Ueber Dickenwachsthum durch Intussusception bei einigen Algenmembranen

von

C. Correns.

(Hierzu Tafel XV.)

Vorliegende Untersuchung wurde im Spätherbst vorigen Jahres, auf Anregung meines dankbar verehrten Meisters, Herrn Prof. von Naegeli's, hin, begonnen und unter dessen Leitung ausgeführt. Sie lag Ende Februar dieses Jahres bereits fertig vor. Seither ist das zweite Heft der histologischen Beiträge Strasburger's erschienen. Ich kann an dieser Stelle nur hervorheben, dass die Einwanderung von, der Volum- resp. Substanzzunahme entsprechenden, Plasmamassen, ohne deren Nachweisbarkeit, undenkbar ist, die Umwandlung des Plasmas in Cellulose in der Membran aber mehr als fraglich bleibt.

Die scharfe Trennung zwischen Appositionswachsthum und Apposition neuer Lamellen, wie sie auch bereits von anderer Seite geschah, ist eigentlich selbstverständlich.

Einleitende Bemerkungen.

Zur Erklärung des Dickenwachsthums der Zellmembranen können a priori zwei Theorien aufgestellt werden, es kann Anlagerung neuer Substanztheilchen auf die schon vorhandenen, direct vom Plasma aus angenommen werden, — Appositionstheorie, — oder Einlagerung neuer Substanztheilchen zwischen die bereits vorhandenen, — Intussusceptionstheorie. Intussusceptionswachsthum muss stattfinden, wenn es gelingt, zu zeigen, dass eine Membran oder Schicht einer solchen ihr Volumen durch Aufnahme organischer Substanz vergrössert, ohne dass die Möglichkeit eines Appositionswachsthums gegeben ist.

Wenn man an die Lösung der Frage herantritt: Wie wächst eine bestimmte Zellmembran in die Dicke? so muss man zwischen der Entstehung derselben, oder ihrer Schichten, falls sie aus solchen zusammengesetzt ist, und ihrem weiteren Wachsthum unterscheiden. Die Beobachtung, dass eine Membran oder eine Schicht derselben durch Apposition angelegt wird, gibt noch keine Einsicht in den weiteren Wachsthumsprocess derselben. Der Schichtenverlauf allein, wie er im fertigen Zustand vorliegt, könnte wohl zur Annahme von Intussusceptionswachsthum zwingen, es kann aber kein Schichtenverlauf construirt werden, der die Annahme von Appositionswachsthum zwingend forderte und die Erklärung des Zustandekommens durch Intussusceptionswachsthum ausschlösse.

Eine sichere Entscheidung lässt sich nur in den Fällen treffen, bei denen eine Membranschicht, vom Plasma der Zelle durch andere ihres gleichen getrennt, also ohne die Möglichkeit einer Apposition neuer Substanztheilchen, dennoch im Laufe ihrer Entwicklung ihr Volumen vergrössert,

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0304-7

indem man zusieht, ob mit dieser Volumzunahme auch eine Substanzzunahme Hand in Hand geht oder nicht. Solche Vorkommnisse sind nicht eben häufig. Von den 4 Beweisen für Dickenwachsthum der Zellmembranen durch Intussusception, die Naegeli[1]) seinerzeit aufgestellt hat, beziehen sich drei auf solche Fälle: *Gloecocapsa, Apiocystis, Petalonema.* Die erste und die letzte Pflanze hat Strasburger in seinem Buche »Ueber Bau und Wachsthum der Zellhäute« auch in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen, er nimmt aber zur Erklärung der nachträglichen Volumzunahme »Quellung«, also Wasseraufnahme, an. Die Berechtigung dieser Annahme zu prüfen war die mir gestellte Aufgabe. Die Einwanderung entsprechender, als solche erhalten bleibender, Plasmamassen war nicht nachweisbar, die Umwandlung derselben in Cellulose ist mehr als fraglicher Natur.

