

Die Entstehung
der
wandständigen Protoplasmaströmchen
in den Pflanzenzellen

und
deren Verhältniss zu den spiraligen und netzförmigen Verdickungsschichten

von
Dr. Leopold Dippel.

Mit zwei schwarzen Tafeln II. und III.

•

Bei dem in der neuesten Zeit so heftig entbrannten Streite über das Wesen und den Bau der Zelle wird bekanntlich von den Vertheidigern der hautlosen Zellen die spontane Contractilität des Protoplasmas als eine Hauptstütze der neuen Theorie in den Vordergrund gestellt. Man hat von Seiten mehrerer Zoohistologen auch die Protoplasmaströmchen der Pflanzenzellen herangezogen und namentlich deren Verhalten gegen Inductionsströme hervorgehoben, um mittelst dieses Verhaltens den Nachweis zu führen, dass dem bildungsfähigen Inhalt der Pflanzenzellen eine spontane Contractilität zukomme, dass er mithin ein selbständiges Leben führe und den wahren „Zellentrieb“ d. h. im Wesentlichen die vegetabilische Zelle bilde. Dieser Umstand ist es, der mich bestimmt, von Seiten der Pflanzenhistiologie über den fraglichen Gegenstand das Wort zu ergreifen.

Ich muss von vornherein gestehen, dass ich all den künstlich durch elektrische Ströme u. dergl. hervorgerufenen Erscheinungen, welche immer in mehr oder minder hohem Grade das organische Leben überreizen oder vollständig zerstören, für die Erkenntniss vom Ablaufe dieses letztern durchaus eine reelle, in erster Reihe stehende Schlusskraft nicht zuerkennen kann. Dieses Experimentiren an fertigen Zuständen gewährt uns keinesfalls nützlichliche Einsichten in die Ursachen der an dem unverletzten Organismus beobachteten Erscheinungen, die im Gange der Entwicklung geworden sind. Nur die Entwicklungsgeschichte kann uns hier die erforderlichen Erklärungsgründe an die Hand geben. Wollen wir die bewegende Ursache der Ortsveränderungen des Protoplasmas kennen und deren Bedeutung in dem individuellen Leben der Zelle, wie in dem Leben des aus den Zellen aufgebauten Organismus richtig würdigen lernen, so müssen wir zunächst auf die Ent-

stehung der Protoplasmaströmchen zurückgehen und von da aus, soweit irgend möglich, Schritt für Schritt deren weiteres Verhalten verfolgen. Einige solcher Entwicklungsgeschichten, welche sich auf die Spiralzellen der Kapselwand und die Schlenderzellen einiger Lebermoose, dann auf die netzförmig verdickten Gefässe von *Balsamina* und *Impatiens* beziehen, zur vorläufigen Kenntniss zu bringen, sollen die folgenden Blätter dienen. Werden diese Entwicklungsgeschichten auch erst in einer spätern grössern Abhandlung über das Wesen und den Bau der Pflanzenzelle ihre passende Einreihung finden, so mögen dieselben doch auch in isolirter für sich abgerundeter Darstellung zur Klärung der herrschenden Ansichten beitragen und insofern, wie ich hoffe, nicht ganz unwillkommen sein.

Schon während der 36sten Versammlung Deutscher Naturforscher habe ich den Gegenstand in Folge einiger über das Verhältniss zwischen den Protoplasmaströmchen und den secundären Verdickungsschichten ausgesprochenen Vermuthungen des Herrn Prof. Wigand in Marburg flüchtig berührt. Dann hatte ich in der letztverflossenen Versammlung zu Giessen und zwar in der ersten ordentlichen Sitzung der botanischen Section Gelegenheit, im Anschluss an den Vortrag des Herrn Prof. Hofmeister „über den Mechanismus der Protoplasmaabewegungen“ Einiges aus den hier unten folgenden Beobachtungen mitzutheilen und in Kürze meine Ansicht über die Ursachen der Strömungen des Wandprotoplasmas, sowie des Protoplasmas überhaupt anzusprechen. Ich verzichtete damals nur deshalb auf eine umfänglichere Darstellung, weil eine Discussion nicht zu Stande kommen wollte, obwol eine solche bei der Anwesenheit von Vertretern der verschiedenen Ansichten sehr erwünscht gewesen wäre. Obwol ich nun durch diese Arbeit zunächst Anregung zu einer solchen Discussion geben möchte, verzichte ich doch vorläufig auf jede Kritik anderer Ansichten und beschränke mich auf die Darlegung der aus meinen theilweise schon vor längerer Zeit ausgeführten Untersuchungen hervorgegangenen Resultate und der daran sich knüpfenden Folgerungen. Um indessen überall richtig verstanden zu werden, muss ich auf meine auf die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzelle gegründete, schon in dem vorhergehenden Aufsätze ausgesprochene Ansicht von dem Bau dieser letztern zurückverweisen.

I.

Spiralzellen der Kapselwand von *Marchantia polymorpha*.

