

Über den Ring und die Zellwand bei *Oedogonium*.

Von

C. van Wisselingh.

Mit Tafel XIII—XVI.

Bei mikroskopischer Beobachtung der *Oedogoniaceen* wird unsere Aufmerksamkeit von selbst auf den Ring gerichtet, der gewöhnlich in einzelnen, oft in mehreren Zellen an der Zellwand befestigt ist. Bisweilen dehnt sich ein Ring unter den Augen des Beobachters in sehr kurzer Zeit zu einem zylinderförmigen Stück Zellwand aus. Diese merkwürdige Membranbildung hat in hohem Maße das Interesse der Botaniker erregt. Eine Untersuchung nach der Karyokinese bei *Oedogonium* veranlaßte mich, dann und wann auch meine Aufmerksamkeit auf den Ring zu richten. Das führte zu der Entdeckung einer Untersuchungsmethode, die mir zum Studium dieses interessanten Objektes sehr geeignet vorkam. Die Autoren, die vor mir den Ring und die Zellwand von *Oedogonium* untersuchten, haben in mancher Hinsicht verschiedene Ansichten verkündigt, und das veranlaßte mich um so mehr, selbst darüber Untersuchungen anzustellen.

Historisches.

Wie schon oben gesagt, ist der Ring von *Oedogonium* der Gegenstand sehr verschiedener Ansichten. Das betrifft seine chemische Zusammensetzung, seine Struktur, seine Entstehung, sein Wachstum, die mit seiner Ausdehnung verbundene Spaltung der alten Zellmembran und seinen Anteil an der Bildung der neuen.

Die meisten Autoren haben nicht untersucht, ob in dem Ring ein besonderer chemischer Körper vorkommt. Pringsheim (I, S. 34 und 35) erwähnt die Cellulosereaktion mit Chlorzinkjodlösung und den halbflüssigen Zustand des Ringes. De Bary (I, S. 43) betrachtet ihn als eine weiche, dehnbare Cellulosemasse. Nach Wille (S. 444) besteht der Ring aus wasser-

haltiger Cellulose. Strasburger (III, S. 164) spricht nur von einem Cellulosering. Klebahn (S. 240) erwähnt, daß der Ring und die junge Membran, welche aus demselben entsteht, eine von der übrigen Zellwand abweichende Reaktion zeigen; sie speichern nämlich den Hämatoxylinfarbstoff sehr energisch. Klebahn beschreibt ihre Beschaffenheit als etwas gallertartig. Auch Hirn (I, S. 6 und 7) hat besondere Reaktionen bei dem Ring beobachtet, wie Violettfärbung mit einer sehr verdünnten Chlorzinkjodlösung und Blaufärbung mit einer Lösung von Methylenblau bei dem zentralen Teil, das aus einer schleimartigen Masse gebildet ist. Die peripherische Ringschicht, das heißt, die an das Lumen stoßende Schicht, zeigt bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure Cellulosereaktion.

Die meisten Untersucher nehmen an, daß der Ring mit einem schmalen Teil an der Zellwand befestigt ist. Nach Strasburger (I, S. 190) sitzt der Ring auf einer Leiste. Sachs (S. 22, Fig. 17) gibt von demselben eine Abbildung, die mit dieser Ansicht übereinstimmt. Von Mohl (S. 721) nimmt an, daß der Ring mit zwei sehr schmalen, dicht nebeneinander verlaufenden Streifen in Verbindung steht. Nach Strasburger (I, S. 190 und III, S. 164) ist der Ring an seiner Ansatzstelle gespalten und die Einfüguungsleiste in zwei Hälften geteilt.

Die Meinungen über den inneren Bau des Ringes sind verschieden. Nach Wille (S. 445) hat der Ring einen lamellosen Bau; Pringsheim (I, S. 35), Strasburger (III, S. 165) und Hirn (I, S. 7) dagegen unterscheiden nur eine peripherische Schicht und einen zentralen Teil. Strasburger (I, S. 193; II, S. 85) betrachtet den Ring als in seinem inneren Teil dichter als an der Seite des Zelllumens, aber später erwähnt er (III, S. 165), daß er eine äußere dichtere und eine innere weniger dichte Schicht hat unterscheiden können. Nach Hirn (I, S. 7) ist der zentrale Teil aus einer schleimartigen Masse gebildet und besteht die peripherische Schicht aus Cellulose. Dieselbe ist oberhalb und unterhalb des Ringes mit der alten Membran verwachsen.

Über den Ursprung des Ringes sind ganz verschiedene Meinungen ausgesprochen. Mehrere Autoren nehmen an, daß der Ring vom Anfang zwar an der Zellwand befestigt ist, doch daß sein Ursprung und seine Entwicklung übrigens unabhängig von derselben sind. Pringsheim (II, S. 12), Nägeli, Hofmeister (siehe Wille, S. 444), Strasburger (I, S. 188 ff.; III, S. 164) und Hirn (I, S. 7) sind dieser Meinung zugetan. Nach Hirn wird zuerst der zentrale Teil aus einer schleimartigen Masse gebildet; dann entsteht der peripherische Teil. Hirn (I, S. 7 und 8) sucht den Beweis dafür zu liefern durch Versuche mit Zuckerlösungen. In den Zellen, die sich eben zur Teilung anschickten, wurde mit denselben Plasmolyse hervorgerufen. Hirn sah, daß um den halsartig verengten Teil des kontrahierten, teils freiliegenden Protoplasten eine Schleimmasse ausgeschieden wurde; dann sah er, daß um den Protoplast sich auch eine Membran bildete. Wenn die Zuckerkultur in's Dunkle gestellt wurde, konnte Hirn nur Ausscheidung

einer schleimartigen Masse um den halsartig verengten Teil beobachten. Aus diesen Versuchen, sagt Hirn, geht deutlich hervor, daß bei der Ringbildung der Ringschleim zuerst von dem Protoplast ausgeschieden wird: erst dann entsteht der peripherische Teil des Ringes in Form einer Celluloseschicht, die den kontrahierten Protoplast vollständig umkleidet, in normalen Fällen aber nur den Ringschleim nebst der Innenseite der Zellwand gleich ober- und unterhalb des Ringes bekleiden dürfte.

Nach de Bary (II, S. 80) und von Mohl (S. 721) entsteht der Ring dadurch, daß die innere Lamelle der Zellwand eine Falte bildet. Hartig (S. 417) faßt ihn als eine Falte einer neugebildeten Verdickungsschicht auf. Dippel (S. 52) sieht in ihm eine Falte der ganzen Celluloseschicht. Nach Wille (S. 444) fängt die Ringbildung in der Zellwand an, in der Nähe der inneren Begrenzung derselben. Der innerste Teil der ursprünglichen Membran überspannt den Ring, während derselbe an Dicke zunimmt. Wille betrachtet den Ring als eine kurze wasserreichere Schicht in der Membran.

Die Frage, ob das Wachstum des Ringes mit Intussusception oder Apposition verbunden ist, ist von den verschiedenen Autoren auf verschiedene Weise beantwortet worden. Strasburger (II, S. 85) nahm zuerst an, daß der Ring durch Auflagerung neuer Lamellen wächst. Später sagt er (III, S. 165): „Ob das Wachstum des Ringes auf Einwanderung von Substanz allein beruht, oder der Anlage zugleich neue Lamellen vom Cytoplasma aus apponiert werden, läßt sich nicht entscheiden“. Wille (S. 445) behauptet, daß der Ring durch Intussusception entsteht und daß, während er wächst, ununterbrochen Schichten eingelagert oder differenziert werden.

Alle Untersucher nehmen an, daß unmittelbar vor der Streckung des Ringes ein Bersten der Zellwand stattfindet. In Einzelheiten wird dieser merkwürdige Prozeß verschieden beschrieben. Pringsheim (II, S. 13) nimmt an, daß beim Aufbrechen der Zellwand der Zusammenhang oberhalb des Ringes sogar ganz aufgehoben wird, und daß derselbe später durch eine Verwachsung wieder hergestellt wird. Den Teil der Mutterzellwand oberhalb des Ringes nennt Pringsheim Kappe und den Teil unterhalb desselben Scheide. An der Berührungsstelle der oberen und unteren Tochterzelle entsteht nach Pringsheim ein Intercellarraum.

Andere Untersucher erwähnen nicht, daß der Zusammenhang der Zellwand aufgehoben wird. Nach Strasburger (I, S. 189 u. 190; II, S. 85; III, S. 165) entsteht in dem Ring während seiner Entwicklung eine Spalte. An dieser Stelle öffnet er sich später. Andere Autoren haben keine Spalte beobachtet. Wille (S. 446) sagt, daß die Spalte, welche Strasburger erwähnt, nicht vorhanden ist. Nach Wille berstet nur die Zellwand.

Von Hirn (I, S. 8) wird eben so wenig eine Spaltung des Ringes angenommen. Er erwähnt, daß die Celluloseschicht der Zellmembran durch einen Kreisriß entzwei geteilt wird. Der äußere Teil der Zellmembran, der von Hirn Cuticula genannt wird, wird

dagegen ganz unregelmäßig entzwei gerissen. Die Zellen können aber sehr bald ihre zerrissene Cuticula regenerieren.

Alle Autoren nehmen an, daß der Ring bei seiner Streckung ein neues zylinderförmiges Membranstück bildet. Nach Pringsheim (I, S. 37) entstehen die beiden Hüllmembranen der oberen Tochterzelle zusammen aus dem Zellstoffring. Auch Strasburger (I, S. 193; II, S. 85) und Hirn (I, S. 7) nehmen an, daß die beiden Schichten der Zellwand direkt aus dem Ring entstehen. Hirn sagt bezüglich der Bildung der äußeren Schicht Folgendes: „Der zentrale Teil des Ringes wird in der Tat aus einer schleimartigen Masse gebildet, die beim Zerreißen der Zellwand von Bedeutung sein dürfte und die sich bei der Ausdehnung des Ringes zur neuen Cuticula gestaltet“. Wille (S. 451) nimmt zwar an, daß die Zellwand in ihrer ganzen Dicke aus dem Ring gebildet wird, allein er meint, daß solches auf eine andere Weise stattfindet als Pringsheim und Strasburger angeben. Wille sagt, daß der Ring zu einem neuen Membranstück ausgezogen wird und daß schließlich auf dem neugebildeten Membranstück eine Cuticula entsteht; dieselbe wird nicht gebildet durch eine Umbildung der äußersten Zellwandschicht, sondern durch eine Ausscheidung. Klebahn (S. 240) erwähnt nur, daß die junge Membran aus dem Ring entsteht.

Wie bekannt, findet während der Entwicklung des Ringes Karyokinese statt. Nach de Bary und Hofmeister (siehe Wille, S. 451) wird die Scheidewand zwischen den beiden Tochterzellen bei der Scheidenöffnung gebildet. Andere Autoren nehmen an, daß sie niedriger entsteht und daß, wenn der Ring sich ausdehnt, sie aufwärts nach der Scheidenöffnung wandert, wo sie mit der Seitenwand zusammenwächst. Nach Strasburger (I, S. 192) und Hirn (I, S. 8) entsteht die Querwand im ganzen Querschnitt der Zelle simultan. Wille (S. 447) achtet das wahrscheinlich. Wille (S. 450) meint, daß die Querwand während ihrer Bewegung aufwärts an der Wand der Mutterzelle festsetzt. Nach Klebahn (S. 240) ist die junge Querwand eine lose Platte und nach Strasburger (I, S. 192) eine lose zarte Cellulosewand. Hirn (I, S. 8) sagt, daß die Querwand bei ihrer Wanderung aufwärts gar nicht oder nur ganz lose mit der Zellwand vereinigt zu sein scheint.

Der erste Zellwandring, der sich nach der Keimung einer Schwärmspore bildet, ist nach Hirn (I, S. 15 u. 16) ein wenig abweichend, indem er mit besonders breiter Fläche der Zellmembran ansitzt; die periphere Ringschicht sieht man sich fast über die ganze Innenwand des oberen Endes der Zelle erstrecken. Der Zusammenhang der Kappe mit der übrigen Zellwand wird infolge dessen gering, bisweilen wird sie sogar abgeworfen. Andere Autoren, u. a. Poulsen und Wille (siehe Wille, S. 451) erwähnen auch das Abwerfen der Kappe.

Die obere der beiden ersten Tochterzellen ist nach Hirn (I, S. 16) die bleibende Scheitelzelle. Er erwähnt, daß sie bei den verschiedenen Arten verschieden ist, aber auch bei einer und derselben Art variieren kann. Öfters ist sie an ihrem oberen Ende leicht abgerundet, nicht selten mehr oder weniger abgestutzt.

Bisweilen ist sie in eine kurze Spitze ausgezogen. Bei einigen Arten wächst sie zu einer langen hyalinen Borste aus.

Methode.

Bei der Untersuchung von *Oedogonium*-Material, das während einiger Zeit in dem Flemming'schen Gemisch aufbewahrt war, zeigte es sich, daß der Ring und der aus demselben hervorgehende Teil der Zellmembran eine eigentümliche chemische Veränderung erfahren hatten. Bei lebendigem Material und bei Alkohol-Material zeigen diese Teile verschiedenen Reagentien gegenüber oft wenig Widerstand. Ihre Form wird meist unter Aufschwellung modifiziert. Ganz anders ist das Verhältnis Reagentien gegenüber, wenn das Material einige Tage in dem Flemming'schen Gemisch verweilt hat. Der Ring und der aus demselben gebildete Teil der Zellwand haben dann eine ähnliche Modifikation erfahren wie die Zellkerne. Behandelt man einen *Oedogonium*-Faden, der lange genug der Einwirkung des Flemming'schen Gemisches ausgesetzt worden ist, mit einigermaßen verdünnter Chromsäurelösung, so sieht man, daß der äußere Teil der Zellwand und die Ringe der Einwirkung der Chromsäure sehr lange Widerstand leisten, während der übrige Teil der Zellwand vollständig gelöst wird. Von dem Zellinhalt leisten die Kerne am längsten Widerstand. Wenn die Chromsäure einige Zeit eingewirkt hat, ist von den Pflänzchen nichts übrig geblieben als die äußeren Teile der Zellwände, die Ringe und die Kerne. Man sieht diese Objekte dann nebeneinander in der Chromsäurelösung schwimmen.

Gewöhnlich wendete ich eine Chromsäurelösung von 20 % an; stärkere Lösungen können auch benutzt werden. Um den Lösungsprozeß und die bei demselben hervortretenden Einzelheiten genau verfolgen zu können, gab ich aber einer Lösung von 20 % den Vorzug. Der Prozeß dauert dann zwar länger, aber derselbe verläuft ruhiger und man kann leichter die gewünschten Beobachtungen machen.

Die obenerwähnte Untersuchungsmethode ist dieselbe, die ich früher beim Studium der Karyokinese bei *Spirogyra*¹⁾ und im Embryosack von *Fritillaria* und *Leucojum*²⁾ anwendete; die Objekte, welche man zu studieren wünscht, werden in dem Flemming'schen Gemisch gehärtet und mittels Chromsäure isoliert. Die Vorteile, welche diese Methode bietet, werde ich hier nicht ausführlich auseinandersetzen. Es versteht sich von selbst, daß man viel genauer Objekte beobachten kann, wenn dieselben ganz isoliert sind, als wenn oberhalb und unterhalb derselben, neben und in denselben sich andere Sachen befinden. Dadurch wird immer

¹⁾ Über den Nukleolus von *Spirogyra*. (Bot. Zeitung. 1898. S. 195.)
Über Kernteilung bei *Spirogyra*. (Flora. 1900. S. 355.) Untersuchungen über *Spirogyra*. (Bot. Zeitung. 1902. S. 122.) Über abnormale Kernteilung. (Bot. Zeitung. 1903. S. 201.)

