederholte Theilung sich vervielfachen. So entsteht eine von zahlreichen Ausstülpungen gebildete, der Blase aufsitzende Scheibe. Zuletzt werden die Warzen von der an Inhalt erschöpften Blase abgeschnürt und verlassen als Schwärmer ihre Bildungsstätte. Die Schwärmer zeigen einen ziemlich complicirten Bau und haben jeder einen Zellkern aufzuweisen.

Unter den am einfachsten gebauten Protisten dürfen wir hingegen auch die einfachsten Vorgänge bei der Theilung erwarten, vielleicht auch Uebereinstimmung mit den Vorgängen in Thier- und Pflanzenzellen.

Bei den kernlosen Amoeben tritt uns meist als einzige Vermehrungsart die Zweitheilung entgegen, jedenfalls (wenn wir von der generatio spontanea absehen, die hier nicht in Betracht kommen kann) die ursprünglichste Vermehrungsart der Zellen überhaupt.

Haeckel [1]) beschreibt eine Protamoeba primitiva aus völlig homogenem, zähflüssigen Protoplasma gebildet, ohne irgend wie sichtbar zu machende Differenzirung, selbst nicht in die einer dichteren äusseren und weicheren inneren Substanz. Einige Exemplare zeigten auch gar keine Körnchen im Innern, der ganze Körper war klar und hyalin, andere dagegen hatten eine grössere oder geringere Anzahl von farblosen, dunkeln, fettglänzenden Körnern aufzuweisen. Die Zweitheilung der Amoebe beginnt mit einer Einschnürung, die zusehends tiefer wird und endlich bis zur völligen Trennung und Abrundung beider Körperhälften führt. Eine solche aus gleichmässiger Substanz bestehende Amoebe theilt sich nicht anders, als etwa die aus gleichmässigem Protoplasma bestehenden Chlorophyllkörner vieler Pflanzenzellen; entsprechend etwa den Bildern der Chlorophyllkörner von Bryopsis plumosa in Hofmeister's Lehre von der Pflanzenzelle (p. 369), oder den Bildern

1) Jenaische Zeitschrift Bd. IV, p. 104; die Figuren Taf. III, 25—30.

der Chlorophyllkörner von Funaria hygrometrica im Lehrbuch von Sachs (p. 48, Fig. 45 B). Von hohem Interesse wäre es, die Theilung des Kerns in den mit einem solchen ausgestatteten, einfachsten Amoeben mit Hilfe von Methoden zu verfolgen, die eine Einsicht in diese Vorgänge gestatten. Franz Eilhard Schulze [1]) will neuerdings den Zellkern einer Amoebe (wahrscheinlich A. polypodia) in semmelförmiger Einschnürung gesehen haben. Die Einschnürung wurde zu einer fadenförmigen Verbindung und riss durch. Darauf zogen sich beide Kernhälften kugelig zusammen und rückten bis zu einem ziemlichen Abstande auseinander. Der ganze Vorgang dauerte höchstens $1^1/_2$ Minuten und dies ist möglicherweise der Grund, weshalb er nicht häufiger beobachtet ist. Erst nachdem die Kerne auseinandergerückt waren, trat eine Theilung des ganzen Aussenkörpers ein, welche in etwa 8 Minuten ablief und mit einem Voneinanderrücken der beiden neuentstandenen Amoeben endete.

Ich hebe hervor, dass die Beobachtungen nur an einem lebenden Objecte gemacht wurden und dass dann, wie wir wissen, manche Vorgänge der Kerndifferenzirung verborgen zu bleiben pflegen.

Ganz ähnlich wie Amoeben dürften sich auch die sich durch Theilung vermehrenden, nackten und mit Kern versehenen Schwärmer der Myxomyceten verhalten. Nach der Schilderung de Bary's wird die Bewegung des Schwärmers zunächst träger, der Schwärmer zieht sich zur Kugelform zusammen, seine Cilie, seine Vacuole und sein Kern verschwinden; hierauf soll in der Mitte eine ringförmige Einschnürung erscheinen, welche rasch tiefer wird, um den Körper nach wenigen Minuten in zwei kugelige Hälften zu theilen. Diese nehmen sofort wiederum die Eigenschaften beweglicher Schwärmer an. [2]) Es wird hier bei späterer Untersuchung auf das Verhalten des Kerns besonders zu achten sein.

---

1) Mitgetheilt von Flemming, Sitzber. der Wiener Akad. Bd. LXXI, 1875, p. 98.

2) Handbuch, p. 304, Fig 14 der Tafel.

VIERTER THEIL.

Allgemeine Ergebnisse und Betrachtungen.

Wir haben im ganzen Verlaufe dieser Untersuchungen uns nur mit der Bildung von Zellen aus schon vorhandenen zu beschäftigen gehabt, da die Entstehung der Zellen durch generatio spontanea, ausserhalb schon existirender Organismen, wenn überhaupt in der Jetztzeit bestehend, durchaus noch der directen Beobachtung unzugänglich bleibt. Die früheren Angaben über Bildung der Zellen zwischen den schon vorhandenen des mütterlichen Organismus sind aber durch spätere Forschung längst widerlegt worden.

Nirgends aber treten uns die bei der Entstehung der Zellen thätigen Vorgänge so klar entgegen, wie bei der freien Zellbildung. Am instructivsten erschienen sie uns im Embryosack von Phaseolus. Wir sahen dort die Kerne als kleine Verdichtungen im Protoplasma auftreten und sich gleichzeitig mit einer hellen kugeligen Zone umgeben, deren Mittelpunkt sie bilden. Die Zone war aber stets ziemlich scharf, durch eine etwas dichtere Schicht, nach aussen umgrenzt. Sie wuchs in dem Masse als der centrale Kern an Grösse zunahm und, wichtig genug, diese kugeligen Zonen waren in den dichteren Theilen des Protoplasmas im Verhältniss zum Kern kleiner als in den minder dichten Theilen. Auch zeigten alle die Kugel aufbauenden Theilchen eine radiale Lagerung. Diese Lagerung trat noch deutlicher hervor in den frei im Ei von Ephedra entstehenden Zellen, zu ihr gesellte sich meist noch eine auffällige Verdichtung des Zoneninhalts bei seiner Annäherung zum Kern.

Kurzum, alles das Angeführte drängt zu der Annahme, dass bei der freien Zellbildung Kräfte im Spiele sind, die von einer centralen Masse ausgehend, eine concentrische und radiale Gruppirung um dieselbe veranlassen. Wollte man sich diese Kräfte nach Art fernwirkender denken, so müsste weiter angenommen werden, dass sie anziehend wirken auf die meisten Moleküle des umgebenden Protoplasmas, doch abstossend auf einen geringeren Theil derselben, und zwar denjenigen, welcher als Hautschicht die peripherische Abgrenzung der Kugel bildet. Letzteres wird besonders auffallend in solchen z. B. bei Phaseolus häufigen Fällen, in denen zwei oder mehr Kerne so nahe an einander entstanden sind, dass ihre Wirkungssphären in einander greifen. Da bildet sich nämlich stets auch innerhalb der Fläche der aufeinanderstossenden Sphären dieselbe Hautschicht aus, wie an ihrer freien Oberfläche. Sie verläuft stets senkrecht zu der idealen Verbindungslinie der Kerne, hält sich in der gleichen Entfernung von denselben wenn beide gleich gross, näher den kleineren wenn beide von verschiedener Grösse sind.

Welcher Art nun aber die Kräfte sind, die hier in Thätigkeit treten, darüber wage ich nicht einmal eine Hypothese aufzustellen; jedenfalls sind es Molecularkräfte, für deren Fassung uns noch alle Anknüpfungspunkte in der Physik fehlen.

Den Schwann'schen Speculationen über die Entstehung der Zelle, so gerechtes Aufsehen sie ihrer Zeit machten, lagen noch zu lückenhafte, zum Theil unrichtige Beobachtungen zu Grunde. Schwann dachte sich die Kernkörperchen zuerst entstanden, sie sollten gleichsam aus einer concentrirten Flüssigkeit herauskrystallisiren. Die so auskrystallisirten Theilchen übten dann eine Anziehung auf die noch gelöste Substanz aus.[1]) Es schlug sich daher eine Schicht feinkörniger Substanz auf das Kernkörperchen nieder, sie grenzte sich nach aussen ab und bildete so den Zellkern. Dieser wuchs durch Intussusception; wenn gleichmässig, so blieb er solid, wenn ungleichmässig, wurde er hohl. Die Zelle bildete sich durch Nieder-

1) Mikroskopische Untersuchungen p. 207.

schlag einer vom Cytoblasten verschiedenen Substanz an seiner Oberfläche und grenzte sich durch fortgesetzte Ablagerung neuer Moleküle erst nach aussen ab. Die Membran sollte durch weitere Ablagerung entstehen, durch Intussusception wachsen und sich vom Zellkern entfernen. [1])

Die radiale Anordnung der Protoplasmamasse um den Zellkern, wie wir dieselbe festgestellt, spricht für eine Polarität der Protoplasmamoleküle; eine Annahme, die sich sehr wohl mit der Naegeli'schen Hypothese von der Molecularstructur organisirter Substanzen vereinigen lässt, nach welcher bekanntlich diese Substanzen aus krystallisirten, doppelbrechenden Molekülen bestehen, die lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung neben einander liegen und im imbibirten Zustande der Substanz von Wasserhüllen umgeben sind. [2])

Bei seiner Bildung im thierischen Ei wird der Keimkern sofort von Strahlen umgeben, welche das anstossende Protoplasma durchsetzen. Die von dem Kern ausgehende Wirkung pflanzt sich langsam in allen Radien fort und die ihn umgebenden Strahlen werden länger und länger, indem immer entfernter liegende Körnchen sich an die Strahlenenden anreihen. Der Kern stösst sich durch Vermittlung dieser Strahlen von der Peripherie ab, und rückt meist bis in die Mitte der Zelle. In dieser centralen Lage möchte ich alsdann eine Gleichgewichtslage im Verhältniss zu der ganzen peripherischen Hautschicht erblicken, wie dann auch die den Kern umgebenden Strahlen allseitig die Hautschicht erreichen. Wo dieses Letztere nicht der Fall, wo also die Wirkungssphäre des Zellkerns nicht gross genug ist, um ihn bis in's Centrum des Eies zu führen, da mag derselbe in einer excentrischen Stellung verharren, wie wir das häufig im Ei von Phallusia gesehen haben.

Der Zellkern braucht selbstverständlich auch bei ursprüng-

---

1) l. c. p. 208.

2) Das Weitere hierüber bei Naegeli im Sitzb. d. k. bayer. Akad d. Wiss. 8. März 1862 p. 203.

lich centraler Lage dieselbe nur so lange in der Zelle einzunehmen, als er thätig bleibt, wie wir denn auch bei der freien Zellbildung in Pflanzenzellen denselben zunächst in centraler, nach vollendeter Zellbildung aber in parietaler Lage angetroffen haben.

Die Function der Zellkerne wird uns in anschaulichster Weise bei der Zelltheilung vorgeführt, wie wir sie übereinstimmend sich in Thierzellen und in den typischen Pflanzenzellen haben abspielen sehen.

Wenn hingegen in Zellen, die bei der Theilung in zwei ungleiche Hälften zerfallen sollen, der Mutterzellkern vor der Theilung in eine ganz bestimmte excentrische Lage rückt, so hängt das jedenfalls mit ganz anderen abgeleiteten Ursachen zusammen, die ich nicht anzugeben vermag.

Der Zellkern wird zunächst homogen, dann bildet sich ein Gegensatz zwischen zwei opponirten Stellen seiner Oberfläche aus. Dieselben treten in Wechselwirkung und beginnen sich abzustossen, so zwar, dass der ganze Zellkern in die Länge gezogen wird und meist spindelförmige, selten cylindrische (Spirogyra) Gestalt erhält. Gewisse von den beiden Polen abgestossene Bestandtheile der Kernsubstanz sammeln sich gleichzeitig zu einer mittleren Kernplatte zwischen den beiden Polen an. Man kann bei Spirogyra die Wanderung dieser Substanz von den Polen nach der Aequatorialebene des Kerns unmittelbar verfolgen.

Zwischen den Polen und der Kernplatte erscheint die verbleibende Kernsubstanz streifig differenzirt und zwar setzen die Streifen senkrecht gegen die Kernplatte an und convergiren nach den Polen, wenn der Zellkern, wie gewöhnlich, bei diesen Vorgängen spindelförmig geworden. In dem Masse, als die Kernplattensubstanz von den Polen flieht, sieht man bei Spirogyra hinter ihr die Streifung. Auch die Kernplatte selbst besteht meist aus einer Schicht getrennter Stäbchen oder Körner, die eine Verdickung der beiderseits anschliessenden Streifen der übrigen Kernmasse darstellen. Diese ver-

dickten Stellen sind oft seitlich mit einander zu einer geringeren Anzahl grösserer Körner verschmolzen, seltener bilden sie alle zusammen eine continuirliche, solide Scheibe.

Diese Veränderungen im Innern des Zellkernes haben auch eine Veränderung in der Lagerung der denselben umgebenden Theilchen des körnigen Protoplasmas zur Folge, wie das an thierischen Eiern besonders deutlich zu sehen war; es beginnt sich eine neue radiäre Anordnung derselben im Verhältniss zu den neuen Polen des Zellkerns geltend zu machen.

Es war an den Ascidieneiern besonders leicht festzustellen, dass während diese innern Vorgänge im Zellkern sich abspielen, die Gestalt des ganzen Eies noch unverändert bleibt.

Dann vollzieht sich die Trennung der beiden Kernhälften innerhalb der Kernplatte, die in zwei gleiche Segmente zerlegt wird. Diese beiden Segmente weichen auseinander, mit einer Geschwindigkeit, welche, wie dies bei Spirogyra direct zu sehen war, mit ihrer gegenseitigen Entfernung abnimmt.

Die Ascidieneier waren wiederum die günstigsten Objecte, um an ihnen im lebenden Zustande das Anwachsen der Strahlenkrone um den jeweiligen Pol der beiden Kernanlagen zu verfolgen. Höchst wichtig war es uns, an diesen typischen Objecten, an welchen, durch keinerlei Umstände gehindert, alle Vorgänge sich so rein abspielen können, festzustellen: dass die Gestalt der ganzen Zelle erst dann durch die Vorgänge in ihrem Innern beeinflusst wurde, wenn die Kernstrahlen die Peripherie der Zelle erreichten, andererseits in der Aequatorialebene derselben aufeinander zu stossen begannen. Da trat zunächst eine merkliche Verlängerung der ganzen Eizelle ein; aus der kugeligen ging sie in die elliptische Gestalt über. Alsdann hatte das Bestreben jeder der beiden Hälften, sich kugelig abzurunden, eine Einschnürung in der Aequatorialebene zur Folge, die alsbald bis zur völligen Trennung der beiden Schwesterzellen sich ergänzte. Bei rein medianer Lage der Kerne sieht man hier die Einschnürung gleichmässig im ganzen Umfange fortschreiten; bei excentrischer Lage der Kerne, wie wir sie bei Unio pictorum gesehen, schreitet die Einschnürung einseitig fort, und zwar

beginnt sie an der den Kernen näher gelegenen Seite und dringt von dieser bis zur entgegengesetzten vor.

So typisch und durchsichtig wie an thierischen Eiern tritt uns der ganze Process freilich selten entgegen, namentlich auch nicht an den pflanzlichen Zellen die von Cellulosemembranen umgeben sind. Nichts desto weniger deutet die Uebereinstimmung, die zwischen allen diesen Zellen hinsichtlich bestimmter Theilungsmomente herrscht, auch auf eine wesentliche Uebereinstimmung ihres ganzen Theilungsvorganges hin.

Die Fäden, die aus dem medianen Theile der Kernplatte hervorgehen, habe ich Kernfäden genannt. Die Kernplatte kann zu ihrer Bildung mehr oder weniger aufgebraucht werden. In den thierischen Zellen werden diese Fäden meist nur, wie es scheint, in geringerer Anzahl erzeugt und schwinden noch vor oder gleich nach Vollendung der Theilung, ohne eine Vermehrung zu erfahren oder sonst eine ausgeprägte Function zu übernehmen. In den pflanzlichen Zellen haben wir es hingegen meist anders gefunden. Da werden in den häufigsten Fällen die Kernfäden zur Bildung der Zellplatte verwendet, dieser Hautschichtwand, welche die spätere Trennungsfläche der Schwesterzellen bezeichnet. Zu dem genannten Zwecke sieht man die Kernfäden an Masse und an Zahl zunehmen: sie werden ernährt und vermehren sich als solche. Hierbei breiten sie sich in der zukünftigen Trennungsfläche der Zellen seitlich aus, wodurch ein möglichst grosser Theil dieser Fläche von ihnen durchsetzt wird. Gleichzeitig sieht man die Kernfäden in mittlerer Länge anschwellen. Die angeschwollenen Stellen verschmelzen aber alsbald seitlich zu einer continuirlichen Hautschichtplatte. Die Veranlassung zu einer aequatorialen Ansammlung des Hautschichtstoffes innerhalb der Kernfäden geht jedenfalls von den Kernen aus; es ist das derselbe Stoff, der bei frei gebildeten Zellen an die Peripherie gedrängt wird, den wir auch eine Scheidewand zwischen solchen frei entstandenen Zellen bei Phaseolus bilden sahen, die mit ihren Bildungssphären in einander griffen. Merkwürdig ist, dass bei den sich theilenden Pflanzenzellen, die hier in Frage kommen, die Kernfäden bei der

Bildung dieser Hautschichtplatte Verwendung finden. Nirgends ist dies deutlicher, als in den sich theilenden Endospermzellen von Phaseolus, wenn man sieht, wie grosse seitliche Ausdehnung, im Verhältniss zu der Ausdehnung bei ihrer Anlage, die Kernfäden schliesslich zur Ueberspannung des Zelllumens erreichen. Ob die Fadensubstanz selbst bei Bildung der Hautschichtplatte Verwendung findet, ob etwa nur Hautschichtmasse von Aussen den Fäden aufgelagert wird und ihre Verdickung, eventuell, nach seitlicher Verschmelzung der verdickten Stellen, eine Durchschneidung derselben veranlasst, kann sich aus der directen Beobachtung nicht ergeben. Thatsache bleibt der oben geschilderte Vorgang.

Die Beziehung, welche die Kernfäden zu der Bildung der Hautschichtplatte zeigen, hatte mich in der ersten Auflage dieses Buches zu dem Ausspruche veranlasst, dass hierdurch eine Stoffverwandtschaft der Hautschichtplatte und der Kernfädensubstanz resp. Kernsubstanz documentirt werde. Jetzt ist mir hingegen eine blosse Ansammlung der Hautschichtmasse zwischen den Kernfäden wahrscheinlicher, namentlich wenn ich bedenke, dass sich dieselbe Hautschichtmasse an anderen Orten ohne Vorhandensein von Kernfäden in der zukünftigen Theilungsebene ansammelt, und dass auch dort wo eine in den Kernfäden gebildete Hautschichtplatte auftritt, die etwa an ihrem Rande fehlenden Theile um den ganzen Querschnitt der Zelle zu durchsetzen, unmittelbar im angrenzenden Protoplasma erzeugt werden. Die Bedeutung welche die Kernfäden für die Hautschichtplattenbildung haben mögen, und die eben ihre oft so auffallende, seitliche Ausbreitung zur Ueberspannung des künftigen Querschnittes erklärt, liegt vielleicht darin, dass sie die zur Bildung der Hautschichtplatte nöthigen Stoffe in die richtigen Bahnen lenken und in manchen Fällen diese Platte dann vielleicht auch stützen.

Auch in thierischen Zellen haben wir die wenigen die beiden Kerne verbindenden Fäden oft schwache Verdickung in der zukünftigen Theilungsebene zeigen sehen. Es muss hier eben auch in dem von den Fäden durchsetzten Raume Hautschichtstoff als Material zur Bildung des entsprechenden

späteren Grenzschichtstückes angesammelt werden. Uebereinstimmend aber mit der Thatsache, dass hier eine solche Hautschichtplatte im angrenzenden Protoplasma so wenig markirt ist, finden wir sie auch innerhalb der Fäden kaum angedeutet. Der Umstand dass man aber auch in thierischen Zellen die Kernfäden im Aequator andeutungsweise angeschwollen findet, ungeachtet sie hier so in ihrer Entwickelung zurückstehen, erweckt wiederum die Vermuthung, dass diese Anschwellung keine besondere Function der pflanzlichen Kernfäden sei, vielmehr in der That nur durch Ansammlung von Hautschichtstoff innerhalb derselben, also durch Auflagerung, bedingt wird.

Merkwürdig erscheint die Wahrnehmung, dass in den sich theilenden pflanzlichen Zellen die Hautschichtplatte nur in der zukünftigen Theilungsebene gebildet wird und dass sich Hautschicht nicht auch im ganzen Umfange der sich bildenden Zellen ansammelt. Letzteres erfolgt wenigstens nicht in irgend wie sichtbarer Weise, was ich mir aber dadurch erklären möchte, dass hier in den meisten und zwar gerade den typischen Fällen, z. B. bei Sporen- und Pollenkörnern, die Zellkerne weit über die Mitte der beiden zukünftigen Schwesterzellen auseinanderrücken, die Theilungsfläche daher die von den beiden Kernen entferntesten Punkte in sich schliesst, in welchen also vorwiegend auch die von den beiden Kernen abgestossenen Elemente sich ansammeln dürften. In manchen abgeleiteten Fällen mögen auch die Kernfäden diese Bildung der Platte an der benöthigten Stelle erleichtern.

Durch die Art wie in pflanzlichen Zellen die Hautschichtmasse in der zukünftigen Trennungsfläche vorgebildet erscheint, wird jedenfalls auch ein für alle Mal der Vergleich der Hautschicht mit der an der Oberfläche von Flüssigkeiten durch Oberflächenspannung entstehenden dichteren Schicht ausgeschlossen.

Ebenfalls wird durch die gleiche Beobachtung die sog. Einschnürungstheorie beseitigt, nach der die vorhandene peripherische Hautschicht sich in das Innere der Zelle hineinfalten sollte.

Auch für die thierischen Zellen trifft die Faltungstheorie nicht zu, denn wenn in diesen auch nicht eine so scharf aus-

geprägte Zellplatte gebildet wird, so sammelt sich doch oft deutlich in der Aequatorialebene der Mutterzelle, in welcher die von den Schwesterkernen ausgehenden Strahlen aufeinanderstossen, die jedenfalls auch von beiden Zellkernen abgestossene Hautschichtmasse an und dient hier, nach erfolgter Trennung, zur Abgrenzung der Peripherie.

Die Spaltung der Zellplatte in die beiden nunmehr den Schwesterzellen angehörenden Platten erfolgt sicher unter dem Einfluss der Zellkerne. Sie mag aus ähnlichen Gründen stattfinden, wie die Spaltung der Kernplatte in ihre beiden Segmente. Bei den ersten Theilungen der thierischen Eier pflegen die Theilungsproducte sich gegen einander abzurunden, dann legen sie sich nach einer Weile wieder flach gegen einander an. In geschlossenen Geweben ist dies Lostrennen der Theilungsproducte von einander aus räumlichen Ursachen nicht möglich, zumal bei den von starren Hüllen eingeschlossenen Knorpelzellen, oder den von Cellulosemembran umgebenen Pflanzenzellen. Bei letzteren wird schon während der Spaltung der Zellplatte Cellulose in die Spaltungsebene ausgeschieden. Sie erhärtet daselbst zu einer alsbald continuirlichen, zunächst zarten und einfachen Haut. Zur Bildung der Cellulose sind in vielen Fällen Stärkekörner an der Zellplatte angesammelt, in anderen Fällen fehlen dieselben und wird das entsprechende Material also wohl in anderer Form angeführt.