I. Gloeocapsa.

Die erstaufgeführten Beobachtungen, auf die sich Naegeli bei der Annahme einer Substanzzunahme durch Intussusception stützte, wurden an den beiden Gattungen einzelliger Algen *Gloeocapsa* Kg. (p. p.) und *Gloeocystis* Naeg. gemacht. Bekanntlich ist der Entwicklungsgang ihrer Zellfamilien der, dass sich die erste kuglige Zelle mit einer dicken Hüllmembran umkleidet, hierauf sich theilt und jede der entstandenen Tochterzellen sich wieder mit einer Membran umgibt, dann wiederholt sich Theilung und darauffolgende Membranbildung und diese Einschachtelungen setzen sich so lange fort, als die Familie wächst.

Die durch neuentstandene Membranen von den Plasmakörpern getrennten »Blasen« nehmen nun, bei den mir vorliegenden Formen besonders die äusserste, an Durchmesser und Dicke mit dem Wachsthum der Familie stetig zu, diese Volumzunahme fällt an der Aequatorialzone, welche die Fuge zwischen beiden nächstjüngeren Tochterzellen deckt, besonders reichlich aus. »In[2]) einem Beispiel (bei *Gloeocapsa nigrescens* n. sp.), wo die ineinander geschachtelten Zellen sehr deutlich waren, zeigten die primären Blasen, solange sie nur eine Zelle einschlossen, bis zur beginnenden Theilung dieser letzteren, einen Durchmesser von 10—15 Mik. Die Grösse der primären Blasen, welche zwei secundäre enthielten, betrug 15—22 Mik., — bei denjenigen mit zwei secundären und 4 tertiären 22—30 Mik., — und wenn noch 8 quaternäre Blasen hinzukommen, so war der Durchmesser der primären 30—40 Mik. Das Volum der primären Blase betrug in diesen successiven Stadien im Mittel 830 — 2442 — 5615 — 10209 Kubik-Mik«.

1) Naegeli, Stärkekörner, p. 281.

2) Naegeli, Stärkekörner, pag. 282.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0305-3

Bei *Gloeocapsa rubicunda Kg.* besteht die primäre Membran aus zwei scharf geschiedenen Schichten, einer farblosen äusseren und einer rothen inneren. Die Membranen der secundären Zellen, sowie diejenigen aller folgenden Generationen sind roth. Die ganze Colonie besteht also aus einer farblosen, kugelschaligen Hülle und einer eingeschlossenen, gefärbten Kugel. »Hier[1]) lässt sich leicht die Zunahme des einen und des anderen Theiles messen und berechnen:

	I.	II.	III.	IV.
Ganzer Durchmesser	10	16	40	60
Durchmesser des gefärbten Theiles	10	8	19	29
Dicke der farblosen Schicht	2,5	4	10,5	15,5
Volum des gefärbten Theiles mit Ausschluss der Zelllumina	60	260	3526	12655
Volum der farblosen Schicht	459	1877	29931	100367«.

»I. bezeichnet den Zustand, wo die primäre Zelle sich eben theilt; II. ist eine Colonie mit zwei; III. eine solche mit acht und IV. mit ungefähr vierzig eingeschlossenen Zellen. Aus diesen Messungen ergibt sich, dass die farblose Schicht sich von 2,5 auf 15,5 Mik., also auf das Sechsfache ihrer ursprünglichen Mächtigkeit verdickt, während die gefärbte innere Maasse ungefähr im gleichen Verhältniss zunimmt. Das Volum der farblosen Substanz vermehrt sich von 459 auf 100367 Kubik-Mik., also von 1 auf 219, dasjenige des inneren gefärbten Theiles von 60 auf 12655 Kubik-Mik. also von 1 auf 211«.

»Das Wachsthum der Membranschichten von Gloeocapsa und Gloeocystis, sowohl in die Fläche als in die Dicke, geschieht also durch Intussusception. Apposition von aussen kann nicht angenommen werden, da die weiche Gallerte der primären Blase nicht unmittelbar aufhört, sondern von einem dünnen, membranartigen Ueberzug bedeckt ist, der fortwährend der nämliche bleibt, und da ja die secundären und tertiären Blasen das nämliche Verhalten zeigen wie die primären«.