²⁾ Über das Kerngerüst. (Bot. Zeitung. 1899. S. 155.)

die Beobachtung mehr oder weniger gestört und oft ganz unmöglich gemacht; nicht selten hat das Anlaß gegeben zu falschen Folgerungen.

Die mittelst Chromsäure isolierten Zellwandteile kann man, nachdem man die Chromsäure mit Wasser ausgewaschen hat, färben, z. B. blau mit Brillantblau extra grünlich. Viel Vorteil bringt das aber nicht, weil man sie ohne Färbung auch leicht beobachten kann.

Nicht allein auf die oben angegebene Weise, sondern auch auf verschiedene andere Weisen habe ich die Zellwand von *Oedogonium* studiert. Außer mit in dem Flemming'schen Gemisch gehärtetem Material wurde auch experimentiert mit lebendigem Material und Alkoholmaterial. Bei der Untersuchung wurden verschiedene Reagentien angewendet, wie ich an den betreffenden Stellen erwähnen werde.

Material.

In der Umgebung von Steenwyk fand ich mehrere *Oedogonium*-Arten. Bei der Untersuchung der dickeren Arten zeigte es sich, daß der Ring bei der einen Art kräftiger entwickelt war als bei der andern, während seine Form bisweilen auch verschieden war. Unter diesen Arten war eine, die mir für das Studium des Ringes besonders geeignet vorkam. Mit derselben habe ich meine Versuche angestellt. Ihre Merkmale stimmen vollkommen überein mit denen, welche Hirn (I, S. 252 ff.) für *Oedogonium cyathigerum* Wittr. angibt. Die Art ist besonders gekennzeichnet durch die eigentümlich gebildeten Zwergmännchen, die sich oft in großer Zahl auf den angeschwollenen *Oedogonium*-Stützzellen festgesetzt haben. Wie Hirn, konnte ich feststellen, daß die Zwergmännchen nicht einzellig sind. Immer konnte ich zwischen Antheridium und Fußzelle eine zarte Querwand beobachten. Diese befindet sich, wie Hirn erwähnt, an der Stelle, wo das Zwergmännchen ringsum wie eingeschnürt ist. Wenn man die Oospore zerdrückt, zeigt ihre Membran längslaufende Streifen.

Über die chemische Natur der Zellwand und des Ringes.

Wie bei anderen Algen ist bei *Oedogonium* die Cellulose ein bedeutender Bestandteil der Zellwand. Auf verschiedene Weise kann sie nachgewiesen werden. Mit Chlorzinkjodlösung und mit Jodjodkalilösung und einigermaßen verdünnter Schwefelsäure (4 Teile Schwefelsäure von 95 % mit 1 Teil Wasser) zeigt die Zellwand und auch der Ring die bekannte Blaufärbung. Besonders wenn sie vorher einige Augenblicke mit Kaliumchlorat und Salpetersäure erwärmt sind, ist die Cellulosereaktion mit Jod und Schwefelsäure sehr deutlich. Nach einer Maceration von einigen Tagen in Kupferoxydammoniaklösung gibt die Zellwand mit den obengenannten Reagentien noch eine starke Cellulosereaktion. In dieser Hinsicht ist also die Zellwand von *Oedogonium* verholzten Zellwänden¹⁾ ähnlich, denen

¹⁾ van Wisselingh, C., Mikrochemische Untersuchungen über die Zellwände der *Fungi*. (Jahrb. für wiss. Botanik. 1897. S. 634.)

man mittelst Kupferoxydammoniaklösung auch nicht alle Cellulose entziehen kann, was mit anderen cellulosehaltenden Zellwänden wohl der Fall ist. Auf dieselbe Weise wie bei verholzten Zellwänden kann man auch bei *Oedogonium* die Löslichkeit der Cellulose in Kupferoxydammoniaklösung nachweisen. Erwärmt man Zellwände bis 300° in Glycerin, so leistet die Cellulose Widerstand, während andere Bestandteile unter Zersetzung aus der Zellwand entfernt werden. Das Celluloseskelett, das die Zellwand und der Ring zurücklassen (Fig. 6 und 7), löst sich sogleich in Kupferoxydammoniaklösung.

Aus Obigem geht hervor, daß bei *Oedogonium* die Zellwand nicht nur aus Cellulose, sondern auch aus anderem Membranstoff besteht. Darum studierte ich das Verhältnis der Zellwand verschiedenen Reagentien gegenüber. Mit Phloroglucin und Salzsäure wurde keine Färbung erhalten. Die Erwärmung mit Kaliumchlorat und Salpetersäure und konzentrierter Kalilauge führte nicht zu Resultaten, welche die Reaktionen, die man bei verkorkten und kutikularisierten Zellwänden beobachtet, ähnlich sind. In vierzigprozentiger Chromsäure löst sich die Zellwand bald vollständig auf. Mit Rutheniumroth nimmt die Zellwand eine hellrote Farbe an, indem der Ring stärker gefärbt wird. Durch Brillantblau extra grünlich in neutraler Lösung wird die Zellwand nicht gefärbt. Bemerkenswert ist die Violettfärbung mit Jodjodkalilösung nach Erwärmung bis 300° C in Glyzerin. Die ganze Zellwand und auch der Ring zeigt diese Färbung.

Die obenerwähnten Resultate verbreiten wenig Licht über die chemische Natur der Membranstoffe, die sich nebst der Cellulose in der Zellwand finden. Es gibt keinen Grund, an Verholzung, Verkorkung oder Kutikularisierung zu denken. Gibt man speziell acht auf die chemische Natur des Ringes, so kann man leicht feststellen, daß in demselben ein ganz besonderer Membranstoff vorkommt.

Der Ring nimmt mit Jodjodkalilösung, auch ohne vorhergehende Erwärmung in Glyzerin, eine deutliche, doch nicht starke violette Farbe an. Nach Hinzufügung verschiedener Reagentien schwillt er auf. Mit Jodjodkaliumlösung allein ist das schon der Fall (Fig. 3); stärker wird die Aufschwellung, wenn darauf Schwefelsäure von 76 % hinzugefügt wird. Der Ring zeigt dann Cellulosereaktion; er wird nämlich blau gefärbt. Nach Erwärmung bis 300° in Glyzerin ist die Substanz, die so leicht Aufschwellung veranlaßt, aus dem Ring entfernt. Der Rest des Ringes (Fig. 6. *j* und Fig. 7. *m*) ist dann löslich in Kupferoxydammoniaklösung.

Wie der Ring, schwillt auch der äußere Teil der Zellwand in Jodjodkaliumlösung schon auf (Fig. 3, *a*). Die Aufschwellung wird mit Schwefelsäure von 76 % viel stärker. Nach der Hinzufügung der Jodjodkaliumlösung kann man oft bei dem äußeren stark aufgeschwollenen Teil eine schwache Violettfärbung wahrnehmen. Nur eine sehr zarte Schicht an der Peripherie (Fig. 3, *r*,) hat mit Jod eine gelbe Farbe angenommen. Nach der Hinzufügung der 76 prozentigen Schwefelsäure scheint mit Ausnahme des gelbgefärbten

peripherischen Schichtchens (Fig. 3, *r*,) der äußere Teil der Zellwand (Fig. 3, *a*) farblos, oder derselbe zeigt nur eine schwache Cellulosereaktion; er ist nämlich hellblau gefärbt, während der innere Teil der Zellwand (Fig. 3, *e*) dunkelblau gefärbt ist. Behandelt man Material, das bis 300° in Glycerin erwärmt ist, mit Jodjodkaliumlösung und Schwefelsäure von 76%, so kann man die äußere farblose oder nur hellgefärbte Schicht nicht unterscheiden, weil der stark aufschwellbare Bestandteil aus der Zellwand entfernt ist.

Aus Obigem geht schon hervor, daß die chemische Natur des äußeren Teils der Zellwand der des Ringes ähnlich ist. Bei dem Ring, der in Vergleichung mit dem äußeren Teil sehr dick ist, sind die Farbereaktionen aber viel deutlicher. Noch mehr zeigt sich die Übereinstimmung, wenn man Material, das in dem Flemming'schen Gemisch gehärtet worden ist, untersucht. Der Ring und die äußere Schicht der Zellwand bekommen in diesem Gemisch ganz andere Eigenschaften. Anstatt bald aufzuschwellen nach Hinzufügung verschiedener Reagentien, leisten sie lange Widerstand, ohne daß dabei ihre Gestalt modifiziert wird. Eigentümlich sind die Erscheinungen, die sich bei der Einwirkung der Chromsäure darbieten. Der innere Teil der Zellmembran löst sich unter starker Aufschwellung und bisweilen unter Entstehung vieler Falten auf, während der Ring und der äußere Teil sehr lange Widerstand leisten (Fig. 4).

Die Membran der Fußzelle unterscheidet sich von den Membranen der anderen Zellen dadurch, daß an ihrer Außenseite die obenbeschriebene Schicht fehlt.

Die Struktur der Zellen.

Bei Beobachtung der zierlichen Pflänzchen bemerkt man sogleich, daß ihre Zellen sehr verschiedener Größe sind. Bei den von mir untersuchten Exemplaren wechselte die Länge der Zellen ab von 44—140 μ ; einige waren noch bedeutend länger. Die Dicke der Zellen war 18—36 μ . Bei demselben Exemplar haben die Zellen bisweilen sehr verschiedene Dimensionen. In der Richtung vom Scheitel nach dem Fuß folgen auf dünne Zellen bisweilen plötzlich dicke. Pflänzchen, die aus wenigen Zellen bestehen, zeigen bisweilen schon diese Erscheinung (Fig. 43 und 49). Im Allgemeinen sind die Zellen zylinderförmig. Die Querwände sind gewöhnlich mehr oder weniger nach oben gewölbt. Bei genauer Betrachtung, und zumal bei der Untersuchung des im Flemming'schen Gemisch gehärteten Materials, ergibt sich, daß die Struktur der Membran bei den verschiedenen Zellen der Hauptsache nach eine treffende Ähnlichkeit zeigt und in Einzelheiten dennoch eine merkwürdige Verschiedenheit.

Wie im vorigen Abschnitt schon erwähnt ist, kann man bei der Zellwand einen äußeren und einen inneren Teil unterscheiden. Den äußeren Teil (Fig. 3, *a* und *b*) werde ich der Bequemlichkeit wegen Bekleidung nennen. Der Name Cuticula ist nicht ge-

eignet, weil seine physische und chemische Natur und seine Entstehungsweise ganz anders sind als bei der gewöhnlichen Cuticula. Die Bekleidung enthält sehr wenig Cellulose, aber viel einer Substanz, die in verschiedenen Reagentien aufschwillt und in dem Flemming'schen Gemisch gehärtet wird. Der innere Teil (Fig. 3, *e*), den ich Cellulosewand nennen werde, enthält dagegen viel Cellulose. Nach Härtung des Materials in dem Flemming'schen Gemisch kann man mittelst einer 20prozentigen Chromsäurelösung den äußeren Teil isolieren durch Auflösung des inneren Teils. Man sieht, daß der innere Teil aufschwillt und sich bisweilen faltet, während der äußere Widerstand leistet und seine Form beibehält. Darauf brechen die Zellen voneinander und sucht der innere Teil einen Ausweg nach außen. Zuletzt hat sich der innere Teil ganz aufgelöst, während der äußere frei umherschwimmt, ohne daß seine Form verändert worden ist (Fig. 2, *a* und Fig. 4, *a* und *b*). Während des Lösungsprozesses kann man den äußeren Teil scharf von dem inneren unterscheiden; man kann genau feststellen, was seine Form ist und in welchem Maße und auf welche Weise er teilnimmt an der Zusammensetzung der Zellwand. Der innere Teil der Zellwand ist dicker als der äußere und aus Schichten zusammengesetzt. Die Schichtung konnte ich am besten wahrnehmen nach Erwärmung während einiger Augenblicke in einem Gemisch von Salpetersäure und Kaliumchlorat und nach Blaufärbung durch Jodjodkaliumlösung und einigermaßen verdünnte Schwefelsäure (76 %). Der an das Lumen stoßende Teil der Cellulosewand löst sich in Chromsäurelösung bisweilen nicht so bald auf als der an die Bekleidung stoßende Teil und gibt bisweilen auch etwas stärkere Cellulosereaktion.

Die Bekleidung befindet sich ausschließlich an der Peripherie der Pflänzchen. Der innere Teil der Zellmembran nimmt samt der dünnen Mittellamelle teil an der Bildung der Querwände. Bei der vollständig ausgebildeten Querwand ist die Mittellamelle schwer zu unterscheiden, indem sie beiderseitig von der Cellulosewand bedeckt wird. Die Bekleidung hat im einfachsten Fall die Form eines hohlen Zylinders, der an beiden Enden offen ist, während man die Cellulosewand mit einem allseitig geschlossenen Sack vergleichen kann. Die Bekleidungen der verschiedenen Zellen liegen nahe beieinander, aber berühren einander niemals. Immer sind sie durch die Cellulosewand getrennt. Die Bekleidung ist oft an einem Ende erweitert oder verengt; bisweilen ist das an beiden Enden der Fall (Fig. 4, *a*). Häufig besteht die Bekleidung nicht nur aus einem zylinderförmigen Zellwandteil, sondern außerdem auch noch aus einem oder mehreren besonderen schmalen ringförmigen Teilen (Fig. 4, *b*). Bisweilen konnte ich sogar fünf oder sechs derartige ringförmige Bekleidungsstücke an einer Zelle unterscheiden. Diese befinden sich an ihrem oberen Ende. Die Teile der Zellwand, welche die ringförmigen Bekleidungsstücke tragen, ragen an ihren unteren Enden etwas hervor. Demzufolge scheint die Zellwand quer gestreift (Fig. 1 unten und Fig. 8). Einige Zellen umfassen mit ihrer Zellwand mehr oder weniger die angrenzenden, näher beim Scheitel sich befindenden Zellen (Fig. 1 oben). Bisweilen ist

diese Erscheinung sehr auffallend. Es gibt Zellen, die größtenteils von den Wänden anderer Zellen mit einer Art von Scheide umgeben sind. Die Bekleidung bedeckt diesen scheidenförmigen Anhang (Fig. 1, *f*) an der Außenseite, wo derselbe glatt ist. An der Innenseite kann man herumlaufende, ein wenig einspringende Leisten unterscheiden. Die scheidenförmigen Teile zeigen demzufolge Querstreifung.

