

Zelltheilung

der

U l o t h r i x z o n a t a

von

Dr. *Leopold Dippel.*

Mit einer colorirten Tafel I.

Obgleich die Theilungsorgane bei *Ulothrix zonata* schon früher von Schacht und mir zum Gegenstande der Beobachtung gemacht und die von uns erlangten Resultate zur Veröffentlichung gebracht worden sind, glaube ich doch einem oder dem andern Forscher, namentlich unter den Zoohistiologen, eine nicht ganz unwillkommene Gabe zu bringen, wenn ich meine neuesten Beobachtungen an dieser Pflanze hier niederlege. Ich darf dies wol um so eher hoffen, da dieselben in mancher Beziehung vollständiger sind als die früheren und namentlich über die Betheiligung der eigentlichen Zelle, ihrer Haut und ihres lebenskräftigen Inhalts bei der Theilung selbst sowohl, als bei der Abscheidung der secundären Umhüllung (der Zellkapsel, wenn ich so sagen soll) einige nicht unwichtige Aufschlüsse gewähren.

Ehe ich indessen zur Darlegung meiner Beobachtungsergebnisse übergehe, bei der ich auf die neueren Controversen über den Bau der Zelle absichtlich nicht weiter eingehen will, muss ich einige Bemerkungen über meine Ansicht von dem Bau der vegetabilischen Zelle vorausschicken, weil dieselben zum vollen Verständniss der von mir gebrauchten Ausdrücke nothwendig sind.

Nach dieser — welche mir durch eine grosse Anzahl von Beobachtungen über die einzelnen Lebenserscheinungen der Zelle hinreichend gestützt erscheint — besteht das Wesen der Pflanzenzelle in einer aus protoplasmaähnlichem Stoffe, d. h. aus Eiweisssubstanzen aufgebauten, zarten, von H. v. Mohl unter dem Namen „Primordialschlauch“ dem Zellinhalt zugerechneten, Membran, der Zellhaut, und einem von dieser umschlossenen Inhalte, der sich in Zellflüssigkeit und Protoplasma sondert, welchem letzteren sich, als ein gesonderter, geformter Bestandtheil, der Zellkern, bei den höheren Gewächsen immer, bei den niedriger organisirten nicht constant, eingelagert findet. Die bei der vegetabilischen Dauerzelle hinzukommende Umhüllung der lebendigen und lebensthätigen Zelle, mittelst einer starren, aus Zellstoff aufgebauten Kapsel, betrachte ich als einen secundären Vorgang, dessen Produkt, die Zellstoffhülle, der ersteren eben nur als Stütz- und Schutzorgan dienstbar wird.

Für das allgemeine Verständniss der Vorgänge bei der Zelltheilung, auch von Seite derjenigen, welche die Zellhaut (in meinem Sinne) nicht als gesonderten Bestandtheil der Zelle gelten lassen, werden diese meine Ansicht und die sich darauf gründenden, von mir gebrauchten Ausdrücke insofern nicht hinderlich sein, als es dafür ganz einerlei ist, ob man die sichtbare Einleitung und das Weiterschreiten der Zelltheilung als von der Zellhaut oder von der Hautschicht des Protoplasmas ausgehend annimmt.

Das Material zu meinen Untersuchungen wurde, sammt dem Mutterboden (Steingerölle), auf dem es erwachsen war, einem vor meiner Wohnung vorbeifliessenden Bache entnommen und in dem mitgeschöpften Wasser sofort untersucht, so dass eine aus längerer Aufbewahrung entspringende Aenderung der normalen Lebensprocesse kaum anzunehmen und man versichert sein darf, die Theilungsvorgänge in ihrem natürlichen Verlaufe vor sich zu haben.