»Meist ist die Zunahme in den inneren Schichten lebhafter als in den äusseren; doch kommt auch das umgekehrte vor. In dem vorhin erwähnten Beispiel von Gloeocapsa rubicunda haben der farblose und der gefärbte Theil der Wandung, welcher die äusseren Zellhöhlungen der Colonie bedeckt, folgende Dicke:

	I.	II.	III.	IV.
farblose Wandung	2,5	4	10,5	15,5
gefärbte Wandung	1,5	2	3	4.

Der farblose Theil der Wandung, bestehend aus der äusseren Schicht der primären Blase, hat also von 2,5 auf 15,5 Mik., also von 1 auf 6, der gefärbte Theil dagegen, bestehend aus der inneren Schicht der pri-

1) Naegeli, l. c. p. 282.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0306-8

mären Blase und aus den Blasen aller folgenden Generationen von 1,5 auf 4 Mik., also von 1 auf 3 in der Dicke zugenommen«.

Ich habe mir erlaubt, im Vorhergehenden die Darlegung Naegeli's in extenso wieder zugeben, der Vergleich mit den Resultaten meiner eigenen Untersuchung wird zeigen, dass ich sie in allen Punkten nur bestätigen konnte.

Im Jahre 1880 hat nun Schmitz[1]) eine kleine Abhandlung veröffentlicht, in der er gleich zu Anfang bemerkt, es sei ihm gelungen, festzustellen, dass alle angeblichen Beweise für die Naegeli'sche Theorie vom Wachsthum der Zellmembranen, soweit er sie prüfen konnte, nicht vollständig beweisend seien, »insofern dieselben theilweise sich auf Thatsachen stützen, die ebensogut auch einer anderen Deutung fähig sind, theilweise aber auch auf unrichtigen Beobachtungen beruhen« (die letztere soll bei Caulerpa der Fall sein). Im Weiteren gibt Schmitz dann auch die eventuellen »anderen Deutungen« an. Gloeocapsa wird zwar speciell nicht erwähnt, wohl aber heisst es später: »Allerdings scheint die Dicke der einzelnen Membranlamellen bisweilen im Lauf der Entwicklung zuzunehmen. Allein öfters ist dies auf einfaches Aufquellen bei gleichzeitiger Umänderung der Membransubstanz zurückzuführen, in anderen Fällen, speciell (sic!) wenn es sich um die innerste Membranlamelle handelt, ist die Apposition neuer, fest angeschmiegter Lamellen nicht sicher genug angeschlossen, um ein Dickenwachsthum durch Intussusception mit Bestimmtheit zu behaupten.

Der zweite Erklärungsversuch ist für Gloeocapsa a priori nicht anwendbar. Darum hat sich Strasburger in seinem Buche »Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute«, bei Besprechung von Gloeocapsa, p. 36. des ersteren bedient. Seine Darlegungen über die Bildung der Membranen dieser Algen durch Apposition können hier ausser Betracht bleiben. Er sagt aber zum Schlusse folgendes (loc. cit. p. 37): »Naegeli ist der Meinung, dass die vom Inhalte getrennten »Blasen« weiter durch Intussusception wachsen. Ich nehme dies nicht an, bin vielmehr der Ansicht, dass dieeslben durch Quellung an Volum zunehmen. Dies dauert eine Zeit lang an, wobei die Blasen, wie schon Schmitz richtig angibt, gedehnt werden, an der Oberfläche der Familien an Dicke abnehmen und schliesslich elastisch zersprengt und abgeworfen werden«. Letzteres mag für die von Strasburger untersuchte *Gloeocapsa polydermatica* Kg. richtig sein, hätte er aber den von ihm citirten Text Naegeli's in den »Stärkekörnern« wirklich angesehen, so würde er bemerkt haben, dass nicht bei allen Gloeocapsen die Blasen an der Oberfläche der Familien an Dicke abnehmen, und dass, indem die ihm vorliegende Species sich als ein ungünstiges Beobachtungsmaterial

1) Stzbr. der niederrhein. Gesell. für Natur- und Heilkunde in Bonn, 6. Dec. 1880.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0307-4

erwies, er nicht berechtigt war, die an anderem Materiale gemachten Beobachtungen corrigiren zu wollen, und zwar durch eine blosse Annahme.