Merkwürdig ist die Bekleidung bei der Scheitelzelle. Die Scheitelzelle ist gewöhnlich etwas zugespitzt, bisweilen abgerundet. Im einfachsten Fall bildet die Bekleidung ein Ganzes, das am Scheitel geschlossen und unten offen ist und das gleichmäßig die innere cellulosereiche Wand bedeckt (Fig. 17 und 18, *c*; Fig. 21 und 22, *c*). (Die Figur 17 stellt das in dem Flemming'schen Gemisch gehärtete Objekt vor und die dazu gehörige Figur 18 dasselbe nach Einwirkung von Chromsäure. Für andere zueinander gehörige Figuren gilt dasselbe.) In anderen Fällen besteht die Bekleidung der Scheitelzelle aus zwei Teilen, einem zylinderförmigen und einem mehr oder weniger kegelförmigen bis halbkugelförmigen (Fig. 23 und 24, *a*, *d*). In wieder anderen Fällen befinden sich zwischen diesen beiden Teilen noch ein oder mehrere schmale ringförmige Bekleidungsstücke (Fig. 25 und 26, *b*; Fig. 27 und 28, *b*).

Dann und wann ist der Scheitel mit einem losen Mützchen versehen (Fig. 35, *u*), das aus cellulosehaltigem Membranstoff besteht und das auch nach Härtung in dem Flemming'schen Gemisch in Chromsäurelösung sich ganz löst oder einen oder ein paar Ringe zurückläßt (Fig. 36, *u*). Bisweilen hat das Mützchen eine napfförmige Bekleidung, zu welcher noch ein oder mehrere ringförmige Teile hinzukommen können (Fig. 37, *u*; Fig. 38, *d*, *b*; Fig. 39, *u*; Fig. 40, *d*, *b*). Die Bekleidung dieses Mützchens kommt in chemischer Hinsicht mit den Bekleidungen der Zellen völlig überein.

Oft besteht die Bekleidung der Scheitelzelle nur aus einem zylinderförmigen Teil (Fig. 20, *a*; Fig. 30, *a* oben), indem am Scheitel die Bekleidung fehlt (Fig. 19, *h*; Fig. 29, *h*). Die Scheitelzelle ist dann oft abgerundet oder stumpf. Bisweilen befinden sich im Scheitel am oberen Ende der zylinderförmigen Bekleidung ein oder ein paar Ringe, die, wie die Bekleidung, der Einwirkung von Chromsäure, Widerstand leisten (Fig. 31 und Fig. 32, *b*).

Die Fußzelle ist oben gewöhnlich dicker als die anderen Zellen; sie läuft nach unten eng zu und breitet sich dann zu einem platten, vielästigen Fuß aus. Ihre Wand ist dicker als die Wände der anderen Zellen und was sehr merkwürdig ist, die Bekleidung fehlt. (Vergleiche Fig. 17—20, 43—52.)

Bei einigen sehr großen Zellen konnte ich zwei und drei ungefähr gleichgroße zylinderförmige Bekleidungsstücke unterscheiden (Fig. 41 und 42, *a*).

In dem Abschnitt über die Verschiedenheiten bei der Spaltung der Zellwand wird es sich zeigen, woher die große Verschiedenheit der Zellwände kommt.

Die Struktur des Ringes.

Der Zellwandring bildet sich im oberen Ende der Zellen. Wenn er vollständig entwickelt ist, d. h. kurz bevor die Zellwand berstet und er sich streckt, ist er unmittelbar an der Zellwand befestigt (Fig. 15, *i*). Die Verbindungsstelle ist dann nicht besonders schmal. Wenn aber der Ring noch nicht ganz entwickelt ist, sitzt er auf einer schmalen niedrigen Leiste (Fig. 1, *k*; Fig. 5, *k*).

Bei dem Ring habe ich zwei Teile unterscheiden können, eine periphere, an das Zelllumen stoßende Schicht (Fig. 3, *q* und 5, *q*) und einen inneren Teil (Fig. 3, *p*; Fig. 5, *p*). Cellulose und der schon oben erwähnte eigentümliche Membranstoff kommen in beiden Teilen vor, doch die periphere Schicht ist bedeutend reicher an Cellulose als der innere Teil. Wenn der Ring noch nicht vollkommen entwickelt ist, setzt sich die periphere Schicht in die Leiste und ein wenig in die Zellwand das Lumen entlang fort (Fig. 5, *q*). Eine Schichtung habe ich bei dem Ring nicht wahrnehmen können. Die obenerwähnten Einzelheiten sind mit Hilfe von Reagentien festgestellt, wie es sich unten zeigen wird.

Wenn man den Ring mit Jodjodkaliumlösung behandelt, so wird er violett gefärbt, und wenn man dann 76 prozentige Schwefelsäure hinzufügt, so zeigt er Cellulosereaktion. Die periphere Schicht ist dann deutlich dunkler blau gefärbt als der innere Teil. Wenn die Zellwand geborsten ist und der Ring sich mehr oder weniger ausgedehnt hat, so kann man beide Teile besonders gut unterscheiden (Fig. 3, *p*, *q*).

Durch Erwärmung in Glyzerin bis 300° C wird der Membranstoff, der dem Ring seine besonderen Eigenschaften verleiht, entfernt. Besonders wenn die Zellwand schon gespalten ist, kann man beobachten, daß aus dem inneren Teil des Ringes sich mehr Membranstoff aufgelöst hat als aus dem peripherischen Teil, der reicher an Cellulose ist. Der Rest des Ringes (Fig. 7, *m*) ist der Hauptsache nach als der Celluloserest der peripherischen Schicht zu betrachten. Wenn die Zellwand noch nicht gespalten ist, so zeigt sich der Ring nach Erwärmung in Glyzerin wie folgt: Er ist dünner geworden und hat sich etwas zusammengezogen. Er scheint mittelst zwei dicht nebeneinander gestellten, gespannten Häutchen an der Zellwand befestigt zu sein (Fig. 6, *t*). Diese Häutchen müssen der Hauptsache nach betrachtet werden als Cellulosereste der peripherischen Schicht.

Wie schon oben gesagt, wird der Ring in dem Flemming'schen Gemisch gehärtet. Mittelst Chromsäure kann man ihn dann von der Zellwand lösen. Während und nach der Auflösung der Zellwand kann man an dem Ring verschiedenes beobachten.

An dem isolierten, vollständig entwickelten Ring kann man zu beiden Seiten der Befestigungsstelle ein einigermaßen hervorragendes Leistchen wahrnehmen (Fig. 4, *s*). Bei verschiedener Einstellung zeigen sich diese Leistchen wie zwei Pünktchen oder zwei Streifchen. Auch vor der Einwirkung der Chromsäure sind die beiden Streifchen zu unterscheiden.

An noch nicht vollständig entwickelten Ringen sieht man, wenn man sie von der Zellwand gelöst hat, an der Befestigungsstelle zwei umgebogene Häutchen (Fig. 4, *t*; Fig. 22, *t*; Fig. 24, *t* oder Fig. 26, *t*). Diese gehören zu der peripherischen Schicht, die sich in die Leiste, auf welcher der Ring sitzt, und auch etwas in die Zellwand dem Lumen entlang fortsetzt. Während der Chromsäureeinwirkung ist die peripherische Schicht besonders deutlich zu beobachten. Man kann genau wahrnehmen, daß das Vorkommen des in dem Flemming'schen Gemisch gehärteten Stoffes in der innersten Schicht der Zellwand bis auf geringe Entfernung der Befestigungsstelle des Ringes beschränkt ist (Fig. 5, *q*).

Die Entwicklung des Ringes.

Der Anfang des Ringes ist eine kleine, ringförmige Erhabenheit an der Innenseite der Zellwand (Fig. 8, *l*; Fig. 29, *l*). Wenn diese von einiger Bedeutung geworden ist, so zeigt sie sich bei verschiedener Einstellung wie ein Pünktchen oder ein Streifchen. Behandelt man in dem Flemming'schen Gemisch gehärtetes Material mit Chromsäurelösung, so läßt die Zellwand, wo die Erhabenheit sich befindet, einen zarten Ring zurück (Fig. 9, *l*; Fig. 30, *l*). Die Entstehung des Ringes ist also mit dem Auftreten eines besonderen Membranstoffs verbunden. Während der weiteren Entwicklung des Ringes nimmt die Erhabenheit an Umfang zu und bei bestimmter Einstellung kann man bald einen doppelten Streifen beobachten. Allmählich bildet sich eine runde Leiste oder Ring, der auf einer schmalen, niedrigen Erhabenheit an der Zellwand fest sitzt. Den besonderen Membranstoff, der bei der Ringbildung entsteht, kann man jetzt auch in der an das Lumen stoßenden Schicht der Zellwand bis auf geringe Entfernung der Befestigungsstelle des Ringes wahrnehmen, nämlich wenn man gehärtetes Material mit Chromsäurelösung behandelt (Fig. 5). Während seiner weiteren Entwicklung wird der Ring dicker und breiter und verschwindet allmählich die schmale niedrige Leiste, worauf er sitzt. Wenn er vollständig ausgebildet ist, ist er unmittelbar mit der Zellwand verbunden (Fig. 15). Die modifizierten Teile der Zellwand zu beiden Seiten der Befestigungsstelle werden während des Dickenwachstums des Ringes einwärts umgebogen und werden zugleich ein Teil desselben. Sie bilden die beiden herumlaufenden Leistchen (Fig. 4, *s*; Fig. 16, *s*) des vollkommen entwickelten Ringes, dessen Verbindungsstelle breiter geworden ist. Sowohl die völlig ausgebildeten als die noch wenig entwickelten Ringe zeigen dieselbe innere Struktur; bei beiden kann man eine peripherische Schicht unterscheiden, die reicher an Cellulose ist als der innere Teil.

Auf die Frage, ob man annehmen muß, daß bei der Entstehung und während der Entwicklung des Ringes Apposition oder Intussusception von Membranstoff, oder beide Prozesse stattfinden, muß geantwortet werden, daß die Bildung des Ringes nicht erklärt werden kann durch die Annahme, daß ausschließlich Apposition stattfindet, daß man dagegen wohl eine einfache ungezwungene Er-

klärung geben kann, wenn man ausschließlich Intussusception annimmt. Die gemachten Beobachtungen reichen nicht aus, um zur Annahme zu führen, daß neben Intussusception auch Apposition stattfindet.

Wie oben erwähnt, ist die Ringbildung verbunden mit dem Auftreten eines besonderen Membranstoffes in der an das Lumen stoßenden Schicht der Zellwand. Dabei findet sehr wahrscheinlich Intussusception statt. Eine Abänderung des schon vorhandenen Membranstoffs halte ich in Verbindung mit der weiteren Entwicklung des Ringes für unwahrscheinlich. Bei dem Ringe findet während seiner Entwicklung Zunahme des eigentümlichen Membranstoffes statt, denn obgleich er viel dicker wird, bleibt seine Resistenz der Chromsäure gegenüber dieselbe. Weil die Zunahme auch innerhalb der peripherischen Schicht stattfindet, so ist man wohl fast gezwungen, auch beim Dickenwachstum des Ringes Intussusception anzunehmen.

Je nachdem der Ring dicker wird, nimmt auch der Cellulosegehalt zu, denn der Celluloserest, den er nach Erwärmung in Glyzerin bis auf 300° zurückläßt, ist bedeutender, je nachdem der Ring dicker ist. Eine Apposition von Cellulose an dem Ring während seines Dickewachstums kann mit Hilfe verschiedener Reagentien nicht nachgewiesen werden. Die Zunahme des Cellulosegehalts des Ringes findet also sehr wahrscheinlich auch durch Intussusception statt.

Wenn man das Wachstum des Ringes durch Apposition zu erklären sucht, so gelangt man zu viel komplizierteren Vorstellungen und man stößt dabei auf große Schwierigkeiten. Man würde dann annehmen müssen, daß die peripherische Schicht an der Seite des Lumens immer anwachse und an der anderen Seite sich zu gleicher Zeit modifiziere; das heißt, daß sie celluloseärmer werde. Die Zunahme des eigentümlichen Membranstoffes innerhalb der peripherischen Schicht und das erste Auftreten derselben in der Zellwand können aber durch Apposition nicht erklärt werden; für diesen Membranstoff muß man deshalb wohl Intussusception annehmen oder man würde annehmen müssen, daß sie z. B. durch eine Modifikation der Cellulose entstehe. Meine Untersuchungen haben aber keine Resultate geliefert, auf deren Grund man eine Modifikation der peripherischen Schicht oder eine Umsetzung der Cellulose in die eigentümliche Ringsubstanz annehmen darf.

Die Weise, auf welche der Ring in verschiedenen Entwicklungsstadien an der Zellwand befestigt ist, ist auch schwierig mit einer Bildung durch Apposition in Einklang zu bringen. Die solide Befestigung des Ringes, und besonders der Übergang der peripherischen Schicht in die an das Lumen grenzende Zellwandschicht, weisen auf eine andere Bildungsweise hin.

Nimmt man ausschließlich Intussusception an, so ist es leicht, eine einfache Vorstellung der Entstehung und der Entwicklung des Ringes zu geben, welche vollkommen mit allen Beobachtungen in Übereinstimmung ist. Der Prozeß fängt in der Zellwand an, und zwar in der an das Lumen stoßenden Schicht. In derselben er-

scheint durch Intussusception ein besonderer Membranstoff. Zugleich entsteht an der Innenseite der Zellwand eine kleine, ringförmige Erhabenheit, wobei der innerste Teil der Zellwand eine Falte bildet. Durch Intussusception bildet diese Erhabenheit sich zu dem Zellwandring aus. Es findet dabei sowohl Intussusception der eigentümlichen Ringsubstanz als anderen Membranstoffs statt. In der peripherischen Schicht, die in den innersten Teil der Zellwand übergeht und sich als eine Falte desselben zeigt, findet besonders Intussusception von Cellulose statt.

Die Bildung der Tochterzellen.

Die Zellwand berstet, wo der Ring an ihr befestigt ist. Die Spaltung fängt an ihrer Außenseite genau gegenüber der Mitte der Befestigungsstelle an und schreitet einwärts fort bis an den Ring, aber in dem Ring selbst entsteht keine Spalte. Der Ring dehnt sich nach der Spaltung schnell aus (Fig. 8, *m*; Fig. 9, *m*; Fig. 10, *m*; Fig. 11, *m*) und bildet ein neues zylinderförmiges Membranstück zwischen den alten Membranteilen, an welchen es befestigt ist (Fig. 12, *n*). Das neue Membranstück wird ein Teil der oberen Tochterzelle. Oft dehnt der Ring sich gleichmäßig aus; es kommt aber auch vor, daß die Ausdehnung an der einen Seite etwas eher anfängt als an der anderen Seite (Fig. 10, *m*; Fig. 11, *m*).

Wenn der Ring sich streckt, hat die Scheidewand sich schon gebildet. Sie entsteht zwischen den beiden Tochterkernen als eine lose Platte (Fig. 8, *v*; Fig. 10, *v*). Während der Streckung des Ringes wird sie nach oben geschoben. Sie wandert nach dem neuen, zylinderförmigen Membranstück. Wenn sie in das untere Ende desselben gelangt ist, hört die Verschiebung auf. Die Platte bleibt da mit ihrem Rande an der Wand festsitzen (Fig. 12, *v*).

In den beiden Tochterzellen entsteht jetzt durch Apposition eine Wand, die im Gegensatz mit dem neuen zylinderförmigen Membranstück reich an Cellulose ist. Die beiden neuen Wände bedecken überall die Zellwand an der Innenseite. Demzufolge wird die neue Querwand an beiden Seiten von einer cellulosereichen Wand bedeckt. Das neue zylinderförmige Membranstück wird an der Innenseite bedeckt. Es wird so zur Bekleidung der Cellulosewand.