Der Faden der *Ulothrix zonata* (Fig. 1.) besteht bekanntlich aus cylindrischen, im Mittel $0,027^{\text{mm}}$ langen, $0,028 - 0,038^{\text{mm}}$ breiten Dauerzellen, welche in den Ecken nicht selten eine stärkere, mit einer geringen Einstülpung verbundene Verdickung zeigen (Fig. 1, *v, v*) und von mehreren Generationen der Mutterzellhüllen umschlossen werden. Die Verbindung der einzelnen Zellen und Zellengruppen untereinander ist eine fast völlig lose, im jüngeren Zustande nur durch die adhäsive Beschaffenheit der Hüllen bedingte. Es ist keine Intercellularsubstanz vorhanden und das Zerfallen des älteren Fadens in seine einzelnen Bestandtheile wird nur durch die zur Scheide gewordenen Mutterzellhüllen verschiedener Zellgenerationen verhindert. Eine Isolirung der einzelnen Glieder durch Maceration ist desshalb auch nicht ausführbar und gelingt nur insoweit, als man jene zerstört hat. Dagegen lösen sich die einzelnen Zellen aus ihrem Verbande, wenn es gelingt, mittelst der Nadel die Scheiden zu öffnen.

Der Zellinhalt zeigt folgende Anordnung. Um die centrale Zellflüssigkeit findet sich, der Zellhaut angelagert, eine ziemlich starke Schicht fast hyalinen, nur wenig körnigen Protoplasmas. Diese, nach den Enden der Zellen hin sehr häufig farblos (Fig. 1), ist in den mittleren Partien grün gefärbt und stellt somit ein Chlorophyllband dar, in dem sich vereinzelt grosse Chlorophyllkörner eingelagert finden, welche, zum wenigsten während des theilungsfähigen Zustandes der Zellen, Stärke einschliessen.

Der linsenförmige Zellkern ist dem Protoplasma eingebettet, also wandständig, und erscheint mit seiner flachen Seite der Zellhaut angelagert. Je nach der Lage des Fadens erblickt man ihn bald in der Mitte der dem Beobachter zugewendeten Seite der Zellen (Fig. 3), bald mehr nach der oberen oder unteren Kante des Fadens

gerückt (Fig. 1), bald an der im optischen Durchschnitt sich darstellenden Seitenwand, wo er dann nicht immer gut in dem Inhalte zu unterscheiden ist (Fig. 2). Seine Grösse scheint in gewissen Grenzen zu schwanken, denn ich fand ihn bald etwas grösser, bald kleiner. Die relativ grösste Ausdehnung besitzt derselbe bei zur vollen Grösse erwachsenen und zur Theilung fähigen Zellen. Relativ kleiner erscheint derselbe bei eben getheilten Zellen und nimmt sein Umfang mit der Ausbildung der Tochterzellen noch etwas zu. In der Zeit kurz vor der Zelltheilung und während der ersten Stadien derselben erscheint er, soweit sich das entscheiden lässt, von einer farblosen hyalinen Protoplasmaanhäufung umgeben, wodurch er, wenn man nicht ganz genau zusieht, eine bedeutendere Grösse zu haben scheint, als dies in der That der Fall ist (Fig. 1 u. 3).

Die Einleitung zur Theilung scheint mir gleichzeitig im Zellkerne und der Zellhaut (Primordialschlauch, Protoplasmahaut) zu beginnen, während ich früher bei im Zimmer cultivirten Ulothrixarten mit Sicherheit eine Theilung des Kernes beobachtete, ehe eine Theilungserscheinung an der Zellhaut bemerkbar wurde. Beobachtet man einen unverletzten Faden, an dessen Zellen sich hier und da einzelne, schon weiter fortgeschrittene Theilungszustände erkennen lassen, so wird man auch bald die jüngsten Theilungszustände auffinden können. Bei diesen erscheint in der Regel die einfach contourirte Zellhaut etwa in der Mitte der Mutterzelle am oberen und unteren Rande ein wenig eingezogen, so dass im ganzen Umfange eine schwache ringförmige Einschnürung des Zellinhaltes entsteht. Unter der Zellhautfalte lässt sich häufig eine Ansammlung von farblosem hyalinem Protoplasma beobachten, die namentlich dann sehr deutlich hervortritt, wenn man auf den optischen Querschnitt einstellt (Fig. 1 bei *a*). Zugleich mit dieser Einfaltung der Zellhaut und der dadurch hervorgerufenen passiven Einschnürung des Inhaltes, während der die Zellstoffhülle der Mutterzelle nicht die mindeste Veränderung zeigt, wird auch eine Einschnürung des Mutterzellkernes sichtbar (Fig. 1 u. 2 bei *a*), welche rasch bis zur völligen Theilung fortschreitet. Ob der sich theilende Kern der alte Kern der Mutterzelle ist, oder ob dieser vorher aufgelöst und ein neuer Kern gebildet worden ist, wage ich nicht zu entscheiden. Nur das Eine steht bei mir unzweifelhaft fest, dass der beim Beginn der Theilung vorhandene Kern sich in zwei Tochterkerne abschnürt.