Die Vorgänge der typischen Zelltheilung, wie sie namentlich in reinster Form uns in thierischen Eiern entgegentraten, erlauben ohne weiteres die Parallelisirung der Zelltheilung mit der freien Zellbildung. In beiden sehen wir die Zellkerne in derselben Weise wirken, in der gleichen Weise die Zellbildung beherrschen, und der einzige Unterschied bleibt nur in der Entstehung der Kerne selbst bestehen, welche bei der freien Zellbildung neu gebildet werden, bei der Zelltheilung aus der Theilung eines schon vorhandenen Zellkerns hervorgehen. Die einmal individualisirte Attractionsmasse wird eben bei dieser einfachsten Form der Zellvermehrung durch Zweitheilung nicht

erst wieder in die Zellmasse vertheilt, um sich an den neuen Orten ihrer Wirksamkeit zu sammeln, vielmehr durch gegenseitige Abstossung der in Gegensatz tretenden beiden Zellkernhälften sofort in ihrer ganzen Masse an diese Orte gebracht.

Wir sahen aber nie, so weit sich unsere Erfahrungen auch ausgedehnt hatten, einen Zellkern in mehr als zwei Hälften gleichzeitig sich theilen; auch waren die beiden Zellkernhälften, wie ungleich in abgeleiteten Fällen auch das Volumen der entstehenden Tochterzellen sein mochte, nie selbst ungleich in ihrer Grösse.

Als einzige Ausnahme hiervon wüsste ich nur die eigenthümliche Kernsprossung der Acineten anzuführen, doch in dieser liegt uns jedenfalls ein ganz abgeleiteter, wenn überhaupt der sonstigen Kerntheilung homologer Process vor.

Wir haben die Vorgänge der Zelltheilung in den entscheidenden Momenten in Thier- und Pflanzenzellen übereinstimmend gefunden und können daraus den Schluss ziehen, dass die Zellbildung im ganzen organischen Reiche von denselben Kräften beherrscht wird. Darf aber aus dieser Uebereinstimmung schon auf die Homologie der Thier- und Pflanzenzelle geschlossen werden, ja in weiterer Folge auf einen gemeinsamen Ursprung des Thier- und Pflanzenreichs?

Es spricht wohl Manches für eine solche Schlussfolgerung, es lässt sich derselben aber auch sofort unsere völlige Unkenntniss der molecularen Vorgänge im Innern der Zellen entgegenhalten.

Fassen wir nämlich die einzelnen Zustände im Verlaufe der Zellbildungs- und Zelltheilungs-Vorgänge, wie uns dieselben in Thier- und Pflanzenzellen zur Anschauung gekommen, als eben so viele isolirte mechanische Momente auf und lassen wir dieselben nur gleichsam zufällig in dieser und nicht in anderer Folge durch die summirende Kraft der Erblichkeit verbunden sein, so müssten wir in der That in der Uebereinstimmung dieser Aufeinanderfolge auch einen Beweis für den directen Zusammenhang beider Reiche erblicken. Allein wir können,

unserer geringen Einsicht in solche Molecularvorgänge wegen, a priori nicht die Möglichkeit bestreiten, dass diese Aufeinanderfolge eine unmittelbar mechanisch bedingte sei. Für eine solche Annahme fehlen zwar in der heutigen Physik die Anknüpfungspunkte; nehmen wir trotzdem, auf Grund negativer Instanzen, ihre Möglichkeit an, so ist es klar, dass dann die Uebereinstimmung dieser Aufeinanderfolge auch nicht mehr als Beweis für den directen Zusammenhang der Objecte für welche sie zutrifft, angeführt werden dürfte.

Nun könnte freilich noch bemerkt werden, dass wir Theilungsvorgänge kennen, die ohne Vorhandensein individualisirter Attractionsmassen vor sich gehen, dass diese jedenfalls die ursprünglichsten sind, diese also auch allein nur die ursprüngliche Deutung sich selbst mechanisch bedingender Entwickelungsvorgänge beanspruchen können; dass der Zellkern hingegen eine spätere Anpassung innerhalb des Zelltheilungsvorganges repräsentire und jedenfalls nur als erblich fixirt anzusehen sei. Die Uebereinstimmung in dem Verhalten auch dieses, nachträglich in den Vorgang eingeschobenen Zellkernes spräche somit immer noch für den directen Zusammenhang der Thier- und Pflanzenzellen.

Auch diese Schlussfolgerung könnte, denke ich, einige Berechtigung beanspruchen, um so mehr wenn wir dann weiter überlegen, dass es auch so und so viele weitgehende Modificationen des Zelltheilungsvorgangs mit Zellkern giebt, die eine Annahme unmittelbarer Entstehung nicht mehr zulassen, vielmehr nur als Summirung nach einander erworbener Veränderungen sich begreifen lassen. Letztere Modificationen beweisen aber, dass wirklich auch die Sphäre der Zelltheilung modificirenden Einflüssen, die nachträglich erblich fixirt wurden, unterlag.

Ob aber die Individualisirung einer centralen Attractionsmasse, als durch die Vorgänge selbst geboten, nicht wiederholt unabhängig vor sich gehen konnte und ob ihre Individualisirung nicht auch unmittelbar ihr weiteres Verhalten bei der Theilung bestimmte, muss ich dahingestellt sein lassen. Jedenfalls würde aber von der Entscheidung der letzten Fragen es wiederum

abhängen, ob auf die Uebereinstimmung im Bau der Zellkerne und in ihrem Verhalten bei der Theilung eine Homologie der Vorgänge in beiden Reichen zu basiren sei; wobei endlich noch allen Fragen über Zelltheilung diejenigen vorausgeschickt werden müssten, ob denn nicht überhaupt schon das Vorhandensein der Zellen als übereinstimmender Elementarorgane in beiden Reichen auf gemeinsame Vererbung hinweise, oder ob denn diese Uebereinstimmung auch unmittelbar bedingt sein könne.

Wir stehen da leider vor Fragen, deren positive Beantwortung kaum in nächster Zukunft zu erwarten ist, und die ich hier auch nur angedeutet haben wollte.

Ich habe eben zwischen einer mechanisch unmittelbar bedingten und durch Vererbung bedingten Aufeinanderfolge der Erscheinungen bei den Zellbildungsvorgängen unterschieden, doch möchte ich nicht den Schein auf mich laden, als fasse ich die letztere als etwa durch eine ganz eigene nicht mechanisch wirkende Kraft bedingt auf. Ob die Processe, die auf einander folgen, unmittelbar gegeben sind, ob sie nur durch Vererbung aneinander gereiht werden, in der ontogenetischen Entwickelung werden sie sich mit mechanischer Nothwendigkeit in ihrer Aufeinanderfolge bestimmen. Für uns lag aber die Frage anders, wir mussten nämlich überlegen, ob die Zustände, die bei den Zellbildungsvorgängen auf einander folgen durch die ursprünglich, also unmittelbar so in Action tretenden Eigenschaften des Protoplasma gegeben sind, oder ob erst durch erworbene, d. h. solche, welche das Protoplasma vermöge der Fähigkeit empfangene Eindrücke zu fixiren, sich angeeignet hat. Die erworbenen Eigenschaften des Protoplasma bewegen sich in ziemlich weitem Spielraum, so dass wir auf Uebereinstimmung derselben mit einiger Wahrscheinlichkeit unsern Schluss der „Blutsverwandtschaft“ zu basiren pflegen; eine Uebereinstimmung in ganz ursprünglichen Eigenschaften würde aber zu einem solchen Schlusse in keiner Weise berechtigen können.

Wir fassten vorhin vornehmlich nur solche Pflanzenzellen ins Auge, bei welchen das ganze Zellinnere von körnigem Proto-

plasma erfüllt ist und der centrale Zellkern in diesem Protoplasma eingebettet liegt, bei welchen ausserdem die beiden Theilzellen gleiche Grösse zeigen. Auf solche Zellen bezogen sich zunächst die geschilderten Theilungsvorgänge.

Allein wie viele andere noch der Theilung fähige Pflanzenzellen treten uns nicht mit einem Flüssigkeit führendem Zelllumen, wie viele andere nicht mit parietalem Zellkern entgegen. Bei wie vielen Pflanzenzellen sind andererseits nicht die Theilungsproducte von verschiedener Grösse, verschiedenem Inhalte, oder sonst mannichfach gegen einander verändert! Wir haben trotzdem früher im Texte versucht, alle diese Vorgänge auf einen gemeinsamen Ursprung zurückzuführen, und halten auch jetzt diese Auffassung aufrecht, indem wir noch hinzufügen, dass wir in dem vorhin geschilderten Theilungsvorgängen den Ausgangspunkt für alle diejenigen anderen, die bei Anwesenheit eines Zellkerns erfolgen, erblicken möchten.

Die am nächsten dem „typischen" Vorgange stehende Abweichung ist diejenige, wo in den noch theilungsfähigen Zellen der Zellkern durch ein mit Zellflüssigkeit erfülltes Zelllumen von der Hautschicht und der an ihr angesammelten Körnerschicht des Protoplasmas getrennt ist, nur durch Fäden mit letzterem zusammenhängt, während die Thätigkeit der einzelnen Theile der Zelle bei der Theilung sich ziemlich unverändert erhalten hat.

Hier pflegt nach vollendeter Theilung des Zellkerns eine sehr starke polare Abflachung und dem entsprechende aequatoriale Ausbreitung der Kernfädencomplexes stattzufinden, so dass möglichst viel von dem Querschnitt der Mutterzelle, in dem die Theilung erfolgen soll, von der in den Kernfäden entstehenden Zellplatte überspannt wird; das fehlende Stück an den Rändern dieser Zellplatte wird aber von dem Wandprotoplasma der Zelle aus, durch die Zellflüssigkeit hindurch, ergänzt (Beispiel: Theilung im Endosperm von Phaseolus etc.). Die letztere Ergänzung kann aber nicht simultan, sondern nur succedan erfolgen, sie schreitet ringleistenförmig von der Wand der Zelle nach dem Innern fort. An der Hautschicht der Zelle

bildet sich im ganzen Umkreis eine schwache Verdickung aus Hautschichtstoff, auf der inneren Seite derselben sammelt sich etwas Körnerschichtstoff an, oft auch nachweisbar kleine Stärkekörner; dann erfolgt eine Spaltung des angesammelten Hautschichtringes und Ausscheidung von Zellstoff in die Spalte. Während dieses geschieht, hat sich aber an der inneren Kante der Verdickungsleiste aus Hautschichtstoff neuer solcher Stoff angesammelt, auch dieser kommt bald zur Spaltung und so ohne Unterbrechung weiter, bis der Rand der in den Kernfäden erzeugten Zellplatte erreicht ist. Die Ergänzung der Zellplatte von der Zellwand aus erfolgte also succedan, und entsprechend konnte auch die Cellulosemembran als eine an die Cellulosewand der Mutterzelle ansetzende, ringförmige, an ihrer innern Kante fortwachsende Leiste verfolgt werden. Sobald nun aber die innere Zellplatte erreicht ist, wird der ganze Rest der Cellulosemembran simultan ergänzt. So zerfällt hier also der Vorgang der Zellplattenbildung und die damit verbundene Erzeugung der Cellulosemembran in zwei Abschnitte: einen simultanen und einen succedanen. Der erste ist der ursprüngliche; der zweite hingegen eine neu hinzugekommene Anpassung an die Verhältnisse des Zelllumens, die nicht mehr unmittelbar mechanisch aus der Wirkung der Zellkerne zu erklären, vielmehr aus früheren simultanen Differenzirungsverhältnissen, die unter dem Einfluss des Zellkerns entstanden, vererbt und durch später hinzugekommene Einflüsse modificirt worden ist.

Der Vorgang kann dem eben geschilderten im Wesentlichen gleichen, auch wenn der Zellkern, statt in der Mitte der Zelle suspendirt zu sein, an der Wand derselben gelagert ist. Dann wird derselbe von dem entgegengesetzten Wandprotoplasma durch das ganze Zelllumen getrennt und muss von da aus die succedane Ergänzung erfolgen. (Ebenfalls bei der Theilung im Endosperm von Phaseolus zu sehen.)

Nun ist aber in vielen Fällen der succedane Theil der Theilungserscheinung durch weitere Anpassung noch mehr ausgedehnt und schliesslich zu einem die ganze Theilung beherrschenden geworden. In dem Masse, als dies geschah, musste

gleichzeitig die Bedeutung des Zellkerns für den Theilungsvorgang sinken.

Von diesem Standpunkte aus kann uns überhaupt erst der Theilungsvorgang in den Zellen von Spirogyra orthospira verständlich werden. Der centrale, auf feinen Fäden im grossen Zelllumen suspendirte Zellkern theilt sich zwar in gewohnter Weise; die beiden Kernplattenabschnitte spannen auch auseinanderweichend die Kernfäden aus, doch in diesen wird nur noch, wenn überhaupt, ein Rudiment der Zellplatte gebildet, das gar nicht mehr zur Verwendung kommt und bald mit dem Einziehen der inneren Kernfäden für alle Fälle schwindet. Dahingegen bleiben die peripherischen, aus der Spaltung der den Mutterzellkern umgebenden Mantelschicht körnigen Protoplasmas gebildeten Verbindungsfäden längere Zeit zwischen den beiden Tochterzellkernanlagen erhalten, und dienen schliesslich zur Suspension der Zellkerne und zur Ableitung der bei der Bildung der Querwand überschüssig zurückgebliebenen, körnigen Stoffe. Die fortschreitende Zellplattenbildung mit gleichzeitiger Ausscheidung der Cellulosemembran in ringförmiger Gestalt, von der Peripherie nach dem Innern fortschreitend, hat aber das ganze Geschäft der Theilung hier übernommen. Diese Zellplattenbildung beginnt schon zu einer Zeit, wo die Kernplatte kaum angelegt worden, und zeigt also auch in dieser Beziehung ihre Unabhängigkeit vom Zellkern. Eine Art centraler Platte wird auch bei Spirogyra orthospira im letzten Augenblicke gebildet, doch hat sie ganz anderen Ursprung. Der inneren Kante der ringförmigen Zellplattenleiste schreitet hier nämlich eine ziemlich bedeutende Ansammlung von körnigem Protoplasma in Gestalt eines Ringes voran. Haben sich nun die innern Ränder dieser Leiste bedeutend genähert, so verschmilzt der Ring aus Körnern zu einer Körnerscheibe, in der nun wohl auch der kleine Rest der fehlenden Zellplatte simultan ergänzt werden kann. Der unbenutzte Rest des körnigen Protoplasmas wird dann auf den anstossenden Verbindungsfäden nach den Kernen zu fortgeführt. Bei Abschluss der Scheidewandbildung nehmen die Tochterzellkerne durchaus noch nicht

die Mitte ihrer resp. Zellen ein und rücken erst langsam in dieselbe.

Die Ansammlung der Hautschichtmasse und die Ausscheidung der Cellulose wird auch bei Spirogyra orthospira und in allen andern abgeleiteten Fällen, wo beide Vorgänge von aussen nach innen fortschreiten, nur auf die Trennungsfläche der beiden Schwesterzellen beschränkt. Auch hier erhalten wir schliesslich eine einfache, zusammenhängende Cellulosemembran, welche mit ihrem Rande an die innerste Verdickungsschicht der Mutterzellwand anschliesst, und zu ihren beiden Seiten je eine neue Hautschicht. Von einer Einfaltung der Hautschicht oder Cellulosemembran der Mutterzelle zum Zwecke der Theilung kann in keinem Falle die Rede sein.

Aus der gegebenen Deutung des Vorgangs bei Spirogyra geht nun wohl zur Genüge hervor, wie irrig es war, ihn als Ausgangspunkt für die Betrachtung der Zelltheilungsvorgänge zu wählen, und wie wenig es nun auch gerechtfertigt wäre, aus dem Verhalten des hier fast rudimentär gewordenen Kernes auf dessen Functionen im Allgemeinen zu schliessen.

Allein in vielen anderen Beziehungen wird doch Spirogyra orthospira stets ein höchst instructives Object bleiben, weil sie so leicht wie kaum ein anderes die noch typisch erhaltene Theilungsart des Zellkerns zeigt, dann in vorzüglichster Art die inneren Vorgänge uns vorführt, welche die Anlage und das Wachsthum der Zellwand begleiten.

Ebenso rudimentär wie bei Spirogyra orthospira erscheint die Thätigkeit des Zellkerns auch in den mit Zelllumen versehenen Zellen von Ulothrix, wo der Zellkern noch dazu wandständig geworden ist.

In den Zellen von Oedogonium finden wir unter den gleichen Verhältnissen auch einen wandständigen Zellkern; das Zellprotoplasma sammelt sich aber zur Theilungszeit in dem einen Ende der Zelle an und füllt dasselbe vollständig aus, so dass die Theilung innerhalb eines von Protoplasma erfüllten Querschnittes vor sich geht. Dem entsprechend entsteht die Zellplatte auch wieder simultan und nicht succedan, doch ohne

Einfluss des Zellkerns, der in wandständiger Lage sich theilt. Der Inhalt, der sich hier im oberen Ende der Mutterzelle angesammelt, bewirkt ausserdem eine Theilung derselben in zwei ungleiche Theile, so zwar, dass die vordere, inhaltsreichere Schwesterzelle kleiner als die hintere, inhaltsärmere ausfällt. Endlich wird der stark abgeleitete Vorgang noch dadurch complicirt, dass die Mutterzellhaut vor Beginn der Theilung eine ringförmige Verdickung aus halbweichem Zellhautstoff erhält, der bestimmt ist die obere der beiden Schwesterzellen mit einer Cellulosemembran zu versehen.

Diese letzterwähnten Fälle, in denen wir den Zellkern fast schon rudimentär fanden, führen uns ganz unmittelbar zu solchen, wo er, als überflüssig geworden, völlig aus der Entwickelung geschwunden ist.

So möchte ich nämlich den Fall der Cladophora deuten, die in der Theilung ihres Zellprotoplasmas und in der Bildungsart ihrer Cellulosewand die grösste Uebereinstimmung mit Spirogyra zeigt, nur dass sie keinen Zellkern aufzuweisen hat.

Um zu entscheiden, ob bei den Siphoneen, Saprolegnien und im Allgemeinen bei den Pilzen der Zellkern erst aus der Entwickelung wie bei Cladophora schwand oder überhaupt nie vorhanden war, hierfür fehlen die phylogenetischen Anknüpfungspunkte. Dass hier und dort bei den Pilzen in den generativen Theilen Zellkerne gefunden werden, könnte eben so gut als eine fortschreitende Erscheinung gedeutet werden, wie auch als ein Rückstand aus früheren Zeiten. Der Vorgang der Theilung wie er uns bei Bildung der Sporangien von Saprolegnia oder Vaucheria entgegentrat, ist sicher auch ein abgeleiteter, nur fragt es sich, ob er auf Vorgänge mit ursprünglichem Zellkern, oder auf solche ohne individualisirte Attractionscentra, von denen später die Rede sein soll, zurückzuführen sei.

Ich habe schon früher im speciellen Theile nachzuweisen gesucht, dass auch die oft so merkwürdigen Theilungsvorgänge bei Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen und Wandzellen der Farnantheridien sich von der typischen Zweitheilung ableiten lassen. Dass freilich ein solcher Theilungsvorgang, wie er uns

in der Ringtheilung der Aneimia entgegentritt, nicht mehr ein ursprünglicher sein kann und nur mit Hilfe durch Erblichkeit summirter Abweichungen sich begreifen lässt, wird wohl ein Jeder zugeben, der den betreffenden Abschnitt dieses Buches verglichen haben wird. Höchst wichtig ist es jedenfalls, dass es auch bei diesem abweichendsten aller Theilungsacte noch gelingen konnte, die Fühlung mit den typischen Vorgängen zu gewinnen.

Dasselbe gelingt auch meist bei den Vorgängen der Sprossung und Abschnürung, worauf ebenfalls schon hingewiesen wurde.

Es fragt sich nun aber, wie sich diejenigen Vorgänge gegenüber den typischen der Zweitheilung verhalten, bei welchen der alte Mutterzellkern zur Seite gedrängt und schliesslich aufgelöst wird, während das Geschäft der Theilung von einer neben ihm sich individualisirenden Attractionsmasse übernommen wird. Wir haben diesen Vorgang in den Mutterzellen der Sporen von Anthoceros, einiger Moose und den Mutterzellen der Makrosporen von Isoëtes Durieui verfolgt. Der Anschluss an die typischen Vorgänge ergiebt sich eigentlich für beide Fälle gleich phylogenetisch dadurch, dass dieselben Mutterzellen, die hier den Zellkern unbenutzt lassen, ihn bei den nächsten Verwandten in typischer Theilung zeigen; ja bei Isoëtes Durieui haben wir sogar gefunden, dass bereits die demselben Pflanzenexemplar zugehörigen Mikrosporenmutterzellen, doch sicher von gleichem Ursprung mit den Makrosporenmutterzellen, sich dem in Sporenmutterzellen allgemeinen Theilungsvorgange anschliessen. Die gleiche Abweichung in den Sporenmutterzellen von Anthoceros und den Makrosporenmutterzellen von Isoëtes Durieui, jedenfalls unabhängig entstanden, dürfte durch die gleichen Ursachen veranlasst worden sein. Es lässt sich annehmen, der alte Zellkern habe in beiden Fällen die Theilungsfähigkeit eingebüsst, der Theilungsvorgang sich trotzdem nicht von einer centralen Attractionsmasse emancipirt. Neue Kernsubstanz hatte sich somit am alten Kerne angesammelt und dessen Functionen übernommen. In der That sahen wir diese am Kern ange-

sammelte Masse mit ihren Stärkeeinschlüssen sich ähnlich wie sonst die Substanz der Kerne bei der Theilung verhalten.

Die Bildung der eigentlichen Kerne aus dieser Masse beginnt aber sowohl bei Anthoceros als bei Isoëtes erst nach ihrer durch zweimalige Zweitheilung vollendeten Viertheilung. Möglich, dass deshalb hier auch die Bildung aller Zellplatten gleichzeitig erst um diese Zeit erfolgt.

Besonders weit entfernt von den typischen Vorgängen der Theilung ist die Knospung des Kerns bei Acineten, und bleibt mir nur wieder an das zu erinnern, was ich an einem andern Orte schon hervorgehoben: dass bei einzelligen, aber gleichzeitig relativ hoch organisirten Protisten die weitgehendsten Abweichungen in dieser Beziehung zu erwarten seien. So will ich hier beispielsweise nur daran erinnern, dass die für einzellige Organismen gehaltenen Infusorien auch freie Oeffnungen besitzen, durch welche fremde Körper in das Innere ihres Körpers aufgenommen werden: jedenfalls auch eine merkwürdige Eigenschaft für eine Zelle. Um übrigens noch einmal auf den Acinetenkern zurückzukommen, so kann ich für denselben zum Mindesten die Vermuthung nicht unterdrücken, dass die von ihm sich bei der Knospung ablösenden Theile durch gleiche Kräfte von der Mutterkernmasse abgestossen werden, wie sonst die beiden Zellkernhälften von einander, und dass sie auch wie Zellkerne die Gestaltung ihrer Zellen, der Schwärmer, veranlassen und beherrschen.