Untersucht man die Kapselwand von *Marchantia polymorpha* zur Zeit, wenn dieselbe nahezu ihre volle Grösse erreicht hat und die Mutterzellen der Sporenspecialmutterzellen sich zur Theilung anzuschicken beginnen, so erscheinen sämtliche Zellen der Spiralzellenschicht, welche in frühern Stadien bei centralem Kerne sogenannte Binnenströmchen zeigten, mit einem gleichmässigen körnigen Wandbelege von Protoplasma ausgekleidet, in welchem, wie sich durch wässrige Jodlösung deutlich nachweisen lässt, sowol vereinzelte grössere, als zahlreiche sehr kleine Stärkekörnchen eingelagert sind. Um den jetzt nahezu oder ganz wandständigen Zellkern hat sich eine Anzahl von 6 bis mehreren grossen Chlorophyllkörnern gruppiert, deren Unterlage, wie die chemische Reaction nachweist, Stärke bildet (Fig. 1). Die nächste Veränderung, welche sich in der weiterschreitenden Entwicklung bemerkbar macht, besteht darin, dass der Chlorophyllüberzug der um den Zellkern gruppierten Stärkekörner verschwindet, diese letzteren zugleich an Grösse abnehmen und an Reinheit ihres Umrisses verlieren (Fig. 2). Während dieser fortdauernden Grössenabnahme der kernständigen sowol, als der grösseren wandständigen Stärkekörnchen geht zugleich eine Veränderung in dem protoplasmatischen Wandbelege vor sich. Derselbe verliert seinen über den ganzen Innenraum der Zelle sich erstreckenden gleichmässigen Zusammenhang und es erscheint darin eine grössere oder kleinere Anzahl von Vacuolen, die anfänglich durch ziemlich breite Massen Protoplasmas voneinander geschieden werden (Fig. 3). Nach und nach aber werden diese Streifen schmaler und es dehnen sich einerseits einzelne Vacuolen aus, andererseits verschmelzen je zwei oder drei der benachbarten zu einer einzigen grössern, so dass der grössere Theil der Zellenoberfläche nun von Vacuolenräumen eingenommen wird. Die Verschmelzung geschieht in der in Fig. 4 dargestellten Weise. Der scheidende Protoplasmabalken wird nämlich nach und nach immer schmaler, bis er endlich reisst. Anfänglich reichen die beiden Stücke, welche an ihren Enden etwas kolbig angeschwollen sind, noch eine Strecke in den Vacuolenraum hinein, dann aber werden sie sehr rasch in den Umkreis der grossen Vacuole zurückgezogen. Durch diese Vorgänge der Erweiterung und Verschmelzung der Vacuolen bilden sich Entwicklungszustände heran, wie sie in den Figuren 5 u. 6 dargestellt sind und in wel-

chen verhältnissmässig sehr grosse Vacuolen durch schmale Protoplasmabänder geschieden werden. Diese gehen endlich in die in den Figuren 7 u. 8 gezeichneten Formen über, indem wir den Innenraum der Zelle von ring- bis spiralförmigen, oder von netzförmigen Protoplasmabändern überzogen sehen, die einen gewissen feinem Bau nicht verkennen lassen. Während sich nämlich in den frühesten Entwicklungszuständen nichts Bestimmtes über die Scheidung des protoplasmatischen Wandbeleges in verschiedenen Schichten ausmachen lässt, ist die Erkenntniss derselben in diesen letzteren Zuständen wesentlich erleichtert. Schon durch eine passende Aenderung der Einstellung des Tubus erkennt man auch bei schwächeren Vergrösserungen, dass das körnige Protoplasma, welches sich sammt den kleinen Stärkekörnern in einer sehr langsamen, oft kaum wahrzunehmenden Strömung befindet, an schmalen Bändern von einer homogenen, hyalinen Grundsubstanz hinläuft (Fig. 7 u. 8). Vergrössert man nun sehr stark und stellt auf die Mittelebene der Zelle ein, so erkennt man an der Innenseite der Zellhaut ganz bestimmt den Durchschnitt des homogenen hyalinen Protoplasmabandes, der sich mit Jod fast gar nicht färbt und dem das körnige, mit Jod sich hochgelb färbende Protoplasma aufgelagert erscheint (Fig. 10). Wendet man auf solche Entwicklungszustände eines der schwächeren endosmotischen Reagentien an, so zieht sich die Primordialzelle sammt den mehr oder weniger verzogenen, im Anfang der Wirkung aber noch deutlich zu erkennenden Protoplasmaströmchen von der Zellstoffhülle zurück und gewährt nun das in Fig. 9 dargestellte Bild und damit die klare Ueberzeugung, dass auf dieser Ausbildungsstufe die Zeichnung der Protoplasmaströmchen nur innerhalb jener ersteren vorhanden ist und noch nicht der Zellstoffhülle angehört. Etwas spätere Entwicklungszustände lassen bei geeigneter Einstellung inmitten der Protoplasmaströmchen ziemlich scharfe Randcontouren eines etwas schmälern hyalinen Bandes erkennen (Fig. 11). Zieht man jetzt die Primordialzelle mittelst eines endosmotischen Reagenses von der Zellstoffhülle zurück, so sieht man auf dieser letztern die zarten Anfänge der secundären Verdickungsschichten verlaufen, welche in ihrer Lage den beobachteten Protoplasmaströmchen entsprechen (Fig. 12), die in der zusammengefallenen Primordialzelle, etwas verzogen, noch deutlich wahrzunehmen sind. Die Protoplasmaströmchen ändern in diesen letzten Entwicklungszuständen, d. h. nach ihrer Entstehung aus den breiteren Vacuolenbrücken ihre Lage nicht mehr, wie dies bei den Binnenströmchen der Haarzellen u. s. w. der Fall ist. Dieselben behalten auch dann noch ihre Lage beständig bei, wenn keine Ortsbewegung des körnigen Protoplasmas mehr zu beobachten ist.

Noch ältere Entwicklungszustände lassen nur homogene, hyaline Bänder erkennen, ohne dass eine hervortretende Ansammlung von körnigem Protoplasma an deren Innenfläche zu beobachten wäre. Dagegen scheint dieses letztere nun wieder in höchst dünner Lage gleichmässig über die ganze Innenfläche der Zelle ausgebreitet zu sein. Endlich verschwindet das Protoplasma ganz und gar und es treten uns die luftführenden Spiralzellen entgegen (Fig. 13), wie wir sie in der völlig reifen Kapsel beobachten, nur dass ihnen jetzt noch die spätere bräunliche Färbung abgeht.