Man ist wohl gezwungen, anzunehmen, daß die cellulosereichen Wandschichten, welche in den Tochterzellen entstehen, durch Apposition gebildet werden, weil man doch nicht annehmen kann, daß sie an verschiedenen Stellen aus drei ganz verschiedenen Membranteilen entstehen, nämlich aus dem gestreckten Ring, aus der dünnen Scheidewand und aus der alten Cellulosewand. Die Frage, ob die Cellulosewand nach ihrer Entstehung auch durch Intussusception wachse, bleibt hier unberücksichtigt.

Wie oben erwähnt, unterscheidet das an das umgebende Medium stoßende Schichtchen der Bekleidung sich durch Gelbfärbung, wenn man die Zellwand mit Jodjodkaliumlösung und Schwefelsäure oder allein mit Jodjodkaliumlösung behandelt. Diese Modifikation konnte

ich nicht unmittelbar nach der Spaltung der Zellwand beobachten, wenn der Ring sich zu strecken anfängt, sondern wohl bei etwas späteren Entwicklungsstadien. Die geringe Modifikation entsteht also sehr wahrscheinlich auch unter dem Einfluß des umgebenden Mediums.

Bei der jungen, dünnen, noch losen Querwand habe ich auf verschiedene Weise versucht, Cellulose nachzuweisen. Es ist mir aber nicht gelungen. Nach Erwärmung bis auf 300° in Glyzerin konnte ich auch nicht bemerken, daß sie einen Rest hinterlassen hätte. Man darf also annehmen, daß sie keine Cellulose oder nur sehr geringe Spuren davon enthält. Bei der jungen Querwand habe ich weiter untersucht, ob sie überall zugleich entstehe, ob der Rand sich zuerst bilde und später der mittlere Teil, oder ob sie sich vielleicht auf eine andere Weise entwickele. Bei Behandlung des in dem Flemming'schen Gemisch gehärteten Materials konnte ich während der Auflösung des Cytoplasmas feststellen, daß die dünne Querwand sich anfangs nur durch den mittleren Teil des Protoplasten ausbreitet. Später breitet sie sich bis an die Zellwand aus, wobei das wandständige Chromatophor durchschnitten wird. Bei der Untersuchung von lebendigem Material habe ich auch auf diese Erscheinung acht gegeben und ich sah, daß die Änderung, die das Chromatophor während der Teilung erleidet, auf eine Durchschneidung in zentrifugaler Richtung hinweist.

Verschiedenheiten bei der Spaltung der Zellwand.

Oben habe ich die Bildung der beiden Tochterzellen im allgemeinen beschrieben. Der Ring nimmt einen bedeutenden Anteil an der Membranbildung der oberen Tochterzelle. Entstanden in der innersten Zellwandschicht, bildet er wie durch einen Zauberschlag den äußeren Teil eines neuen Membranstückes. Die Spaltung der alten Zellwand geht dieser merkwürdigen Erscheinung voran. Diese Spaltung zeigt Verschiedenheiten, die mit Eigentümlichkeiten der Zellwand und mit der Stelle des Ringes in Verbindung stehen. Unten werde ich die verschiedenen Fälle behandeln, die sich bei der Spaltung ereignen können.

Wie oben erwähnt, spaltet nur die alte Zellwand. Diese ist aus zwei verschiedenen Schichten zusammengesetzt, von denen ich die äußere die Bekleidung und die innere die Cellulosewand genannt habe. In einigen Fällen spalten sich diese beiden Schichten, in anderen Fällen spaltet sich nur die innere Schicht. Wenn beide Schichten spalten (Fig. 8 und 9, untere Zelle), wird die Bekleidung in zwei Stücke zerteilt, die sehr verschiedener Länge sind; das obere Stück hat die Form eines platten Ringes (Fig. 9, unteres Stück *b*); das untere Stück ist zylinderförmig (Fig. 9, unteres Stück *a*). Wenn in der oberen Tochterzelle der Zellteilungsprozeß sich wiederholt, nimmt der neue Zellwandring eine solche Stellung ein (Fig. 1, *j*, unten), daß bei der Spaltung der Zellwand die zuletzt gebildete Bekleidung auch wieder in zwei ungleiche Stücke zerteilt wird, nämlich ein kurzes oder ringförmiges oberes, und ein

langes oder zylinderförmiges unteres. Das ringförmige Stück ist gewöhnlich ebenso breit wie das früher gebildete. Wenn der Prozeß sich einige Male in der oberen Tochterzelle wiederholt, so bekommt man zuletzt eine Zelle mit einer Bekleidung, die aus mehreren ringförmigen Stücken und aus einem zylinderförmigen Stück besteht. Wie ich schon oben erwähnt habe, können alle diese Bekleidungsstücke bei im Flemming'schen Gemisch gehärtetem Material durch Chromsäure sehr deutlich nachgewiesen und leicht isoliert werden. Aus Obigem geht hervor, daß die ringförmigen Stücke von verschiedenem Alter sind; das oberste ist das älteste. Wie die ringförmigen Bekleidungsstücke, so ist auch die cellulosereiche Zellwand, die sich unmittelbar unter diesen Bekleidungsstücken befindet, von verschiedenem Alter. Die älteren Stückchen der Membran ragen über die später gebildeten etwas hervor und demzufolge ist die Zellwand mit herumlaufenden Rippen ausgestattet und zeigt Querstreifen. Die hervorragenden Teile der Membran erhalten eine schiefe Stellung und sind kleinen Kappen ähnlich (Fig. 1, *g*; Fig. 8, *g*).

Wie oben erwähnt, wird nicht immer bei der Spaltung der Zellwand von der zylinderförmigen Bekleidung ein ringförmiges Stück abgeschnitten (Fig. 10 und 11, untere Zelle). Die Bekleidung bleibt dann während der Spaltung der Zellwand ein Ganzes (Fig. 11, *a* unten) und nach der Einwirkung der Chromsäure findet man kein ringförmiges Bekleidungsstück. Wenn dieser Fall sich ereignet, spaltet sich nur die Cellulosewand. Die Stelle, die der Ring einnimmt, ist dann hiermit in Übereinstimmung. Er befindet sich hoch oder ganz oben in der Zelle dicht an der Stelle, wo die Bekleidungen von zwei Zellen sich nähern. Das neue, zylinderförmige Membranstück, das aus dem Ring entsteht, wird die Bekleidung der oberen Tochterzelle, und die schon vorhandene Bekleidung der Mutterzelle wird die Bekleidung der unteren Tochterzelle. Dieser letztere Fall scheint einfacher als der zuerst behandelte; er kann jedoch Anlaß geben zur Entstehung von Zellen mit sehr komplizierter Wandstruktur. Das alte Membranstück der unteren Tochterzelle greift etwas über die neue Membran der oberen Tochterzelle. Wenn Ringbildung und Spaltung der Zellwand sich wiederholen, so wird der übergreifende Teil (Fig. 10, *f*; Fig. 1, *f*) immer größer. Dieses rührt daher, daß die Stelle, die der Ring einnimmt und wo die Zellwand berstet, sich jedesmal etwas niedriger befindet. Demzufolge ist nach jeder Zellteilung die Hülle, welche die obere Tochterzelle an ihrem unteren Teil umgibt, etwas größer geworden. Diese Hülle zeigt Querstreifen, weil sie an der Innenseite mit Rippen ausgestattet ist (Fig. 1, *f*). Die jüngeren Teile der Cellulosewand sind nämlich jedesmal etwas kürzer als die älteren. An der Außenseite setzt die Bekleidung sich über die Hülle fort und ist dieselbe glatt.

Oft findet sich unmittelbar unter einer Zelle, die mit einer die höhere Zelle umgebenden Hülle ausgestattet ist, eine Zelle mit mehreren Kappen (Fig. 1).

Die Scheitelzelle.

Wie oben erwähnt, ist bei der Scheitelzelle die Bekleidung oft aus einem Stück gebildet, das die Cellulosewand an der Außenseite überall gleichmäßig bedeckt (Fig. 18, *c*). Es versteht sich von selbst, daß eine derartige Bekleidung unmöglich aus einem Ring entstanden sein kann. Das ist denn auch nicht der Fall. Sie entsteht aus einem Membranstück, das einem Näpfchen ähnlich ist, dessen Rand an der Innenseite verdickt ist (Fig. 13, *o*; Fig. 33, *o*). Dieses Membranstück ist identisch mit dem Zellwandring. Beide entstehen auf eine analoge Weise; ihre innere und äußere Struktur zeigt wichtige Punkte der Übereinstimmung; ihr Verhältnis Reagentien gegenüber ist ganz dasselbe und sie bilden unter ähnlichen Erscheinungen die äußere Schicht einer neuen Membran. Der napfförmige Zellwandteil bildet sich, wie der Ring, an der Innenseite der Zellwand oben in den Zellen. Während Ringe sich in allen Zellen bilden können, entstehen die napfförmigen Zellwandteile fast ausschließlich in den einzelligen Keimpflänzchen und in den Scheitelzellen. Die Bildung dieser napfförmigen Zellwandteile ist, wie bei dem Ring, verbunden mit einer Modifikation der innersten Schicht der Cellulosewand, in welcher derselbe eigentümliche Membranstoff entsteht, welchen man in dem Ringe findet. Demzufolge wird das Näpfchen durch Jodjodkaliumlösung violett gefärbt und schwillt es nach Hinzufügung verschiedener Reagentien selbst von Jodjodkaliumlösung auf. In dem Flemming'schen Gemisch wird es gehärtet. Es leistet dann der Einwirkung einer Chromsäurelösung Widerstand, weshalb es isoliert werden kann (Fig. 14; Fig. 34, *o*). Ebenso wie bei dem Ringe gelingt es auch, bei dem Näpfchen mit Jodjodkaliumlösung und Schwefelsäure von 76 % eine Cellulosereaktion zu erhalten. Die an das Lumen stoßende Schicht ist reicher an Cellulose als der übrige Teil des Näpfchens.

Der dicke Rand des Näpfchens bildet sich auf ähnliche Weise wie der Ring. Er bekommt an der Außenseite auch ein Leistchen (Fig. 14, *s*,; Fig. 34, *s*,), das dem unteren der beiden Leistchen, die sich an dem Ring befinden, entspricht. An der Oberseite geht der dicke Rand in den innersten modifizierten Teil der Zellwand über. Unmittelbar über dem oben erwähnten Leistchen spaltet sich die alte Zellwand bis an das Näpfchen. Das Näpfchen, besonders der dicke Rand, dehnt sich nach der Spaltung aus (Fig. 35, *o*; Fig. 36 *o*) und bildet ein Membranstück von gleichmäßiger Dicke, das am Scheitel geschlossen und unten offen ist (Fig. 18, *c*). Der abgeschnittene Teil der alten Wand der Scheitelzelle wird nach einiger Zeit abgeworfen. Oft kann man beobachten, daß dieser einem Mützchen ähnliche Zellwandteil noch auf der Scheitelzelle sitzt oder an derselben hängt (Fig. 35, *u*). Nach der Spaltung der Zellwand wandert die schon gebildete Querwand (Fig. 35, *v*) nach dem neuen Membranstück und bleibt in dessen unterem Ende sitzen (Fig. 12, *v*). In beiden Tochterzellen bildet sich darauf eine cellulosereiche Membran, die Cellulosewand. Der ausgewachsene napfförmige Zellwandteil ist jetzt die Bekleidung der Scheitelzelle geworden.

Wenn eine Scheitelzelle, die eine Bekleidung hat, wie oben beschrieben worden ist, sich teilt, so bildet sich in dem oberen Ende gewöhnlich ein normaler Zellwandring (Fig. 21, *j*; Fig. 22, *j*). Bei der Spaltung der Zellwand wird die Bekleidung dann in zwei Stücke zerteilt, ein napfförmiges und ein zylinderförmiges. Letzteres wird zur Bekleidung der unteren Tochterzelle. Das napfförmige und ein neues zylinderförmiges, das aus dem Zellwandring entstanden ist, werden zur Bekleidung der oberen Tochterzelle oder neuen Scheitelzelle. Wenn letztere sich teilt, so ist solches gewöhnlich wieder mit der Bildung eines Zellwandringes verbunden. Die Stelle, welche derselbe einnimmt, ist etwas mehr vom Scheitel entfernt als die Stelle des vorigen Ringes (Fig. 23, *j*; Fig. 24, *j*). Bei der Spaltung der Zellwand wird demzufolge das zylinderförmige Stück der Bekleidung in zwei ungleiche Stücke zerteilt, ein schmales ringförmiges und ein langes zylinderförmiges. Das vorhandene napfförmige, das abgeschnittene ringförmige und das neue aus dem Ring entstandene zylinderförmige Stück werden nun die Bekleidung der neuen Scheitelzelle. Nach jeder Teilung in der Scheitelzelle hat die Zahl der ringförmigen Bekleidungsstücke sich um eins vermehrt (Fig. 25; Fig. 26). Ich konnte bisweilen drei derartige Stücke unterscheiden (Fig. 27; Fig. 28, *b*).

Die erste Teilung in dem einzelligen Keimpflänzchen ist nicht immer mit der Bildung eines napfförmigen Zellwandteils verbunden. Es kann vorkommen, daß sich bei der ersten Teilung ein Zellwandring (Fig. 15, *i*; Fig. 16) bildet, der sich nach der Spaltung der Zellwand zu einem zylinderförmigen Membranstück ausdehnt (Fig. 19; Fig. 20), welches zur Bekleidung der Scheitelzelle wird. In diesem Fall wird die alte Cellulosewand am Scheitel nicht abgeworfen, sondern sie bleibt erhalten (Fig. 19, *h*). Die neue Cellulosewand legt sich dort an die alte. Weil die alte Cellulosewand dicker ist als die Bekleidung, so sieht die Scheitelzelle anders aus als eine Scheitelzelle mit vollständiger Bekleidung (vergleiche Fig. 17 und 19).

Wenn bei der Scheitelzelle der Zellteilungsprozeß sich auf die obenerwähnte Weise wiederholt, so wird bei der Spaltung der Zellwand von der zylinderförmigen Bekleidung ein schmaler Streifen abgeschnitten (Fig. 29; Fig. 30). Dieser schmale ringförmige Streifen und die neue zylinderförmige Bekleidung werden die Bekleidung der oberen Tochterzelle, d. h. der neuen Scheitelzelle (Fig. 31; Fig. 32). Wenn nun einer folgenden Zellteilung die Bildung eines Näpfchens vorhergeht, so wird am Scheitel die vorhandene Cellulosewand als Mützchen abgeworfen (Fig. 35, *u*). Am Rande dieses Mützchens findet man bisweilen einen oder ein paar Ringe, die bei dem im Flemming'schen Gemisch gehärteten Material der Einwirkung einer Chromsäurelösung Widerstand leisten (Fig. 36, *u*). Es sind ringförmige Bekleidungsstücke, die von zylinderförmigen abgeschnitten worden sind. Bisweilen haben diese Ringe nur eine sehr geringe Dicke und man muß sie dann als Reste von mehr oder weniger zurückgegangenen Bekleidungsstücken betrachten.