Für das Studium der Zweitheilung typischer, kernloser Zellen fehlt es mir noch an geeigneten Objecten. Dieselbe müsste ebenfalls an soliden Zellen, d. h. an Zellen ohne Zelllumen verfolgt werden. Auf Grund anderweitiger Erfahrungen muss ich annehmen, dass sich auch in solchen Zellen die Processe bei der Theilung um zwei neue Attractionscentra, wie sonst um Zellkerne, gruppiren. Diese Centra werden hier wohl auch dieselbe stoffliche Natur besitzen, nur dass sie sich nicht individualisiren, vielmehr nach vollendeter Theilung schwinden.

Aehnlich derartigen Zellen dürften sich auch anderweitige,

solide, der Theilung fähige Protoplasmamassen verhalten, welche die sog. Einschnürung zeigen: so die Chlorophyllkörner. Ich vermuthe fast, dass die von Rosanoff[1]) in den Chlorophyllkörnern von Bryopsis plumosa dargestellten radialen Streifen der Ausdruck solcher, auf Attractionscentra bezogener Anordnung sind.

Auch spricht der Theilungsvorgang der im Umkreis einer mittleren soliden Masse ausgehöhlten Chlorophyllkörner der Zygnema für eine centrale Wirkung; denn zuerst sieht man die centrale Masse durch Einschnürung sich theilen, dann aber, auf dieselbe folgend, auch hier eine protoplasmatische Platte im Aequator zwischen den beiden isolirten Massen sich ansammeln und in dieser die Trennung der äussern Schichten vor sich gehen.

Die Möglichkeit liegt vor, dass sich die Zweitheilungen der Zellen ohne Kern in ähnlicher Weise modificirten, wie die derjenigen mit Kern, und dass aus ihnen solche Theilungsvorgänge, wie wir sie bei Bildung des Sporangium von Saprolegnia und Vaucheria beobachtet haben, hervorgingen, ähnlich wie aus den Theilungen mit Kern die Vorgänge bei Oedogonium.

Ich habe im speciellen Theile dieses Buches wiederholt zu begründen gesucht, dass die freie Zellbildung, wie sie uns hier und dort isolirt im Pflanzenreiche entgegentritt, kein ursprünglicher Vorgang mehr ist, sondern ein durch Verkürzung der Entwickelung aus der Theilung hervorgegangener. In der That finden wir fast an allen Orten noch Mittelformen, welche uns die Art wie diese Verkürzung wohl entstanden sein mag, vorführen. Im Ei der Cupressineen wird der Keimkern aufgelöst, die Stärke, die unter dem Einfluss der Befruchtung sich vornehmlich in seinem Innern gebildet hatte, sammelt sich jetzt in dem oberen Ende des schmalen Eies an, und dieses Ende zerfällt simultan in meist drei oder auch etwas mehr übereinander

---

1) Die Bilder in Hofmeister's Lehre v. d. Pflz. p. 369.

liegende Zellen mit deutlichen, centralen Zellkernen.[1]) An dieses einfachste Beispiel der Entwickelungsverkürzung im Cupressineen-Ei, in welchem nur einige wenige, in einer geraden Richtung fortschreitende Theilungsschritte übersprungen worden sind, lässt sich dann dasjenige des Abietineen-Eies anknüpfen. Auch in letzterem wird der Keimkern aufgelöst und es treten gleichzeitig vier in einer Ebene liegende Zellen im oberen Ende des Eies auf. Sie entstehen völlig unabhängig von einander und zeigen trotzdem, von Anfang an, eine solche gegenseitige Beziehung, als wären sie der wiederholten Theilung einer den Eischeitel einnehmenden Zelle entstammt. Hier ist also die Entwickelung verkürzt, die Zellen treten durch freie Zellbildung auf, und doch ist ihre ursprüngliche Anordnung, die sie nur aufeinanderfolgenden Theilungsschritten verdanken konnten, noch völlig rein erhalten. Dieser Vorgang im Ei der Abietineen vermittelt aber den endlichen Uebergang zu der reinen, freien Zellbildung ohne jede gegenseitige Beziehung der entstehenden Zellen, wie sie uns im Ei von Ephedra entgegentritt.

In den Schläuchen der Ascomyceten werden die Sporen durch freie Zellbildung angelegt und zwar wird ihre Entwickelung durch Auflösung des Mutterzellkernes und das simultane Auftreten von so viel secundären Zellkernen als Sporen gebildet werden sollen eingeleitet. Nun sind aber auch Fälle beobachtet worden, in denen die nöthige Zahl der Sporenkerne durch succedane Zweitheilung entsteht.

In vielen Embryosäcken der Metaspermen (Angiospermen) wird das Endosperm durch Zelltheilung, in anderen durch freie Zellbildung erzeugt, u. s. w.

Der stärksten Veränderung sind, und zwar jedenfalls erst nach erfolgter Verkürzung der Entwickelung, diejenigen Vorgänge anheimgefallen, in welchen der Mutterzellkern vor Beginn der freien Zellbildung nicht mehr gelöst, vielmehr unbenutzt zur Seite geschoben wird, während neue Zellen frei aus einem Theile des Mutterzellprotoplasmas entstehen: so z. B. bei der

---

1) Vergl. meine „Coniferen und Gnetaceen“ p. 278.

Bildung der „Keimbläschen“ und der Gegenfüsslerinnen bei den Metaspermen.

Auch die Vorgänge der Vielzellbildung, d. h. der gleichzeitigen Anlage vieler Zellen aus dem Gesammtinhalte der Mutterzelle, sind sicher durch Verkürzung aus einer Reihe ursprünglich aufeinanderfolgender Zweitheilungen hervorgegangen. Zahlreiche Mittelstufen sprechen noch dafür. Da sich aber der Zellkern gleichzeitig nur in zwei Hälften theilen kann, so sehen wir denselben auch bei der Vielzellbildung constant schwinden und an seiner Statt entweder so viele neue Zellkerne auftauchen als Zellen entstehen, oder diese Zellen ohne Zellkerne sich bilden. Letzterer Fall scheint bei Vielzellbildung der bei weitem häufigste zu sein. Sehr oft sieht man dann an Stelle der Zellkerne in den werdenden Zellen rosa Bläschen auftreten und sich auch länger erhalten, ohne jedoch die Eigenschaften der Zellkerne zu zeigen. Ich vermuthe, dass diese rosa Bläschen in der That auch nicht die Stellvertreter der Zellkerne sind, vielmehr Vacuolen entsprechen, wie sie sonst in den Zellkernen sich bilden. Sie dürften auch hier in einer centralen Attractionsmasse auftreten, welche der Masse, aus welcher anderswo Zellkerne individualisirt werden, entspricht, hier aber nicht zur Abgrenzung gelangt, vielmehr sich nach vollendeter Zellbildung wieder in dem übrigen Protoplasma vertheilt.

Die Vielzellbildung unterscheidet sich von der freien Zellbildung im Wesentlichen nur dadurch, dass sie den ganzen Inhalt der Mutterzelle zur Bildung der Tochterzellen verbraucht. Sie ist in letzterer Beziehung den Zweitheilungsvorgängen näher geblieben.

Was die sog. Auflösung des Zellkerns oder richtiger die gleichmässige Vertheilung seiner Masse in das Protoplasma der ganzen Zelle anbetrifft, wie wir sie im Allgemeinen der freien Zellbildung und der Vielzellbildung haben vorausgehen sehen, so scheinen dabei Kräfte im Spiele zu sein, die umgekehrt wie

bei der Kernbildung, centrifugal statt centripetal wirken. Zum Mindesten haben wir bei den Eiern der Abietineen gesehen, dass die Masse ihres Zellkerns in zu dessen Mittelpunkte radialen Bahnen sich vertheilte, und zwar schritt die „Auflösung“ von der Peripherie nach dem Centrum fort, so dass der mittlere Theil des Zellkerns am längsten erhalten blieb. Aus dieser vertheilten Kernsubstanz mögen sich dann die Attractionsmassen sammeln, welche die neuen Zellbildungen veranlassen. Bei den typischen Vorgängen der Vielzellbildung treten diese neuen Attractionscentra, wahrscheinlich unter gegenseitiger Beziehung, in annähernd gleichen Abständen auf.

Die Vollzellbildung im Pflanzenreiche endlich schliesst, was die Verwerthung des Inhalts der Mutterzelle anbetrifft, sich zum Theil der Vielzellbildung, zum Theil der freien Zellbildung näher an. Das erstere geschieht, wenn aus dem gesammten Inhalte der Mutterzelle die eine neue Zelle erzeugt wird; das letztere, wenn diese eine Zelle nicht den ganzen Inhalt der Mutterzelle zu ihrer Bildung verbraucht. Bei allen diesen Vorgängen wird entweder ein neues Anziehungscentrum für die sich constituirende Zelle geschaffen, oder auch das alte in neue Wirksamkeit gesetzt. Bei den typisch oder nur ausnahmsweise monosporen Saprolegnien wird z. B. in der sich bildenden Oospore ein centrales Bläschen sichtbar, das in dem protoplasmatischen Inhalte des Oogoniums vor ihrer Bildung fehlte. Bei der Bildung der Schwärmspore von Oedogonium zieht sich hingegen, nachdem der ursprüngliche und unveränderte Zellkern eine centrale Lage in der Zelle eingenommen, ihr Inhalt von der Wandung zurück und bildet um den alten Zellkern die eine, neue Schwärmspore.

Dass in dem Vorgang der Vollzellbildung kein Gegensatz zur Zelltheilung liegt, das zeigen die Fälle, wo ausnahmsweise die eine Zelle durch zwei gleichzeitig auftretende, die in den ganzen Inhalt der Mutterzelle sich theilen, ersetzt wird. Andererseits habe ich auch Vollzellbildung an Stelle der Vielzellbildung beobachtet, wo also an Stelle vieler Zellen nur eine aus dem Gesammtinhalt der Mutterzelle gebildet wurde.

Diejenigen Fälle der Vollzellbildung oder richtiger Einzellbildung, in welchen nicht der ganze Inhalt der Mutterzelle zur Bildung der einen Tochterzelle verbraucht wird, dürften ohne weiteres der freien Zellbildung beizurechnen sein.

Am meisten sehen wir aber von den gewöhnlichen Arten der Zellbildung diejenigen Vorgänge abweichen, welchen viele Spermatozoiden ihre Entstehung verdanken, und doch wird es auch da auf Grund vergleichender Betrachtungen wahrscheinlich, dass diese Gebilde sich aus gewöhnlichen, der reinen Vollzellbildung entstammenden Schwärmsporen, durch Summirung der Abweichungen, entwickelt haben.

Die typischen Vorgänge der Vollzellbildung sind meist mit merklicher Contraction des sich neu zur Tochterzelle gruppirenden Protoplasmas verbunden. Solchen Contractionserscheinungen sind wir auch an anderen Orten begegnet, doch namentlich nur dann, wenn die innerhalb der Mutterzellmembran gebildeten Tochterzellen sich völlig von einander zu trennen hatten. Solche Vorgänge sind meist mit weitergehender Veränderung des Zellinhalts verbunden und finden besonders häufig bei der Bildung generativer Zellen aus vegetativen statt. Die typischen Vorgänge der vegetativen Zweitheilung haben hingegen meist keine gleichzeitige Contraction des Inhalts aufzuweisen, so dass eine solche keinenfalls als Hauptbedingung der Theilung angesehen werden darf. [1])

Dahingegen lässt sich im Allgemeinen vermuthen, dass, soweit innerhalb einer Zelle die Dichtigkeit des Protoplasmas Schwankungen unterworfen sein kann, die letzteren die Grösse der zu bildenden Zellen beeinflussen. Wir haben das in ganz überzeugender Weise bei der freien Zellbildung im Embryosack von Phaseolus gesehen, wo bei sich gleich bleibender Grösse der Attractionscentra die dieselben umgebenden Zonen in den dichteren Theilen des Protoplasmas viel kleiner waren als in den

---

1) Vergl. dagegen Hofmeister l. c. p. 143; dafür hingegen Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. p. 16.

lockeren. Die Zahl der in einem Sporangium oder einem Oogonium von Saprolegnia aus dem gesammten Inhalte gebildeten Sporen wird vielleicht aus gleichen Gründen veränderlich sein. Wahrscheinlich wird es auch von der grösseren oder geringeren Dichte des Wandbelegs aus Protoplasma in den Zellen von Hydrodictyon abhängen, ob derselbe in die grösseren oder die kleineren Schwärmsporen zerfällt, u. s. w.; ja, es ist denkbar, dass bei rein vegetativer Zweitheilung, abgesehen von allen anderen Gründen, die Dichtigkeit des protoplasmatischen Inhalts die Grösse bestimmt, bei der die Theilung der Zelle erfolgt: so zwar, dass sich Zellen mit dichterem Protoplasma bei verhältnissmässig geringerer Grösse theilen werden als die minder dichten.

Ebenso scheint die Dichtigkeitszunahme des Inhalts einer Zelle Theilungen derselben zu veranlassen, ohne dass sie thatsächlich an Grösse zugenommen habe. Anderweitige nicht festzustellende Ursachen können übrigens die gleiche Wirkung haben: so im Ei der Phallusia, das in eine grosse Anzahl von Zellen zerfällt, ohne zunächst an Grösse zuzunehmen, und doch auch ohne eine merkliche Veränderung seiner Inhaltsmasse erkennen zu lassen. Aehnliches gilt für die Theilung der Mutterzellen vieler Pollenkörner und Sporen, wobei man dann oft geneigt ist, in der Vererbung früherer Wirkungen allein den Grund der Erscheinung zu suchen.

Im Allgemeinen geht bei sonst sich gleich bleibenden Verhältnissen eine Massenzunahme des mütterlichen Organismus seiner Zweitheilung voraus; bei Vielzellbildung ist eine solche Grössenzunahme seltener zu beobachten und auch, wo sie erfolgt, kaum in Zusammenhang mit dem Theilungsvorgange zu bringen.

Die Richtung, in der bei Zweitheilung der Zelle die Verlängerung und Theilung des Zellkerns vor sich geht, scheint oft, wie es Hofmeister zuerst hervorgehoben [1]), senkrecht zu der Richtung des vorausgegangenen, stärksten Wachsthums der

---

1) Lehre v. d. Pflz. p. 145.

Zelle zu erfolgen, ja selbst dann, wenn, wie im Cambium der Coniferen, diese letztere Richtung mit dem kleinsten Durchmesser der Zelle zusammenfällt. Bei fortgesetzter Zerklüftung eines Zellencomplexes ohne gleichzeitig erfolgende Grössenzunahme gehen meist die Theilungen senkrecht zu dem grössten Durchmesser der Zellen vor sich.

In seinen Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle sprach wohl Pringsheim zuerst die Ansicht aus[1]), dass der „Cytoblast" gleichsam als Anziehungsmittelpunkt bei der Concentrirung und Abgrenzung der Protoplasmamasse wirke.

Auch Sachs hat in seinem Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen[2]) die Ansicht vom Vorhandensein „sichtbarer oder nicht sichtbarer organischer Centren" ausgesprochen, auf welche sich die Molecularbewegung im Protoplasma, bei Vorgängen der freien Zellbildung und der Zelltheilung, der Entstehung der Zellkerne und Chlorophyllkörner und bei Theilung der letzteren, bezieht. Der Zellkern selbst sollte übrigens kein solches Anziehungscentrum sein, vielmehr ein blosser und unwesentlicher Bestandtheil des Protoplasmas: derselbe fehle ja in vielen Fällen der Individualisirung neuer Protoplasmamassen, und selbst wo er vorhanden, sei sein Verhalten nicht derart, dass man in ihm den Sitz der Kräfte suchen könnte, welche die centrische Lagerung der Protoplasmamoleküle bewirken.[3])

Wie auch aus einigen Stellen des Lehrbuches[4]) hervorgeht, schwebten Sachs bei dieser Deutung des Zellkerns die extremen Fälle vor, wo derselbe seine Bedeutung in der That eingebüsst hat oder nur noch in beschränktem Masse besitzt.

Wie aus allen unseren Untersuchungen andererseits folgt, lässt sich die Zellbildung in keiner Weise mit Tropfenbildung

---

1) p. 67.
2) p. 458.
3) p. 459.
4) p. 18.

vergleichen, wie es von Hofmeister geschieht und wie er sie zur Erklärung der Zellbildung und Zelltheilung heranzieht.[1]) Denn Tropfenbildung beruht auf Oberflächenspannung, während uns bei der Bildung der Zellen sichtbar centrale Wirkungen entgegentreten. In einer Flüssigkeit giebt es aber nicht einmal ein physikalisches Centrum. Die Erscheinung also dass künstlich aus einer Zelle befreites Protoplasma, wenn es der Berührung fester Körper entzogen in einem mit ihm nicht rasch mischbaren Medium liegt, oder wenn es zur Contraction im Innern einer Zelle gebracht wird, in Folge von Oberflächenspannung seiner äussersten, dichtesten Schicht Kugelform annimmt, hat mit den Vorgängen bei der Zellbildung nichts zu thun. Ueberhaupt ist die ganze Parallelisirung des Protoplasmas mit einer Flüssigkeit, wie sie Hofmeister anstrebt, durchaus keine glückliche zu nennen, denn sie ist geeignet unrichtige Vorstellungen von dem Wesen des Protoplasmas zu erwecken.

So äussert sich auch Sachs[2]) dahin, dass, „so gross auch die Wassermenge und dem entsprechend die Aehnlichkeit mit einer Flüssigkeit sein mag, das Protoplasma doch niemals eine Flüssigkeit sei, selbst die gewöhnlichsten teigigen, schleimigen, gallertartigen Zustände anderer Körper können mit ihm nur ganz äusserlich verglichen werden. Denn das lebende und lebensfähige Protoplasma ist mit inneren Kräften und dem entsprechend mit einer inneren und äusserlichen Veränderlichkeit ausgestattet, welche jedem anderen Gebilde fehlen; die in ihm thätigen Molecularkräfte können nicht ohne Weiteres mit denen irgend einer anderen Substanz verglichen werden.“

Von Seiten der Zoologen ist die Contractilität zur Deutung der Zellbildungsvorgänge, zunächst der Zelltheilung, herangezogen worden. Max Schultze definirte aber die Contractilität als eine Ursache der organischen Bewegungen, welche von der Elasticität allein nicht abhängend, nur im lebenden Zustande

---

1) Lehre von der Pflanzenzelle p. 143 u. ff.
2) Lehrbuch IV. Aufl. p. 38.

beobachtet werden.[1]) Auf die Unbrauchbarkeit der Contractilität — die selbst nichts erklärt und erst der Erklärung bedarf — für die Deutung irgend einer Lebenserscheinung ist namentlich von Seiten der Botaniker (Hofmeister, Naegeli, Schwendener, Sachs) in letzter Zeit wiederholt hingewiesen worden, auch wäre ja dieselbe nach keiner Richtung hin auf die Vorgänge der freien Zellbildung anzuwenden. Kleinenberg, dessen gründliche Erörterung der verschiedenen Theorien über Zelltheilung uns hier wiederholt geleitet, kommt selbst zu der Auffassung dieses Vorgangs als eines Strömungsphänomens, einer molecularen Umlagerung ohne Beziehung auf ein Centrum. Diese Deutung entspricht nun aber ebenfalls nicht unseren Erfahrungen, wäre auch im besten Falle nur eine Umschreibung, nicht eine Erklärung des Vorgangs.

Fol, der zum ersten Mal die radiäre Anordnung des Protoplasma um zwei neue Centra bei der Theilung gesehen hat, deutet letztere als Anziehungscentra, in welchen später die neuen Kerne auftreten. „Ich schliesse mich", schreibt er, „in Folge dessen ganz und gar der Sachs'schen Theorie der Furchung durch Anziehungsmittelpunkte an, nicht etwa aus theoretischen Gründen, sondern weil ich diese Attractionscentren gesehen habe."[2])

Auerbach, der sich zuletzt mit diesen Fragen beschäftigt hat, ist endlich der Ansicht, dass wir „irgend eine effective Ursache des Abschnürungsvorgangs vorläufig kaum ahnen können, höchstens annehmen, dass die Contractilität des Protoplasmas eine vermittelnde Hilfsoperation sei. Wir könnten eben nur sagen: Die Abschnürung beginnt, sobald durch die Vollendung der karyolytischen Figur der Kernsaft in beide Hälften der Dotterportion vertheilt ist. Im Uebrigen ist für uns nur die causa finalis sichtbar, nämlich die Herstellung kleiner Zellen zum Aufbau der Organe des Embryo."[3]) Die

1) Observationes nonnullae de ovorum ranarum segmentatione quae „Furchungsprocess" dicitur. 1863. p. 9.

2) l. c. p. 487.

3) l. c. p. 258.

Mittelpunkte der Sterne, die Auerbach in den sich furchenden Eiern gesehen, deutet er nicht als Anziehungscentra, vielmehr als Zerstreuungscentra für den in die Umgebung diffundirenden Kernsaft.[1])

O. Hertwig hat sich in seiner über Bildung, Befruchtung und Theilung des Eies von Toxopneustes lividus handelnden Schrift meiner in der ersten Auflage dieses Buches niedergelegten Auffassung der Bedeutung der Zellkerne für die Zelltheilung im Wesentlichen angeschlossen.

Auerbach[2]) hat neuerdings für das thierische Gebiet die Ansicht zu vertreten gesucht, „dass der Zellkern bei seiner Neubildung ursprünglich nichts Anderes ist, als eine Art Vacuole, d. h. eine mit Flüssigkeit erfüllte Höhle im Protoplasma, genauer ein Tropfen eines von Protoplasma verschiedenen, klaren Fluidums, welches ohne besondere Umhüllung eine entsprechende Höhle im Protoplasma ausfüllt"; in diesem Tropfen sollen nachträglich die Nucleoli auftauchen, „allem Anschein nach durch Zusammenballung feiner, von der Umgebung abgelöster Protoplasmatheilchen entstehend"[3]), der ganze Tropfen eventuell noch später durch die angrenzende Protoplasmaschicht von einer Kernmembran umgeben werden.

Gegen die Behauptung Auerbach's, dass die Zellkerne Tropfen seien, wendet sich unsere ganze Erfahrung[4]), wir sind vielmehr zu der Ueberzeugung gelangt, dass ihre Gestalt als Ausdruck der in ihrem Innern wirkender Kräfte aufzufassen sei; auch könnten die Structurverhältnisse und die complicirten

---

1) l. c. p. 255.

2) Organologische Studien Heft 2 p. 238.

3) Klebs (Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie III. Bd. 2. Heft, zusammengefasst p. 153) lässt die Kernkörperchen sogar ausserhalb der Zellkerne entstehen und in dieselben erst eintreten.

4) Dagegen Hofmeister l. c. p. 80: „Die Bildung des Zellkerns lässt sich auffassen als die Trennung der eiweissreichsten Theile des Protoplasmas von dessen übriger Substanz und als das Zusammentreten dieser Theile im Innern des Protoplasmas zu einem sphärischen Ballen oder Tropfen."

Vorgänge, die wir in den sich theilenden Kernen beobachtet haben, unmöglich in einer Flüssigkeit auftreten.

Wenn ein Zellkern in neue Theilungsaction treten soll, so schwinden meist seine Vacuolen und Kernkörperchen, seine ganze Substanz wird homogen [1]) und es bildet sich dann der polare Gegensatz zwischen zwei entgegengesetzten Stellen seiner Peripherie aus. In manchen pflanzlichen, vornehmlich aber den thierischen Zellkernen sind die so gebildeten Kernpole auch in stofflicher Beziehung deutlich von der übrigen Kernmasse verschieden, sie zeichnen sich durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen vor derselben aus. Man wäre geneigt anzunehmen, dass der Zellkern von verschiedenen Substanzen gebildet wird, die zeitweise, während der Kernruhe, sich das Gleichgewicht halten, zeitweise, während der Kerntheilung, in Gegensatz treten. Möglich dass bei jedesmaliger Kernruhe die differenten Kernsubstanzen durch Ernährung und Assimilation der aufgenommenen Nahrung vermehrt werden und dass hierdurch ihr Gleichgewichtszustand gestört sie zu gegenseitiger und Trennung veranlasst werden.