Wendet man auf solche jüngste Entwicklungszustände wasserentziehende Reagentien an, so zieht sich die in Theilung begriffene Zelle von der im ganzen Umfang scharf begrenzten und glatt verlaufenden, durchaus keine Hervorragung oder Einfaltung zeigenden Zellstoffhülle zurück, während die Ringfalte meist vollkommen

deutlich ausgeprägt bleibt (Fig. 2, 3, 4 u. 6). Nur bei zu heftiger und rascher Einwirkung des nicht hinreichend verdünnten Reagens tritt eine so starke Schrumpfung der Zelle ein, dass dieses Verhältniss mehr oder weniger undeutlich, oder ganz unkenntlich wird.

Diese ersten Theilungszustände sind indessen nicht immer in der eben geschilderten Weise ausgeprägt. Hie und da (bei einzelnen Fäden in allen Zellen) legen sich die beiden Theile des eingeschnürten Hautstückes so fest aneinander, dass kein bemerkbarer Intercellularraum entsteht. Die Ringfalte erscheint dann, namentlich wenn auch die Ansammlung des farblosen Protoplasmas nur unbedeutend ist oder fehlt, wie eine zarte sich quer über das Zellenlumen erstreckende Linie, ähnlich wie es von Prof. Heidenhain bei der Theilung der Knorpelzellen abgebildet worden ist (Studien des phys. Inst zu Breslau Heft 2). Die Anwendung von wasserentziehenden Reagentien lässt dann aber die Verhältnisse meist etwas klarer hervortreten (Fig. 3), indem sich das gefärbte Protoplasma an der Theilungsstelle weiter zurückzieht und die Falte etwas auseinander weicht.

Die weitere Entwicklung macht sich durch Vertiefung der Einfaltung geltend, mit der ein Auseinanderweichen der beiden Tochterzellkerne Hand in Hand geht (Fig. 1, 2 und 3 bei *b*). Bis hierher wird eine Abscheidung von Zellstoff über der Zellhaut noch nicht bemerkbar. Erst wenn die Ringfalte, die in der Regel noch immer von der Ansammlung farblosen Protoplasmas begleitet wird, etwa $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{10}$ des Querdurchmessers erreicht hat, beobachtet man die erste Anlage der neu entstehenden Zellstoffhülle, welche, obgleich sie, wo sie quer über das Lumen der Zelle verläuft, oder wo sie mit der glatt.darüber verlaufenden Zellstoffhülle der Mutterzelle einen grösseren oder kleineren Intercellularraum bildet, schon als doppelt contourirt erkannt wird, doch noch so zart ist, dass man sie im Umkreise der Mutterzelle, wo sie dieser fest anliegt, kaum von dieser gesondert wahrnehmen kann (Fig. 1 *c*. Fig. 6 *e*).

Die Theilung schreitet jetzt bei freudig vegetirenden, frisch ihrem Standorte entnommenen und in dem mit ihnen geschöpften Wasser untersuchten Pflänzchen sehr rasch vorwärts. Die Ringfalte der Zellhaut wird tiefer, die Kerne treten noch etwas mehr auseinander und die noch unfertige Zellstoffhülle wird jetzt auch in dem Umkreise der Mutterzellhülle deutlicher erkennbar (Fig. 1 *d* u. *f*).