Auf die gleiche Weise, wie ich es eben geschildert habe, entstehen auch die Protoplasmaströmchen und die secundären Verdickungsschichten in den Spiralzellen der Kapselwand an *Fegatella conica* und *Pellia*.

II.

Schleuderzellen der Lebermoose.

Ganz ähnliche Erscheinungen lassen sich in den jungen Schleuderzellen der Lebermoose beobachten und es bieten diese ausserdem den Vortheil dar, dass die ganze Beobachtung weit leichter auszuführen ist, als bei dem vorhergenannten Objecte. Nachdem die Schleuderzellen sich von den Sporenmutterzellen differenzirt haben, bleiben dieselben so lange von einem gleichmässigen, feinkörnigen, mit vereinzelt grösseren Stärkekörnchen untermischten Wandbelege von Protoplasma ausgekleidet, als sie ihre volle Länge noch nicht erreicht haben. Sobald aber das Längenwachsthum der Schleudern, welche bei *Fegatella conica* ziemlich weit sind, dagegen verhältnissmässig kurz bleiben und bald eine keulenförmige, bald eine an beiden Seiten stumpf zugespitzt spindelförmige Gestalt besitzen, vollendet ist, lagern sich die Stärkekörnchen in schräge aufsteigende Reihen, während der nun etwas dichtere Wandbeleg des Protoplasmas von zahlreichen kleineren und grösseren Vaeuolen unterbrochen wird (Fig. 14). Eine eigentliche, in bestimmter Richtung verlaufende Bewegung des Protoplasmas ist auf dieser Entwicklungsstufe noch nicht wahrzunehmen. Wo sich eine solche kundgibt, ist es vielmehr ein Schwanken der Körnchen bald nach dieser, bald nach jener Seite, je nachdem eine der Vacuolen sich vergrössert, mit einer benachbarten vereinigt oder ganz verschwindet. Erst nachdem sich die letzteren auf eine gewisse Anzahl vermindert und ihr Volumen erweitert haben, wenn die Protoplasmaströmchen nur noch als schmale, linkswendig aufwärtssteigende Bänder auftreten (Fig. 15), welche die sich verkleinernden Stärkekörnchen in sich aufnehmen,

beginnt eine dem Verlaufe dieser Bänder folgende, an den Beobachtungsobjecten schwierig und nur vereinzelt wahrzunehmende und sehr langsame Bewegung des körnigen Protoplasmas. Diese Bewegung steigt meistens an den Bändern aufwärts; nur hie und da bemerkt man an einigen Bändern einerseits eine aufwärts gerichtete, andererseits eine abwärts steigende Bewegung. Die belegfreien Stellen des Zellinnern haben jetzt noch mehr den Charakter grosser Vacuolen, indem sich die Strömchen noch hie und da durch gerundete Verbindungsbrücken miteinander netzförmig vereinigen und ihre Lage mehr oder minder verändern. Erst in einem weiter fortgeschrittenen Entwicklungszustande erscheinen die Wandströmchen in Form von zwei gesondert verlaufenden, linkswendig aufwärts steigenden Spiralströmchen (Fig. 16) und behalten nun ein für allemal ihre Lage bei. Die junge Schleuder bietet jetzt ganz und gar das Bild der fertigen dar, nur dass sich an Stelle der Zellstoffbänder die Protoplasmaströmchen befinden. Wendet man auf solche Zustände endosmotische Reagentien an, so zieht sich die Primordialzelle mit den mehr oder weniger verzogenen Protoplasmaströmchen von der Zellhülle zurück, ohne dass man auf der letztern die geringste Spur von einem Spiralbände zu beobachten im Stande ist (Fig. 17). Von der Scheidung des Protoplasmas in eine hyaline, homogene, der Zellhaut unmittelbar sich anschmiegende und in eine innere, körnerhaltige Schicht kann man sich hier ebenso leicht überzeugen, wie bei den Zellen der Kapselwand von *Marchantia* (Fig. 18). Sobald man in etwas älteren Zellen die Bänder der hyalinen, homogenen Substanz innerhalb der körnigen Masse des Protoplasmas in schärferer Begrenzung wahrnimmt (Fig. 19), treten auch auf der Innenseite der primären Zellstoffhülle die zarten spiraligen Verdickungsschichten hervor (Fig. 20) und verstärken sich mehr und mehr (Fig. 21), bis schliesslich die Schleuderzellen ohne jede Spur von protoplasmatischem Inhalte in ihrem fertigen Zustande auftreten (Fig. 22).

Die Schleuderzellen von *Pellia epiphylla* sind weit enger und dabei bedeutend länger als diejenigen von *Fegatella*. Sie bieten insofern ein nicht ganz so günstiges Object, lassen indessen noch hinreichend deutlich die einzelnen Entwicklungsprocesse erkennen, welche ganz in der eben geschilderten Weise ablaufen.

III.

Gefässzellen von *Balsamina* und *Impatiens*.