Der active Kernstoff ist derjenige, der sich an den Polen ansammelt, wobei er selbst in zwei in polaren Gegensatz tretende Gruppen zerfällt. Von den so gebildeten Polen wird ein anderer Theil der Kernsubstanz abgestossen und sammelt sich zu einer medianen Platte zwischen den beiden Kernpolen an; ein letzter Theil der Kernsubstanz, auf welchen die Pole keine Abstossung auszuüben scheinen, verbindet, fadenförmig differenzirt, die Pole mit der Kernplatte.

Die fadenförmige Differenzirung dieses letzten Substanztheiles könnte, wenn wir an die Wanderung der Plattensubstanz bei Spirogyra von den Polen nach der Aequatorialebene zu denken, vielleicht nur der Ausdruck der Bahnen sein, welche diese Substanz befolgte, vielleicht aber auch der Ausdruck einer activen, radialen Gruppirung der Theilchen dieser Substanz im Verhältniss zu den Polen.

---

1) So auch Auerbach für die Ascaris-Eier, Heft II, p. 228 u. a. m.

Unter dem Einfluss der beschriebenen Vorgänge wird der Zellkern meist in der Richtung einer die beiden Pole verbindenden, die Platte kreuzenden Linie gestreckt, er nimmt hierbei meist, bei relativ geringem Umfange der Pole Spindelform an, kann übrigens, wie Spirogyra zeigt, bei scheibenförmiger Entwickelung der Pole, auch cylindrisch werden. Das Maximum der Entfernung der Pole von der Kernplattensubstanz scheint alsbald erreicht zu sein; da nun aber die beiden Pole noch fortfahren, sich gegenseitig abzustossen, so wird unter ihrem Einflusse, wie mir scheint, die Kernplatte gespalten, und nun weichen die beiden Kernhälften auseinander. Dass die Kernplatte sich hierbei mehr passiv verhält, möchte ich aus dem Umstande schliessen, dass ein mittlerer Theil derselben zu feinen Fäden ausgedehnt wird. Nachdem die Kernhälften eine bestimmte, gegenseitige Entfernung erreicht haben, beginnen die Kernpole in den Fällen, wo sie zugespitzt waren, sich scheibenförmig abzuflachen, und alsbald verschmelzen auch die Körner des Plattensegmentes und die Fäden, welche dieselben von dem Pole trennen, zu einer gleichmässigen Masse. Das ist der Zustand, wo der neuangelegte Kern ganz homogen erscheint; denn auch die Polsubstanz sticht jetzt nur wenig gegen die übrige, homogene Masse ab. Dieser Zustand der neuen Kerne pflegt aber mit dem Augenblick zusammenzufallen, wo in den typischen Theilungsvorgängen die um die Kernpole gebildeten Strahlen, welche das Zellplasma durchziehen, ihre grösste Ausdehnung erreicht haben, wo dieselben in der Aequatorialebene der Zelle zusammenstossen und wo daher die Zelltheilung beginnt.

Im Kern folgt aber dem geschilderten Zustand derjenige seiner definitiven Ausbildung, die mir in dem Gange, welche sie in sich furchenden thierischen Eiern einschlägt, besonders instructiv schien. Da beginnt nämlich von der früheren Segmentseite an die homogene Kernsubstanz sich in dichtere und minder dichte Bestandtheile zu scheiden; die dichteren bilden das Licht stärker brechende Kernkörperchen, die minder dichten schwächer das Licht brechenden, die Grundmasse des Zellkerns,

in der die Kernkörperchen schweben. Um diese Zeit ist der Kernpol noch erkennbar und weisen die umgebenden Strahlen noch auf denselben hin, er scheint sich also nicht an der Bildung der Kernkörperchen und der Grundmasse des Kerns zu betheiligen, auch ist er von der so differenzirten Stelle durch den homogenen Theil des Kernes getrennt. Erst wenn die beschriebene Differenzirung im ganzen Zellkerne vollendet ist, beginnt auch die Substanz des Kernpols sich zu vertheilen und gleichzeitig schwindet das homogene, ihn umgebende Zellprotoplasma und die von letzterem ausgehenden Strahlen. So lange der Kernpol und das ihn umgebende Zellplasma sowie die Zellstrahlen nicht ganz geschwunden, behauptet er auch seine Stellung und kann der ganze Zellkern noch nicht in seine Stelle rücken. Die Polsubstanz scheint sich in der Grundsubstanz des Zellkerns zu vertheilen, ohne besondere Formelemente desselben zu bilden. Freilich ist es nicht leicht Letzteres festzustellen, doch möchte ich fast darauf schliessen, erstens aus dem schon erwähnten Umstande, dass die Differenzirung der Kernsubstanz in Grundmasse und Kernkörperchen schon vor sich geht, wenn die Polsubstanz noch als solche unterscheidbar ist; zweitens aus der wiederholt von mir bei Unio und ein Mal auch bei Phallusia beobachteten Erscheinung, dass die Ansammlung der activen Kernmasse an den Polen ausnahmsweise beginnen kann vor Auflösung der Kernkörperchen, beziehungsweise der Kernhülle, bevor also die Substanz des Kernes homogen geworden ist.

Die endliche Differenzirung der Kernsubstanz führt schliesslich, nach dem Schwinden der Pole, auch bei Unio und Phallusia zur Bildung einer Kernhülle, die, wie die Kernkörperchen, aus dichteren, aus der Grundsubstanz ausgesonderten Bestandtheilen erzeugt wird. Eine ähnliche definitive Umbildung der Kernsubstanz ist auch vielen Pflanzenzellkernen eigen, doch nicht die einzig mögliche. In der homogenen, ziemlich lichtbrechenden Masse des Zellkernes von Spirogyra orthospira sahen wir z. B. einige noch stärker das Licht brechende Kernkörperchen auftauchen, dann alle bis auf eines, stark anwachsendes,

schwinden, dieses dann eine centrale Lage im Zellkern einnehmen. In den freien Endospermzellen von Phaseolus multiflorus konnten wir andererseits verfolgen, dass im homogenen Zellkerne Vacuolen in grösserer Anzahl auftreten, im Uebrigen aber der Kern seine Consistenz behält und auch keine Kernkörperchen in seinen Vacuolen bildet. [1])

Die Zellkerne der von Fol beobachteten Pteropoden waren in ihrer definitiven Ausbildung völlig homogen, durchsichtig, weniger flüssig als das umgebende Protoplasma und hatten keine Nucleoli aufzuweisen. [2])

Der active Kernstoff, der die Kerntheilung und Zelltheilung beherrscht, tritt auch bei der freien Zellbildung als Centrum der Action auf, mag er hier nun einem zuvor aufgelösten Mutterzellkerne entstammen oder neu gebildet worden sein. In den homogenen Zellkernen, die bei der freien Zellbildung auftreten, ist der active Kernstoff in der übrigen Kernsubstanz jedenfalls gleichmässig vertheilt, wenigstens liegt keine optische Wahrnehmung vor, die etwa vermuthen liesse, dass er an der Peripherie des gebildeten Kernes angesammelt wäre, seine peripherische Ansammlung in zur Theilung sich anschickenden Zellkernen ist jedenfalls erst eine Folge der Sonderung dieses Stoffes in zwei sich abstossende Massen. Während bei den in Theilung begriffenen Zellkernen die Strahlen des umgebenden Zellplasma sich daher nur um den Kernpol ansammeln, wird der ganze freientstandene Zellkern gleichmässig von diesen Strahlen umgeben.

Auch in den frei entstandenen homogenen Zellkernen geht später wie in den durch Theilung entstandenen eine Sonderung vor sich, welche in den meisten Fällen zur Bildung von Grundmasse, Kernkörperchen und Kernhülle führt. Diese Sonderung tritt auch hier erst auf, wenn der Höhepunkt der Action des

---

1) Auch die Kerne der Amoeben beschreibt Heitzmann als zunächst homogen, später sollen Vacuolen in denselben sich bilden. (Vergl. Stzb. der W. Ak. Bd. LXVIII, Abth. III 1873, April und Juni.)

2) Archives de Zoologie expérim. T. IV. 1875, p. 10. Vergl. auch die Figuren Taf. I, II u. VIII.

Zellkernes vorüber, und sie offenbart sich recht anschaulich dadurch, dass der Zellkern dann auch meist seine bisherige centrale Lage einbüsst oder einbüssen kann.

Nach definitiver Ausbildung des Zellkernes scheint in allen Fällen eine Ernährung desselben zu folgen, die eine Grössenzunahme veranlasst. Fände eine solche Ernährung nicht statt, so müsste sich ja bei fortgesetzter Zweitheilung jeder Zellkern schliesslich erschöpfen, was um so rascher erfolgen würde, als er ja jedesmal auch einen Theil seiner Substanz in der Bildung der Kernfäden einbüsst.

Vermehrung der Kernkörperchen durch Theilung habe ich nie beobachten können, sie wird von Auerbach in thierischen Zellkernen „ganz unzweifelhaft" angenommen.[1]) Merkwürdig ist dann weiter die Auerbach'sche Hypothese, dass der Zellkern „ein hohler Brutraum sei", „bestimmt, eine junge Zellenbrut in sich zu entwickeln, die Nucleoli aber wahrhaft endogen entstandene Tochterzellen. Für letztere käme es weiterhin darauf an, ob sie gelegentlich einen Ausweg aus der Mutterzelle finden mögen, um als frei gewordene Elementarorganismen weiter zu leben."[2])

Ich bin im letzten Augenblicke noch in der Lage, hier einige Worte über zwei eben erschienene Publicationen einzuschalten; sie betreffen einen kurzen Aufsatz von Auerbach im Centralblatte für die medicinischen Wissenschaften (1876, Nr. 1): „zur Lehre von der Vermehrung der Zellkerne" und vorläufige Mittheilungen von Eduard Van Beneden über das Reifen des Eies, die Befruchtung und die ersten Stadien der Embryonalentwickelung bei den Säugethieren.[3])

In dem erstgenannten, kurzen Aufsatze sucht Auerbach seine Auffassung einer Karyolyse und einer Neubildung der

---

1) Heft I, p. 168.

2) l. c. Heft I, p. 169.

3) La maturation de l'œuf, la fécondation, et les premières phases du développement embryonnaire des mammifères d'aprés des recherches faites chez le lapin. Communication préliminaire. Extrait des Bulletins de l'Académie royale de Belgique 2me sér. t. XL, n° 12; 1875.

Kerne mit den neuermittelten Thatsachen, die er nicht in Abrede stellt, in Uebereinstimmung zu bringen. Auerbach meint vornehmlich, „der bewusste, längsstreifige Körper sei nicht der Mutterkern, sondern der Mitteltheil der karyolytischen Figur, also ein Product der Vermischung der eigentlichen Kernsubstanz mit dem umgebenden Protoplasma“. Es soll dieses aus folgenden Umständen folgen: 1) sei besagter Körper meist grösser, zuweilen viel grösser als der ursprüngliche Kern, 2) sei er nur verschwommen abgegrenzt, 3) sei er erst nach dem erfolgten Verschwinden des alten Kerns sichtbar zu machen, 4) gehe seine Hauptmasse in die Bildung der jungen Kerne gar nicht ein. Dabei heisst es dann weiter: „die jungen Kerne entstehen nicht durch Theilung eines Mutterkerns“, die Beobachtung soll vielmehr lehren, „dass die Substanz des streifigen Wesens nicht in der Bildung der jungen Kerne aufgeht, dass vielmehr letztere nur an den Polen jenes Gebildes als zwei relativ kleine, kugelige, im natürlichen Zustande helle und homogene Körper sich differenziren, zuweilen deutlich aus kleineren Tröpfchen zusammenfliessend, also als Ansammlungen einer vorher vertheilt gewesenen Substanz sich darstellend. Der grössere Rest des bewussten Gebildes aber geht nicht in die neuen Kerne, sondern als Constituens des protoplasmatischen Zellenleibes in diesen über und kommt zum Theil sogar an die Peripherie der Tochterzellen zu liegen, wo er bei Pflanzen die Cellulosemembran mit bilden hilft“. Somit schliesst Auerbach, dass, falls der streifige Körper auch wirklich der Mutterkern wäre, eine Kerntheilung im morphologischen Sinne doch nicht vorläge, ausserdem aber aus diesen Verhältnissen wohl hervorgehe, dass der streifige Körper ein aus den Kernsubstanzen und dem von den Seiten her eingedrungenem Zellprotoplasma combinirtes Gebilde sei, also ein integrirender Bestandtheil und zwar, wie es scheint, bei manchen Zellen der massigste Theil der karyolytischen Figur.

Ich überlasse es dem Leser, zwischen dieser von Auerbach jetzt vertretenen und meiner eigenen Auffassung zu wählen. Ich sehe in der meist eintretenden Vergrösserung des Zellkernes

vor der Theilung ein Wachsthum desselben. Er kann selbst da, wo er im Verhältniss zur Grösse seiner Zelle besonders starkes Volumen erreicht, so in den Pollen- und Sporenmutterzellen, eine scharfe Umgrenzung bis zur Vollendung seines Wachsthumes behalten und wird nicht vergrössert bei nunmehrigem Eintritt in das gestreifte Stadium. Nach dem Eintritt in dasselbe ist in der That im frischen Zustande keine scharfe Grenze zwischen Zellkern und umgebendem Protoplasma aufzuweisen, dieses folgt aber aus dem Umstande, dass die ganze Zellkernmasse, die Kernhülle mit inbegriffen, homogen wird und sich in diesem Zustande von dem umgebenden Protoplasma in ihrem Brechungsvermögen kaum unterscheidet. In pflanzlichen Zellen genügt die Einwirkung des absoluten Alcohols, um die Kernsubstanz meist auch in solchen Entwickelungszuständen sich deutlich, wenn auch nicht immer mit scharfer Umgrenzung gegen das umgebende Zellplasma abheben zu sehen.

Das Wachsthum des Zellkernes geht seiner Theilung voraus und mag dieselbe, wie ich das angedeutet habe, vielleicht veranlassen. Bei Spirogyra orthospira sieht man den Vorgang sich unter dem Auge des Beobachters vollziehen. Die vermehrte, durch ihr Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete Kernsubstanz tritt in die polare Differenzirung ein. Von den Polen abgestossene Massen sammeln sich in der Aequatorialebene zur Kernplatte an: diese Platte spaltet sich, die beiden Kernhälften rücken auseinander, sie geben allmälig ihre bisherige Differenzirung auf, um in diejenige des Ruhezustandes einzutreten.

Ich weiss kaum, was mehr von einer wirklichen Theilung des Zellkernes verlangt werden könnte. Auerbach meint zwar, die Substanz des streifigen Wesens gehe nicht in der Bildung der jungen Kerne auf, vielmehr würden letztere an den Polen jenes Gebildes als zwei relativ kleine, kugelige Gebilde, in natürlichem Zustande helle und homogene Körper differenzirt, zuweilen deutlich aus kleinen Tröpfchen zusammenfliessend. Ich glaube dagegen auch in dieser Auflage gezeigt zu haben, dass die Tochterzellkerne in anderer Weise angelegt werden, und ich weiss kaum diese letzte Behauptung Auerbach's mit der

anderen in Zusammenhang zu bringen, dass die jungen Kerne in dem Stiele der karyolytischen Figur auftreten und erst langsam gegen die Pole derselben rücken. Dass die Pole der Auerbach'schen Figur mit den Polen der Kernspindel zusammenfallen, ist unzweifelhaft; in der jetzt besprochenen Mittheilung heisst es aber auch, dass die beiden jungen Kerne in dem Mittelstiel der Figur ziemlich nahe bei einander auftauchen. — Was den Vorwurf anbetrifft, dass ein Theil der das streifige Wesen bildenden Substanz in den protoplasmatischen Zellenleib übergeht, so muss ich, soweit damit die wirkliche Verwendung von Theilen der Kernplatte zur Bildung der Kernfäden gemeint ist, wirklich zugeben, dass ein Verlust von Kernsubstanz hier stattfindet, ein Verlust, der durch nachträgliche Ernährung der Kerne jedenfalls wieder ersetzt wird. Die Bildung der Kernfäden scheint mir aber eine die Trennung der Kernplatten in zwei Segmente nothwendig begleitende Erscheinung zu sein, ähnlich derjenigen, die man sonst so häufig bei sich trennenden Protoplasmamassen beobachten kann, die ihre Hautschicht zu einem zarten Verbindungsfaden ausdehnen, der schliesslich durchreisst. So sehen wir denn auch die Kernfäden in die Erscheinung treten, selbst wo ihnen, wie bei Spirogyra und den thierischen Eiern, weiter keine Function zufällt. Die Rolle, welche sie in der Pflanzenzelle bei der Bildung der Zellplatte spielen, bin ich, laut früheren Erörterungen, geneigt, für eine secundäre Anpassungserscheinung anzusehen.

Meine ganze Auffassung gipfelt in der zum Theil in dieser Auflage erst scharf formulirten Behauptung, dass von der activen Substanz an den Kernpolen die ganze Structur der Kerne und die Kerntheilung, die Structur des umgebenden Zellplasma und dann die Zelltheilung bestimmt wird; dagegen heisst es bei Auerbach in der letzten Veröffentlichung wieder: „Die jetzt kenntlich werdende Structur (des gestreiften Gebildes) ist aber der optische Ausdruck einerseits von gesetzmässigen Formverhältnissen, unter welchen die Vermischung und später wieder die Trennung der beiderlei Substanzen vor sich geht, von Ungleichmässigkeiten der Vertheilung derselben, wie sie

im Anfange und gegen das Ende des Processes natürlicher Weise vorhanden sein müssen, vielleicht aber auch in dem mittleren Zeitraume in gewissem Grade sich erhalten, andererseits derjenigen Molecularverschiebungen, welche mit der fortschreitenden Längsstreckung des Ganzen zusammenhängen. Im Besonderen bildet sich gegen das Ende des Processes in der Aequatorialebene, durch Auspressen des Kernsaftes nach den beiden Polen hin, eine dichtere Schicht; diese bleibt bestehen und verhindert als Scheidewand das Zusammenfliessen der beiden jungen Kerne, welche nach meiner von Hertwig bestätigten Beobachtung in diesem Mitteltheil der Figur ziemlich nahe bei einander auftauchen und enthält zugleich in sich die Trennungsebene der Tochterzellen."

In den zu zweit genannten, vorläufigen Mittheilungen schildert van Beneden seine Beobachtungen der ersten Furchungsvorgänge der Eier des Kaninchens, so wie der Theilungen der Zellen der Blastosphaera eines vier Tage alten Keimes desselben Thieres.

So weit ich es aus der genannten Mittheilung beurtheilen kann, stimmen Van Beneden's Angaben sehr wohl mit den meinigen überein und lassen sich ohne Weiteres unter die allgemeinen Gesichtspunkte bringen, die ich in diesem Buche vertreten habe.

In dem zweizelligen Eie vornehmlich beobachtete Van Beneden gleich nach vollendeter Theilung einen hellen Fleck, der sich aus zwei verschiedenen Theilen zusammengesetzt zeigte: aus einem kleineren, abgerundeten, der von dem ersten Keimkern abzuleiten ist und den er „pronucleus dérivé" nennt, und aus einem zweiten grösseren, unregelmässig begrenzten, der den ersten völlig umgiebt und den er als „pronucleus engendré" bezeichnet. Er sieht in diesem letzteren den Rest der hellen, homogenen und durchsichtigen Substanz, die an den beiden Polen des ersten Kerns angesammelt war. Sie stehe, meint er, in keiner genetischen Beziehung zu dem ersten Kern, sei vielmehr ein differenzirter Theil des Protoplasma der in Bildung begriffenen Zelle. Der „pronucleus

dérivé“ wachse nun auf Kosten des „pronucleus engendré“ und soll letzteren schliesslich völlig absorbiren. Der „pronucleus dérivé“ ist dann zum Kern geworden. Es geschieht das zu der Zeit, wo die beiden durch Theilung des Eies entstandenen Zellen sich flach an einander gelegt haben.

Wir sehen hier also auch den jungen Kern, den „pronucleus dérivé“ von homogenem Zellplasma umgeben, nur wurde in den von uns beobachteten Fällen dasselbe wohl nur zum geringen Theil zur Ernährnng des Kernes verwendet.

In den Ectodermzellen hat Van Beneden mit Hilfe verschiedener Reagentien vornehmlich den Theilungsmodus der Zellkerne studirt. Die Umrisse des Zellkerns werden zunächst wenig deutlich, seine Gestalt unregelmässig, die Kernkörperchen schwinden; dann tritt eine Trennung in der Substanz des Zellkerns ein und sein Saft sammelt sich an den Polen, während seine Essenz die aequatoriale Platte bildet. Dabei hat sich der Kern bedeutend gestreckt. Longitudinale Streifen will Van Beneden im Zellkerne zu dieser Zeit nicht gesehen haben. Während diese Veränderungen im Zellkerne vor sich gehen, hat sich die Zelle in derselben Richtung wie der Zellkern verlängert, sie soll dabei körniger werden und sich mit färbenden Mitteln schwach tingiren, während benachbarte, unthätige Zellen sich gar nicht färben. Der Zellkern wird spindel-, dann bandförmig. An seinen beiden Polen sammelt sich etwas helle Substanz an, die sich mit Strahlen umgiebt, was am besten die Anziehung zeigt, welche die Pole des alten Zellkernes auf die protoplasmatische Substanz der Zelle ausüben. Die aequatoriale Körnerplatte theilt sich nun in zwei Hälften, die sich von einander entfernen und durch einige Fäden verbunden erscheinen.

Alsbald werden diese Fäden in die Scheiben eingezogen. Dann soll sich zwischen den beiden Scheiben der Kernsaft, der zuvor nach den Polen verdrängt war, ansammeln, die Scheibe selbst an die Enden des Kernbandes rücken und hier in unmittelbare Berührung treten mit den farblosen Ansammlungen, die sich an den Polen des alten Kernes gebildet haben.

Der Zellkörper beginnt eine Einschnürung zu zeigen; in dem die beiden Kernscheiben verbindenden hellen Bande lassen sich jetzt in der Theilungsebene dunkle Punkte sichtbar machen. Diese Punkte reihen sich aneinander, immer zahlreicher werdend, und bilden schliesslich die Trennungswand der beiden entstehenden Zellen. Das an die Trennungswand angrenzende Stück des Kernbandes zieht sich in die Hautschicht derselben zurück, das an die Kernscheibe grenzende verschwindet in dem Zellinhalte, die am Pole gelegene Scheibe aber wird zum Zellkerne der neuen Zelle. Dieser Zellkern wird homogen und scheint sich auf Kosten der ihn umgebenden, hellen Substanz zu vergrössern. Der junge Zellkern nimmt immer weniger von den zugesetzten Farbstoffen auf; die Zelle lässt sich jetzt gar nicht mehr färben.