Eine Frage entwicklungsgeschichtlicher Natur musste ich, weil mir kein frisches Material zu Gebote stand, ungelöst lassen. Schmitz[1]) und nach ihm Strasburger nehmen ein successives Platzen der äussersten Membranhüllen an, in demselben Maasse, als durch Theilung und neue Membranbildung im Innern die Colonien sich vergrössern. Damit will der Befund der mikroskopischen Untersuchung meines Materiales nicht stimmen. Es zeigt uns 1, 2, 4, 8 und mehr bis vielzellige Familien und zwar die niedrigen Stufen in grösserer Menge als bis höheren. Zersprengt man ferner die alten vielzelligen Colonien, besonders von Gloeocapsa rubicunda, unter dem Mikroskop durch starken Druck auf das Deckglas, so kann man durch die entstandenen Risse die Zelllumina herausdrücken, umgeben von den n^{ten}, $n-1^{ten}$, zuweilen auch älteren Hüllmembranen, also einzeln, zu zwei oder zu vier. Es ist mir daher wahrscheinlicher, dass die Colonien bei normalem Entwicklungsgang eine gewisse Anzahl Zellen hintereinander bilden, resp. ein bestimmtes Alter erreichen, immer bedeckt von der nämlichen primären Hüllmembran, dass dann ein Zerfallen in viele ein- oder wenigzellige Familien erfolgt, von denen eine grössere oder kleinere Anzahl zur ursprünglichen Grösse anwachsen, die übrigen kleiner bleiben oder zu Grunde gehen.

Die primäre Hüllmembran einer alten Colonie bleibt, wenn sie durch Druck gesprengt worden ist, ihrer ganzen Dicke nach, (also nicht etwa bloss die peripherische festere Hautschicht) erhalten. Lassen sich aus ihr die Zelllumina einzeln oder zu wenigen herausdrücken, so müssen offenbar die zwei secundären, vier tertiären etc. Hüllmembranen, bis auf diejenigen, von denen umhüllt die zahlreichen Zelllumina austreten, diesem Austritt kein bedeutendes Hinterniss in den Weg legen, sie sind also wahrscheinlich weicher als die primäre Membran. Dieser Befund stimmt ebenfalls offenbar herzlich schlecht zur Schmitz-Strasburger'schen Ansicht, nach der die secundären Hüllmembranen, nach dem Abwerfen der primären, ihrerseits primäre werden und ihr Volum durch Quellung vergrössern müssen. Die primäre Membran, höchst wahrscheinlich fester als die secundären, müsste danach wasserreicher, also weicher als dieselbe sein.

Interessant waren die negativen Resultate, die ich bei Einwirkung von Quellungsmitteln erhielt. Chlorzinkjod, Kaliumquecksilberjodid, Alkalien und Säuren, verdünnt und concentrirt, brachten keine merkliche Volumvergrösserung, überhaupt keine andere Veränderung hervor, als dass der violettschwarze (Gloeocapsa alpina) oder rothe (Gl. rubicunda) Farbstoff in der von Naegeli für sein *Gloeocapsin*[2]) angegebenen Weise reagirte. Nach der Strasburger'schen Hypothese über das Wachsthum dieser Algen hätte man, wenigstens bei kleineren

1) Schmitz, l. c. p. 256.
2) Naegeli und Schwendener, Mikroskop, II, p. 505.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0308-0

Colonien, mit nach ihm dichteren Hüllmembranen, eine deutliche Quellung erwarten müssen, jedenfalls aber geht hieraus hervor, dass die Volumzunahme, auch wenn sie, wie ich selbst zeigen werde, mit Wasseraufnahme verbunden ist, nicht auf Quellung im wahren Sinne des Wortes beruhen kann, dass, wenn wirklich der Wassergehalt mit dem Alter zunimmt, das Wasser im Gegentheil durch den Wachsthumsprocess eingelagert wird. Naegeli hatte seiner Zeit (Stärkekörner, pag. 282) für Gloeocapsa rubicunda eine Volumzunahme auf das 219fache angegeben. Strasburger citirt nun den Naegeli'schen Text und gibt andererseits für die von ihm als Beispiel einer excessiven »Quellung« benutzten Labiatenmerikarp-Epidermiszellen eine Volumvergrösserung der quellenden Schichten auf das 40fache an. Die von Naegeli ziffermässig abgeleitete Volumzunahme um 219, also um das 5½fache der Volumzunahme beim Quellen der Pflanzenschleime, hätte Strasburger wohl etwas stutzig in seiner Annahme machen können.