Das tiefere Eindringen der Ringfalte macht sich indessen nicht fortschreitend in der anfänglich beobachteten Weise bemerkbar, indem etwa der Intercellularraum sich erweiterte. Dieser behält vielmehr, indem sich die Zellhaut der neu entstehen-

den Zellstoffhülle innig anschmiegt, den Umfang bei, wie ihn die Einfaltung des ersten oder zweiten Entwicklungsstadiums zeigte (Fig. 1 *d* u. *f*). Hie und da verkleinert sich derselbe sogar noch (oft bis zu fast völligem Verschwinden) durch festeres Aneinanderschliessen der beiden Lamellen der Zellstoffhülle (Fig. 1 *e*), um sich später in Folge des Längenwachsthums der jungen Zelle wieder etwas zu erweitern. Nur das noch immer zu beiden Seiten der tiefer eindringenden Falte angesammelte farblose Protoplasma gibt in diesem Falle Kunde davon. Ausserdem überzeugt man sich auch davon durch die Anwendung von wasserentziehenden Reagentien, wobei die beiden zu den Tochterzellen sich entwickelnden Theile der Mutterzelle durch die Ringöffnung hindurch, je nach dem Fortschritte der Einschnürung, mittelst einer breiteren oder schmäleren Brücke in Verbindung bleiben (Fig. 2 *c*. Fig. 4 *b*, *c* u. *d*. Fig. 6 *e* u. *f*). Die jugendliche Zellstoffhülle bleibt dabei, wenn das betreffende Reagens die passende Concentration besitzt, völlig von deren Wirkung unberührt und die schrumpfende Zellhaut behält ganz das Aussehen, welches sie in den ersten Entwicklungsstadien zeigte. Sie bleibt glatt und zeigt nirgends eine solche physikalische oder chemische Veränderung, welche auf einen directen Uebergang derselben in die junge Zellstoffhülle schliessen liesse.

Sobald die Ringfalte geschlossen, die Theilung also vollendet ist, gibt sich dies nach Anwendung der eben genannten chemischen Mittel dadurch zu erkennen, dass die beiden Tochterzellen isolirt innerhalb der neu entstandenen Tochterzellhüllen zusammenfallen und sich nach angemessener Zeit der Einwirkung vollständig und allseitig von diesen zurückziehen (Fig. 5).

Jetzt beginnt auch das Längenwachsthum der Tochterzellen sich geltend zu machen, und dauert so lange, bis diese die durchschnittliche Grösse der Mutterzellen erreicht haben, wo dann, wenn nicht Schwärmsporenbildung eintritt, die Theilung sich zu wiederholen beginnt.

Wendet man auf einen, verschiedene Theilungszustände zeigenden Faden Chlorzinkjodlösung oder Jod-Jodkaliumlösung und verdünnte Schwefelsäure an, so färben sich die in ihrer Ausbildung begriffenen oder eben vollendeten Zellstoffhüllen zuerst und am intensivsten (Fig. 6 u. 7), während dies bei den älteren weniger intensiv und weit langsamer geschieht; die ältesten bei Anwendung des ersteren Reagens oft sogar noch nach 24 Stunden ungefärbt erscheinen (Fig. 6).

Dieses Verhalten der jugendlichen Zellstoffhüllen, welches sich bei allen Fadenalgen in mehr oder minder ähnlicher Weise wiederholt, ist insofern von Wichtigkeit, als es von demjenigen der eben entstandenen, sogenannten cambialen

Zellstoffhüllen der Zellen geschlossener Gewebe, auf das ich in einer anderen Abhandlung zurückkommen werde, entschieden abweicht.

Eine eigentliche verkittende Intercellularsubstanz entsteht bei *Ulothrix*, wie bei den übrigen von mir beobachteten Fadenalgen nicht. Was Schacht dafür angesehen ist mit diesem Bestandtheile der geschlossenen Gewebe nicht identisch. Die einzelnen Zellen liegen, wie schon weiter oben erwähnt, lose nebeneinander in den als Scheiden verbleibenden Mutterzellhüllgenerationen und lassen sich an passenden Schnittstellen der Fäden mittelst der Nadel einzeln oder in, den Generationencyclen entsprechenden, Gruppen von 2, 4 u. s. w. aus jenen herausziehen.