Nachdem ich mit den eben geschilderten Thatsachen und mit der in gleicher Weise erfolgenden Entwicklung der Spiralfaserzellen in der Antherenwand von

Cucurbita und *Lilium* (worüber meine Beobachtungen indessen noch lückenhaft sind) bekannt geworden war, fühlte ich das Bedürfniss auch über die Entstehung der spiralgigen und netzförmigen Verdickungsschichten der Gefässe mir Aufschluss zu verschaffen. Hier ist indessen die Beobachtung ausserordentlich erschwert. Auf eine Entwicklungsgeschichte der ältesten Ring- und Spiralf Gefässe der primitiven Gefässbündel sah ich mich bald nach den ersten Versuchen zu verzichten veranlasst, da ich zu keinen hinreichend klaren Ansichten gelangen konnte. Ich wendete mich nun zunächst der Untersuchung des Cambiums von *Tilia* und *Lonicera Caprifolium* zu, um an diesen Pflanzen die Entstehung der den tertiären Verdickungsschichten angehörenden Spiralfasern der behöft-porösen Gefässe zu studiren. Aber auch hier wollten sich keine genügend sichern Resultate ergeben. Endlich fand ich in *Balsamina* und *Impatiens noli tangere* ein Object, welches zum Ziele führte, obgleich auch hier die Beobachtung mit zahlreichen Hindernissen und Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Bekanntlich besitzen diese beiden Pflanzen in dem jüngeren Theile der primitiven Gefässbündel sehr weite und dabei kurz gegliederte netzförmige Gefässe, in denen die secundären Verdickungsschichten erst nach der Vollendung des Längenwachsthums der einzelnen Gliederzellen entstehen. Wenn irgendwo, so musste sich hier das Verhalten der Protoplasmaströmchen studiren lassen. Und in der That gelangt man auch an zarten und glücklich geführten Längsschnitten, in denen sich einzelne Gefässzellen hinreichend blosgelagt finden, ohne dass sie eine störende Verletzung erfahren haben, zu entscheidenden Ansichten. Wenn die Gefässzellen schon beinahe oder ganz ihre volle Länge erlangt haben, ohne dass aber ihre primäre Zellstoffhülle noch zu der vollen Dicke erwachsen ist, welche man bei den fertigen Gefässen beobachtet, erscheint deren Innenseite von einer gleichmässigen zarten Wandschicht von feinkörnigem Protoplasma angekleidet, in welcher sich durch Jodlösung kleine Stärkekörnchen nachweisen lassen. Von dem wandständigen Zellkern aus verlaufen dabei einzelne feine Protoplasmafäden durch den Innenraum der Zelle und wechseln mannigfach in ihrer Lage. Der zarte Wandbeleg lässt in diesem Zustande noch keine Scheidung in eine äussere homogene, schleimige, und in eine innere körnige Schicht erkennen. Dagegen zeigt die von der Zellstoffhülle zurückgezogene Primordialzelle einen scharfen einfachen Contour, der nur durch das angelagerte feinkörnige Protoplasma eine scheinbar körnige Beschaffenheit erhält. Das Auftreten von Vacuolen kleinern Umfanges als die späteren Netzmaschen habe ich nicht beobachtet und ist mir vielleicht diese Zwischenstufe in der Inhaltumbildung entgangen, wenn sie hier überhaupt in einer der oben geschilderten ähnlichen

Weise existirt. Derjenige Entwicklungszustand, den ich nach dem eben geschilderten beobachtete, zeigte mir die Gefässzellen auf ihrer Innenseite ausgekleidet mit einem höchst zarten, nur bei entsprechender Dämpfung der Beleuchtung sicher zu erkennen- den Protoplasmanetze, in dem ich eine deutlich ausgesprochene Bewegung der Körnchenmasse nicht mit Sicherheit wahrnehmen konnte (Fig. 23*). Von dem wand- ständigen Kerne aus verlaufen jetzt noch einige wenige, höchst feine, kaum zu er- kennende Binnenströmchen. Dieselben schwinden während der Beobachtung mehr und mehr, werden aber dabei weniger in die übrige Protoplasmanasse zurückgezogen, als dass ihre Masse gleichsam hinwegschmilzt. Die primäre Zellstoffhülle hat auf dieser Entwicklungsstufe ihren Verholzungsprocess noch nicht eingegangen und in den benachbarten Parenchymzellen findet eine lebhaftere Protoplasmaströmung mittelst Binnenströmchen statt. Endosmotische Reagentien machen die Primordialzelle zu- sammensinken und man erkennt dann leicht, dass die primäre Zellstoffhülle noch ohne jegliche Ablagerungsschichten geblieben ist (Fig. 24). Nur wenig ältere Zellen lassen jedoch bei gleicher Behandlung schon das zarte Netzwerk der secundären Verdickungsschichten erkennen, welches mit dem im ungestörten Zustande der be- treffenden Zelle beobachteten Protoplasmanetze in seiner Form vollständig überein- stimmt (Fig. 25). Steigt man nun mit den Längsschnitten in den betreffenden Inter- nodien tiefer hinab, so trifft man in glücklichem Falle auf Entwicklungszustände, wo das Netzwerk der ungestörten Zelle ganz aus hyaliner Substanz gebildet wird, d. h. den secundären Verdickungsschichten angehört und die ganze Innenwand der Zelle wieder mit einem zarten gleichmässigen und feinkörnigen Wandbelege ausgekleidet erscheint (Fig. 26), der, während zugleich der Kern aufgelöst wird, nach und nach schwindet und uns nun die fertige Gefässzelle vor Augen treten lässt (Fig. 27), deren Querscheidewände sofort resorbirt werden. Im fertigen Zustande erkennt man dann auch, wie sich aus dem gleichförmigen Wandbeleg die über den ganzen Innenraum der Zelle gleichmässig ausgebreitete tertiäre Verdickungsschicht gebildet hat (Fig. 28).

IV.

Folgerungen aus den Beobachtungs-Resultaten.