Da ein Wachsthum der primären Hüllmembran durch Apposition ausgeschlossen war, sobald nach Ausführung des ersten Theilungsschrittes zwei secundäre Hüllen gebildet worden waren, und damit die erste ausser Berührung mit dem Plasma gekommen war, so hatte sich meine Untersuchung darauf zu beschränken, ob die Volumzunahme auf dem von (Schmitz und) Strasburger angenommenen Wege der Quellung zu Stande komme oder nicht. Da von letzterem kein Unterschied zwischen Quellung und Imbibition gemacht wird, und ich mich, um seine Annahme zurückzuweisen, auf seinen Standpunkt zu stellen habe, so dreht sich die Frage darum, ob mit der Volumzunahme auch Substanzzunahme verbunden sei oder nicht.

Abgesehen von jeder Theorie sind aber Quellung und Imbibition zwei verschiedene Processe. Beim Wachsthum einer Membran wird zweierlei an oder in dieselbe gelagert, Membransubstanz und Wasser und zwar bald mehr Substanz, bald mehr Wasser. Auf diese Weise kommen die verschiedenen Grade von Dichtigkeit in verschiedenen Membranen oder auf verschiedenen Entwicklungsstadien derselben Membran zu Stande. Selbst wenn einmal der Substanzgehalt auf das Minimum sinken würde, das bei der Quellung vor der beginnenden »Auflösung« erreicht wird, so wäre, so lange die Wasseraufnahme durch den Lebensprocess des Plasmakörpers bedingt wird, der Vorgang Wachsthum und nicht Quellung. Quellung dagegen ist durch äussere Einflüsse verursachte Wasseraufnahme, sei es, dass eine grössere Wassermenge als bisher mit der Membran in Berührung kommt, wie es bei den schleimgebenden Epidermiszellen mancher Samen und Früchte der Fall ist, sei es, dass gesteigerte Temperatur, wie bei dem Stärkekorn, oder chemische Mittel — Säuren, Alkalien etc. — ein-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0309-8

wirken. Da nun die untersuchten Gloeocapsen an ihrem natürlichen Standort beständig mit Wasser in Berührung waren, so ist nicht einzusehen, warum, wenn letzteres überhaupt diese Einwirkung ausüben könnte, die Hüllmembranen nicht von Anfang an aufquellen. An eine Wassereinlagerung auf diesem Wege ist umsoweniger zu denken, als Wärme und Quellungsmittel ebenfalls ohne Einfluss bleiben.

Es existirt noch ein weiterer direct beobachtbarer Unterschied zwischen gequollenen und imbibirten Membranen. Wenn man eine gequollene Membran austrocknen lässt und sie dann wieder in Wasser bringt, so nimmt sie wie ein gequollenes und und dann ausgetrocknetes Stärkekorn bei Weitem nicht mehr das Volumen am gequollenen Zustande an. Dies ist z. B. bei den Samenepidermiszellen von Salvia, Collomia, Teesdalea [1]) der Fall. Imbibirte Membranen dagegen nehmen nach dem Austrocknen — wie trockene Stärkekörner — mit Wasser in Berührung gebracht, eine ihrem Imbibitionswasser entsprechende Wassermenge wieder auf und damit ihr ursprüngliches Volumen wieder an. Das ist die allgemeine Regel, es gibt nur wenige Ausnahmen, bei welchen, wie es bei einzelnen ganz unter Wasser lebenden Nostoccaceen der Fall sein mag, das frühere Volum nicht mehr erreicht wird. Hier, wo es sich um äusserst wasserreiche Membranen handelt, ist eine Zerstörung der Structur — mag man nun an Molecüle oder Micelle denken — anzunehmen, nicht durch die Wasseraufnahme bedingt, wie bei quellenden Zellhäuten, sondern durch das Austrocknen veranlasst, während die Structur gewöhnlich beim Verlust des Imbibitionswassers erhalten bleibt. Es ist auch möglich, dass Zellmembranen, ähnlich wie Stärkekörner, schwach angesäuertes oder schwach alkalisches Wasser in grösserer Menge aufnehmen als reines; der Vorgang ist jedoch nicht Quellung sondern Imbibition, indem durch gehöriges Auswaschen das alte Volum sich wieder erreichen lässt. Dass Quellung und Imbibition nicht bloss durch die Menge des aufgenommenen Wassers sich unterscheiden, geht schon daraus hervor, dass Stärkekörner in vollkommen gequollenem Zustand noch 10 % Substanz enthalten können, während die primären Hüllmembranen von Gloeocapsa schliesslich nur 5 % enthalten können. Und doch ist bei ersteren die feinere Structur zerstört worden, bei letzteren erhalten geblieben.