Bisweilen kommt es vor, daß bei der Teilung einer Scheitelzelle, die mit einer vollständigen Bekleidung aus einem Stück oder mit verschiedenen Bekleidungsstücken, napf-, ring- und zylinderförmigen, ausgestattet ist, sich anstatt eines gewöhnlichen Ringes ein napfförmiger Zellwandteil bildet, der zur Bekleidung der oberen Tochterzelle wird; das heißt der neuen Scheitelzelle. Scheitelzellen, die auf diese Weise gebildet sind, zeigen ein sehr eigentümliches Mützchen (Fig. 37; Fig. 39). Die Cellulosewand des Mützchens ist nämlich mit einer Bekleidung versehen, die aus einem oder mehreren Teilen besteht, aus einem napfförmigen Teil und bisweilen auch noch aus einem oder mehreren ringförmigen (Fig. 38, *d*, *b*; Fig. 40, *d*, *b*).

Nach der ersten Teilung sind die Teilungen in der Fußzelle mit gewöhnlicher Ringbildung verbunden (Fig. 17, *j*).

Über die Entwicklung der Keimpflänzchen überhaupt.

Wenn man die abnormen Fälle unberücksichtigt läßt, so bietet die Entwicklung der Pflänzchen noch eine große Verschiedenheit dar. Die verschiedenen Fälle, die sich bei der Längswandbildung ereignen können, sind im Allgemeinen nicht an bestimmte Zellen gebunden. Zudem folgen die Zellteilungen bei den verschiedenen Pflänzchen durchaus nicht auf dieselbe Weise aufeinander. Demzufolge sind die Pflänzchen oft von der ersten Teilung an schon verschieden, besonders gilt das für die Bekleidung der verschiedenen Zellen. Aus dem verschiedenen Verhalten der Bekleidung kann man bisweilen auf die Weise schließen, in welcher ein Pflänzchen sich entwickelt hat.

Bei der ersten Teilung in dem einzelligen Pflänzchen, welches mit einem verzweigten Fuß an einem Blatt oder an etwas anderes befestigt ist, können, wie oben erwähnt, zwei verschiedene Fälle vorkommen. Die Scheitelzelle bekommt nämlich entweder eine vollständige Bekleidung (Fig. 17; Fig. 18, *c*) oder die Bekleidung fehlt am Scheitel (Fig. 19, *h*; Fig. 20). Die folgende Teilung findet bald in der Scheitelzelle, bald in der Fußzelle statt. Wenn die zweite Teilung in der Scheitelzelle stattfindet, teilt sich darauf gewöhnlich die Fußzelle, und wenn von beiden Zellen die Fußzelle sich zuerst teilt, findet die dritte Teilung meistens in der Scheitelzelle statt. Auf beide Arten erhält man ein vierzelliges Pflänzchen. Wenn bei der ersten Teilung die Scheitelzelle eine vollständige Bekleidung erhalten hat, besteht später die Bekleidung der Scheitelzelle beim vierzelligen Pflänzchen aus zwei Stücken, einem zylinderförmigen und einem kegel- oder halbkugelförmigen (Fig. 45; Fig. 46). Figur 43 stellt ein dreizelliges Pflänzchen vor, das sich wahrscheinlich auf folgende Weise entwickelt hat: Bei der ersten Teilung Bildung einer Scheitelzelle mit vollständiger Bekleidung (Fig. 44, *c*) und die zweite Teilung in der Fußzelle. Wenn die dritte Teilung dann in der Scheitelzelle stattfindet, so erhält man ein vierzelliges Pflänzchen, wie oben erwähnt. Viele derartige vierzellige Pflänzchen habe ich wahrgenommen, die sich vermutlich auf eine der beiden oben erwähnten Arten entwickelt hatten. Mit Gewißheit kann

das aber nicht gesagt werden, da auch noch eine andere Bildungsweise möglich ist, nämlich bei der ersten Teilung Bildung einer Scheitelzelle mit einer zylinderförmigen Bekleidung, die zweite Teilung in der Scheitelzelle und Bildung einer neuen Scheitelzelle mit einer vollständigen Bekleidung. Man erhält auf diese Weise auch ein dreizelliges Pflänzchen, wie in Figur 43 dargestellt ist. Die dritte Teilung findet wieder in der Scheitelzelle statt, wobei eine neue Scheitelzelle mit den zwei obengenannten Bekleidungsstücken gebildet wird. Daß wirklich die zweite und die dritte Teilung in der Scheitelzelle stattfinden können, hat sich beim Studium anderer Pflänzchen gezeigt. Ich untersuchte nämlich vierzellige Pflänzchen, wobei die Scheitelzelle mit drei Bekleidungsstücken versehen war, mit einem kegel- oder halbkugelförmigen, einem ringförmigen und einem zylinderförmigen (Fig. 47; Fig. 48). Daraus kann man schließen, auf welche Weise sie sich entwickelt haben. Wenn die Scheitelzelle mit zwei Bekleidungsstücken ausgestattet ist, mit einem kegel- oder halbkugelförmigen und mit einem zylinderförmigen, so hat wenigstens eine Teilung in der Scheitelzelle stattgefunden. Wenn sich zwischen beiden Bekleidungsstücken noch ein ringförmiges befindet, so deutet das auf zwei Teilungen in der Scheitelzelle hin, während zwei oder drei ringförmige Bekleidungsstücke zwischen den beiden anderen drei oder vier Teilungen in der Scheitelzelle anzeigen. Daraus folgt, daß bei den letztgenannten vierzelligen Pflänzchen die zweite und auch die dritte Teilung in der Scheitelzelle stattfanden. Eine andere Erklärung kann in diesem Falle nicht gegeben werden. Scheitelzellen mit drei verschiedenen Bekleidungsstücken, wie oben erwähnt, kommen bei zwei- und dreizelligen Pflänzchen nicht vor, während eine Scheitelzelle mit zwei verschiedenen Bekleidungsstücken wohl bei dreizelligen Pflänzchen, aber nicht bei zweizelligen vorkommen kann. Bei zweizelligen Pflänzchen bildet die Bekleidung der Scheitelzelle immer ein Ganzes.

Das in Figur 49 dargestellte fünfzellige Pflänzchen ist vermutlich aus einem dreizelligen Pflänzchen entstanden, wie in Figur 43 abgebildet ist, durch eine Teilung in der Scheitelzelle und eine Teilung in der mittleren Zelle, wobei Bildung eines ringförmigen Bekleidungsstückes stattfand (Fig. 50, b).

Wie oben erwähnt, erhalten die Pflänzchen oft schon bei der ersten Teilung eine Scheitelzelle mit einer vollständigen Bekleidung. In anderen Fällen findet das viel später statt. Ich konnte die Bildung derartiger Scheitelzellen bei fünf-, sechs- und elfzelligen Pflänzchen beobachten. Da nicht nur die Scheitelzelle, sondern auch andere Zellen sich auf verschiedene Weise entwickeln, so kann man bei den Pflänzchen, obgleich sie nur aus einer Zellenreihe gebildet sind, doch eine große Mannigfaltigkeit der Form beobachten.

Abnorm entwickelte Zellen.

In einigen Fällen ist die Zellteilung offenbar gestört worden, und zeigen die Zellen dementsprechend Abweichungen.

Zwischen den normalen Zellen kommen bisweilen sehr große Zellen mit großen Kernen vor, und mit einer Bekleidung, die aus zwei oder drei ungefähr gleichgroßen zylinderförmigen Stücken zusammengesetzt ist. Diese Zellen sind wahrscheinlich entstanden, indem bei der Karyokinese der Kern sich nicht geteilt hat und die Scheidewandbildung ausgeblieben ist¹⁾. Bei der Scheitelzelle und der Fußzelle können ähnliche Erscheinungen vorkommen (Fig. 41: Fig. 42).

Bei Beobachtung eines fünfzelligen Pflänzchens wurde meine Aufmerksamkeit auf die mittlere Zelle gelenkt. Sie war dreimal länger als die anderen Zellen (Fig. 51). Aus der Untersuchung ergab sich, daß die Bekleidung aus fünf Teilen zusammengesetzt war, aus drei ungefähr gleichgroßen zylinderförmigen und aus zwei schmalen ringförmigen Stücken; die letzteren befanden sich an dem oberen Ende der Zelle (Fig. 52). Die Zahl und die Verschiedenheit der Bekleidungsstücke wie auch ihre Stelle deuteten darauf hin, daß die Zelle wahrscheinlich auf die folgende Weise entstanden war: Oben in einer anfangs normalen Zelle entstand zweimal ein gewöhnlicher Zellwandring, worauf jedesmal Spaltung der Zellwand und Bildung eines neuen Membranstückes folgte. Der zweite Ring bildete sich etwas niedriger als der erste. Das oberste ringförmige und das unterste zylinderförmige Bekleidungsstück waren anfangs ein Ganzes, das aus einem Zellwandring entstanden war. Das unterste ringförmige und das mittlere zylinderförmige Bekleidungsstück bildeten auch ein Ganzes, das aus einem anderen Ring entstanden war. Das oberste zylinderförmige Stück hatte sich zuletzt aus einem Zellwandring gebildet.

Einmal fand ich ein achtzelliges Pflänzchen mit einer sehr großen Scheitelzelle, die mit sechs Bekleidungsstücken versehen war, mit einem napfförmigen, zwei ringförmigen und drei ungefähr gleich großen zylinderförmigen. Wahrscheinlich ist diese Scheitelzelle aus einer normalen Scheitelzelle mit einem napfförmigen und einem zylinderförmigen Bekleidungsstück entstanden und zwar auf eine ähnliche Weise wie die mittlere Zelle des oben erwähnten fünfzelligen Pflänzchens.

Eigentümliche Fußzellen fand ich bei einem dreizelligen und bei einem zweizelligen Pflänzchen. Sie waren aus zwei verschiedenen Teilen zusammengesetzt, aus einem oberen mit einer zylinderförmigen Bekleidung und einem unteren von der Gestalt einer gewöhnlichen Fußzelle und ohne Bekleidung. Die mittlere Zelle des dreizelligen Pflänzchens hatte eine zylinderförmige Bekleidung und die Scheitelzelle war mit zwei Bekleidungsstücken ausgestattet, mit einem napfförmigen und mit einem zylinderförmigen. Das dreizellige Pflänzchen kann sich auf die folgende Weise entwickelt haben. Die Bildung eines napfförmigen Zellwandteils ist der ersten Zellteilung vorangegangen und das Resultat dieser Teilung war eine gewöhnliche Fußzelle und eine

¹⁾ Siehe über karyokinetische Prozesse ohne eigentliche Kernteilung meine Abhandlung: „Über abnormale Kernteilung“. (Botan. Zeit. 1903. Erste Abt. S. 219 u. 220.)

Scheitelzelle mit vollständiger Bekleidung. Die Scheitelzelle hatte sich später auf normale Weise geteilt und aus der normalen Fußzelle hatte sich nach der Bildung eines Ringes die große abnormale Fußzelle entwickelt.

Die Eigentümlichkeiten des zweizelligen Pflänzchens deuteten auf eine Teilung der großen abnormalen Fußzelle. Die Scheitelzelle war nämlich mit zwei Bekleidungsstücken versehen, mit einem ringförmigen und mit einem zylinderförmigen, was auf die folgende Entwicklung hinwies. Aus einem gewöhnlichen Keimpflänzchen war nach der Bildung eines Zellwandringes die große Fußzelle entstanden, wobei Kern- und Zellteilung ausblieben. Später hatte die Fußzelle einen Zellwandring gebildet und hatte sich geteilt, wobei die beiden Tochterzellen jede einen Kern erhielten. Bei der Spaltung der Zellwand war von der zylinderförmigen Bekleidung das obengenannte ringförmige Stück abgeschnitten. Nur auf diese Weise ist die Anwesenheit dieses Bekleidungsstückes zu erklären.

Einmal konnte ich in einer großen Zelle mit zwei zylinderförmigen Bekleidungen, wie oben beschrieben, einen Zellwandring beobachten, bei dem sich die folgende Eigentümlichkeit darbot: Die Modifikation der innersten an das Lumen stoßenden Zellwandschicht hatte sich viel mehr nach unten ausgebreitet als bei normalen Ringen der Fall ist. Der modifizierte Teil der Zellwand wurde nach unten allmählich dünner.

Bisweilen bildet sich ein Zellwandring und bleiben die Spaltung der Zellwand, die Kernteilung und die Zellteilung aus. In diesem Fall dehnt der Ring sich nicht aus. Später bildet sich eine cellulosereiche Zellwandschicht, die auch den Ring bedeckt.

Noch verschiedene andere Abnormitäten können vorkommen. Einmal sah ich an der einen Seite der Zellwand eine Spalte entstehen und den Zellwandring sich strecken, während an der gegenübergestellten Seite die Spaltung und die Streckung ganz ausblieben. Demzufolge wurde das Pflänzchen knieförmig umgebogen unter Bildung eines rechten Winkels.

Bisweilen fand ich mehrere Ringe bei einander. Einmal sah ich drei Ringe bei einander, einen von gewöhnlicher Größe und zwei kleinere; von einer cellulosereichen Zellwandschicht waren sie alle zusammen bedeckt. Spaltung der Zellwand und Streckung der Ringe waren in diesem Fall ausgeblieben. Bei Behandlung mit einer Chromsäurelösung blieben die Ringe, die in dem Flemming'schen Gemisch gehärtet waren, mit einander verbunden. Bei lebendigem Material konnte ich auch einmal drei Ringe bei einander wahrnehmen. Im Gegensatz zum vorigen Fall sah ich, daß die Zellwand sich spaltete und daß die Ringe, indem sie sich streckten, kurze Membranstücke bildeten.

Kritisches.

Wie schon oben erwähnt, sind oft die Resultate der Autoren nicht mit einander in Übereinstimmung. Meine eigenen Resultate

sind in mancher Hinsicht von den früher erhaltenen verschieden. In diesem Abschnitt werde ich auf übereinstimmende Resultate und auf Verschiedenheiten hinweisen. Wo die Ansichten anderer Autoren mit den meinigen unvereinbar sind, werde ich versuchen, die Unhaltbarkeit ersterer zu beweisen.

Was die chemische Natur des Ringes angeht, so stimmen meine Resultate am meisten mit denen von Klebahn (S. 240) und Hirn (I, S. 6 u. 7) überein. Ich nehme auch an, daß in dem Ringe ein besonderer Membranstoff vorhanden ist.

Nach einigen Untersuchern ist der Ring unmittelbar an der Zellwand befestigt, nach anderen sitzt er auf einer Leiste. Bei der von mir untersuchten Art sitzt der Ring, wenn er noch nicht vollständig ausgebildet ist, auf einer Leiste, aber später nicht mehr. Obgleich die Resultate der Autoren verschieden sind, können also ihre Beobachtungen, was diesen Punkt betrifft, doch ganz richtig sein.