Ich glaube aus obiger Schilderung zu entnehmen, dass auch in den Ectodermzellen des Kaninchens die Theilung im Allgemeinen in derselben Weise wie in den von mir beobachteten Fällen vor sich geht, spätere Untersuchungen werden wohl volle Uebereinstimmung selbst für die Details ergeben. Interessant ist mir hier besonders noch die Angabe über die Anlage der Trennungswand zwischen den beiden Schwesterzellen, die etwas näher als die von mir betrachteten Vorgänge an diejenigen in pflanzlichen Zellen sich anschliessen lässt.

Eben erhalte ich noch durch die Güte des Herrn Professor Auerbach einen Separatabdruck aus den Beiträgen zur Biologie der Pflanzen von Cohn (Band II, Heft I), der über „Zelle und Zellkern, Bemerkungen zu Strasburger's Schrift: Ueber Zellbildung und Zelltheilung“ betitelt ist. Vor allen Dingen bin ich Herrn Prof. Auerbach für die objective Haltung seiner Polemik in hohem Grade verpflichtet und hege die Zuversicht, dass derselbe das gleiche Bestreben meinerseits in diesem Buche nicht wird verkennen wollen. Ich bin der Ueberzeugung, dass wir beide nach bestem Wissen und Gewissen die Lösung eines wissenschaftlichen Problems suchen, und dieses gemeinsame Streben muss uns vereinigen, auch wo unsere Anschauungen auseinander gehen.

Ich will hier nun versuchen auf einige Bemerkungen von Auerbach zu antworten und zwar nur in so weit, als diese Antworten sich nicht bereits an anderen Stellen dieser neuen Auflage gegeben finden.

Auerbach hebt hervor, dass meine Auffassung der Natur der Zellkerne vornehmlich auf die frei im Ei von Ephedra oder im Embryosack von Phaseolus gebildeter Kerne gestützt sei. Abgesehen davon, dass mir meine Auffassung, dass die Kerne keine Flüssigkeitstropfen seien, aus meinen sämmtlichen Untersuchungen zu folgen scheint, will ich auf den Einwand von Auerbach in Betreff der frei entstandenen Kerne im Embryosack von Phaseolus hier näher eingehen. Auerbach meint nun, um seine Auffassung der Kernnatur zu stützen, das was ich als Kern dort bezeichnet habe, sei das Kernkörperchen, das aber was ich als Zelle deutete, die Kernhöhle. Die Continuität zwischen denjenigen Gebilden, die ich als Kern und Zelle auffasste und in den verschiedenen Entwickelungszuständen auf Taf. V wiedergab, ist evident, daher dieselbe von Auerbach nicht angezweifelt wird und er um seine Auffassung zu wahren, annehmen muss, der Zellkern werde hier schliesslich so gross und verhalte sich so wie ich das für die anwachsende Zelle angegeben (vergl. Fig. 15 u. 16 Taf. V); letztere sei hingegen nur durch den schwachen Plasmasaum repräsentirt, der die Kernhöhle umgiebt. Diese Auffassung von Auerbach wird aber unhaltbar, sobald wir nur bemerken, dass nach erfolgter seitlicher Vereinigung der frei entstehenden Zellen und nun folgender Zweitheilung derselben, jene Gebilde, die Auerbach als Nucleoli bezeichnet, ganz wie sonst Zellkerne sich differenziren und in Theilung eintreten, und dass ihre Nachkommen sich in gleicher Weise verhalten. Ein Zusammenziehen eines grossen Zellkernes, der bis an die Wand der Zelle reichen soll, auf das kleine Volumen eines in der Zellhöhle suspendirten Zellkernes findet hierbei aber sicher nicht statt. Auerbach meint weiter, das Gebilde, welches ich als Zelle bezeichnet, könne gerade deshalb keine Zelle sein, weil es von vornherein als ein Bläschen sich zu erkennen gebe, was der jetzigen Auffassung

der Zelle widerstreite. Dagegen will ich bemerken, dass ich nirgends die hier auftretende Zelle für ein Bläschen erklärt habe, vielmehr nur sagte, dass es von etwas hellerer Färbung als das umgebende Protoplasma sei, wohl in Folge einer grossen Homogenität seiner Masse, deren Theilchen, wie weiter noch hervorgehoben wurde, eine mehr oder weniger deutlich radiale Anordnung zeigen. Erst in etwas älteren Zuständen, wie Fig. 13 meiner Tafel V, treten Vacuolen in dem Zellplasma auf, und zwar nachdem dessen Hautschicht den Charakter einer deutlich markirten Hülle angenommen hat. Cellulose um die Hautschicht lässt sich freilich in diesem Zustande noch nicht mikrochemisch nachweisen. Auch nehme ich nicht an, dass sich das umgebende Protoplasma während des Anwachsens der Zelle an die Hautschicht derselben anlege, meine vielmehr, dass dieses umgebende Protoplasma, wie in so vielen anderen Fällen (in den Asci der Ascomyceten etc.) sich in seinem Zusammenhang verändert und zur Ernährung der anwachsenden Zellen dient, von welchen es schliesslich absorbirt wird. Auerbach meint für seine Auffassung sich auf Hofmeister stützen zu können. Doch auch mit der Hofmeister'schen Schilderung lässt sich die Auerbach'sche Auffassung nur zum Theil in Uebereinstimmung bringen. Hofmeister giebt zwar an, dass bei der Endospermzellenbildung die Kerne in dem Wandbelege aus Protoplasma an der Embryosackhaut als „bläschenartige Gebilde ohne feste Bildungen im Inneren" auftreten, dass die Ballen dichten Protoplasmas, deren Peripherie die Beschaffenheit einer Hautschicht besitzt, sich um dieselbe häufen und so Primordialzellen darstellen, doch folgt auch aus seiner Beschreibung, dass diese Primordialzellen noch von einander getrennt sind, dass sie unter Bildung von Vacuolen im Inneren wachsen und erst dann in Berührung treten und dann erst auch feste, elastische Membran erhalten. [1]) Es geht also aus diesem hervor, dass Hofmeister dasselbe Gebilde wie ich für den Zellkern, dasselbe für die Zelle gehalten, und es musste dort auch in den von ihm beschrie-

1) Lehre von der Pflanzenzelle p. 117 und 118.

benen Fällen das die freien Primordialzellen trennende Protoplasma resorbirt werden, damit sich letztere erreichen. Ich bitte, um die Richtigkeit meiner Behauptung zu constatiren, auch noch den Abschnitt über die Bildung des Endosperms bei Coniferen (l. c. p. 118 und die Figur 30 p. 118) zu vergleichen.[1]) Die Differenz über das erste Auftreten der Zellen zwischen Hofmeister und mir glaube ich aber aus der Verschiedenheit der von uns angewandten Untersuchungsmethode erklären zu können.

Hingegen muss ich bekennen, dass ich in der ersten Auflage dieses Buches, dem Satze, dass Auerbach Vacuolen für Kerne gehalten, eine zu allgemeine Fassung gegeben habe. Diese Stelle fehlt in dieser Auflage und man findet sie an anderen Orten, wie ich meine, auf ihr richtiges Mass zurückgeführt. Ganz irrig war es, wenn ich darin, dass die Zellkerne nicht immer rund sind, einen Beweis gegen ihre Tropfennatur erblicken wollte, selbstverständlich würden sie als Tropfen letztere Gestalt nur zu zeigen haben, wenn keinerlei äussere Einwirkungen mit ihren inneren Molecularkräften collidiren. Dieser Fall schwebte mir vor, als ich den genannten Satz niederschrieb. Ebenso hätte ich mich bestimmter fassen sollen, als ich behauptete: Etwas der palingenetischen Vermehrung Aehnliches hätten wir im Pflanzenreiche nicht aufzuweisen. Ich verband damit die ganz bestimmte Vorstellung, welche sich Auerbach von der Entstehung und der Natur der Zellkerne gebildet hatte und dachte zunächst auch nur an die Zweitheilung, um die es sich an der betreffenden Stelle handelte. Ich nehme Kerntheilung, wie in der ersten Auflage meines Buches so auch in dieser, nur bei Zweitheilung der Zelle an und war stets bemüht zu zeigen, wie bei jeglicher Vielzellbildung der Mutterzellkern aufgelöst wird und wie aller Wahrscheinlichkeit nach dessen Substanz sich zu neuen Zellkernen (wenn solche

---

1) Vergl. auch Hofmeister, Abh. d. sächs. Ges. der Wiss. Bd. VII, p. 702, dann Dippel, das Mikroskop, Bd. II, p. 44 u. Taf. II Fig. 14, und Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. p. 563.

nunmehr überhaupt individualisirt werden) dann sammelt. Bei solcher Auflösung des Mutterzelkerns fällt auch die für dessen Theilung giltige Differenzirung weg.

Die weiteren Punkte, welche die Auerbach'sche Abhandlung über Zelle und Zellkern enthält, habe ich bereits bei Besprechung seines Aufsatzes aus dem Centralblatte berücksichtigt und verweise somit auf das bereits Gesagte.

Die Bewegungserscheinungen und Formveränderungen, wie sie von Hanstein[1]), Auerbach und O. Hertwig (l. c.) an den Kernen, von den beiden letzteren auch an den Kernkörperchen geschildert werden, habe ich nicht zum besonderen Gegenstande meiner Untersuchungen gemacht.

Es wird seit Pringsheim zwischen Hautschicht und Körnerschicht[2]) im Protoplasma unterschieden; wir haben im Laufe dieser Darstellung gesehen, wie sehr diese Unterscheidung geboten ist und brauchten im gleichen Sinne, da die Bezeichnung Körnerschicht für mit körnigem Protoplasma ganz erfüllte Zellen nicht zutraf, die Ausdrücke Körnerplasma und wohl auch Hautplasma. Das Hautplasma sowohl als auch das Körnerplasma besteht aus einer homogenen, glashellen Substanz, doch bleibt in dem Hautplasma diese Substanz stets körnerfrei, während sie in dem Körnerplasma sich mit Körnern beladet. Dass beide Substanzen, die körnerlose und die körnerhaltige, ver-verschieden sind, das zeigt ihr Verhalten zum Zellkern, der auf die Substanz des Körnerplasma gleichsam anziehend, auf diejenige des Hautplasma gleichsam abstossend wirkt. Die Körner, welche das Körnerplasma führt, werden von den in voller Action stehenden Kernen oder Kernpolen ebenfalls bis zu einer gewissen Entfernung abgestossen. Daher erscheint die Substanz des Körnerplasma hier körnerlos angesammelt. In

---

1) Sitzb. d. niederrh. Ges. in Bonn, 19. Dec. 1870.

2) Pflanzenzelle p. 4 u. ff.

weiterer Entfernung von den Kernpolen wird die radiale Anordnung der von demselben geführten Körner merklich.

In vielen Fällen haben wir in ruhenden Zellen das Körnerplasma in netzförmiger oder richtiger kämmeriger Vertheilung gefunden, wo dann die Wände der Kammern von der homogenen Grundmasse des Körnerplasma aufgebaut wurden, die Körner an diesen Wänden sich angelagert fanden, die Hohlräume der Kammern sich aber von mehr oder weniger concentrirter Eiweisslösung erfüllt zeigten. Das Hautplasma fanden wir an in starkem Wachsthum befindlichen Orten von Spirogyra und an den Schwärmsporen von Vaucheria ornithocephala wie aus radialen Prismen aufgebaut; die Anwendung entsprechender chemischer Reagentien liess diese Schicht bei Vaucheria quellen und verwandelte sie in eine Schicht rechteckiger Kammern, bei denen die radial gestellten Wände sehr stark entwickelt und lichtbrechend, die tangential gestellten hingegen sehr schwach waren. Durch diese eigenthümliche Vertheilung und den Mangel von Körnern war die bei Vaucheria besonders mächtige Hautschicht sehr scharf gegen das Körnerplasma des Inneren abgesetzt.

Wie bekannt, gehen im Körnerplasma die Assimilationsprocesse vor sich. In den einfachsten Fällen, so bei manchen niederen Algen, ist zu diesem Zwecke das ganze Körnerplasma von Chlorophyll inprägnirt; bei eingetretener Arbeitstheilung sind es nur Theile desselben, doch constant Theile des Körnerplasma. In Spirogyrazellen die sich in raschem Wachsthum befanden, waren die grüngefärbten Theile des Körnerplasma unbeweglich, die nicht gefärbten hingegen in lebhafter Strömung begriffen. Die Ströme führten den Orten stärksten Wachsthums Baustoffe zu. Mit ebenderselben Arbeit fanden wir sie während der Bildung der Querwand in sich theilenden Zellen beschäftigt. Es war in beiden Fällen festzustellen, dass die Stärkekörnchen in der Nähe der Verbrauchsorte noch innerhalb des Körnerplasma gelöst, jedenfalls schon hier in Cellulose übergeführt wurden, die zum Wachsthum respective zur Neubildung der Cellulose-Membran dienen sollte. In den Spirogyra-Zellen haben also die Chlorophyllbänder und Körner als Theil

des Körnerplasma das Geschäft der Assimilation übernommen, während das ungefärbte Plasma dem Transport unaufgelöster Stoffe nach den Verbrauchsstellen dient und auch die Vorgänge des Stoffwechsels sich in demselben abspielen können.

Es scheint nach alledem in der Sonderung des Protoplasmas in Körnerplasma, Hautplasma und Kernplasma eine Arbeitstheilung vorzuliegen, so zwar, dass ein Theil des Protoplasmas, der Zellkern, vornehmlich die molecularen Vorgänge der Zellbildung beherrscht; die Hautschicht die Abgrenzung des Ganzen nach aussen übernommen hat, das Körnerplasma das Geschäft der Ernährung besorgt.

Ich kann nicht umhin, eine Stelle aus Haeckel's genereller Morphologie [1]) anzuführen, wo die hier gewonnene Auffassung im richtigen Vorgefühl schon annähernd ausgesprochen wird. Haeckel hebt dort die bedeutende Rolle hervor, welche der Kern allgemein bei der Fortpflanzung der Zellen spielt. „Fast immer geht der Theilung des Protoplasmas die Theilung des Zellkerns vorher und die beiden so entstandenen Kerne wirken nun als selbständige Attractionscentra, um welche sich die Substanz des Protoplasmas sammelt. Das Protoplasma dagegen ist von grösster Bedeutung für die Ernährung der Zelle. Ihm scheint bei der Zellvermehrung eine mehr passive Rolle zugetheilt zu sein, und seine Hauptaufgabe scheint in der Zuführung des Nahrungsmaterials zum Kerne und in der Vermittelung des Verkehrs der Zelle mit der Aussenwelt zu liegen.“ „Bei den Cytoden, wo Kern und Protoplasma noch nicht differenzirt sind, werden wir das gesammte Protoplasma als das gemeinsame Organ beider Functionen zu betrachten haben.“

Ueberall, wo innerhalb des Körnerplasma neue Zellen frei entstehen, wird unter dem Einfluss von centralen Kräften Hautplasma an die Peripherie dieser Zellen gedrängt. Solches Hautplasma findet sich alsbald auch an frei hervortretenden protoplasmatischen Inhaltsmassen von Zellen ein, so wie auch an Wundflächen, sobald sich der protoplasmatische Inhalt der

1) Bd. I, 1866, p. 288.

Zelle gegen dieselben abgeschlossen. Dieses beweist jedenfalls, dass Hautplasma auch zwischen dem Körnerplasma vertheilt sich finden, ja auch aus demselben erzeugt werden kann, dann aber auch nicht mehr identisch mit ihm ist, da es sich von ihm sondert und ein ganz anderes Verhältniss zum Zellkerne zeigt. Daher kann ich das Hautplasma nicht einfach als die Grundsubstanz des Protoplasma gelten lassen. Andererseits haben wir aber auch erkannt, dass seine Deutung als einer durch Oberflächenspannung verdichteten äussersten Schicht des Protoplasmas in keiner Weise zutrifft.

Die Functionen des Zellkerns traten uns nur in den typischen Zellen deutlich entgegen, in modificirten Zellen sahen wir ihn hingegen seine frühere Bedeutung theilweise, oder selbst vollständig einbüssen. Neue, specielle Anpassungen der Zelltheile an diese oder jene Function waren dann festzustellen.

In Zellen ohne Zellkern sammelt sich wohl jedesmal Kernplasma in den neuen Bildungscentren an und beherrscht die Zellbildung, um sich nach Vollendung derselben wieder zu vertheilen. Da ist die Arbeitstheilung noch nicht bis zur Individualisirung eines Attractionscentrums vorgeschritten. Bei der von Haeckel beschriebenen, sich auch durch Zweitheilung vermehrenden Protamoeba primitiva schien nicht einmal eine Trennung in Hautplasma und Körnerplasma durchgeführt.

FÜNFTER THEIL.

Die Befruchtungsvorgänge und ihr Verhältniss zur Zellbildung und Zelltheilung.

An die Angaben früherer Autoren anknüpfend, hat Bütschli in letzter Zeit wiederholt festzustellen gesucht, dass ein Theil des Eikerns[1]), wenn nicht der gesammte Eikern[2]), aus dem Ei ausgestossen wird, um zu dem sog. Richtungskörper zu werden. Dabei gab Bütschli an, dass dieser auszustossende Körper spindelförmig werde und in die Differenzirung eines in Theilung befindlichen Zellkernes eingehe. Drei Figuren (12, 13 u. 14, Tafel VII), die mir Dr. Bütschli zu veröffentlichen gestattete, sollen das Gesagte illustriren.

Die Bütschli'schen Untersuchungen veranlassten mich, meinen Blick auch auf das Pflanzenreich zu richten und mir die Frage zu stellen, ob denn dort nicht ähnliche Verhältnisse Geltung haben sollten; war ja aus meinen Untersuchungen eine so völlige Uebereinstimmung der Theilungsvorgänge in beiden Reichen hervorgegangen. Längere Ueberlegung liess denn auch wirklich eine Reihe von Thatsachen in dem Lichte der von Bütschli geschilderten Vorgänge erscheinen, Thatsachen, die wohl geeignet sein dürften, eine weitere Uebereinstimmung auch in den Befruchtungsvorgängen für das ganze organische Reich anzubahnen.

In dem jungen Ei der Kiefer oder der Fichte ist der Zellkern stets in dem organisch unteren Ende zu finden, in

1) Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 25, p. 209.

2) l. c. p. 430.

demjenigen Ende also, mit welchem das Ei an den Hals des Archegonium anstösst. Der Zellkern drückt sich diesem Ende fest an (Tafel II, Fig. 15 a und b) und füllt dasselbe alsbald fast völlig aus (Taf. II, Fig. 16 a und b).[1]) Dieser Zustand erhält sich ziemlich lange, und relativ erst kurz vor der Empfängnisszeit tritt eine Veränderung desselben ein. Der Zellkern theilt sich jetzt nämlich in zwei Hälften und beide werden sofort durch eine Hautschichtplatte von einander getrennt. Die eine Hälfte wird zum Kern der sog. Kanalzelle, welche, da der Mutterzellkern die Basis des Eies fast vollständig einnahm und sich auch in dieser Stellung theilte, beinahe ausschliesslich von dem Tochterzellkerne gebildet wird. Die eine Hälfte des Mutterzellkerns ist somit von nur ganz wenig Protoplasma umgeben, durch eine Hautschicht-Wand von dem Ei abgetrennt worden. Seine zweite, im Ei verbliebene Hälfte liegt der Kanalzelle dicht an, entfernt sich alsbald aber rasch von ihr, wobei sie Kernfäden bildet, welche an die ganze Breite der Kanalzelle ansetzen. Das ist der Zustand, den unsere Figuren 17 a und b und dann weiter Fig. 18 vorführen. In dem darauf folgenden Entwickelungsstadium werden aber die Kernfäden unsichtbar und rückt der Eikern, bedeutend anwachsend, bis in die Mitte des Eies vor (Fig. 20). Ich bezeichnete die Kanalzelle der Coniferen früher als ein rudimentäres Gebilde, weil dieselbe ohne irgend wie wahrnehmbare Function schliesslich vom Pollenschlauch verdrängt wird. Trotzdem bin ich nun freilich jetzt geneigt, dieser Kanalzelle eine ganz bestimmte Bedeutung beizulegen; ich möchte in ihr ein Analogon desjenigen Gebildes erblicken, das bei den thierischen Eiern den Namen „Richtungskörper“ führt, also annehmen, dass bei ihrer Bildung der Kern der Eianlage sich gewisser Bestandtheile entledigt und sich so für die zukünftige Befruchtung vorbereitet.

---

1) In diesem Entwickelungszustande glaubte ich früher, sei die Kanalzelle schon angelegt, hielt den Eikern für dieselbe, suchte aber nach letzterem im Inneren des Eies.

Diese Befruchtung beginnt aber, wenn der mit körnigem Inhalt dicht erfüllte Pollenschlauch an das Ei herantritt. Der Inhalt des Pollenschlauches dringt jedenfalls in gelöster Form in das Ei ein, denn er passirt hierbei bei der Fichte die feinen, mit zarten Membranen verschlossenen Poren, respective bei der Kiefer einen grösseren, ebenfalls verschlossenen Porus an der Spitze des Pollenschlauches.

Der Pollenschlauch-Inhalt wird sichtbar in den Eikern aufgenommen, dabei dringt er bis zu demselben vor, entweder in dem Masse, wie er den Pollenschlauch verlässt (Fig. 9, Tafel VIII), oder er sammelt sich zuvor am Pollenschlauchende zu einem zellkernartigen Gebilde, wie es unsere Figur 10, Tafel VII zeigt, an und erst dieses bewegt sich zum Eikern hin. Seltener scheinen statt eines grösseren mehrere kleinere zellkernartige Gebilde am Pollenschlauch nach einander zu entstehen, und diese dürften dann auch succedan in den Eikern aufgenommen werden. In den meisten Fällen fand ich den Eikern zur Befruchtungszeit aus gleichmässig feinkörnigem Protoplasma gebildet, ohne Kernkörperchen, solche zeigen sich aber für alle Fälle bei Aufnahme des Befruchtungsstoffes. Fig. 9 und 11, Tafel VII führen uns den Augenblick der Befruchtung vor, dann tritt aber, wie uns schon bekannt, die Auflösung des Eikernes ein (Tafel II, Fig. 23), welcher die Bildung der vier Kerne im Scheitel des Eies folgt. (Fig. 24 u. ff. Tafel II.)

Bei Abietineen, wo Stärke im Pollenschlauche vorhanden, tritt solche in nachweisbarer Form im Keimkern nicht auf, bei den Cupressineen hingegen, wo keine Stärke im Pollenschlauche zu finden ist, füllt sich der Eikern bei der Befruchtung dicht mit derselben an.

Wie bei den Coniferen fand ich die Kanalzelle seitdem sehr schön entwickelt bei Cycas sphaerica.

Für die Muscineen und Gefässkryptogamen ist die Existenz derselben hinlänglich bekannt und zwar ist zu betonen, dass nur dasjenige Gebilde dort als der Kanalzelle der Coniferen homolog anzusehen ist, welches Janczewski als Bauchkanalzelle von der Halskanalzelle unterschieden hat.

„Die Kanalzellen", schreibt Janczewski [1]), „sind nicht bloss den Gefässkryptogamen eigen, sondern auch den Moosen. Es sind zwei Arten davon zu unterscheiden: Hals- und Bauchkanalzellen. In jedem Archegonium, gleichgiltig zu welcher Pflanze es gehört, ist nicht mehr als eine Bauchkanalzelle vorhanden. Diese ist immer die Schwesterzelle der Embryonalzelle, mit welcher sie ihren Ursprung von der vergrösserten Centralzelle ableitet. Als Schwesterzelle der Centralzelle ist die Halskanalzelle zu betrachten." [2])

Vor der Befruchtung wird bei Wasserzutritt, durch Quellung einer an den Seitenwänden der Kanalzellen entstandenen, mit Chlorzinkjod sich blaufärbenden Schleimmasse, das Archegonium geöffnet und der protoplasmatische Inhalt und Schleim der Kanalzellen aus dem Archegonium ausgestossen. Der Schleim dient zum Einfangen der Spermatozoiden und inducirt denselben den Weg in das Archegonium; der protoplasmatische Inhalt geht aber ohne alle Function vor dem Archegonium zu Grunde.