Die Beobachtung von Schacht ist indessen vollkommen richtig. Es tritt in der Mitte der senkrecht auf der Längsachse des Fadens stehenden Theile der älteren Zellstoffhüllen bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod-Jodkaliumlösung und Schwefelsäure eine gelbe Färbung auf; allein diese verschwindet bei längerer Einwirkung des letzteren Reagenses völlig und hat, wie auch schon daraus hervorgeht, dass sie sich über die ganze Dicke der Zellstoffhülle erstreckt (Fig. 6 u. 7), mit der Verkittung der einzelnen Zellen unter einander nichts zu schaffen.

Wir haben hier, sowie bei den übrigen Fadenalgen, wo die Theilung im Wesentlichen ganz in der geschilderten Weise verläuft, einen eigenen Typus der vegetabilischen Zelltheilung vor uns. Das Hauptmerkmal desselben besteht, wie aus den mitgetheilten Beobachtungen hervorgeht, in der successiven Abscheidung der Zellstoffhülle über der sich abschnürenden Zellhaut, welcher nebst dem bildungsfähigen Inhalt, dem Protoplasma und Kern, die Hauptrolle bei der Entwicklung zugewiesen ist.

Inwieweit die einzelnen Erscheinungen hiebei voneinander abhängen, lässt sich nicht überall mit Sicherheit bestimmen. So erscheint es mir nicht ausgemacht, ob die jungen Zellkerne für die Theilungsvorgänge den Anziehungsmittelpunkt bilden, obwohl die relative Lage des sich theilenden Kernes, der eben erst durch Theilung entstandenen Kerne und der Zellhautfalte eine solche Annahme zu rechtfertigen scheinen. Soviel aber steht fest, dass sich der Inhalt insoweit passiv verhält als es die Zellhaut (Mohl's Primordialschlauch) ist, welche durch ihre fortschreitende Einfaltung dessen Abschnürung in zwei gesonderte Parteen hervorruft. Seine Thätigkeit bei der Theilung besteht darin, dass das Protoplasma zunächst die Eiweissstoffe zum Wachsthum der Zellhaut während der Einfaltung abgibt und dann die zum Aufbau der jungen Zellstoffhüllen erforderlichen löslichen Kohlenhydrate bereitet.

Ein zweiter Typus, bei welchem die Theilung der Zellhaut zuerst vollendet und dann die Zellstoffhülle simultan über der ganzen Oberfläche der Tochterzellen abgeschieden wird, findet sich bei den geschlossenen Geweben und soll zum Gegenstande eines folgenden Aufsatzes gemacht werden.

Da mit diesem zweiten Typus, wie es mir nach den neuesten Beobachtungen Prof. Heidenhain's (Studien des physiol. Inst. zu Breslau Heft 2 u. f.) scheint, die Theilungsvorgänge in einzelnen thierischen Geweben wenigstens sich in Uebereinstimmung befinden, so wäre es von Interesse, wenn einer oder der andere der Herren Zoonhistologen seine Aufmerksamkeit darauf lenken wollte, ob die beschriebenen Theilungsvorgänge mit succeedaner Entwicklung der Zellkapsel nicht auch ihr Analogon im Thierreiche finden.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Ein frisch dem Mutterboden entnommener, in Bachwasser beobachteter Faden von *Ulothrix zonata*, mit verschiedenen Theilungszuständen *a—f*. *g* eine ausgewachsene zur Theilung fähige Zelle mit grossem von einer Protoplasmaansammlung umgebenen Kern. *vv* die leeren Räume an den verdickten Stellen der jüngeren Zellstoffhüllen. Vergr. 1 : 750.
- Fig. 2. Theil eines ähnlichen Fadens mit schwacher Zuckerlösung behandelt. Vergr. 1 : 750.
- Fig. 3. Aehnliches Präparat. Vergr. 1 : 750.
- Fig. 4. Theil eines in Chlorcalcium aufbewahrten Fadens, dessen Verhältnisse seit Juli d. J. dieselben geblieben sind. Die verschiedenen Theilungszustände sind mit den fortlaufenden Buchstaben *a—d* bezeichnet. Vergr. 1 : 660.
- Fig. 5. Zwei eben entstandene Zellen nach der Behandlung mit Jod-Jodkalium. Die älteren Mutterzellhüllen scheinen hier in Auflösung begriffen zu sein, indem sie gallertartig verschmolzen erscheinen *h, h*. Vergr. 1 : 1000.
- Fig. 6. Theil eines Fadens mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Die verschiedenen Theilungszustände sind mit *a—f* bezeichnet. Es zeigen sich bei *xx* die gelben Stellen auf den älteren Zellstoffhüllen. Vergr. 1 : 750.
- Fig. 7. Einige Zellen mit Jod-Jodkalium und verdünnter Schwefelsäure behandelt und nach kurzer Zeit der Einwirkung gezeichnet. Vergr. 1 : 660.
- Fig. 8. Ein ähnliches Präparat nach längerer Einwirkung des Reagens gezeichnet. Vergr. 1 : 660.