Wie Pringsheim (I, S. 35). Strasburger (III, S. 165) und Hirn (I, S. 7) habe ich bei dem Ring eine peripherische Schicht und einen zentralen Teil unterscheiden können, aber nicht, wie Wille (S. 445), einen lamellosen Bau. Ich habe auf diesen Punkt besonders meine Aufmerksamkeit gerichtet, aber weder bei lebendigem noch bei gehärtetem Material und auch nicht mit Hilfe von Reagentien habe ich einen lamellosen Bau wahrnehmen können. Wohl konnte ich bisweilen kleine Querfalten an der Innenseite des Ringes beobachten (Fig. 4 i unten). Dieselben können verursachen, daß der Ring bisweilen einige undeutliche bogenförmige Linien zeigt, was vermutlich die Annahme einer Schichtung veranlaßt hat. Was der Unterschied zwischen der peripherischen Schicht und dem zentralen Teil angeht, so weichen meine Resultate von denen anderer Autoren ab. Nach Hirn (I, S. 7), der auf diesen Punkt besonders seine Aufmerksamkeit gerichtet hat, ist der zentrale Teil aus einer schleimartigen Masse gebildet und besteht die peripherische Schicht aus Cellulose. Den eigentümlichen Membranstoff, welcher in dem Ringe vorkommt, habe ich auch in der peripherischen Schicht und sogar in dem innersten Teil der Zellwand gefunden, während ich Cellulose auch in dem zentralen Teil des Ringes nachweisen konnte. Ich habe nur feststellen können, daß die peripherische Schicht sich von dem zentralen Teil durch einen höheren Cellulosegehalt unterscheidet.

Die Ansichten der verschiedenen Autoren über den Ursprung und die Entwicklung des Ringes sind sehr verschieden. Nach Pringsheim. Nägeli. Hofmeister, Strasburger und Hirn ist der Ring vom Anfang an zwar an der Zellwand befestigt, aber sein Ursprung und seine Entwicklung sind ganz unabhängig von derselben. Hirn (I, S. 7 u. 8) sucht das zu beweisen durch seine plasmolytischen Versuche mit Zuckerlösungen. Ich habe bei *Oedogonium cyathigerum* diese interessanten Versuche wiederholt. Die dabei erhaltenen Resultate werde ich hier mitteilen. Zehn Gramm Zucker löste ich in 100 ccm Grabenwasser. In dieser Lösung verweilten die Pflänzchen drei Tage. Dann brachte ich einen Teil derselben in das Flemming'sche Gemisch und einen anderen Teil

in Spiritus. Die in dem Flemming'schen Gemisch gehärteten Pflänzchen untersuchte ich mit einer Chromsäurelösung von 20 %: das Spiritusmaterial behandelte ich mit verschiedenen Reagentien. Die Zuckerlösung rief Plasmolyse hervor. Nach zwei Tagen konnte ich in den Zellen mit Ringen und in denen, in welchen die Ringbildung gerade angefangen hatte, eine abnorme Wandbildung beobachten. Gewöhnlich sah ich, daß da, wo der Protoplast sich von der Zellwand zurückgezogen hatte, eine neue Wand entstanden war. In Zellen, in welchen die Ringbildung schon weit vorgerückt war, konnte ich am oberen Ende des Protoplasten mehrere Lamellen wahrnehmen (Fig. 53, *y*). In anderen Zellen sah ich zwischen der Stelle, wo die Ringbildung gerade angefangen hatte, und der neugebildeten Wand oben an dem Protoplast eine eigentümliche Membranstoffmasse (Fig. 54, *z*). Selten hatte sich, wie Hirn beobachtete, um dem oberen halsartig verengten Teil des kontrahierten Protoplasten eine Masse ausgeschieden, die einigermaßen einem Ring ähnlich war. Die chemische Untersuchung der gebildeten Teile zeigte, daß sie nicht aus einer schleimartigen Masse bestanden, sondern hauptsächlich aus Membranstoff, der reich an Cellulose war. Mit einer Jodjodkaliumlösung und Schwefelsäure von 63 oder 76 % erhielt ich eine starke Cellulosereaktion und nach Erwärmung in Glyzerin bis 300° C. waren bedeutende Cellulosereste zurückgeblieben. Die verschiedenen Teile hatten nach der Erwärmung ihre Form beibehalten. Ich bemerke, daß sie sich nach der Erwärmung in Glyzerin mit Jodjodkaliumlösung violett färben und daß sie sich in dieser Hinsicht deshalb wie die Zellwand und der Ring verhalten. Mit Rutheniumroth nehmen sie eine hellrote Farbe an. Aus Obigem geht hervor, daß diese Gebilde sich Reagentien gegenüber im Allgemeinen wie die Cellulosewand verhalten. Bei der Untersuchung des in dem Flemming'schen Gemisch gehärteten Materials mit einer Chromsäurelösung von 20 % konnte ich jedoch feststellen, daß bisweilen eine oder mehrere Lamellen von den übrigen verschieden waren. Sie lösten sich in der Chromsäurelösung nicht, sondern sie verhielten sich ganz auf dieselbe Weise wie die Bekleidung der Membran (Fig. 55, *y*).

Nachdem ich die oben erwähnten Versuche gemacht hatte, habe ich mich gefragt, welche Bedeutung die Versuche von Hirn für die Kenntnis des Ursprungs und der Entwicklung des Ringes haben, wenn er sich unter normalen Umständen bildet? Ich bemerke, daß, was ich bei *Oedogonium* in Zuckerlösungen entstehen sah, gewöhnlich einem Zellwandring nicht ähnlich ist. Hirn ist in dieser Hinsicht etwas glücklicher gewesen, obgleich die von ihm abgebildeten Ringe doch noch bedeutend von normalen abweichen. Auch muß man berücksichtigen, daß bei den Versuchen die Protoplasten sich unter sehr abnormen Umständen befinden. Wenn an der Stelle, wo der Protoplast sich von der Zellwand zurückgezogen hatte, etwas entsteht, das einem Ring ähnlich ist, so ist es deutlich, daß die Zellwand daran keinen Anteil hat. Damit ist aber noch nicht bewiesen, daß unter normalen Umständen die Zellwand ebenso wenig bei der Ringbildung beteiligt sei. Wie

merkwürdig die Versuche von Hirn auch sind, sie erklären nicht, wie der Ring unter normalen Umständen entsteht und wächst.

Nach Wille (S. 444) fängt die Ringbildung in der Zellwand in der Nähe des Lumens an. Nach Dippel (S. 52) entsteht der Ring durch Faltung der ganzen inneren cellulosereichen Wandschicht, nach de Bary (I, S. 80) und H. von Mohl (S. 721) durch Faltung der inneren Lamelle der Zellwand und nach Hartig (S. 417) durch Faltung einer neugebildeten Schicht. Ich selbst nehme an, daß die Ringbildung in dem an das Lumen grenzenden innersten Teil der Cellulosewand anfängt, der eine Falte bildet. Dazu konnte ich nachweisen, daß die Ringbildung mit dem Auftreten eines eigentümlichen Membranstoffes verbunden ist.

Die Frage, ob das Wachstum des Ringes mit Intussusception oder Apposition verbunden ist, ist auf verschiedene Weise beantwortet worden. Man muß dabei berücksichtigen, daß einige Autoren das Wachstum der Zellwände ausschließlich durch Intussusception und andere es ausschließlich durch Apposition erklären wollen, ungeachtet der Tatsache, daß die Untersuchung der meisten Zellwände weder Beweise zu Gunsten der einen noch der anderen Ansicht bringt. Nach Wille (S. 445) werden, während der Ring wächst, ununterbrochen Schichten eingelagert oder differenziert; nach Strasburger wächst er dagegen durch Auflagerung neuer Lamellen (II, S. 85). Später aber hat Strasburger (III, S. 165) nochmals über das Wachstum des Ringes geschrieben, ohne dabei eine bestimmte Meinung auszusprechen. Die Schichten, von denen Wille redet und welche er auch abgebildet hat, hat kein anderer Untersucher beobachten können, während Strasburger (III, S. 165) nur eine periphere Schicht und einen zentralen Teil hat unterscheiden können.

Will man Beiträge zur Kenntnis des Wachstums der Zellwand liefern, so muß man berücksichtigen, daß es ein sehr komplizierter Prozeß ist, wobei verschiedene Faktoren eine Rolle spielen. Von jedem Fall muß ein besonderes und genaues Studium gemacht werden, ohne daß man dabei von der einen oder der anderen Theorie beeinflußt wird. In vielen Fällen wird man in seinen Hoffnungen getäuscht, weil es sehr schwer oder unmöglich ist, in dem einen oder anderen Sinne Schlüsse zu machen. In einigen Fällen zeigen sich die gewählten Objekte geeigneter zum Zweck und die Untersuchung liefert positivere Ergebnisse, wie z. B. bei *Caulerpa* der Fall gewesen ist. Ich selbst untersuchte u. a. *Spirogyra*¹⁾. Bei dieser Untersuchung war ich wohl gezwungen anzunehmen, daß beim Wachstum der Zellwand Apposition eine sehr bedeutende Rolle spiele, ohne daß ich Beweise beibringen konnte, daß Intussusception ausgeschlossen sei. Bei der Untersuchung des Ringes von *Oedogonium* bin ich dagegen zu einem anderen Resultat gekommen. Die Entstehung und das Wachstum des Ringes kann ich nur erklären, wenn ich Intussusception annehme.

¹⁾ Over Wandvorming by Kernlooze cellen. (Botanisch Jaarboek. 13e deel. 1904, mit einem Auszug im Deutschen.)

Über die der Streckung des Ringes unmittelbar vorhergehende Spaltung der Zellwand sind von verschiedenen Autoren Mitteilungen gemacht worden, die mit meinen bei *Oedogonium cyathigerum* erhaltenen Resultaten im Widerspruch sind. Pringsheim (II, S. 13) nimmt an, daß beim Aufbrechen der Zellwand der Zusammenhang oberhalb des Ringes aufgehoben wird. Mehrere Pflänzchen, in denen sich Zellen befanden mit Membranen, die sich gerade gespalten hatten und mit Ringen, die in Streckung begriffen waren, habe ich bis auf 300° C in Glycerin erwärmt. Der Zellinhalt und verschiedene Bestandteile der Zellwand zersetzen sich dabei und lösen sich. Falls Pringsheim's Mitteilung richtig wäre, so würden die Pflänzchen an den Stellen, wo der Zusammenhang aufgehoben worden ist, gewiß auseinander fallen müssen. Das geschieht aber durchaus nicht. Die Celluloseskelette, welche die Pflänzchen zurücklassen, bestehen aus Zellenreihen, die auch an den oben genannten Stellen ihren Zusammenhang beibehalten haben.

Nach Strasburger (I, S. 189 u. 190; II, S. 85; III, S. 165) berstet nicht allein die Zellwand, sondern entsteht auch in dem Ring eine Spalte. Wenn man beim Mikroskopisieren auf eine Stelle des Ringes einstellt, so befindet sich über und unter dieser Stelle die gespaltene Membran und es scheint auf den ersten Blick, als wenn auch der Ring gespalten wäre. Bei genauerer Beobachtung zeigt es sich aber, daß solches nicht der Fall ist. Untersucht man bei in dem Flemming'schen Gemisch gehärtetem Material den Ring in verschiedenen Entwicklungsstadien während und nach Auflösung der Cellulosewand in Chromsäurelösung, so kann man wohl feststellen, daß der Ring sich ausdehnt, aber nicht, daß er sich spaltet.

Hirn (I, S. 8) erwähnt, daß die Celluloseschicht der Zellwand durch einen Kreisriß entzwei geteilt wird, aber daß der äußere Teil oder die Cuticula, von mir die Bekleidung genannt, dagegen ganz unregelmäßig entzwei gerissen wird. Bei *Oedogonium cyathigerum* habe ich ein ganz anderes Resultat erhalten. Bisweilen bleibt die Bekleidung ein Ganzes und wird sie die Bekleidung der unteren Tochterzelle; in anderen Fällen wird die Bekleidung bei der Spaltung der Zellmembran in zwei Teile geteilt, einen kurzen ringförmigen und einen langen zylinderförmigen. Die Teilung findet immer auf sehr regelmäßige Weise statt, sodaß der abgeschnittene ringförmige Teil überall dieselbe Breite erhält. Nach Hirn können die Zellen sehr bald ihre zerrissene Cuticula regenerieren. Ich habe jedoch nie eine Beobachtung gemacht, woraus sich eine Regeneration der Bekleidung vermuten ließ.

Auf Grund meiner Untersuchungen nehme ich an, daß die Bekleidung ausschließlich aus dem Ringe entsteht, der in dem innersten Teil der Cellulosewand seinen Ursprung nimmt. Nie entwickelt die Bekleidung sich aus dem äußeren Teil der Membran oder entsteht sie auf derselben.

Die meisten Autoren nehmen an, daß der äußere und der innere Teil der Zellmembranen zusammen aus dem Ring entstehen. Wille (S. 451) sagt aber, daß der Ring eine neue Membran bildet

und daß später durch eine Ausscheidung auf der Membran die Cuticula entsteht. Ich selbst bin zu einem Resultat gekommen, das mit keiner einzigen Ansicht der früheren Autoren übereinstimmt. Ich nehme an, daß der äußere Teil der Zellwand oder die Bekleidung aus dem Ring entsteht und daß der innere Teil oder die Cellulosewand später gebildet wird, wobei Apposition eine Rolle spielt. Durch Anwendung einer neuen Untersuchungsmethode bin ich zu dieser Ansicht gelangt. Die von mir angewendete Methode. härten in dem Flemming'schen Gemisch und isolieren mit Hilfe einer Chromsäurelösung, gestattet die Bildung des äußeren Membranteils aus dem Ring Schritt für Schritt zu folgen, während die spätere Bildung des inneren Membranteils leicht festgestellt werden kann. Auffallend ist die verschiedene Intensität der Cellulosereaktion bei der Zellwand vor und nach der Bildung des inneren Teils, besonders nach Erwärmung in Glyzerin bis auf 300° C.

Ein sehr dünnes, an das umgebende Medium stoßendes Schichtchen der Bekleidung erleidet eine geringe Modifikation.

Die junge Querwand betrachte ich als eine lose Platte, die nach dem unteren Ende des aus dem Ring gebildeten Membranstückes wandert. In dieser Hinsicht bestätigen meine Untersuchungen die Resultate einiger früherer Untersucher. Daß die junge Querwand während ihrer Bewegung aufwärts an der Seitenwand festsetzt, wie Wille (S. 450) meint, ist sehr unwahrscheinlich, um daß man dann schwerlich erklären kann, daß sie sich bewegt. Daß sie nicht festsetzt, geht zudem hervor aus ihrem Verhalten bei der Plasmolyse und beim Finieren. Wenn der Protoplast sich von der Seitenwand zurückzieht, so geht die junge Querwand mit im Gegensatz zu der jungen Querwand bei *Spirogyra*, die unter gleichen Umständen mit der Seitenwand verbunden bleibt. Als neu zu betrachten ist meine Ansicht, daß die Querwand nicht simultan entstehe. Zuerst entsteht ihr mittlerer Teil und später breitet sie sich aus. Verschiedene Beobachtungen deuten auf eine derartige Bildungsweise hin.

Strasburger (I, S. 192) nennt die junge Querwand eine zarte Cellulosewand. Ich habe aber auf keinerlei Weise Cellulose in derselben nachweisen können. Wenn sie an die Stelle ihrer Bestimmung gekommen ist, bildet sich bald der innere Membranteil, der sie an beiden Seiten bedeckt.