Auch an den Eiern der niederen Kryptogamen, und zwar gewisser Algen, hat man eine peripherische Ansammlung farbloser Substanz vor der Befruchtung beobachtet und feststellen können, dass ein Theil dieser Substanz dann ausgestossen wird.

Diese farblosen Plasmamassen sind bereits oft mit den Kanalzellen der höheren Kryptogamen verglichen worden, und es dürften den letzteren entsprechende Bildungen überhaupt erst dort aufhören, wo ein Gegensatz zwischen den sich bei der Befruchtung vereinigenden Zellen nicht mehr vorhanden ist: bei der sog. Copulation, oder wo ganz eigene, secundäre Anpassungen der typischen Befruchtungsvorgänge vorliegen.

Bei den Metaspermen (Angiospermen) ist der sog. Fadenapparat des Eies von mehreren Seiten schon für homolog den

---

1) Bot. Zeitung 1872, Sp. 443.

2) Ich schliesse mich diesen Angaben von Janczewski jetzt durchaus an, Bauke meint hingegen neuerdings (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. X, p. 80, 1875), die Bauchkanalzelle könne auch aus dem Halskanal entstehen.

Kanalzellen (also eigentlich Bauchkanalzellen) der höheren Kryptogamen erklärt worden und, wie ich glaube, mit Recht. Somit hätten wir aber im ganzen Pflanzenreiche Anknüpfungspunkte für die Existenz dieser Gebilde, denen ich überhaupt überall dieselbe Bedeutung, wie ich sie eben für die Coniferen geltend gemacht habe, beilegen möchte.

Doch wenden wir uns jetzt zu den Vorgängen im Thierreiche, die ja unsere Untersuchungen des Pflanzenreiches veranlasst haben, und sehen, ob die bei Pflanzen gewonnenen Anschauungen mit den dort geltenden in Uebereinstimmung zu bringen sind. Wir müssen die äusserst zahlreichen und sehr widersprechenden Literaturangaben dort zunächst einer kritischen Sichtung unterwerfen und sehen, in wie weit dieselben die Aufstellung allgemeiner Gesichtspunkte schon gestatten.

Es existiren Controversen darüber, ob im thierischen Ei der Kern überhaupt erhalten bleibt oder nicht, und wenn er erhalten bleiben sollte, ob vollständig oder nur zum Theil. Welcher Theil, fragt man dann weiter, verbleibt im Ei, und in welchem Verhältniss stehen die ausgestossenen Richtungskörper zum Zellkerne?

Die letzten Untersuchungen, welche sich mit diesen Fragen eingehend beschäftigen, verdanken wir O. Hertwig.[1]) Ich kann über dieselben mit voller Sachkenntniss referiren, da ich auch Hertwig's Präparate zum grossen Theil gesehen habe. Aus diesen geht nun, seiner Schilderung gemäss, zunächst hervor, dass im Inneren des reifen Eies des Toxopneustes lividus, einer Seeigelart, ein aus homogenem Protoplasma bestehendes, kugeliges Gebilde bis zur Befruchtungszeit erhalten bleibt. Hertwig bezeichnet dieses Gebilde als Eikern und möchte dasselbe als „Keimfleck“ (nucleolus) des „Keimbläschens“ (nucleus) gelten lassen. Ja es scheint ihm in hohem Grade wahrschein-

1) Beiträge zur Kenntniss der Bildung der Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Separatabdruck aus dem 1. Bande der Jahrbücher für Morphologie von Gegenbaur.

lich zu sein, dass im ganzen Thierreiche der Eikern des reifen, befruchtungsfähigen Eies vom Keimfleck des sich auflösenden Keimbläschens abstamme.[1]) In dieser Auffassung kann ich nun O. Hertwig nicht beistimmen, und zwar zunächst, weil ich dieselbe mit den Angaben anderer Autoren nicht in Uebereinstimmung bringen kann, vornehmlich auch nicht mit den Beobachtungen von Bütschli[2]); ausserdem vermisse ich bei O. Hertwig den endgiltigen Beweis für diese Angabe und finde sie vielmehr nur auf negative Instanzen gestützt. O. Hertwig schliesst auf die Identität von Keimfleck und von dem, was er Eikern nennt, aus der Uebereinstimmung des Verhaltens beider gegen Reagentien; zweitens aus dem Umstande, dass sich beide in ihrer Existenz ausschliessen, denn wenn das an die Peripherie des Eies gewanderte Keimbläschen noch seinen Keimfleck besitzt, fehlt der Eikern im Ei, und umgekehrt. Den Uebertritt des Keimflecks aus dem Keimbläschen in's Eiplasma hat er direct nicht gesehen und giebt daher selber an[3]), die Möglichkeit, dass der Keimfleck sich auflöse und der Eikern neu entstehe, lasse sich nicht ganz abweisen. Wenn wir aber weiter bedenken, dass die in Frage stehenden Vorgänge sich bereits innerhalb der Ovarien abspielen und dass nur aus einzelnen Entwickelungszuständen auf dieselben geschlossen werden musste, so möchten wir auch weiter die Frage aufwerfen, ob denn die Identität des ursprünglichen Keimflecks im centralen Keimbläschen mit dem ihm ähnlichen Gebilde im peripherischen so ganz sicher sei. Wird ja auch auf diese ihre Identität nur aus den gleichen Ursachen geschlossen, wie auf die Identität des vermeintlichen Keimflecks mit dem Eikern. Andererseits giebt aber Hertwig an, dass das peripherische Keimbläschen gegen das centrale Veränderungen erfahren habe, so der Membran entbehre, dagegen unregelmässig gestaltete Körper führe, die im centralen Keimbläschen fehlen. O. Hertwig deutet das

1) Des Separatabdruckes p. 32.

2) Vorläufige Mittheilungen in dem XXV. Bande der Zeitschrift für wiss. Zoologie.

3) l. c. p. 11.

als Degenerationserscheinung des Keimbläschens, nur der Keimfleck sollte unverändert geblieben sein. Nun lassen sich aber auch gegen diese letzte Behauptung Bedenken aufbringen, so lange sie nicht durch directe Beobachtungen der Continuität sicher gestellt worden. Eine Stoffumlagerung im Keimbläschen ist wohl denkbar, welche, nach Auflösung des primären Keimflecks, ein ihm ähnliches Gebilde hervorgebracht hätte; ist doch Solches fast zu vermuthen, da wo von anderen Autoren eine Ausstossung des Keimflecks angegeben wurde. Derartige Vorgänge können so rasch verlaufen, dass sie auf getrennten Entwickelungszuständen nur höchst selten zur Anschauung kommen. Nicht unmöglich bleibt es auch immer noch, so lange das Gegentheil nicht strict erwiesen vorliegt, dass auch hier zuvörderst ein Theil dessen, was Hertwig als Keimfleck bezeichnet, aus dem Ei ausgestossen wird und dass uns in dem Gebilde, dessen schliessliche Einwanderung aus dem Keimbläschen in's Ei nicht unwahrscheinlich ist, nur noch ein Rest der ursprünglichen Kernmasse vorliegt.

Ich berühre alle diese Möglichkeiten, um die Hertwig'schen Angaben in Uebereinstimmung mit sonstigen Erfahrungen [1]) zu bringen und glaube hierzu nicht weniger berechtigt zu sein, als Hertwig selbt, wenn derselbe auf Grund einer nicht völlig continuirlichen Beobachtung die widersprechenden Angaben Anderer in Uebereinstimmung mit seiner Ansicht zu bringen sucht, dass wahrscheinlich im ganzen Thierreiche der „Eikern" vom Keimfleck des sich auflösenden Keimbläschens abstammt.

Gegen diese Deutung sprechen nun zunächst die Angaben, über solche Fälle, wo das Verschwinden des Keimflecks direct behauptet wird.

---

[1]) Die diesbezügliche Literatur entnehme ich, soweit nicht anders angegeben, aus jüngsterschienenen Schriften von Oellacher, Archiv f. mikr. Anat. 1872, Bd. VIII, p. 1; von Flemming, Sitzber. der K. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. LXXI, 1875; Fol, Archives de Zoologie expérimentale 1875, Tome IV, und O. Hertwig l. c.

So schildert de Quatrefages, dass die frisch gelegten Eier von Teredo noch das Keimbläschen und den Keimfleck besitzen. Einige Augenblicke nach dem Contact mit den Spermatozoiden schwindet der Keimfleck, „man könnte sagen, er löse sich in der Substanz des Keimbläschens auf“.[1]) Letzteres bildet nun einen hellen Raum, dessen Gestalt unter den Contractionen der Dottermasse ununterbrochene Veränderungen erleidet. Nach etwa zwei Stunden verlängert sich ein farbloser Fortsatz des Keimbläschens bis an die Oberfläche des Dotters, und ein durchsichtiges Kügelchen wird hier ausgestossen.

Alle solche Angaben, wo ein helles, homogenes Gebilde ohne Membran als Keimbläschen im reifen Ei angegeben wird (Johannes Müller bei Entoconcha mirabilis; Leydig bei Räderthieren; Kölliker, Gegenbaur und Haeckel bei Siphonophoren; Van Beneden bei Distomum cignoides; Flemming bei Najadeen; Fol bei Geryoniden und Pteropoden), brauchen also, meine ich, nicht durchaus auf die Erhaltung des Keimflecks, sondern überhaupt nur auf die Erhaltung eines Theiles des Keimbläschens hinzudeuten. Dabei möchte ich an dieser Stelle daran erinnern, dass auch bei Beginn einer jeden Kerntheilung der Kern ganz homogen wird, indem sich die Kernkörperchen in seiner Masse auflösen und erst in den secundären Kernen wieder auftauchen, wenn deren Bildung vollendet ist. Für alle Fälle müsste Hertwig aber um seine Auffassung der zurückbleibenden Keimbläschenmasse als Keimfleck verallgemeinern zu können, erst solche Einwände wie sie sich aus der de Quatrefages'schen Schilderung ergeben durch directe Beobachtungen beseitigen.

Die Hertwig'sche Schilderung der Vorgänge bei Seeigeln lässt auch keinen Raum für die Existenz der sog. Richtungskörper übrig, und wenn ich auch nicht die Möglichkeit bestreiten darf, dass solche Richtungskörper bei Seeigeln fehlen können, so muss ich andererseits hier daran erinnern, wie allgemein sonst ihre Verbreitung im Thierreiche ist. Dieselben sind bereits bei Coelenteraten, Mollusken, Würmern, Fischen

1) Ann. d. sc. nat. Zoologie. 3me Sér. Tome XI, 1849, p. 207.

und Säugethieren beobachtet worden. In vielen Fällen zeigten sie aber unzweifelhaft eine Beziehung zu eben demjenigen hellen Gebilde, das das Keimbläschen vertritt und das Hertwig als Keimfleck deutet, der also dann keinesfalls in seiner Gesammtmasse erhalten bleiben könnte. So giebt Warneck für Gasteropoden an, dass der helle Fleck sich in zwei theilt, von denen einer im Centrum verbleibt, der andere die Peripherie erreicht, um hier ausgestossen zu werden, ebenso de Quatrefages für Teredo und ganz neuerdings Fol in der sichersten Weise für Pteropoden.

Flemming findet im Najaden-Ei, im Falle der Richtungskörper noch nicht ausgestossen wurde, einen hellen Fleck im Centrum.

Bütschli [1]) beschreibt zunächst, dass bei kleinen, freilebenden Nematoden der Keimfleck selbst im reifen Eierstock oft sehr undeutlich und nach dem Eintritt des Eies in den Uterus meist nicht mehr zu erkennen sei. Dann sollen auch die Umrisse des Keimbläschens undeutlicher werden, dasselbe sich nach der Oberfläche des Dotters drängen und hier anscheinend einen rundlichen, ziemlich dunkeln Körper ausstossen, der seinem Aussehen nach mit dem frühern Keimfleck übereinstimmt. Im Cucullanus-Ei findet Bütschli einen spindelförmigen Körper, der alsbald ausgestossen wird und den er zunächst ebenfalls für den metamorphosirten Keimfleck erklärte, jetzt aber für den ganzen, seines Saftes beraubten Kern hält.

Bütschli zeigte zuerst, und dies wird uns durch seine Abbildung von Nephelis erläutert, die er mir erlaubte in meine Tafeln aufzunehmen, dass der in Ausstossung befindliche Körper die Differenzirung eines in Theilung begriffenen Zellkerns annimmt. Er lässt nun freilich neuerdings [2]) den ganzen Kern als Richtungskörper austreten und stimmt darin mit Oellacher, Flemming und einigen anderen Forschern überein; es ist nicht möglich, diese Angabe mit der durch Hertwig sicher gestellten

1) l. c. p. 203.
2) l. c. p. 430.

Thatsache in Uebereinstimmung zu bringen, dass im Seeigelei ein Kernbestandtheil definitiv im Ei erhalten bleibt. Ebenso will das nicht zu meinen Beobachtungen an pflanzlichen Eiern stimmen, und ebensowenig auch zu den letzten Angaben von Fol[1]) für Pteropoden, wo in unzweifelhafter Weise gezeigt wird, dass der Kern des Eies sich theilt, die eine Hälfte desselben ausgestossen wird, die andere im Ei verbleibt. Bei der Theilung musste der Eikern hier die Spindelform annehmen, was zu der Angabe von Bütschli stimmt, die also mit den Fol'schen in Uebereinstimmung zu bringen ist, sobald wir annehmen wollen, dass von der Bütschli'schen Spindel nur die eine Hälfte ausgestossen wird, die andere im Ei verbleibt. Hiermit wäre dann aber gleichzeitig auch volle Uebereinstimmung mit dem Vorgange der Kanalzellbildung bei den Coniferen gewonnen. Dass aber der ursprüngliche Kern der Eianlage zunächst homogen wird, das stimmt durchaus zu dem Verhalten jeglicher Zellkerne, wenn sie sich zu einer neuen Theilung vorbereiten.

Wo eine Ausstossung des ganzen Eikernes angegeben worden, da scheint mir wohl zweierlei vorzuliegen: entweder ist ein bleibender Eikern im Ei übersehen worden, oder dieser Eikern vertheilt sich, wenn auch zurückbleibend, so im Ei, dass er nicht mehr als besonderes Element desselben festzustellen ist.

Unter die erste dieser Kategorien fallen meine eignen, in der ersten Auflage dieses Buches gemachten Angaben über die völlige Kernlosigkeit der reifen Eier von Phallusia. Die Hertwig'sche Publication veranlasste mich, die betreffenden Eier auf dem mir fraglich gewordenen Punkt nochmals vorzunehmen; ich behandelte zu diesem Zwecke meine Alcohol-Präparate nach dem Hertwig'schen Vorbilde, mit Osmiumsäure und Beale'schem Carmin, dann ausserdem mit Glycerin und Carbolsäure, und das Resultat war, dass sich auch in ihnen ein Eikern fand (Taf. VIII, Fig. 2 u. 3), der dem von Hertwig beobachteten durchaus entsprach. Dieser Eikern liegt hier der Hautschicht

1) l. c. p. 107.

nicht an, ist derselben oft sogar angedrückt, ausserdem aber von einer helleren Zone umgeben, die aber nicht scharf gegen das angrenzende Protoplasma abgeschieden ist, wie es die Figuren zeigen. An frischen Objecten ist von diesem Gebilde nichts zu sehen und auch an künstlich behandelten Objecten ist es wohl nur dann aufzufinden, wenn man speciell nach demselben sucht. Daher denn auch die übereinstimmenden älteren Angaben, dass die reifen Ascidien-Eier kernlos seien; daher aber auch, wie zum Theil schon festgestellt worden [1]), die älteren Angaben über die Kernlosigkeit reifer Medusen- und Siphonophoreneier (Kowalevsky, Mecznikow). In die zweite Kategorie der vorhin erwähnten Möglichkeiten, dass sich nämlich die zurückbleibenden Kerntheile im Eie vertheilen, scheinen die bei Nematoden gesehenen Vorgänge zu gehören. Bei Tylenchus beobachtete Bütschli, dass nach Ausstossung des Richtungskörpers, der ungemein mit dem früheren Keimfleck übereinstimmen soll, die helle Masse des Keimbläschens nach kurzer Zeit wieder in den Dotter zurückzusinken scheine, bei Cephalobus hingegen sich in oder auf dem hellen Protoplasmamantel des Eies ausbreite, der zu dieser Zeit die äusserste Schicht des Dotters bildet.[2]) Auerbach lässt auch das Keimbläschen bei Strongylus auricularis verschwinden.

Eben an dieser Slelle will ich auch die letzten Angaben von Van Beneden (l. c.) über das Ei des Kaninchens einschalten. Derselbe sah das Keimbläschen nach der Peripherie des Dotters wandern und hier von einer farblosen Hautschichtmasse umgeben werden. Der Nucleolus soll sich dann abflachen und der zu äusserst gelegenen Stelle der Keimbläschenhaut andrücken, die Keimbläschenhaut an allen anderen Orten aber bald schwinden. Dann werden nach Van Beneden die Richtungskörper ausgestossen, die seiner Meinung nach aus dem Nucleolus und dem veränderten Keimbläscheninhalt bestehen.

---

1) Vergl. G. E. Müller, Naturhistorisk Tidsskrift B. R. 7. B. Kjöbenhavn 1871, und Fol, Jen. Zeitschrift Bd. VII, 1873, p. 475.

2) l. c. p. 204.

Die an dem Keimbläschen angesammelte Plasmamasse soll nun körnig werden und mit der Hautschicht des Eies verschmelzen, dann das Ei aber kernlos erscheinen.

Aehnlich wie mit diesen Vorgängen, wo das Ausstossen resp. Schwinden des ganzen Kernes angenommen wird, dürfte es sich auch wohl mit denjenigen Fällen verhalten, wo die Ausstossung des „Keimflecks“ behauptet wird, ohne dass sonst etwas vom Kern im Ei zurückbliebe. Ich meine, dass hier eben nur als Keimfleck bezeichnet wird, was andere Forscher wieder als den ganzen Kern deuten. So beschreibt Lovén, dass einige gelegte Eier von Cardium parvum ein Keimbläschen halb so gross wie dasjenige der Eier vor der Befruchtung besitzen und in diesem Keimbläschen noch der Keimfleck enthalten sei. Das Keimbläschen schrumpft nun zusammen und schwindet, während der Nucleolus an die Oberfläche des Dotters tritt und hier die Richtungskörper bildet. Koren und Danielssen beschreiben ganz dasselbe für Buccinum.

Wie dem nun aber auch sei, so dürfte es doch O. Hertwig schwer werden, alle diese Angaben in Uebereinstimmung mit seiner Auffassung zu bringen, dass der Keimfleck in allen Fällen als solcher im Eie verbleibe. Zwar das habe ich an dieser Stelle noch zu erwähnen, es giebt in der Literatur auch Angaben, welche für die Hertwig'sche Deutung sprechen, nämlich solche, in welchen ebenfalls eine Erhaltung des Keimflecks im reifen Ei behauptet wird. Derbes und v. Baer geben dies, wie O. Hertwig, für Seeigel, G. E. Müller (l. c.) für Siphonophoren, Leydig für Piscicola und Bischoff für Säugethiere an. Diese Angaben dürften aber für uns jede Beweiskraft verlieren, sobald nur hinzugefügt wird, dass in keinem der angeführten Fälle eine directe Beobachtung der Continuität vorliegt, sondern nur aus der Aehnlichkeit des zurückbleibenden Körpers mit dem Keimfleck auf die Identität beider geschlossen wird.

Aus allen diesen Betrachtungen scheint mir hervorzugehen, dass ein Theil des alten Keimbläschens stets im thierischen Ei verbleibt, dass aber dieser verbleibende Theil dem Keimflecke nicht entspricht. Vielmehr wird mir jetzt schon die

Uebereinstimmung der betreffenden Vorgänge in den thierischen Eiern mit denjenigen in pflanzlichen, vornehmlich in den Coniferen-Eiern, mehr denn wahrscheinlich, wonach der Zellkern der Eianlage sich theilen und eine Hälfte desselben ausgestossen werden, die andere in dieser oder jener Weise sich modificirend, wohl auch unkenntlich werdend, im Eie verbleiben müsste.

Die Vorgänge der Befruchtung sind durch die Hertwig'schen Beobachtungen in ein neues Licht gestellt worden.[1]) Derselbe sah bei den Seeigeln, etwa 5—10 Minuten nach der Vermischung der Eier mit dem Sperma, im Dotter, ganz nahe an seiner Oberfläche, eine sehr kleine, helle Stelle auftreten, an welcher die Körnchen verschwunden waren. Um diese grösser werdende Stelle ordneten sich die umgebenden Körner alsbald radial an und wuchsen die Radien immer mehr an. In dem körnchenfreien Theile der Figur war bald ein kleiner, homogener Körper festzustellen. Einige Male will Hertwig an ihm noch eine zarte Linie gesehen haben, die bis zur Peripherie reichte und sich hier in ein kurzes, feines Fädchen verlängerte, welches in den freien Raum zwischen Dotter und Eimembran hineinragte. Dann begann die Figur mit deutlich wahrnehmbarer Geschwindigkeit, von der Eiperipherie sich entfernend, dem Eicentrum sich zu nähern, wohin auch der Eikern, wenn auch langsamer, sich hinbewegte. Letzterer war ohne Strahlenkrone. Beide Körper trafen sich endlich und verschmolzen, wobei der gemeinsam erzeugte Kern, den Hertwig Furchungskern nennt, in die Strahlenkrone, deren Strahlen bald allseitig die Peripherie des Eies erreichten, zu liegen kam. Hertwig deutet den kleineren Körper für den Kopf oder Kern eines Spermatozoiden und nennt ihn den Spermakern. Der „Furchungskern" wäre also aus der Copulation des Keimflecks des früheren Keimbläschens mit dem Spermakern hervorgegangen.[2])

1) l. c. p. 34.

2) G. E. Müller lässt (l. c. p. VIII) den Keimfleck durch den Contact

Ich selbst habe früher geglaubt, dass der dem Hertwig'schen Furchungskern entsprechende Kern, den ich in diesem Buch Keimkern nannte, aus der Hautschicht des Phallusia-Eies angelegt werde. Es hing das mit dem schon beschriebenen Umstand zusammen, dass der Eikern bei Phallusia so nahe der Peripherie des Eies liegt, ja der Hautschicht in manchen Fällen (Fig. 3, Taf. VIII) angedrückt ist. Jetzt, wo ich mich von der Existenz dieses Eikerns überzeugt hatte, galt es auch der Entstehung des Keimkerns von Neuem nachzugehen und es zeigte sich auch hierin bald Uebereinstimmung mit den Hertwig'schen Angaben. Der $1^1/_2$—2 Stunden nach künstlicher Vermischung der Geschlechtsprodukte auftretende Spermakern wird bei Phallusia ganz peripherisch angelegt. Er tritt dicht an der Aussenseite des Eikerns zwischen diesem und der Hautschicht auf. Sofort wird der Spermakern mit homogenem Protoplasma und diesem entstrahlenden Radien umgeben, und zwar schliesst das homogene Plasma auf seiner Aussenseite direct an die Hautschicht an, eine schwache Hervorwölbung jener an dieser Stelle veranlassend (Taf. VIII, Fig. 4). Der Spermakern ist auch hier kleiner als der Eikern, doch nicht in so auffallender Weise als bei Toxopneustes, wie Figura zeigt. Aus verschiedenen Beobachtungen muss ich auch hier auf die Verschmelzung beider schliessen, wenn ich auch die Zwischenstufen nicht so vollständig, als Hertwig, auffinden konnte. Der Eikern war ohne Radien; in einiger Entfernung von der Hautschicht finde ich aber an andern, künstlich fixirten und gefärbten Präparaten einen einzigen Kern von der Grösse etwa des Eikerns und Spermakerns zusammengenommen, in homogenem Protoplasma eingebettet und von Radien umgeben (Fig. 5). An den lebenden Objecten hatte ich nun beobachtet, wie ein von Radien sich umgebendes Gebilde, peripherisch auftretend, langsam der Mitte des Eies sich nähert und zwar

---

der Spermatozoiden befruchten. Ob die Gebilde, die er im Mikropylhof gesehen, aber wirklich Spermatozoiden waren, muss dahin gestellt bleiben, da eine Wirkung derselben nicht festgestellt werden konnte.

in dem Masse, als dessen Strahlen an Länge zunehmen — das vervollständigt wohl die ganze hier gegebene Schilderung.