Bei Gloeocapsa kann also das in der Hüllmembran enthaltene Wasser nur als Imbibitionswasser bezeichnet werden, denn die durch Austrocknen oder Einwirkung von absolutem Alkohol wasserarm gemachten Hüllmembranen nahmen fast momentan und, wie ich mich wiederholt durch Messungen überzeugen konnte, vollständig das alte Volum wieder an und damit das verlorene Wasser wieder auf.

1) Hofmeister, Pflanzenzelle p. 225.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0310-9

Als Untersuchungsmaterial dienten Algenaufsammlungen, die von Professor von Naegeli 1849 bei Rosenlaui im Berneroberland, »an feuchten Felsen bei den Gletschern« gemacht worden waren und aus verschiedenen Cyanophyceen bestanden. Es wurden von den vorhandenen Gloeocapsaarten die zwei für meine Zwecke tauglichsten ausgesucht, *Gloeocapsa rubicunda*, die schon Naegeli zu seinen grundlegenden Messungen benutzt hatte, und die der von ihm erwähnten *Gloeocapsa nigrescens* sehr nahe stehende *Gloeocapsa alpina* Naeg. Ich habe, um ganz sicher zu gehen, verschiedene Wege zum Nachweis einer mit der Volumzunahme verbundenen Substanzzunahme eingeschlagen.

Bei einer ersten Reihe von Versuchen entzog ich der Zellfamilie, nachdem bestimmte Dimensionen gemessen worden waren, durch fast absoluten Alkohol das imbibirte Wasser so lange, bis ich durch wiederholtes Messen keine weitere Volumabnahme constatiren konnte, und bestimmte nun wieder dieselben Dimensionen. Aus den erhaltenen Daten liess sich das Volum der primären Hüllmembran, sowie das des ganzen eingeschlossenen Inhaltes oder einzelner in Betracht gezogener Theile berechnen, sowohl im imbibirten als auch im wasserärmeren Zustande. Hieraus ergab sich der Procentsatz für das von den verglichenen Theilen im Alkohol verlorene Wasser, und hieraus wieder eine Zahl, welche angab, um wie viel wasserreicher die Hüllmembran auf diesem Wege gefunden wurde als ihr Inhalt oder als eine zweite Hüllmembran. Diese Zahl möchte ich im folgenden als Imbibitionscoefficient bezeichnen. Endlich liess sich aus den Volumina in Alkohol auch die absolute Volumzunahme der entsprechenden Theile im wasserarmen Zustande berechnen. Verglich man diese Zahl mit der Volumzunahme im imbibirten Zustand, so stellte sich heraus, dass der Imbibitionscoefficient zur Erklärung der Volumzunahme unzureichend sei, dass also nicht bloss Wasser, sondern auch Trockensubstanz aufgenommen worden sein musste. Dies soll im Folgenden an einer Reihe von Beispielen gezeigt werden. Auf die Einwürfe, die sich gegen die befolgte Methode machen lassen, komme ich später zurück.

Der Kürze wegen bezeichne ich im Folgenden mit a die primäre Hüllmembran und alles was sie umschliesst, mit b die secundären Blasen und deren sämmtlichen Inhalt, mit c die tertiären, in einer secundären enthaltenen Blasen u. s. w., die Zelllumina mit l, mit $a-b$ also die primäre Hüllmembran allein, mit $\frac{b}{2}-c$ jede der beiden secundären, eine tertiäre Blase mit $\frac{c}{2}-l$, wenn die Familie 4zellig, mit $\frac{c}{2}-d$, wenn sie mehrzellig ist.