Der erste Zellwandring, der sich nach der Keimung einer Schwärmspore bildet, ist nach Hirn (I, S. 15 u. 16) ein wenig abweichend. Ich kam zum Resultat, daß in diesem Falle oft kein eigentlicher Ring gebildet wird, sondern ein Zellwandteil, der einem Näpfchen mit einem dicken Rande ähnlich ist. Diese Form entspricht der Bekleidung der ersten Scheitelzelle, nämlich wenn diese mit einer Bekleidung ausgestattet ist, welche auch ihren Scheitel bedeckt.

Die Bildung eines Näpfchens geht nicht immer der ersten Zellteilung voran. Bisweilen bildet sich ein gewöhnlicher Ring, während bei späteren Teilungen auch ein Näpfchen zur Entwicklung kommen kann. Die obere der beiden ersten Tochterzellen ist nach Hirn

(I, S. 16) die bleibende Scheitelzelle des Fadens. Bei *Oedogonium cyathigerum* beobachtete ich aber oft Teilungen in der Scheitelzelle, wobei die Bekleidung sehr regelmäßig in Stücke geteilt wird. Ich konnte napfförmige, ringförmige und zylinderförmige Bekleidungsstücke unterscheiden.

Zuletzt richte ich die Aufmerksamkeit auf das Fehlen der Bekleidung bei der Fußzelle, eine bis jetzt noch unbekannte Eigentümlichkeit dieser Zelle.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

1. Bei der Zellwand von *Oedogonium* kann man zwei Schichten unterscheiden, die chemisch sehr verschieden sind. Die äußere Schicht enthält wenig Cellulose und viel eines eigentümlichen Membranstoffes, der durch verschiedene Reagentien aufschwillt, mit Jod schwach violett gefärbt wird und in dem Flemming'schen Gemisch gehärtet wird und in diesem Zustand der Einwirkung einer Chromsäurelösung Widerstand leistet. Wo sie an das umgebende Medium stößt, hat ein sehr dünnes Schichtchen eine geringe Modifikation erlitten; es wird demzufolge mit Jod gelb gefärbt. Die innere Schicht der Zellwand ist reich an Cellulose und ist aus Lamellen zusammengesetzt.

2. Die äußere Schicht, von mir Bekleidung genannt, besteht bei jeder Zelle aus einem Teil oder aus mehreren Teilen, nämlich aus einem zylinderförmigen und oft auch noch aus einem oder mehreren ringförmigen. Bei der Scheitelzelle kann man oft dreierlei Teile unterscheiden, einen napfförmigen, einen oder mehrere ringförmige und einen zylinderförmigen. Die Bekleidung bedeckt oft den Scheitel; bisweilen ist das nicht der Fall. Bei der Fußzelle fehlt die Bekleidung. Die innere Schicht oder die Cellulosewand umgibt das Zellumen.

3. Wenn eine Zelle sich zur Teilung anschickt, bildet sich in dem oberen Ende ein Ring oder ein Zellwandteil, der einem Näpfchen mit einem an der Innenseite verdickten Rand ähnlich ist. Letzteres ist oft bei der ersten Teilung nach der Keimung einer Schwärmspore der Fall; bisweilen kommt es auch bei einer späteren Teilung in der Scheitelzelle vor.

4. Der Ring und das Näpfchen stimmen, was ihre chemische Natur betrifft, mit der Bekleidung überein. Bei beiden können der leicht aufschwellende Membranstoff und Cellulose nachgewiesen werden.

5. Bei dem Ring und bei dem Näpfchen kommt die Cellulose besonders in der an das Lumen stoßenden Schicht vor.

6. Die Bildung des Ringes fängt in dem innersten Teil der Zellwand an, wo ein eigentümlicher Membranstoff auftritt, während an der Innenseite der Zellwand eine Erhabenheit entsteht.

7. Die Entstehung und das Wachstum des Ringes können nur durch Intussusception verschiedener Membranstoffe erklärt

werden. Neben dem erwähnten eigentümlichen Membranstoff wird auch Cellulose eingelagert.

8. Wenn die Zellwand bei dem Ring oder bei dem dicken Rand des Näpfchens spaltet, so können dabei verschiedene Fälle vorkommen. Bisweilen bleibt die zylinderförmige Bekleidung ein Ganzes und nur die Cellulosewand spaltet. Bei Wiederholung dieses Prozesses kann die Membran einer Zelle sich derartig entwickeln, daß sie eine höhere Zelle mehr oder weniger umgibt. In anderen Fällen spaltet auch die Bekleidung, was die Entstehung von Zellen mit verschiedenen Bekleidungsstücken veranlaßt.

9. Die junge Querwand ist eine lose Platte, in welcher keine Cellulose nachgewiesen werden kann. Zuerst bildet sich der mittlere Teil; später breitet sie sich bis zu der Seitenwand aus. Sie wandert nach dem neu gebildeten Membranstück und sie bleibt in dem unteren Ende desselben sitzen.

10. Die innere cellulosereiche Zellwandschicht oder die Cellulosewand entsteht durch Apposition.

Nachschrift.

Die Publikation dieser Abhandlung hat durch verschiedene Umstände große Verzögerung erlitten. Nachdem meine Untersuchungen schon beendet waren und als das Manuskript fertig war, sind mehrere neue Publikationen über *Oedogonium* zu meiner Kenntnis gelangt. Die wichtigsten sind von Guido Kraskovits: Ein Beitrag zur Kenntnis der Zellteilungsvorgänge bei *Oedogonium*, und von K. E. Hirn, Studien über *Oedogoniaceen*, eine kritische Zusammenstellung der Untersuchungen und Beobachtungen, die in den Jahren 1901—1905 über *Oedogoniaceen* gemacht worden sind. In dieser letzteren Arbeit werden unter andern die Untersuchungen von Kraskovits, Fritsch, Scherffel und Schröder erwähnt, die ich in dieser Nachschrift, insofern sie mit meinen eigenen Untersuchungen in Zusammenhang stehen, zu besprechen wünsche. Zuerst gilt das für die Untersuchungen von Kraskovits.

Die Resultate von Kraskovits weichen in mancher Hinsicht von denen der früheren Untersucher ab. Nicht weniger sind sie von den meinigen verschieden. Nach Kraskovits (S. 246) fängt die Bildung des Zellwandringes in der Membran an. Der zentrale Teil des Ringes entsteht zuerst durch einen Verquellungsprozeß eines Teils der Zellwand, die demzufolge dünner wird. Wenn auf diese Weise die primäre Ringsubstanz oder der Ringschleim gebildet worden ist, entsteht überall an der Innenseite der Zellwand eine neue Zellwandschicht, die, wo sie den Ringschleim umgibt, dicker ist. Daß die Ringbildung mit der Entstehung einer Zellwandschicht, die den ganzen Protoplast umgibt, verbunden ist, ist eine Behauptung, welche an eine alte Vorstellung Hartig's (S. 417) erinnert, die von späteren Untersuchern nicht geteilt wird. Ich selbst habe auch nie etwas von der Bildung einer Zellwandschicht, welche die Ringanlage und die Cellulosewand zusammen bedeckt,

entdecken können, obgleich ich mit geeigneten Mitteln vom Anfang an den Ring von der Zellwand genau habe unterscheiden können.

Nach Kraskovits finden bei der Bildung des zentralen Ringteils Verquellung der Zellwand und Verdünnung derselben statt. Ich habe wohl das Auftreten eines eigentümlichen Membranstoffs konstatieren können, der in Kontakt mit verschiedenen Reagentien aufschwillt, aber ich habe durchaus nichts beobachten können, das auf eine Verquellung schon vorhandenen Membranstoffs hinweist. Im Gegenteil mußte ich annehmen, daß die Entwicklung des Ringes auch mit Bildung von Cellulose verbunden war.

Kraskovits (S. 267) nimmt an, daß die äußere Zellwandschicht, die er Cuticula nennt, aus einem Teil des Ringschleims entstehe. Hierüber habe ich eine andere Ansicht. Der Ring und die äußere Zellwandschicht enthalten einen Stoff, der durch verschiedene Reagentien aufschwillt oder verquillt. Daraus entsteht bei der Untersuchung eine große Schwierigkeit, wie Kraskovits gewiß auch erfahren hat. Es ist mir aber gelungen, diese Teile derart zu härten, daß ich sie mittelst Chromsäure isolieren konnte, was mir gestattete, festzustellen, daß der ganze Ring sich bei der Bildung der äußeren Zellwandschicht beteiligt.

Eine andere Einwendung gegen die Folgerungen Kraskovits's betrifft die Entwicklung der Querwand. Nach Kraskovits (S. 261) ist dieselbe, wenn sie mit der Längswand verbunden wird, einschichtig und sie bleibt es so lange, bis in einer der zwei Zellen, die sie scheidet, wieder Ringbildung und Teilung stattfinden. Bei einer Anzahl von Pflänzchen habe ich Querwände untersucht, auch bei Pflänzchen, die noch nur aus einigen Zellen bestanden und wobei ich feststellen konnte, wie sie sich entwickelt hatten. Es war leicht zu konstatieren, daß Querwände, die nach Kraskovits noch einschichtig sein mußten, an beiden Seiten von der inneren Zellwandschicht, die den ganzen Protoplast umgibt, bedeckt waren. Ich beharre also bei meiner Meinung, daß die Querwand, wenn sie in dem unteren Ende des neuen zylinderförmigen Membranstückes angelangt ist, bald an beiden Seiten von der Cellulosewand bedeckt wird.

Über die erste Teilung in den einzelligen Keimpflänzchen sagt Kraskovits (S. 264), daß sie von den folgenden Teilungen bedeutend abweicht, weil sie niemals mit der Bildung einer Innenschicht verbunden ist. Ringbildung hat Kraskovits bei der ersten Teilung nicht beobachtet. Die Bildung eines napfförmigen Zellwandteils wird nicht von ihm erwähnt; offenbar hat er einen derartigen Zellwandteil nicht wahrgenommen. Eine bedeutende und konstante Verschiedenheit zwischen der ersten Teilung und den folgenden Teilungen ist überhaupt nicht von mir konstatiert worden. Bei der ersten Teilung drängt sich die Bildung eines Näpfchens in den Vordergrund, während bei späteren Teilungen sich gewöhnlich ein Ring bildet. Hiermit habe ich die wichtigsten Verschiedenheiten zwischen den Resultaten von Kraskovits und den meinigen erwähnt. Kraskovits untersuchte nicht *Oedogonium*.

cyathigerum, sondern andere Spezies. Zum Teil kann das die Ursache der Verschiedenheiten sein; zum größten Teil stehen sie gewiß im Zusammenhang mit den angewendeten Untersuchungsmethoden, wie ich oben schon angedeutet habe.

Obgleich die Untersuchungen Kraskovits's offenbar mit Sorgfalt angestellt worden sind, viele Figuren seine Arbeit erläutern und dieselbe vieles enthält, das für spätere Untersucher Wert haben kann, so kann ich seine wichtigsten Schlüsse doch nicht bestätigen.

Nach Fritsch (III, S. 652) ist der Ring eine wasserreiche Celluloseschicht in der Membran, welche durch Intussusception gebildet wird. Fritsch schließt sich also der Ansicht Wille's an. Die Keimung der Schwärmsporen wurde von Fritsch (I und II) bei *Oedogonium capillare* und *Oedogonium cardiacum* studiert. Bei der letzterwähnten Art beobachtete er, daß bei der ersten Teilung regelmäßig die Kappe abgeworfen wird.

Fritsch (II, S. 15) und Scherffel (S. 559) haben bei Arten mit einer halbkugeligen Basalzelle die Keimung der Schwärmsporen studiert. Fritsch ist der Meinung, daß die erste Teilung unter Ringbildung stattfindet, wobei der Ring dem der *Oedogonium*-Keimlinge gleicht oder die Form einer Kuppel bekommt, was mit meinen bei *Oedogonium cyathigerum* erhaltenen Resultaten stimmt. Scherffel ist dagegen zu einem anderen Resultat gekommen.

Von Schröder (S. 143 u. 144) ist bei einem ziemlich dicken *Oedogonium* eine sehr dicke ziemlich konsistente Gallerthülle beobachtet. Bemerkenswert ist das Verhalten dieser Gallerthülle bei der Teilung der Zellen. Sobald der Cellulose ring gebildet ist und die alte Zellmembran den peripheren Riß bekommt, reißt auch die Gallerthülle mit einem meist ganz glatten, selten unregelmäßigen Riß auf. Die neugebildete Zelle hat während ihres Heranwachsens keine nachweisbare Gallerthülle; diese entsteht später. Schröder ist der Ansicht, daß die von ihm beobachtete Gallerthülle mit der äußeren dünnen Cuticula (Bekleidung) von *Oedogonium Borisianum* identisch sei.

Figurenerklärung.

Die Vergrößerung der Figuren ist wie folgt: Figur 1 und 3 1000 mal, Figur 5 2000 mal, Figur 43 bis einschließlich 52 250 mal und die übrigen Figuren 500 mal.

In den Figuren bedeutet: *a* zylinderförmige Bekleidung, *b* ringförmiges Bekleidungsstück, *c* Bekleidung, die eine Scheitelzelle an der Außenseite vollständig bedeckt, *d* napfförmiges Bekleidungsstück, *e* Cellulosewand, *e*, innerste Schicht der Cellulosewand, *f* Anhang an der Zellwand, *g* Kappen, *h* Scheitel ohne Bekleidung, *i* ausgebildeter Ring, *j* nicht ganz entwickelter Ring auf einer Leiste, *k* Leiste, *l* Ringanlage, *m* sich streckender Ring, *n* neues Membranstück, *o* napfförmiger Zellwandteil mit verdicktem Rand, *p* zentraler Teil des Ringes, *q* peripherische Ringschicht, *r* äußerstes modifiziertes Schichtchen eines Ringes, der anfängt, sich zu strecken, *r*, äußerstes modifiziertes Schichtchen der Bekleidung, *s* Leistchen an dem ausgebildeten

Ring, *s*, Leisten an einem napfförmigen Zellwandteil, *t* Häutchen an dem isolierten nicht ganz entwickelten Ring, *t*, Häutchen, mit welchem der Cellulose-rest des Ringes an der Zellwand befestigt ist, *u* Mützchen, *u*, Ring aus einem Mützchen, das abgeworfen wird, *v* junge Querwand, *w* Protoplast, *x* Kern, *y* während Plasmolyse gebildete Lamellen, *y*, isolierte Lamelle, *z* Zellstoffmasse.

Die folgenden Figuren sind nach im Flemming'schen Gemisch gehärtetem Material gezeichnet: Fig. 1, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53 und 54.

Die folgenden Figuren stellen vor, was nach Behandlung des im Flemming'schen Gemisch gehärteten Materials mit Chromsäurelösung zurückbleibt: Fig. 2, 4, 9, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52 und 55.

Fig. 3 ist gezeichnet nach Alkoholmaterial, das sich in Jodjodkalilösung befindet.

Fig. 5 ist gezeichnet nach gehärtetem Material, während eine Chromsäurelösung darauf einwirkt.

Fig. 6 und 7 sind gezeichnet nach Alkoholmaterial, das bis 300° C. in Glyzerin erwärmt worden ist.

Fig. 1: Zelle mit Ring und Teile der angrenzenden Zellen. Am oberen Ende hat die Zellwand einen Anhang, der die angrenzende Zelle umgibt. Unten eine Zelle mit Ring und mit Kappen.