Diese Schilderung bestätigt also durchaus die Hertwig'schen Angaben, nur bin ich, wie früher schon gesagt, mit seiner Deutung des Kernrestes als Keimfleck nicht einverstanden und glaube auch nicht, dass es bei der Befruchtung auf den Kern des Spermatozoiden als solchen ankommt, vielmehr nur auf die Substanz desselben. Ich habe bei Phallusia ebenso wenig, als Hertwig bei Toxopneustes, Spermatozoiden die Eihülle passiren sehen, und auch nichts von einer Mikropyle in derselben bemerkt.[1]) Auch fand ich bei Phallusia den Spermakern in allen von mir beobachteten Zuständen um ein bedeutendes grösser als den Kopf eines der in Unzahl die Eihülle umdrängenden Spermatozoiden. Für Phallusia halte ich es also für durchaus denkbar, dass die Substanz der Spermatozoiden durch die Eihülle diffundire und in den Dotter eindringend sich zum Spermakern sammle, was hier an der Stelle, wo der Eikern liegt, zu geschehen hätte.

Die hier gegebenen Schilderungen werden in schönster Weise durch die Beschreibung ergänzt, welche Van Beneden in seiner eben erschienenen Publication von den Befruchtungsvorgängen beim Kaninchen giebt. Die Spermatozoiden passiren in diesem Falle sicher in grösserer Zahl die Zona pellucida. Van Beneden sah welche, die mit dem Kopfe dem Dotter anklebten und meint, eine Verschmelzung zwischen beiden fände hier statt. In den Dotter selbst hat er die Spermatozoiden nie eindringen sehen. Kurz nach Beginn der Befruchtung theilt sich die Substanz des Dotters in drei Schichten: eine peripherische, eine mittlere und eine centrale. Die centrale Substanz ist fast homogen. Jetzt zeigt sich eine Verdickung der Aussenschicht. Es erscheint hier ein kleiner, rundlicher, homogener Körper ohne Körnchen, der das Aussehen einer Vacuole hat, sich aber mit färbenden Mitteln stark tingirt. Van Beneden nennt ihn „pronucleus périphérique". Derselbe

1) Desgleichen Kupfer, Archiv f. mikr. Anat. Bd. VI, p. 127.

dringt tiefer ein und es treten in ihm Kernkörperchen auf. In der centralen Masse des Eies zeigen sich zwei bis drei kleine, helle, unregelmässige Massen, die sich alsbald zu einem höckerigen Körper vereinigen. Dieser nimmt das Centrum des Eies ein, ist bedeutend grösser als der „peripherische Pronucleus“ und erhält auch Kernkörperchen. Der Pronucleus nähert sich dem centralen bis er denselben berührt, aus beiden entsteht dann ein centraler Zellkern. Dieser hat sehr schwach markirte Umrisse, er ist ganz homogen, es fehlen ihm die Nucleoli. Von dem Augenblick an wo sich beide Pronuclei berührten, zeigte der Dotter eine radiale Anordnung seiner Theilchen.

Sehen wir von dem plötzlichen Auftreten des Eikernes ab, so herrscht fast volle Uebereinstimmung zwischen dieser Schilderung des Befruchtungsvorganges und den beiden vorhergehenden. Von dem Eikern müsste ich aber, um meine Auffassung in Uebereinstimmung mit der Van Beneden'schen Angabe zu bringen, jedenfalls annehmen, dass derselbe sich hier aus den im Eie vertheilten Bestandtheilen des ursprünglichen Kernbläschens wieder sammelt, von dem es mir, wie schon früher angeführt, ganz unwahrscheinlich war, dass es vollständig aus dem Eie eliminirt worden wäre. Die Van Beneden'sche Schilderung der Verschmelzung des Spermatozoiden mit dem Dotter spricht auch für meine vorhin ausgedrückte Meinung, dass dessen Kern nicht als solcher in das Ei eindringt, dass es aber nicht um die Kerne der Spermatozoiden als morphologische Elemente, sondern um die Substanz dieser Kerne als physiologisches Element zu thun sei.

Für die letztere Auffassung sprechen auch analoge Vorgänge bei den Pflanzen. In das kernhaltige Ei der Farne wird der ganze Körper des Spermatozoiden aufgenommen; dieses Spermatozoid selbst enthält aber sicher keinen Kern. Bei der Kiefer und der Fichte kann aber die Befruchtung unmöglich anders als durch Diffusion vor sich gehen. Die Spitze des Pollenschlauches ist fein porös, doch die Poren durch zarte Membran geschlossen; durch diese tritt der Inhalt des Pollen-

schlauches in das Ei über, um sich hier oft zu einem ebenfalls zellkernartigen Gebilde anzusammeln. Dabei wurde die Stärkemasse, welche der Pollenschlauch führt, gelöst und in anderer Modification in das Ei eingeführt, denn wir sehen hier keine Stärkekörner auftreten. Wie wir schon wissen, wird der Pollenschlauchinhalt schliesslich in den Eikern aufgenommen.

Dass es sich bei der Befruchtung in der That aber um Einführung der Kernsubstanz handelt, dafür scheinen selbst die Farne zu sprechen, denn die Entwickelungsgeschichte ihrer Spermatozoiden lehrt, dass der Kern der Mutterzelle derselben zunächst aufgelöst wird, bevor das Spermatozoid aus dem sich an der Wand anhäufenden Protoplasma differenzirt wird. Die Stelle des Kerns nimmt dort aber in der Mutterzelle eine Vacuole ein, in welcher wohl die für die Befruchtung überflüssigen Stoffe des Zellinhalts abgesondert werden. Das Spermatozoid nimmt die mit feiner Hülle sich umgebende Vacuole bei seiner Befreiung mit auf den Weg, verliert sie aber, bevor es in das Ei eindringt. Bei Marsilia wird ein Theil des Inhalts der Mutterzelle in noch auffallenderer Weise bei Bildung des Spermatozoiden beseitigt, er bleibt als farblose Masse liegen, während das Spermatozoid dahin eilt. Bei Salvinia soll sogar ein kleines, bläschenförmiges Gebilde aus der Antheridialzelle schon ausgeschieden werden, wenn sich diese in die vier Mutterzellen der Spermatozoiden theilt.[1])

Nach alledem wird es mir sehr wahrscheinlich, dass es bei der Befruchtung auf die Einführung von Kernsubstanz in's Ei ankommt, doch meine ich, nur als physiologischen Elementes und nicht auf die eines Kerns des Spermatozoiden als morphologischen Elementes.

Wenn wir nun weiter das in's Auge fassen, was Hertwig für Seeigel beobachtet und ich selbst nunmehr auch für Phallusia feststellen konnte, so liegt es weiter nahe, auszusprechen, dass es der die Zelltheilung beherrschende „active Kernstoff“ ist, der als männliches Element vornehmlich in die Eizelle eintritt.

---

1) Vergl. den Abschnitt über Vollzellbildung in diesem Buche.

Denn die bei Seeigeln wie bei Phallusia in's Ei eindringende Masse umgiebt sich sofort mit homogenem Protoplasma und Radien, die um den Eikern fehlen. Letzterer wird aber allseitig umstrahlt, sobald der umstrahlte Körper mit ihm verschmolzen ist.

Neuerdings hat Fol, wie schon erwähnt, auch bei Pteropoden eine kleine „Sonne“ als Richtungskörper aus dem Ei austreten sehen; er bestreitet bei Beschreibung derselben die polare Bedeutung die man früher einem solchen Richtungskörper beilegte und dem er seinen Namen verdankt, und hält seine Rolle für durchaus „Null“ bei der weiteren Entwickelung.[1]) Es mag für den Dotter wichtig sein, meint er, sich von einigen überflüssig gewordenen Stoffen zu befreien, und der Austritt dieser Stoffe kann an einem bestimmten und constanten Punkte stattfinden, ohne dass wir in ihnen etwas anderes zu erblicken brauchen, als eine einfache Ausscheidung“.[2]) Fol schlägt daher für dieses Gebilde den Namen „corpuscule excrété“, oder „corpuscule de rebut“ vor. Auch wir können diesen Körpern keine polare Bedeutung beilegen, haben aber zunächst den alten Namen beibehalten, der zu verbreitet ist, als dass er sich leicht verändern liesse.

Wir haben vorhin die Möglichkeit erwähnt, dass der Eikern im Nematoden-Ei sich im oder auf dem Dotter vertheile. Darnach scheinen sich auch die dort beobachteten Befruchtungsvorgänge zu verhalten. Auerbach[3]) hat bei Ascaris nigrovenosa und Strongylus auricularis an den beiden Polen des Eies, nahe unter der Oberfläche, zwischen den dunklen Dotterkügelchen fast gleichzeitig je einen Lichtpunkt auftauchen sehen, welcher langsam grösser wurde, um bald zu einem grösseren, sehr hellen Flecke heranzuwachsen, der schliesslich eine genau kreisförmige Begrenzung erlangt. Beide Kerne beginnen dann

---

1) l. c. p. 107.
2) l. c. p. 27.
3) l. c. p. 203.

eine Wanderung und zwar in der Richtung gegen den Mittelpunkt des Eies hin, wo sie zusammentreffend sich vereinigen. O. Hertwig ist der Ansicht, es handle sich hier um den „Eikern“ und den „Spermakern“, die mit einander verschmelzen; ich möchte mich dieser Deutung anschliessen, hebe aber hervor, dass ja dann, nach Auerbach's Schilderung zu urtheilen, auch der Eikern sich hier erst neu zu bilden, oder, wie ich wohl meine, aus der im Dotter verbliebenen und vertheilten Keimbläschensubstanz zu sammeln hätte.

Aehnlich wie die Auerbach'schen Schilderungen lauten diejenigen von Bütschli für Nematoden, auch da, wo Bütschli mehr denn zwei Kerne gleichzeitig auftreten und endlich zu einem verschmelzen sieht. Bütschli meint, dass die neuen Kerne sich aus der früheren Keimbläschenmaterie bilden, ich möchte für dieselbe den gleichen Ursprung wie bei Ascaris und Strongylus annehmen, dieselben also zum Theil (vielleicht alle bis auf einen) aus dem befruchtenden Stoff, zum Theil (vielleicht nur einen) aus der Keimbläschensubstanz entstehen lassen. — Bei zwei untersuchten Schnecken, dem Lymnaeus auricularis und der Succinea Pfeifferi, vornehmlich dem ersteren, entstehen nach Bütschli acht oder vielleicht noch mehr kleine, bläschenförmige, sehr helle Kerne; sie werden dicht unterhalb der Stelle angelegt, wo die ausgestossenen Richtungsbläschen dem Dotter aufsitzen, in der hellen protoplasmatischen Materie, die sich hier schon vor der Ausstossung der Richtungsbläschen angesammelt hat.

Aus der neuesten Veröffentlichung von Van Beneden scheint, wie ich das schon berichtet, hervorzugehen, dass auch im Eie des Kaninchens der Eikern sich erst zur Befruchtungszeit bildet. Auch hier sammelt er sich, wie ich meine, aus der im Eie verbliebenen Keimbläschensubstanz und zwar, was besonders lehrreich ist, im Centrum des Eies, was seine Verschiedenheit von dem an der Peripherie entstandenen Spermakern leicht bekundet.

Aus diesen Beispielen möchte ich aber schliessen, dass es sich auch in den Fällen der Erhaltung des Eikernes nicht

um diesen Kern als morphologisches Element, sondern nur um dessen Substanz handle. Hinzufügen will ich, dass für mich ein sich Vertheilen und Sammeln der Kernsubstanz nichts Ueberraschendes hat, da ich die Möglichkeit eines solchen Vorganges so oft bei Vielzellbildung erfahren, wo der Mutterzellkern sich im Zellplasma vertheilt und jedenfalls unter Betheiligung seiner Substanz neue Kerne an den Bildungsstätten auftreten.

Wenn aber die im Ei verbliebene Kernsubstanz nicht den morphologischen Werth eines Zellkerns hat, so könnte man auch dort, wo die Kernsubstanz sich nicht im Eiplasma vertheilt, von einem kernlosen Zustande des Eies vom morphologischen Standpunkte aus sprechen.

Auch in die physiologischen Funktionen des Zellkerns tritt diese Substanz übrigens erst ein, wenn sie den befruchtenden Stoff in sich aufgenommen.[1])

Wie verhält sich nun aber der Keim- oder Furchungskern nach erfolgter Befruchtung?

Wie ich bei Phallusia wohl sicher feststellen konnte, nimmt derselbe zunächst an Grösse zu, wobei Körnchen in seinem Innern auftauchen, dann wird er wieder homogen und differenzirt sich jetzt, von den beiden Polen aus beginnend, zu der uns bekannten spindelförmigen Figur mit Kernplatte. In dieser Differenzirung lässt aber der Kern, wie bereits erörtert, eine Zusammensetzung aus verschiedenen Stoffen erkennen. Die beiden Pole der Spindel werden allein von activem Kernstoff gebildet, denn nach ihnen hin zeigen sich alle Strahlen des umgebenden Protoplasma gerichtet. Die Menge des activen Stoffes ist aber verhältnissmässig so gering, dass es nicht mehr wundern kann, wie in manchen Fällen bei der Befruchtung so geringe Mengen neuer Substanz eingeführt werden.

Wie verhält es sich nun aber mit der Befruchtung solcher Eier, die in keinem Entwickelungszustande Zellkerne besitzen?

1) Von parthenogenetischen Vorgängen soll später die Rede sein.

Wenn Verschiedenheit zwischen dem männlichen und dem weiblichen Element bereits vorhanden ist, lässt es sich wohl denken, dass auch da neuer activer Stoff durch das männliche Element in das Ei eingeführt wird; habe ich es doch in diesem Buche wahrscheinlich zu machen gesucht, dass auch die Bildung und die Theilung typischer kernloser Zellen unter dem Einflusse centraler Massen stehen, wenn diese sich auch nicht zu Zellkernen individualisiren.

Interessant ist, dass auch die kernlosen Eier von Vaucheria wie die kernhaltigen anderer Kryptogamen gewisse Bestandtheile aus ihrem Inneren zur Empfängnisszeit ausstossen. Bei Vaucheria aversa sind es, nach Walz, einige Oeltröpfchen, bei anderen Vaucherien Protoplasmatropfen.

Ich selbst habe diesen Vorgang, wie schon erwähnt, bei Vaucheria ornithocephala beobachtet. Etwa die Hälfte des am Scheitel des Eies angesammelten, farblosen Protoplasma wird in Gestalt eines Tropfens durch die an entsprechender Stelle gequollene Membran des Oogonium hindurchgepresst und tritt nach aussen, wo es sich, ohne weitere Function, langsam zersetzt. Das Ei rundet sich jetzt ab und nimmt, wie schon früher beschrieben, an Umfang zu. Gleichzeitig mit diesen Vorgängen öffnet sich das nebenanstehende Antheridium und entleert seinen Inhalt. Nur ein geringer Theil dieses Inhaltes hat Spermatozoiden gebildet, der andere bleibt in Blasenform im umgebenden Wasser liegen und geht allmälig zu Grunde. Die kleinen lebhaft wimmelnden Spermatozoiden sammeln sich alsbald in der Gallertmasse am Scheitel des Oogonium an. Einzelne dringen in denselben bis an die farblose Empfängnissstelle des Eies vor und tasten dann an derselben herum. Ich konnte in einem Falle, bei starker Vergrösserung, sicher feststellen, dass ein Spermatozoid, dem Empfängnissfleck sich anlegend, mit demselben langsam zusammenfloss. Ob noch mehr Spermatozoiden aufgenommen werden können, vermochte ich nicht festzustellen. Nach einiger Zeit umgiebt sich das Ei mit einer zarten Membran, die am Empfängnissfleck besonders deutlich zu sehen ist. Dann, nach Verlauf mehrerer Stunden,

hat sich das ganze farblose Plasma des Empfängnissflecks in dem Ei vertheilt, Chlorophyllkörner und Oeltropfen nehmen dessen Stelle ein.

Vaucheria ist, daran sei hier erinnert, die erste Pflanze, bei der die Aufnahme der Spermatozoiden in das Ei direct von Pringsheim beobachtet worden ist. [1])

Bei der Verschmelzung völlig gleichwerthiger Zellen, bei der typischen Copulation, z. B. von Mucor oder Spirogyra, scheint es noch nicht zu einem Gegensatz der Function zwischen den sich copulirenden Zellen gekommen zu sein; jede Zelle dürfte da wohl noch das Gleiche geben und empfangen. Doch über alle diese Punkte sind weitere Untersuchungen nöthig.

Höchst wichtig wird es auch sein, das Gebiet der parthenogenetischen Vorgänge in den Kreis dieser Untersuchungen zu ziehen. Wie mag sich da der Zellkern der mit einem solchen versehenen, in parthenogenetische Entwickelung eintretenden Eier verhalten? Aus den bisherigen Angaben ist nichts Sicheres in dieser Beziehung zu entnehmen. Mecznikow [2]) giebt für Aphiden an, dass das Keimbläschen des „Pseudovum" zunächst seinen Keimfleck verliert und dabei an die Peripherie des Pseudovum gelangt, in keinen Entwickelungsstadien soll es schwinden, dann in Theilung eintreten. Das Keimbläschen hätte sich also nach dieser Schilderung ohne Substanzverminderung in ein homogenes Gebilde verwandelt, dieses sich dann auch ohne Zuführung neuen, activen Stoffes theilen können. Doch der geschilderte Vorgang liess sich nicht in Continuität verfolgen, musste vielmehr nur aus einzelnen Entwickelungszuständen abstrahirt werden. Auch theilt mir Dr. Bütschli, diesen Mecznikow'schen Angaben entgegen, mit, er habe hier den Eikern schwinden sehen. [3])

1) Vergl. die Beschreibung des ganzen Vorgangs in den Monatsber. der Berl. Ak. 1855, auch bei de Bary, Ber. d. Freib. Naturf. Gesellsch. 1856, und bei Walz, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V.

2) Siebold und Kölliker, Zeitschr. f. Zool. Bd. XVI, p. 438.

3) Vergl. auch Lubbock, On the ova and pseudova of insects. Phil. Trans. 1859, p. 360.

Für Lacinularia socialis, ein Räderthier, bei welchem Flemming Parthenogenesis vermuthet, glaubt derselbe eine Ausstossung von Richtungskörpern annehmen zu müssen; Dr. Bütschli hat hingegen weder bei Aphiden, noch an den Sommereiern der Räderthiere „Richtungskörper“ beobachten können.

Es fragt sich also immer noch, bleibt die ganze Substanz des Keimbläschens im Ei erhalten und wird sie in toto zum Keimkern; oder wird ein Theil der Keimbläschensubstanz ausgestossen und besitzt der zurückgebliebene Kernstoff trotzdem die Fähigkeit, sich ohne Befruchtung zum Keimkern auszubilden.

Schliesslich komme ich aber noch zu der letzten Frage, wie sich nämlich die Ausstossung der „Richtungskörper“ zu dem Vorgange der Befruchtung verhält.

Bei Pflanzen wird die Kanalzelle, die ich für gleichwerthig dem Richtungskörper halte, ohne alles Zuthun des männlichen Elementes gebildet, nicht so scheint es immer bei den Richtungskörpern der thierischen Eier zu sein. So beschreibt einerseits Oellacher, dass bei der Forelle der Inhalt des Keimbläschens noch vor der Befruchtung aus dem Ei ausgestossen werde, und ebenso lässt Van Beneden beim Kaninchen noch vor der Befruchtung die Richtungskörper austreten; andererseits ist Bütschli brieflichen Mittheilungen zufolge geneigt, die Ausstossung der spindelförmigen Körper, die seiner Entdeckung nach zu den Richtungskörpern in Beziehung stehen, als von der Befruchtung abhängig hinzustellen. Die in meine Taf. VII aufgenommenen Figuren von Bütschli sprechen dafür, dass es in der That so bei Nephelis sei. Bei Pteropoden scheint, nach der Schilderung Fol's zu schliessen, die Ausstossung der Richtungskörper erst eine geraume Zeit nach Beginn der Befruchtung zu erfolgen. Sollten, wie mir wahrscheinlich, bei Seeigeln und bei Phallusia Richtungskörper ausgestossen werden, so müsste dies jedenfalls wiederum in die Zeit vor der Befruchtung fallen, denn während der Befruchtung ist von einem solchen Vorgange nichts zu bemerken.

Ich muss nach alledem annehmen, dass in dieser Beziehung Differenzen im Thierreich vorkommen, und denke dabei an sichergestellte analoge Vorgänge im Pflanzenreiche: dass z. B. Samenknospen, die ganz allgemein ohne alles Zuthun der Pollenkörner entwickelt werden, in manchen Fällen, so bei Orchideen, des Reizes bedürfen, den die Pollenkörner auf die Narbe ausüben, um die Reife zu erlangen, und unvollendet bleiben, wenn die Bestäubung unterbleibt.[1]) Bei ausgebliebener Befruchtung wird ganz allgemein die Samenknospe nicht weiter entwickelt; in manchen Fällen, so bei Cycadeen, Gnetaceen, erlangt sie auch ohne Befruchtung den inneren und äusseren Bau fertiler Samen, nur der Embryo fehlt.

Es kann mich somit nicht befremden, dass die Vorgänge der Ausstossung der Richtungskörper gleichen Schwankungen gegenüber der Befruchtung unterliegen. Es scheint mir sicher, dass die Ausstossung ein von der Befruchtung unabhängiger Vorgang sei, insofern sie in so vielen Fällen auch ohne dieselbe vor sich geht, in so vielen andern Fällen aber doch, wie es scheint, dieses Reizes bedarf, um in Action zu treten.

---

1) Vergl. Hofmeister, Allg. Morphol. p. 637.

Erklärung der Abbildungen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

(Alle Figuren dieser und der folgenden Tafel sind, wo nicht anders angegeben, nach Alcohol-Präparaten entworfen worden.)

Fig. 1—12. **Ephedra altissima.**

Fig. 1. Eine Blüthe im Längsschnitt zur Zeit der Bestäubung. Bl: Vorblätter; Fr: Fruchtknoten; I: Integument in einen schmalen Hals auslaufend; Kk: Knospenkern oben zur Aufnahme der Pollenkörner ausgehölt; E: der mit Endosperm- (Prothallium-) Gewebe ausgefüllte Embryosack; Ar: zwei Archegonien, je ein Ei einschliessend. Vergrössert 9 Mal.