Gehen wir zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen über, so ergibt sich Folgendes. Das in den Spiralfaser- und Schlenderzellen entstandene, in die jungen Gefässzellen aus dem umgebenden Holzparenchym übergeführte Stärkemehl,

*) Das Protoplasmanetz ist in der Figur im Verhältniss zum Object etwas zu dunkel gehalten.

dessen Entwicklung in den Zellen der Kapselwand von *Marchantia* und *Fegatella* meinen Beobachtungen zufolge unstreitig innerhalb des Chlorophylls stattfindet, wird nach und nach aufgelöst und in schleimigflüssige (noch später wol flüssige?) Kohlenhydrate übergeführt, welche zum Aufbau der primären Zellstoffhülle und der Verdickungsschichten geeignet sind. So lange das Protoplasma und namentlich die körnigen Bestandtheile desselben über die wässerige Zellflüssigkeit überwiegen, und die Ausdehnung der Zelle nach Länge und Weite noch in voller Thätigkeit ist, bildet das erstere einen gleichmässigen Beleg der Innenwand und wird in ebenso gleichmässiger Weise zum Aufbau der primären Zellstoffhülle verwendet. Sobald aber das Wachstum der Zelle ihr Ende erreicht hat und die Zellflüssigkeit zu überwiegen beginnt, während zugleich die entsprechenden körnigen Bestandtheile des Protoplasmas mehr und mehr schwinden und in schleimige Kohlenhydrate übergeführt werden, ändert sich die Anordnung der verschiedenen Inhaltspartheen wesentlich. Die schleimigen Kohlenhydrate, unfähig sich mit der wässerigen Zellflüssigkeit zu mischen, vertheilen sich in der Art, wie wir es auch sonst bei der Vermischung ähnlicher Substanzen mit wässerigen Flüssigkeiten beobachten, über den Innenraum der Zellhaut. Sie bilden so einen durch kleinere oder grössere, rundliche oder länglichrunde, mit Zellflüssigkeit erfüllte Zwischenräume unterbrochenen Wandbeleg von schleimigen Kohlenhydraten, ein Schleimnetz, wenn ich mich so ausdrücken darf, dessen Fäden sich die körnigen Protoplasmanmassen (zunächst vielleicht blos in Folge von Flächenanziehung) anlagern. Auf diese Weise treten die Wandvacuolen in Sicht (wie wir sie in den, den Figuren 3, 5, 14 u. 15 entsprechenden Entwicklungszuständen beobachten). Die im ferneren Entwicklungsgange zu beobachtenden Erscheinungen, die Vergrösserung der Vacuolen und die Verschmälerung der Protoplasmanmassen zu mehr oder minder schmalen Bändern sind offenbar durch die Ernährungs- und Diffusionserscheinungen hervorgerufen. Die Vermehrung und der seitlich gehende Diffusionsstrom der wässerigen Zellflüssigkeit bewirken die Ausdehnung der Vacuolenräume, die nach oben und unten gerichteten Ströme in ihrem Mächtigkeitsverhältniss gegen die Seitenströme bedingen dagegen die verschiedenen Formverhältnisse des Protoplasmanetzes. Wo die Strömungen nach allen Seiten ziemlich gleich stark sind, da werden sich die hyalinen Protoplasmastrifchen in mehr ring- oder netzförmiger Gestalt ordnen, wie wir es bei den netzförmigen Gefässen von *Balsamina* und *Impatiens* beobachten. Wo dagegen die Stärke der seitlichen von jenen der in der Achsenrichtung der Zelle verlaufenden Strömungen überwogen wird, da tritt mehr ein spiralförmiger Verlauf der Protoplasmaströmchen hervor, welcher sich, wie wir es bei den Zellen der Kapselwand von *Mar-*

chantia sehen, auf verschiedenen Seiten derselben Zellen verschieden gestalten kann. Ja es tritt sogar nicht selten der Fall ein, dass die unterbrochenen Protoplasmamassen der einen Seite sich in einen gleichmässigen Wandbeleg der andern Seite vereinigen (Fig. 6). Sobald sich die verschiedenen, auf die Lage und Form der Protoplasmaströmchen Einfluss übenden Kräfte ins Gleichgewicht gesetzt haben, sehen wir die ersteren ihre Lage constant beibehalten. Diese constanten Protoplasmaströmchen stehen nun aber, wie es die Beobachtung auf das Entschiedenste darthut, ihrer Form nach mit den spiral- und netzförmigen Verdickungsschichten im entschiedensten Zusammenhange. Ebenso erkennen wir, wie mit dem Wachsen der letztern die ersteren nach und nach an Volumen abnehmen und endlich ganz verschwinden. Es findet hiernach also noch ein weiterer organischer Zusammenhang zwischen diesen beiden Produkten des Zellenlebens statt. Die secundären Verdickungsschichten gehen mit einem Worte aus den Protoplasmaströmchen hervor und es ist zunächst die aus den schleimigen Kohlenhydraten gebildete Partie, welcher sie ihr Entstehen verdanken. Ob diese schleimigflüssigen Kohlenhydrate nun unmittelbar sich in die secundären Verdickungsschichten umbilden, indem sie gleichsam einen Erhärtungsprocess durchlaufen, wie es von denen behauptet wird, welche die Hautlosigkeit der organischen Zelle vertheidigen, oder ob dieselben, wie ich glaube, nachdem sie zum Theil in vollständig gelösten Zustand übergeführt worden, durch die Zellhaut hindurchgehend ausserhalb dieser, chemisch und physikalisch umgewandelt auf der Innenseite der primären Zellstoffhülle abgelagert werden, dies näher zu erörtern liegt für jetzt ausserhalb meiner Aufgabe. Dagegen bleiben mir noch diejenigen Schlüsse zu ziehen, welche sich aus den Resultaten der mitgetheilten Beobachtungen im Zusammenhalte mit den Lebenserscheinungen der Zelle als Einzelwesen sowol, wie als Bestandtheil der Gewebe für das beobachtete Verhalten des Protoplasmas ergeben. Hier zeigt sich nun zunächst, dass die Entstehung der Protoplasmaströmchen, wie deren Verhältniss zu den secundären Verdickungsschichten im engsten Zusammenhange stehen mit den Ernährungserscheinungen der Zelle im weitern Sinne. Wir haben die Ursache der Ortsveränderungen des hyalin homogenen (kohlenhydrathaltigen), wie des körnigen Protoplasmas nicht in einer spontanen Contractilität des letzteren, sondern in dem chemisch-physikalischen Verhalten der verschiedenen Inhaltspartieen der Zelle zueinander, sowie in den durch die Diffusion einerseits, durch die chemische Differenz andererseits hervorgerufenen mechanischen und vielleicht elektrischen Strömungen in dem Inhalte zu suchen. Das Protoplasma ist nicht das Treibende, sondern das Getriebene und es lassen sich seine Ortsbewegungen, mögen sie die schleimigflüssige hyaline Substanz der Fäden mit, oder die