Fig. 2: Ring und Bekleidung der mittelsten Zelle in Figur 1.

Fig. 3: Zelle mit Ring, der anfängt sich zu strecken. Ring und Bekleidung sind geschwollen durch die Behandlung mit Jodjodkalilösung.

Fig. 4: Bekleidungen und Ringe fünf angrenzender Zellen.

Fig. 5: Ring im Durchschnitt.

Fig. 6: Celluloserest eines Membranstückes mit nicht ganz entwickeltem Ring.

Fig. 7: Celluloserest eines Membranstückes mit Ring nach der Spaltung der Membran.

Fig. 8: Zelle mit Ringanlage und Zelle mit ringförmigen Bekleidungsstücken und mit sich streckendem Ring.

Fig. 9: Bekleidungen und Ringe der Zellen in Figur 8.

Fig. 10: Zelle mit sich streckendem Ring und obere angrenzende Zelle.

Fig. 11: Bekleidungen und Ring der Zellen in Figur 10.

Fig. 12: Obere und untere Tochterzelle.

Fig. 13: Einzelliges Pflänzchen mit napfförmigem Membranteil.

Fig. 14: Napfförmiger Membranteil aus dem einzelligen Pflänzchen Fig. 13.

Fig. 15: Einzelliges Pflänzchen mit Ring.

Fig. 16: Ring aus dem einzelligen Pflänzchen Figur 15.

Fig. 17: Zweizelliges Pflänzchen, obere Zelle mit Bekleidung aus einem Stück, Fußzelle mit Ring.

Fig. 18: Bekleidung und Ring Figur 17.

Fig. 19: Zweizelliges Pflänzchen, Scheitel ohne Bekleidung.

Fig. 20: Bekleidung der Scheitelzelle, Figur 19.

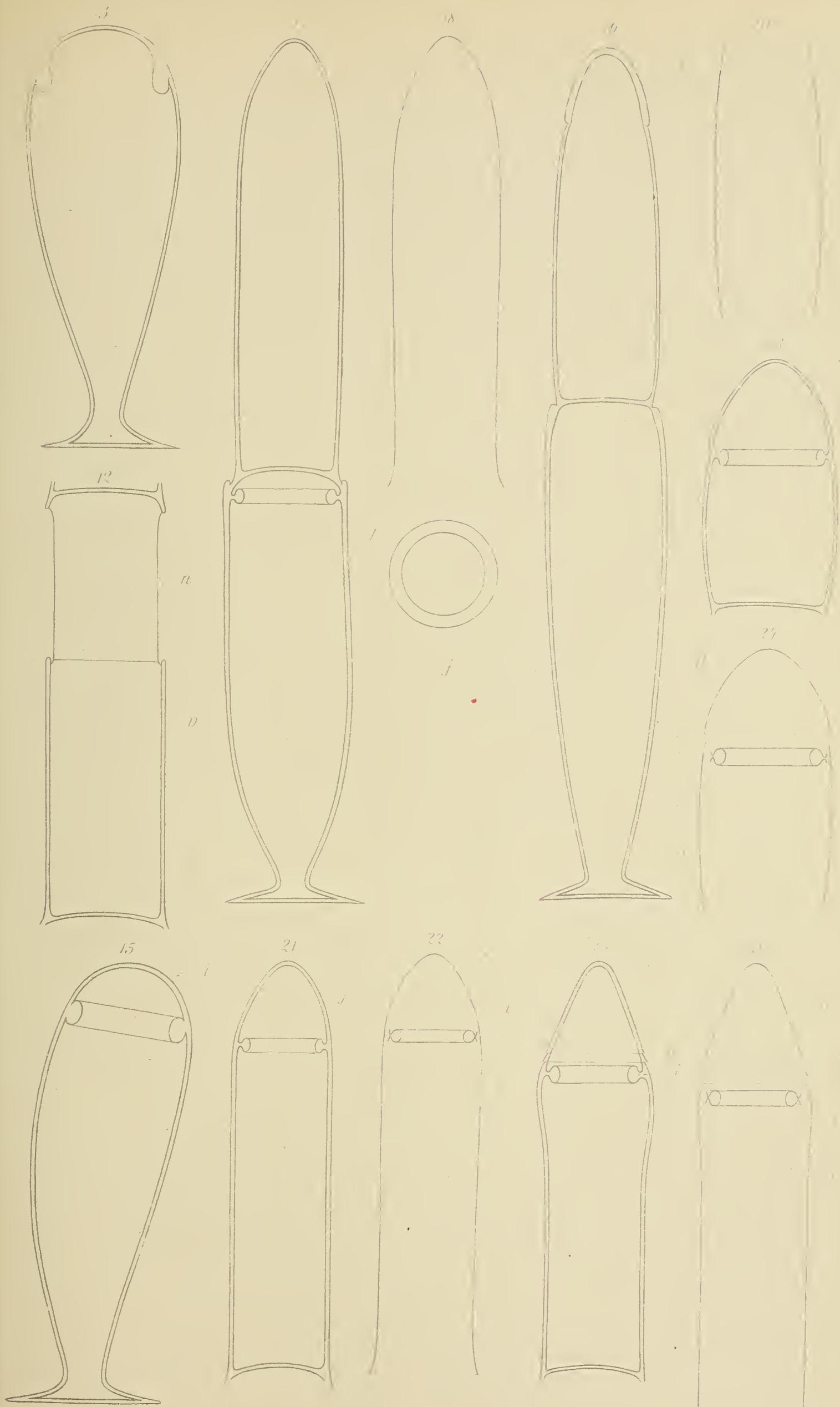
Fig. 21: Scheitelzelle eines fünfzelligen Pflänzchens mit Bekleidung aus einem Stück und mit Ring.

Fig. 22: Bekleidung und Ring der Scheitelzelle Figur 21.

Fig. 23: Scheitelzelle mit zylinderförmigem und mit napfförmigem Bekleidungsstück und mit Ring.

Fig. 24: Bekleidungsstücke und Ring der Scheitelzelle Figur 23.











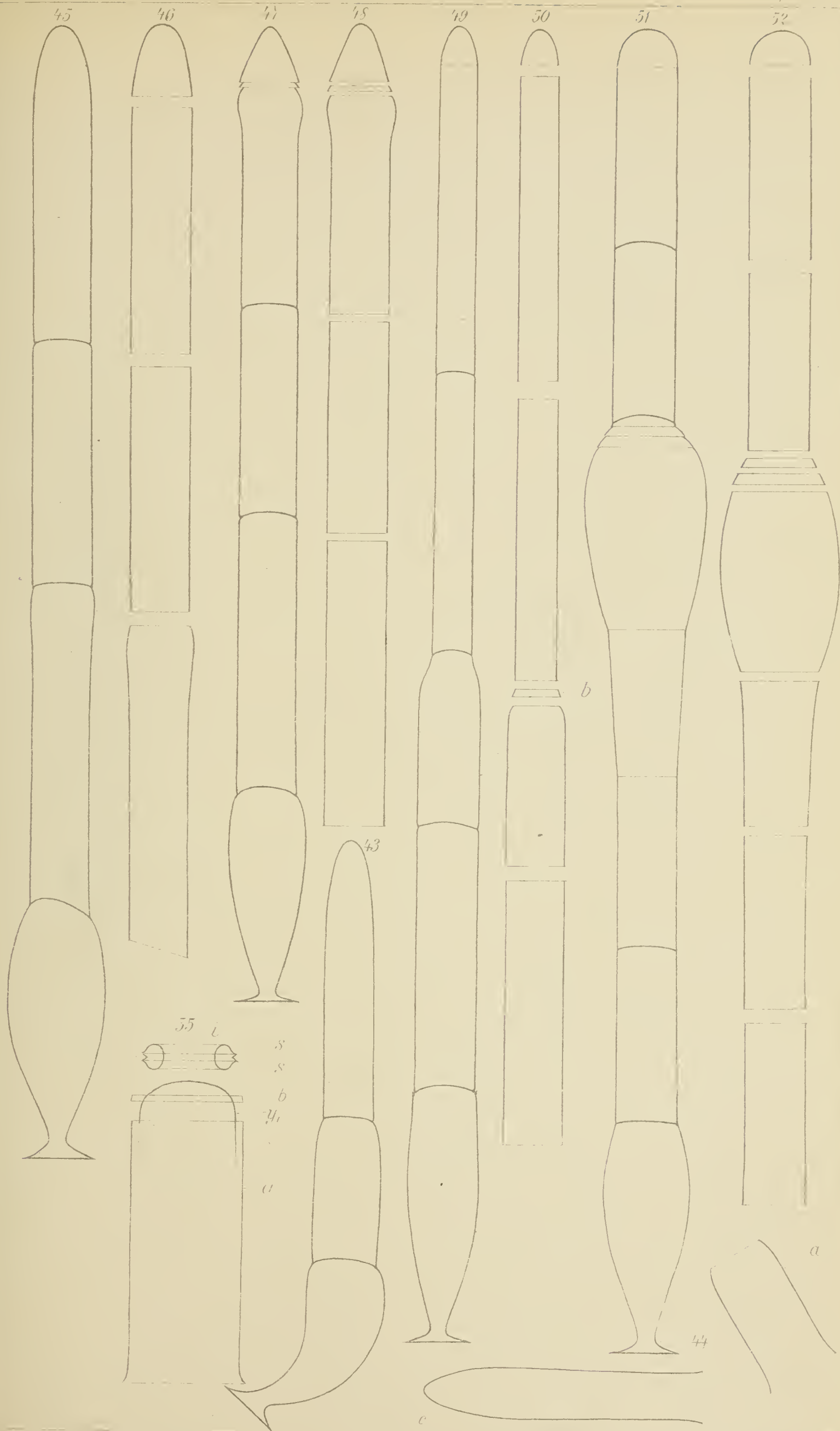




Fig. 25: Scheitelzelle mit drei verschiedenen Bekleidungsstücken und mit Ring.

Fig. 26: Bekleidungsstücke und Ring der Scheitelzelle Figur 25.

Fig. 27: Scheitelzelle eines 25 zelligen Pflänzchens mit drei ringförmigen Bekleidungsstücken.

Fig. 28: Die fünf Bekleidungsstücke der Scheitelzelle Figur 27.

Fig. 29: Scheitelzelle mit ringförmiger Bekleidung und mit Ringanlage und Zelle mit Ring.

Fig. 30: Die Bekleidung und Ringe der Zellen in Figur 29.

Fig. 31: Scheitelzelle mit zylinderförmigem und mit ringförmigem Bekleidungsstück.

Fig. 32: Bekleidungsstücke der Scheitelzelle Figur 31.

Fig. 33: Scheitelzelle eines elfzelligen Pflänzchens mit napfförmigem Membranteil.

Fig. 34: Bekleidungsstücke und napfförmiger Membranteil der Scheitelzelle Figur 33.

Fig. 35: Scheitelzelle mit Mützchen, das abgeworfen wird.

Fig. 36: Zylinderförmige Bekleidung, napfförmiger Membranteil und Ring aus dem Mützchen der Scheitelzelle Figur 35.

Fig. 37: Scheitelzelle eines siebenzelligen Pflänzchens mit Mützchen mit Bekleidung.

Fig. 38: Bekleidung der Scheitelzelle Figur 37 und Bekleidungsstücke des Mützchens.

Fig. 39: Scheitelzelle mit Mützchen mit Bekleidung.

Fig. 40: Bekleidung der Scheitelzelle Figur 39 und Bekleidungsstücke des Mützchens.

Fig. 41: Große Scheitelzelle mit zwei zylinderförmigen Bekleidungen.

Fig. 42: Bekleidungen der Zelle Fig. 41.

Fig. 43: Dreizelliges Pflänzchen.

Fig. 44: Bekleidungen des Pflänzchens Figur 43.

Fig. 45: Vierzelliges Pflänzchen.

Fig. 46: Bekleidungen des Pflänzchens Fig. 45.

Fig. 47: Vierzelliges Pflänzchen.

Fig. 48: Bekleidungsstücke des Pflänzchens Fig. 47.

Fig. 49: Fünfzelliges Pflänzchen.

Fig. 50: Bekleidungsstücke des Pflänzchens Figur 49.

Fig. 51: Fünfzelliges Pflänzchen mit einer sehr großen Zelle.

Fig. 52: Bekleidungsstücke des Pflänzchens Figur 51.

Fig. 53: Zelle, in welcher sich nach Plasmolyse eine Wand gebildet hat.

Fig. 54: Zelle, in welcher nach Plasmolyse Wandbildung stattgefunden hat.

Fig. 55: Ring, Bekleidungsstücke und Lamelle isoliert aus einer Zelle, in welcher nach Plasmolyse Wandbildung stattfand.

Literatur.

- Bary, A. de, Über die Algengattungen *Oedogonium* und *Bulbochaete*. (Abhandl. der Senckenberg. Gesellsch. Bd. I. 1854. S. 43.)
— Botanische Zeitung. 1858. Beilage. S. 80.
Dippel, Das Mikroskop. 1869. S. 52.

- Fritsch, The germination of the zoospores in *Oedogonium*. (Annals of Botany. Vol. XVI. No. LXII. June 1902.)
- The structure and development of the young plants in *Oedogonium*. (l. c. Vol. XVI. No. LXIII. Sept. 1902.)
- Algological notes. No. 5. Some points in the structure of a young *Oedogonium*. (l. c. Vol. XVIII. No. LXXII. Oct. 1904.)
- Hartig, Botanische Zeitung. 1855. S. 417.
- Hirn, K. E., Monographie und Iconographie der *Oedogoniaceen*. (Acta societatis scientiarum fennicae. T. XXVII. No. 1.)
- Studien über *Oedogoniaceen*. I. (l. c. T. XXXIV. No. 3.)
- Klebahn, H., Studien über *Zygoten*. II. Die Befruchtung von *Oedogonium Boscii*. (Jahrb. für wiss. Botanik. Bd. XXIV. 1892. S. 235.)
- Kraskovits, Guido, Ein Beitrag zur Kenntnis der Zellteilungsvorgänge bei *Oedogonium*. (Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. Mathem.-Naturw. Klasse. Bd. CXIV. Heft IV. Abt. I. 1905. S. 237.)
- Mohl, H. von, Botanische Zeitung. 1855. S. 721.
- Pringsheim, N., Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. 1854.
- Morphologie der *Oedogonien*. 1858. (Pringsh. Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. I.)
- Sachs, J. von, Lehrbuch der Botanik. 1874. S. 22.
- Scherffel, Einige Beobachtungen über *Oedogonien* mit halbkugeliger Fußzelle. (Berichte der deutsch. bot. Gesellsch. Bd. XIX. S. 557.)
- Schröder, Untersuchungen über Gallertbildungen der Algen. (Verhandl. des naturhist.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. VII. 1902—1904 S. 144.)
- Strasburger, E., Zellbildung und Zellteilung. 1880.
- Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. 1882.
- Histologische Beiträge. Heft II. Über das Wachstum vegetabilischer Zellhäute. 1889.
- Wille, N., Algologische Mitteilungen. (Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. XVIII. 1887. S. 425.)
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [BH_23_1](#)

Autor(en)/Author(s): Wisselingh C. van

Artikel/Article: [Über den Ring und die Zellwand bei Oedogonium. 157-190](#)