Fig. 2. Ein isolirtes, unreifes Ei mit Zellkern N. Vergr. 100 Mal.

Fig. 3. Ein isolirtes reifes Ei mit Eikern N und Kanalzelle Kz. Vergr. 100 Mal.

Fig. 4. Isolirtes Ei mit Pollenschlauch. An demselben noch das Pollenkorn. Vergr. 100 Mal.

Fig 5 u. 6. Isolirte Eier, die Auflösung ihres Keimkerns und der Kanalzelle zeigend. Vergr. 100 Mal.

Fig. 7 a und b. Dasselbe Ei bei a 100 Mal, bei b 250 Mal vergrössert, die Bildung freier Zellen zeigend.

Fig. 8. Ein noch älteres Ei, weitere Entwickelung der freien Zellen zeigend. Vergr. 250 Mal.

Fig. 9. Noch weiterer Zustand: die untere Zelle der Fig. hat sich schon mit Zellhaut umgeben. Vergr. 250 Mal.

Fig. 10. Eine einzelne der frei entstandenen Zellen. Vergr. 250 Mal.

Fig. 11. Ein monströser Fall. Das Ei von Gängen durchsetzt, welche die einzelnen Zellanlagen umfassen. Vergr. 250 Mal.

Fig. 12. Die Zellen schlauchförmig aus dem Ei hinauswachsend, an ihrer Spitze theilweise schon getheilt. Vergr. 100 Mal.

Fig. 14—14. **Ginkgo biloba.**

Fig. 13. Ein Ei mit den frei im Innern gebildeten Kernen, um jeden Kern eine hellere Zone. Vergr. 100 Mal.

Fig. 14. Ein kleiner Protoplasmatheil aus obigem Ei. 600 Mal vergrössert.

Tafel II.

Fig. 15—33. **Picea vulgaris und Pinus silvestris.**

Fig. 15. Ein junges Ei mit Zellkern N. a 100 Mal, b 250 Mal vergrössert.

Fig. 16. Ein älteres Ei, durchaus noch demjenigen der Fig. 15 entsprechend. a 100 Mal, b 250 Mal vergrössert.

Fig. 17. Ein noch älteres Ei, die Bildung der Kanalzelle (Kz) zeigend. N: Eikern. a 100 Mal, b 250 Mal vergrössert.

Fig. 18. Ein etwas vorgerückterer Zustand als in Fig. 17. Vergr. 100 Mal.

Fig. 19. Längsschnitt durch eine Blüthe zur Befruchtungszeit. Kk: der nackte Knospenkern; Kw: dessen Spitze, die sog. Knospenwarze, auf welcher die Pollenkörner (Pk) liegen, die ihre Schläuche (Pl) durch den Knospenkern getrieben haben und von denen einer durch den Scheitel des Embryosackes (E) in das Archegonium bis zum Ei (Ei) vorgedrungen ist. Vergr. 9 Mal.

Fig. 20. Reifes Ei mit Eikern (N) und Kanalzelle (Kz). Vergr. 100 Mal.

Fig. 21. Eine kleine Protoplasmapartie aus einem empfängnissreifen Ei und zwar bei a nur die Protoplasmakammern, bei b auch die Vacuolen. Vergr. 600 Mal.

Fig. 22. Pollenschlauchende im Ei nach erfolgter Befruchtung (Picea vulgaris). Vergrössert 600 Mal.

Fig. 23. Ein Ei mit sich lösendem Keimkern. Vergr. 100 Mal.

Fig. 24. Die vier gleichzeitig auftretenden Kerne in dem Scheitel des Eies, der Scheitel etwas gehoben, um die Lage aller vier Kerne zeigen zu können. Vergr. 250 Mal.

Fig. 25. Eine ähnliche Anlage wie die vorhergehende, bei a im optischen Durchschnitt, bei b von oben gesehen dargestellt. Vergr. 250 Mal.

Fig 26. Eine Missbildung mit vier in der Masse des Eies zerstreuten Kernen. Vergr. 100 Mal.

Fig. 27. Beginnende Theilung der Kerne im oberen Eiende. Vergr. 250 Mal.

Fig. 28. Vorgerückterer Zustand der Kerntheilung, die Spitze gegen den Beobachter etwas gehoben. Beginn der Zellplattenbildung in den Kernfäden. Vergr. 250 Mal.

Fig. 29. Nächstfolgender Zustand, die Tochterkerne schon angelegt.

Fig. 30. Bildung der Cellulosemembran innerhalb der Zellplatte. Vergr. 250 Mal.

Fig. 31. Vollendete Theilung. Vergr. 250 Mal.

Fig. 32. Abnormer Fall der nochmaligen Theilung der organisch unteren vier Kerne. Vergr. 250 Mal.

Fig. 33. Die Embryonalanalage bereits aus zwölf Zellen, in drei übereinander liegenden Etagen, und den vier freien Kernen unterhalb derselben bestehend. Vergr. 250 Mal.

Tafel III.

(Sämmtliche Figuren 600 Mal vergrössert.)

Fig. 1—27. **Spirogyra orthospira.**

Fig. 1. Ein Zellkern.

Fig. 2. Ein ebensolcher, breiter werdend.

Fig. 3. Aehnlicher Zustand (Alcohol-Präparat).

Fig. 4. Auflösung des Kernkörperchens (Alc.-Pr.).

Fig. 5. Nach Auflösung des Kernkörperchens (Alc.-Pr.).

Fig. 6. Bildung der transversalen Streifung und der Kernplatte (Alc.-Pr.).

Fig. 7. Ein ähnlicher Zustand; beginnende Protoplasmaansammlung ringförmig im Umkreis der Zelle (Alc.-Pr.).

Fig. 8. Ansammlung körnchenhaltigen Protoplasmas an beiden Polen des tonnenförmig gewordenen Kerns. Eine mittlere Reihe dunkler Punkte deutet sich in der Kernplatte an (Alc.-Pr.).

Fig. 9. Etwas weiterer Zustand als Fig. 8; die medianen Punkte in der Kernplatte deutlich markirt (Alc.-Pr.).

Fig. 10. Der Kern streckt sich noch mehr; die beiden Plattenabschnitte beginnen auseinanderzuweichen (Alc.-Pr.).

Fig. 11 und 12. Ferneres Auseinanderrücken der Kernplattenabschnitte; Fäden zwischen beiden; erster Anfang der Querwand (Alc.-Pr.).

Fig. 13. Noch vorgerückterer Entwickelungszustand als in vorhergehender Figur (Alc.-Pr.).

Fig. 14. Die beiden Kernhälften 6 Minuten nach Beginn des Auseinanderrückens. Bildung einer medianen Körnchenansammlung.

Fig. 15. Acht Minuten nach Beginn desselben. Die inneren Fäden durchrissen und eingezogen, die protoplasmatische Mantelschicht der

Tonne in die Verbindungsfäden gespalten. Die Kernhälften zu soliden Scheiben werdend.

Fig. 16. Vierzehn Minuten nach Beginn des Auseinanderrückens.

Fig. 17. Nächstfolgender Entwickelungszustand, doch einer anderen Zelle als Fig. 13—16 entnommen.

Fig 18. Ein der Fig. 14 entsprechendes Entwickelungsstadium, darunter ein Stück der Seitenwandung der Zelle im optischen Durchschnitt den ersten Anfang der Querwand zeigend.

Fig. 19. Nächstfolgender Entwickelungszustand der vorhergehenden Figur, zehn Minuten später gezeichnet. Die mediane Körnchenansammlung zwischen den beiden Kernhälften ungewöhnlich stark entwickelt, auf den Verbindungsfäden suspendirt.

Fig. 20. Nachfolgender Zustand, acht Minuten später als Fig. 19 aufgenommen. Ein Stück der Seitenwand das Fortschreiten der Querwand zeigend.

Fig. 21. Dasselbe Präparat nach weiteren zwanzig Minuten; ebenfalls mit einem Stück der Seitenwandung. Die Kerne bereits angelegt.

Fig. 22. Nach weiteren fünf Minuten erstes Auftreten der Kernkörperchen, stets in Mehrzahl.

Fig 23. Nach weiteren zwanzig Minuten; das Wachsen je eines Kernkörperchens, das Schwinden der anderen zeigend.

Fig. 24. Nach noch weiteren zweiundzwanzig Minuten; die Verbindungsfäden die eingefaltete Chlorophyllschicht erreichend.

Fig. 25. Ein ähnlicher Entwickelungszustand wie der vorhergehende, aus einer anderen Zelle.

Fig. 26. Der Protoplasmaring zu einer centralen Platte verschmolzen, die Scheidewand fast vollendet, die Kerne fertig ausgebildet.

Fig. 27. Die Theilung eben vollendet. Die unverbrauchten Reste der Körnchenplatte wandern nach den Kernen. Letztere noch in etwas excentrischer Lage.

Tafel IV.

(Alle Figuren, mit Ausnahme der Figur 39, 600 Mal vergrössert.)

Fig. 28—33. **Spirogyra nitida.**

Fig. 28. Oberflächenansicht der Zelle bei beginnender Bildung der Scheidewand.

Fig. 29. Vorgeschrittener Zustand der Theilung, der Fig. 24 entsprechend.

Fig. 30. Noch weiter vorgerückter Zustand.

Fig. 31. Verschmelzung des Protoplasmaringes zu einer bei dieser Species besonders mächtig entwickelten Platte.

Fig. 32. Eben vollendete Scheidewand in der Insertionsansicht; die Chlorophyllbänder durchschnitten.

Fig. 33. Nach eben vollendeter Bildung der Scheidewand; die unverbrauchte Masse der Protoplasmaplatte wandert nach den Kernen.

Fig. 34—47. **Spirogyra orthospira.**

Fig. 34. Stücke der Seitenwand nebst Insertion einer jüngeren (a) und einer alten (b) Querwand.

Fig. 35. Zwei kurz zuvor von einander gelöste Zellen, die eine noch mit der Kappe.

Fig. 36. Eine beiderseits abgestossene Querwandscheibe.

Fig. 37. Die Endfläche einer Zelle in lebhaftem Wachsthum begriffen. Die Hautschicht die radiale Stäbchenstructur zeigend.

Fig. 38. **Ulothrix.**

Fig. 38. Ein Complex von Zellen aus einem abgestorbenen Faden.

Fig. 39—49. **Oedogonium tumidulum.**

(Meist nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 39. Erste Anlage des Ringes. 900 Mal vergrössert.

Fig. 40. Etwas vorgeschrittenere Ringanlage; auch in der Oberflächenansicht angedeutet.

Fig. 41. Ein fertiger Ring; auch in der Oberflächenansicht angedeutet.

Fig. 42. Ein ungeöffnet gebliebener Ring in die Verdickungsschichten der Zellenwand aufgenommen.

Fig. 43. Die Ringmasse halb gestreckt; die Anlage der Scheidewand.

Fig. 44. Die Scheidewandbildung weiter vorgeschritten.

Fig. 45. Die Ringmasse fast völlig gestreckt, die junge Scheidewand in ihrer definitiven Stellung an der Mündung der Scheide, im Anschluss an den unteren Rand des neu eingeschalteten Membranstückes.

Fig. 46. Eine noch etwas ältere Scheidewand durch künstlichen Druck zum Platzen gebracht.

Fig. 47. Eine halb gestreckte Ringmasse auf diesem Entwickelungszustande stehen geblieben und stark verdickt.

Fig. 48 u. 49. Kappencomplex mit concentrirter Schwefelsäure behandelt; die Kappen mehr oder weniger von einander gelöst.

Tafel V.

(Alle Figuren 600 Mal vergrössert.)

Fig. 1—4. **Cladophora.**

Fig. 1. Inhaltsarme Zelle von Cladophora fracta, die (punktirten) kernartigen Protoplasmakörper zeigend.

Fig. 2 Ein relativ junger Theilungszustand bei Cladophora fracta. Von der Wand Ströme nach der innern Kante der Scheidewand laufend, scheinbare Einfaltungen der Hautschicht.

Fig. 3. Ein weiter vorgerückter Theilungszustand von derselben Pflanze. In der ringförmigen Ansammlung der farblosen, dünnflüssigen Substanz unregelmässig anastomosirende Protoplasmaströme.

Fig. 4. Theilungszustand der Cladophora glomerata.

Fig. 5—16. **Phaseolus multiflorus.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 5. Jüngste Anlage einer Endospermzelle mit noch punktförmigem Zellkern im lockeren Theile der wandständigen Protoplasmaschicht des Embryosackes.

Fig. 6, 7, 8—11. Aufeinanderfolgende Alterszustände solcher Zellen.

Fig. 8. Zellanlagen aus dem dichteren Theile des Wandprotoplasmas in der Nähe der Mikropyle.

Fig. 12. Zwei Zellanlagen, so nahe an einander entstanden, dass ihre Zonen zusammenfielen.

Fig. 13, 14, 15. Weitere Entwickelungszustände.

Fig. 16. Vereinigung zum Zellgewebe.

Fig. 17—25. **Phaseolus multiflorus.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 17. Vier Zellen aus dem jungen Endosperm.

Fig. 18. Streifige Differenzirung des Zellkerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 19. Auseinanderweichen der beiden Kernhälften.

Fig. 20 u. 21. Beginn der Scheidewandbildung, ringförmig von der Wand aus; die Zellplatte in den Kernfäden noch nicht entwickelt.

Fig 22—25. Weitere Vorgänge der Scheidewandbildung und Näherung der neuen Kerne an die Scheidewand.

Fig. 26—28. **Gingko biloba.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 26. Streifige Differenzirung des Zellkerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 27 u. 28. Weitere Entwickelungszustände der neuen Kerne und ringförmige Anlage der Scheidewand.

Fig. 29—33. **Pinus silvestris.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 29. Eine Partie Zellen aus dem Cambium (einjähriger Trieb) im Querschnitt. Der Kern in der mittleren Zelle der unteren Reihe sichtbar und eben in Theilung.

Fig. 30. Cambiumzellen auf radialem Längsschnitt, ein Kern in Theilung.

Fig. 31. Querschnitt wie in Fig. 29 ausgeführt.

Fig. 32. Theil einer etwas älteren Holzzelle auf radialem Längsschnitt mit Kern.

Fig. 33. Markstrahlzellen auf radialem Längsschnitt, in zwei Zellen die Kerne in Theilung.

Fig. 34—37. **Tradescantia virginica.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 34. Die vier obersten Zellen eines Haares von den Staubfäden. Die oberste Zelle in Theilung; die beiden unteren vor kurzem durch Theilung aus einer Mutterzelle enstanden.

Fig. 35, 36 u. 37. Aufeinanderfolgende Theilungszustände. In Fig. 35 der streifige Zustand mit der Kernplatte. Fig. 36 u. 37 (je 3. Zelle vom Haarscheitel) Bildung der neuen Kerne: in Fig. 36 noch vor Anlage der Zellplatte, in Fig. 37 nach Bildung derselben.

Fig. 38 u. 39. **Iris pumila.**

Fig. 38. Sehr junge Oberhaut, die Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen zeigend.

Fig. 39. Kurz nach vollendeter Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen.

Tafel VI.

(Sämmtliche Figuren 600 Mal vergrössert.)

Fig. 40—50. **Iris pumila.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 40. Eine junge Spaltöffnungsmutterzelle vor der Theilung.

Fig. 41 u. 42. Streifige Differenzirung des Zellkerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 43. Auseinanderweichen der beiden Kernhälften.

Fig. 44—47. Weitere Zustände. Individualisirung der neuen Kerne.
Fig. 48 u. 49. Bildung der Zellplatte.
Fig. 50. Nach vollendeter Theilung.

Fig. 51—68. **Allium narcissiflorum.**
(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 51. Pollenmutterzelle noch vor der Trennung aus dem Gewebsverbande.

Fig. 52, 53 u. 55. Streifige Differenzirung des Kerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 54—56. Die Kernplatte von oben. In Eig. 54 aus einzelnen Körnern bestehend, in Fig. 56 eine continuirliche Platte.

Fig. 57—61. Spaltung der Kernplatte. Auseinanderweichen ihrer beiden Segmente und Differenzirung der Tochterkerne.

Fig. 62—64. Bildung der Zellplatte und der Cellulosemembran.

Fig. 65 u. 66. Theilung der Schwesterzellen.

Fig. 67 u. 68. Vollendete Theilung derselben, übers Kreuz (67) oder in einer Ebene (68).

Fig. 69. **Anthericum ramosum.**
(Alcohol-Präparat.)

Fig. 69. Zustand der fast vollendeten ersten Theilung der Pollenmutterzelle. Bildung der Spalte in der Zellplatte, innerhalb der Kernfäden.

Fig. 70—78. **Tropaeolum majus.**
(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 70. Die Sporenmutterzellen während der Trennung.

Fig. 71. Nach der Trennung.

Fig. 72. Streifige Differenzirung des Kerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 73. Die Kernplatte von oben.

Fig. 74—76. Das Auseinanderweichen der Kernplattenabschnitte und Bildung der Tochterzellkerne.

Fig. 77. Bildung der Zellplatte.

Fig. 78—80. Theilung der Tochterzellkerne zu den beiden Seiten der primären Zellplatte; tetraëdrische Anordnung der Enkelzellkerne.

Fig. 81. Bildung der Leisten an der Mutterzellwandung.

Fig. 82. Vollendete Scheidewandbildung.

Fig. 83. Entstehung der eigentlichen Pollenhäute.

Fig. 84. **Cucumis sativus.**

(Alcohol-Präparat.)

Fig. 84. Theilungszustand nach vollendeter Bildung der Enkelkerne, aller Zellplatten und der vorspringenden Leisten an der Mutterzellwand.

Fig. 85—100. **Psilotum triquetrum.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 85. Befreite und abgerundete Sporenmutterzelle.

Fig. 86. Streifige Differenzirung des Zellkerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 87. Letztere von oben.

Fig. 88 u. 89. Bildung der Tochterzellkerne und der primären Zellplatte.

Fig. 90. Theilungsvorbereitung der beiden Tochterzellkerne in der gleichen Ebene.

Fig. 91. Die Pole zweier solcher Zellkerne von oben betrachtet.

Fig. 92. Ein ähnlicher Zustand von der Seite.

Fig. 93 u. 94. Theilungszustand der Tochterzellkerne und Bildung der Zellplatten. In gleicher Ebene.

Fig. 95. In tetraëdrischer Anordnung.

Fig. 96—99. Weitere Theilungszustände. In einer Ebene. Von der Seite (96, 97, 99) und von oben gesehen (98).

Fig. 100. Fertige Sporen von der Seite, noch zusammenhängend, doch nach fast vollendeter Auflösung ihrer Mutterzellwandung.

Fig. 101—120. **Equisetum limosum.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 101. Vier Sporenmutterzellen aus einer Urmutterzelle entstanden, noch zusammenhängend.

Fig. 102—104. Streifige Differenzirung des Zellkerns und Bildung der Kernplatte.

Fig. 105—107. Auseinanderweichen der beiden Kernplattenabschnitte und Bildung der beiden Tochterzellkerne.

Fig. 108. Die Tochterzellkerne nach vollendeter Differenzirung.

Fig. 109 u. 110. Bildung der Zellplatte.

Fig. 111—114. Wiederholung der Theilungsvorgänge in den Tochterzellen; tetraëdrische Anordnung der Enkelzellkerne.

Fig. 115 u. 116. Ausbildung der Celluloseseheidewände.

Fig. 117 u. 118. Trennung der jungen Sporen aus dem Verbande.

Fig. 119. Eine junge noch nackte Spore.

Fig. 120. Eine etwas ältere Spore bereits mit dünner Cellulosehülle umgeben.

Tafel VII.

Fig. 1—8. **Isoëtes Durieui.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

600 Mal vergrössert.

Fig. 1. Eine Mutterzelle vor Beginn der Theilung.

Fig. 2. Nach Zweitheilung der an dem primären Mutterzellkern angesammelten Protoplasmamasse.

Fig. 3. Nach vollendeter tetraëdrischer Theilung der Protoplasmamassen, kurz vor Auflösung des primären Kerns bei Beginn der Zellplattenbildung.

Fig. 4 u. 5. Bildung des Kerns aus dem Protoplasma an der Stärkegruppe.

Fig. 6. Nach vollendeter Bildung der Kerne und der Zellplatten.

Fig. 7 u. 8. Nach erfolgter Bildung der Celluloseseheidewände.

Fig. 9—11. **Picea vulgaris.**

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 9. Ein Ei während der Befruchtung. Vergr. 100 Mal.

Fig. 10. Ein ähnliches Ei in welchem der befruchtende Stoff sich zu einem kernartigen Gebilde am Pollenschlauchende angesammelt hat. Vergr. 100 Mal.

Fig. 11. Verschmelzung derselben mit dem Eikern. Vergr. 100 Mal.

Fig. 12—14. **Nephelis.**

(Nach Zeichnungen von O. Bütschli.)

Fig. 12—14. Aufeinanderfolgende Zustände, die Eier während der Befruchtung zeigend.

Fig. 15—21. **Unio pictorum.**

(Nach Chromsäure-Präparaten.)

600 Mal vergrössert.

Fig. 15. Zwei Zellen aus einer etwa zwanzigzelligen Embryonalanlage im Augenblicke der Ruhe. Kerne mit Kernkörperchen.

Fig. 16 u. 17. Zellen mit spindelförmig differenzirtem Kerne.

Fig. 18. Der spindelförmig differenzirte Kern in aufrechter Stellung gesehen; bei a das Bild des einen Pols, bei b die Kernplatte.

Fig. 19. Beginnendes Auseinanderweichen der Kernplattensegmente.

Fig. 20. Weiterer Zustand des Auseinanderweichens; die Kernpole abgeflacht. Beginn der Theilung des Zellplasmas.

Fig. 21. Noch späterer Theilungszustand mit Beginn der definitiven Ausbildung der neuen Kerne.

Tafel VIII.

Fig. 1—13. **Phallusia mamillata.**

(Fig. 2—13. Nach mit Beale'schem Carmin gefärbten Osmiumsäure-Präparaten.)

Fig. 1. Ein reifes noch unbefruchtetes Ei im lebenden Zustande. 250 Mal vergrössert.

Fig. 2 u. 3. Die Lage des Eikerns im Ei zeigend. Vergr. 600 Mal.

Fig. 4. Der Befruchtungsvorgang. Eindringen des Spermakerns. Vergr. 600 Mal.

Fig 5. Der Keimkern von Strahlen umgeben. Vergr. 600 Mal.

Fig. 6. Dieser Kern in spindelförmiger Differenzirung. Vergr. 600 Mal.

Fig. 7—9. Theilung des Kerns und des ganzen Eies. Differenzirung der neuen Kerne. Vergr. 600 Mal.

Fig. 10. Das zweigetheilte Ei bei 250facher Vergrösserung.

Fig. 11. Spindelförmige Differenzirung der Kerne in den beiden Zellen. Vergr. 600 Mal.

Fig. 12 u. 13. Viergetheilte Eier, die definitive Ausbildung der Kerne zeigend.

Fig. 14 u. 15. **Blatta germanica.**

(Nach Zeichnungen von O. Bütschli.)

Fig. 14. Eine Keimzelle der Spermatozoiden; der spindelförmig differenzirte Kern mit noch ungespaltener Kernplatte.

Fig. 15. Mit gespaltener Kernplatte.

Fig. 16 u. 17. **Nephelis.**

(Nach Zeichnungen von O. Bütschli.)

Fig. 16 u. 17. In Furchung begriffene Eier.

Namenregister.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.