diesen angelagerte körnige Masse allein betreffen, in einfacher Weise auf physikalische Gesetze zurückführen, welche in dem Ablaufe der Lebenserscheinungen der Zelle als Einzelwesen, wie als Gewebetheil ihre nächsten Ursachen haben. Wir dürfen sonach auch das Protoplasma keineswegs als den wahren „Zellenleib“, als das Wesen der Zelle vollständig einschliessend betrachten, sondern es ist ihm seine Stellung als wesentlicher Bestandtheil der Zelle in dem Inhalte dieser letztern anzuweisen und es sind die an ihm ablaufenden Lebenserscheinungen in Verbindung zu bringen mit dem Verlauf des Gesamtlebens der Zelle, das seine Impulse erhält durch die Wechselbeziehungen entweder zwischen dem, von der Zellhaut eingeschlossenen Inhalte des, durch eben diese Zellhaut individualisirten, Elementarorganismus und dem Inhalte gleichgestalteter oder ähnlicher Elementarorganismen oder zwischen diesem Inhalte und den, die Einzelzelle umgebenden äusseren Medien.

Etwas anders als bei den wandständigen Protoplasmaströmchen gestalten sich die Verhältnisse bei den sogenannten Binnenströmchen und es könnten vielleicht gerade hierin Gründe gefunden werden, um meine Deductionen als einseitig und unzulässig darzustellen. Während nämlich bei den wandständigen Strömchen der Zusammenhang derselben mit der Ernährung und weiteren Ausbildung der Zelle im weiteren Sinne und der Zellstoffhülle leicht zu erkennen ist, entzieht sich dieser Zusammenhang bei den Binnenströmchen weit mehr der Beobachtung. Beachtet man indessen die Zeit und die Art der Entstehung auch dieser Strömchen, namentlich bei der freien Zellenbildung, und geht man ferner deren Auftreten in solchen Fällen nach, wo Umbildungen, Resorptionen, Entmischungen u. dergl. vorkommen, wie z. B. bei dem Fructificationsprocesse der Spirogyren, so bleibt kein Zweifel darüber, dass auch die Binnenströmchen des Protoplasmas mit der Entstehung und weitem Ausbildung der Zellstoffhülle, sowie mit einigen anderen Erscheinungen (Auflösung und dergl.) im engsten Zusammenhange stehen. Ich würde schon mit den vorliegenden Mittheilungen auch diejenigen der eben besprochenen Erscheinungen verbunden haben, wenn meine Beobachtungen auf diesem Gebiete nicht noch einzelne Lücken böten, welche ich auszufüllen wünschen muss. Indessen hoffe ich in nicht zu langer Zeit im Stande zu sein, auch über die Binnenströmchen, sowie über die Wandströme der Charen, der Vallisnerien u. s. w. meine Beobachtungen mitzutheilen.

Erklärung der Figuren.

Bemerkung. Die zu *Marchantia polymorpha* und *Fegatella conica* gehörigen Figuren sind frei gezeichnet und zwar die ersteren bei einer 620fachen, die letzteren bei einer 840fachen Vergrößerung. Dagegen sind diejenigen Figuren, welche zu *Impatiens* gehören, mittelst der Camera lucida entworfen. Ich kann also nur für die letzteren Figuren die genaue Grössenübereinstimmung mit dem Beobachtungs-objecte vertreten.

Marchantia polymorpha.

- Fig. 1. Einige Zellen aus der Spiralzellenschicht der Kapselwand. Bei den beiden Zellen links ist nur der Wandbeleg als Durchschnittsansicht gezeichnet, während er bei der Zelle rechts vollständig wiedergegeben ist. In dem gleichmässigen Wandbelege finden sich einzelne kleine Stärkekörnchen, dagegen gruppieren sich um den Kern eine kleine Anzahl grösserer noch mit Chlorophyll überzogener Körner (Chlorophyllkörner).
- Fig. 2. Eine einzelne solche Zelle. Der Wandbeleg mit den kleineren Stärkekörnchen ebenfalls nur in Durchschnittsansicht gezeichnet. Die um den Kern gruppierten Stärkekörner haben den Chlorophyllüberzug verloren und erscheinen etwas verkleinert.
- Fig. 3. Zwei Zellen auf weiter fortgeschrittener Entwicklungsstufe. Es haben sich die Wandvacuolen gebildet (die dem Beobachter abgewendete Seite der Zelle ist durch schwächeren Ton angedeutet) und die kleineren und grösseren, doch schon bedeutend verkleinerten Stärkekörnchen haben sich in dem Protoplasmanetze vertheilt.
- Fig. 4. Verschiedene Verschmelzungsstufen zweier benachbarter Vacuolen (siehe pag. 57 des Textes).
- Fig. 5. Eine Zelle aus einem noch spätem Entwicklungszustande der Kapselwand. Die Vacuolen haben sich bedeutend erweitert und die Innenwände der Zelle erscheinen mit einem Netzwerk von schmälern, sich noch gegeneinander abrundenden Protoplasmaströmchen ausgekleidet, welche noch keine constante Lage beibehalten. Die grösseren Stärkekörnchen sind fast ganz verschwunden. Dagegen findet sich eine gewisse Menge feinkörniger Stärke dem körnigen Protoplasma beigemischt.
- Fig. 6. Ein ähnliches Object, bei dem aber die Protoplasmaströmchen der Vorderseite sich in den gleichmässigen Wandbeleg der Hinterseite verlieren.
- Fig. 7. Späterer Entwicklungszustand, in welchem sich die Protoplasmaströmchen spirällich geordnet haben und eine constante Lage beibehalten. Je zwei Strömchen der Vorderseite haben sich auf der Hinterseite vereinigt und hat sich das untere durch Verschmelzen entstandene Strömchen anscheinend an der linken Seitenwand wieder getheilt und hier ein Theilströmchen fast senkrecht nach oben geschickt.