Idar im December 1865.

Fig. 1

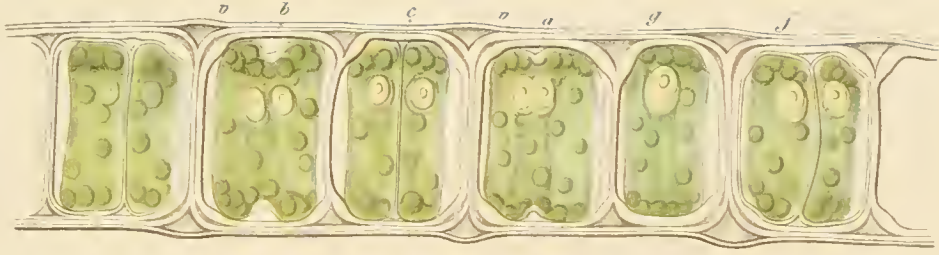


Fig. 2



Fig. 3

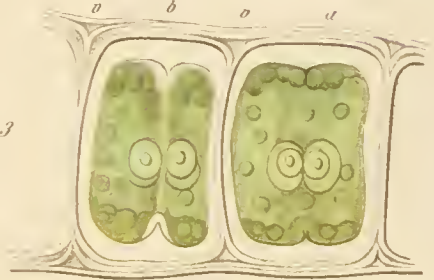


Fig. 4

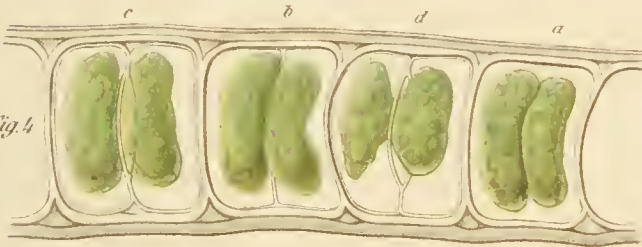


Fig. 5

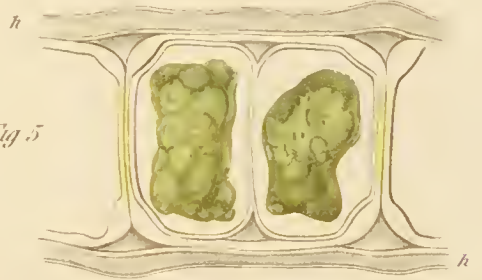


Fig. 6

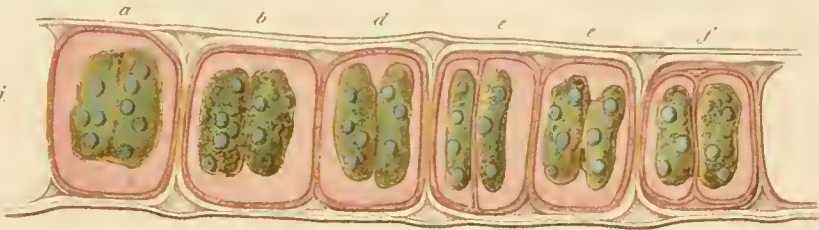


Fig. 7

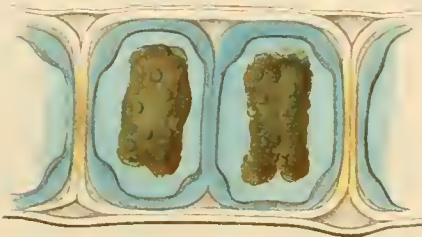


Fig. 8