- Fig. 8. Eine Zelle mit netzförmigen Strömchen, wie sich dieselben hier und da finden.
- Fig. 9. Eine Zelle aus demselben Entwicklungsstadium wie Fig. 7. Die Primordialzelle hat sich samt den Protoplasmaströmchen von der primären Zellstoffhülle zurückgezogen, nachdem längere Zeit Zuckerwasser auf dieselbe eingewirkt hatte.
- Fig. 10. Endstück einer Zelle aus derselben Entwicklungsstufe stark vergrößert (Hartnack's Eintauchsystem No. 10, Okul. 4). Auf dem Querschnitt der Protoplasmaströmchen zeigt sich deutlich der innere homogene hyaline Kern der schleimigen Kohlenhydrate, nach der Innenseite der Zelle abgelagert von dem körnigen Protoplasma.
- Fig. 11. Ein weiter fortgeschrittener Entwicklungszustand, bei welchem inmitten des körnigen Protoplasmas schärfere Contouren der hyalinen Bänder hervortreten. Aus der Nähe des Kernes ist nun alles körnige Protoplasma verschwunden und es geht derselbe jetzt seiner Resorption entgegen.
- Fig. 12. Ein gleicher Entwicklungszustand nach Behandlung mit Zuckerwasser. Die Primordialzelle hat sich zusammengezogen und auf der primären Zellstoffhülle sind schon die den Protoplasmaströmchen conformen secundären Verdickungsschichten abgelagert. (Es sind nur die Spiralbänder auf der dem Beobachter zugewendeten Seite gezeichnet).
- Fig. 13. Eine fertige Spiralzelle.

Fegatella conica.

- Fig. 14. Eine junge Schleuderzelle, in der sich eben die Wandvacuolen gebildet haben. Grössere und höchst feine Körnchen von Stärke sind in dem Protoplasma vertheilt und geben sich leicht mittelst wässriger Jodlösung zu erkennen.
- Fig. 15. Eine Schleuderzelle in weiter fortgeschrittener Entwicklung. Die Vacuolenräume haben sich erweitert und das körnige Protoplasma bildet einen netzförmigen Wandbeleg über die Innenseite der Zelle, dessen Form aber noch nicht constant bleibt. Die Stärkekörnchen reihen sich den Bändern des Netzes an und das körnige Protoplasma beginnt eine nach links aufsteigende Bewegung zu zeigen, welche nur an einzelnen Stellen von einer absteigenden begleitet wird.
- Fig. 16. Die Protoplasmaströmchen haben sich in zwei nach links aufsteigende Spiralströmchen gesondert, welche noch die gröberen Stärkekörnchen mit sich führen.
- Fig. 17. Ein ähnlicher Entwicklungszustand nach der Behandlung mit Jodwasser. Die Primordialzelle hat sich, die etwas verzogenen Protoplasmaströmchen unerschliessend, von der primären Zellstoffhülle zurückgezogen und lässt diese vollständig glatt erscheinen.
- Fig. 18. Ein ähnlicher Entwicklungszustand stärker vergrößert (1 : 1500) und das Mittelstück einer Schleuderzelle vorstellend. Man erkennt auch hier deutlich den innern hyalinen Kern der Protoplasmaströmchen.
- Fig. 19. Ein späterer Entwicklungszustand, in welchem sich innerhalb der Protoplasmaströmchen die ersten Ablagerungen der secundären Verdickungsschichten wahrnehmen lassen.
- Fig. 20. Ein ähnlicher Entwicklungszustand nach der Behandlung mit Jodwasser. An den Stellen, wo sich die Primordialzelle von der primären Zellstoffhülle zurückgezogen hat, beobachtet man die zarten Spiralbänder der secundären Verdickungsschichten, welche den Protoplasmaströmchen entsprechen.

Fig. 21. Endstück einer Schleuderzelle, in der die secundären Spiralbänder schon mehr erstarkt sind, nach der Behandlung mit Jodwasser.

Fig. 22. Eine fertige Schleuderzelle mit ansehnlich starken Spiralbändern.

Impatiens noli tangere.

Vergrosserungen Fig. 23—27 = 1:340 (Hartnack 8. Ok. 1.), Fig. 28 = 1:1200 (Hartnack 10. Ok. 2. orthosk.).

Fig. 23. Gefässzelle aus dem primitiven Theile des Gefässbündels mit zwei benachbarten Parenchymzellen. In den letztern erscheinen mit dem Kern in Beziehung stehende Binnenströmchen. In der ersten überkleiden die Innenwand zahlreiche netzförmig vereinigte Wandströmchen, während sich einzelne Binnenströmchen durch das Lumen der Zelle ziehen. Größere Stärkekörnchen habe ich hier nicht beobachtet. Dagegen lässt sich durch Jod feinkörnige Stärke in den Wandströmchen nachweisen.

Fig. 24. Eine ähnliche Zelle nach der Behandlung mit schwacher Jodlösung, so dass sich die verzögerten Protoplasmaströmchen einschliessende Primordialzelle von der noch glatten primären Zellstoffhülle theilweise zurückgezogen hat.

Fig. 25. Eine ähnliche Gefässzelle mit den sie von oben und unten begrenzenden Zellen, auf späterer Entwicklungsstufe mit Jodwasser behandelt, so dass sich auf der frei gewordenen primären Zellstoffhülle die secundären netzförmigen, den Protoplasmaströmchen conformen, Verdickungsschichten beobachten lassen.

Fig. 26. Ein noch späterer Entwicklungszustand, in welchem das Protoplasma wieder einen zarten, gleichförmigen Wandbeleg bildet nach der Behandlung mit Jodwasser. Der Kern, welcher der Zellhaut der zusammengezogenen Primordialzelle noch fest anliegt, hat an Grösse bedeutend abgenommen und an Schärfe der Umrisse etwas verloren, dabei erscheint er zugleich mehr körniger und dunkler wie früher.

Fig. 27. Eine fertige Gefässzelle, in der die Querscheidewand resorbirt und der flüssige Inhalt verschwunden ist.

Fig. 28. Theil oder längs durchschnittene Zellstoffhülle eines fertigen Gefässes. *p* primäre Zellstoffhülle, *ss* secundäre Verdickungsschicht nur den Spiralbändern angehörend; *t* tertiäre Schicht, welche sich gleichmässig über die ganze Gefässwand ausbreitet und über den Spiralbändern etwas verstärkt erscheint.

Idar im Juni 1865.



Fig 17.



Fig 18



Fig 19



Fig 20



Fig 22

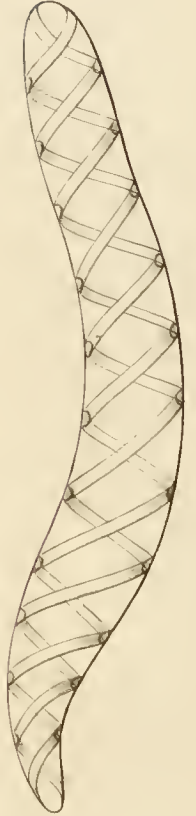


Fig 21

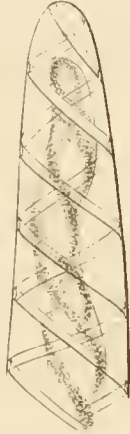


Fig 23

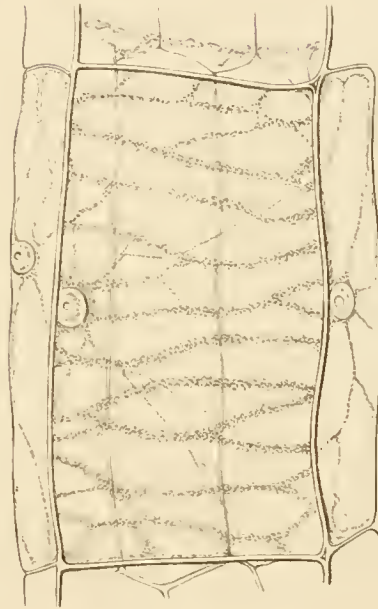


Fig 28



Fig 24.

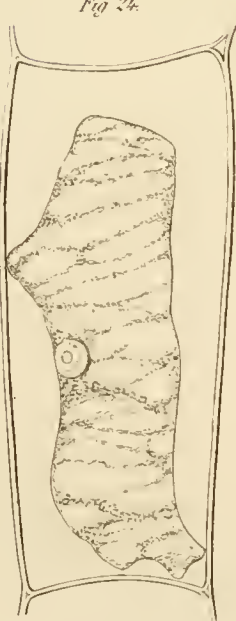


Fig 25

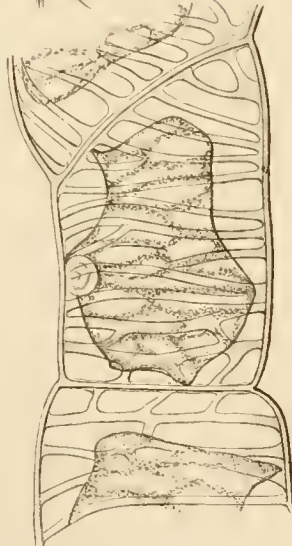


Fig 26

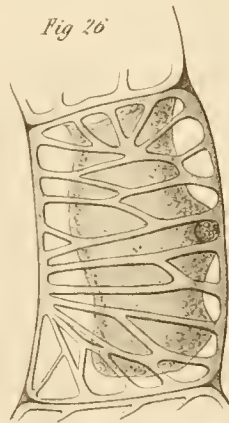
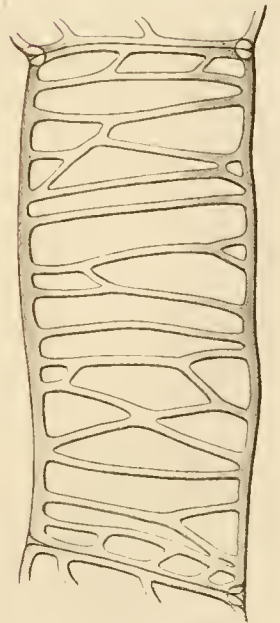


Fig 27



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Halle](#)

Jahr/Year: 1868

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Dippel Leopold

Artikel/Article: [Die Entstehung der wandständigen Protoplasmaströmchen 53-68](#)