Die Gestalt der Zellfamilien ist die eines mehr weniger der Kugelform sich nähernden dreiachsigen Ellipsoides, das sich unter dem Mikroskop natürlich so präsentirt, dass seine kürzeste Achse senkrecht auf dem Objectträger steht. Wie ich durch Drehen in bestimmten Fällen feststellen konnte, waren die beiden kürzeren Achsen fast gleich lang. Die Form des eigentlich dreiachsigen Ellipsoides kam als Rotationsellipsoid, mit der längsten Achse als Drehungsachse, in Rechnung, bei

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0311-5

kleinerer Abweichung auch als Kugel. Die Messungen wurden mit Hartnack No. 9, Immersion, bei ausgezogenem Tubus vorgenommen, die mit dem Ocularmikrometer (an Hartnack Ocular II) erhaltenen Zahlen jedoch nicht in μ umgerechnet, weil für den Zweck der Arbeit belanglos, ein Theilstrich ist bei der angewandten Vergrösserung = 1,6 μ und dient als Längeneinheit.

A. *Gloeocapsa alpina* Naeg.

No.	Durchmesser von *a* in Wasser	Durchmesser von *a* in Alkohol	Durchmesser von *b* in Wasser	Durchmesser von *b* in Alkohol	Volum von *a*−*b* in Wasser	Volum von *a*−*b* in Alkohol	% Verlust von *a*−*b*	% Verlust von *b*
1	32 : 27	18 : 15	13 : 9	9 : 17	11694	1895	83,8	58,2
2	18 : 16	10 : 9	9 : 7	7 : 5	2188	333	84,8	60,4
3	156 : 150	80 : 80	90 : 88	52 : 50	1476846	200550	86,5	74,6
4	114 : 90	72 : 56	70 : 58	54 : 42	361758	73618	79,7	59,6
5	32 : 28	16 : 14	14 : 11	10 : 8	12281,85	1310,4	89,4	62,4
6	17 : 15,5	9 : 7	12 : 11	7,5 : 5,5	1372	112,4	91,9	84,5
7	26 : 20	17 : 13	10 : 7	8 : 5	5203	1403	73	60
8	25 : 25	14 : 14	17 : 14	10 : 8	6454	1104,6	82,9	80,8
9	98 : 84	50 : 42	46 : 36	32 : 26	331733	34948	89,5	64
10	19 : 16	11 : 9,5	10 : 6	7,5 : 4,5	2364,6	441,5	81,4	57,9

B. *Gloeocapsa rubicunda* Kg.

1	12 : 12	8 : 8	8 : 8	6 : 6	638,4	155,4	75,6	57,9
2	17,3 : 13,3	12 : 9,3	13,3 : 8,66	9,3 : 6,6	1083	513	53	93,7
3	21 : 18	11 : 9	7,5 : 6	5 : 3,6	3430	436	87,3	77,5
4	17 : 17	10 : 10	9 : 9	6 : 6	2196,7	411,6	81,2	70,4
5	30 : 30	18 : 18	23 : 23	14 : 14	7787	1621	79,2	77,6
6					113173			
7	59 : 59	35 : 35	36 : 36	27 : 27	84330	12172	85,6	57,8

B, 1, 4 waren einzellig; *A*, 1, 6, *B*, 2, 3 zweizellig; *A*, 1, 7, 10 vierzellig; *A*, 5 sechszellig; *A*, 8, *B*, 5 achtzellig; *A*, 3, 4, 9, *B*, 7, 6 vielzellig.

Stellt man die Resultate der Berechnungen übersichtlich, nach dem Alter der Colonien geordnet, zusammen, indem man sich auf die primären Hüllmembranen beschränkt, so findet man:

Gloeocapsa alpina.				*Gloeocapsa rubicunda.*			
No.	Zahl der Zell-lumina	Volum *a*−*b* in Wasser	Volum *a*−*b* in Alkohol	No.	Zahl der Zell-lumina	Volum *a*−*b* in Wasser	Volum *a*−*b* in Alkohol
6	zwei	1372	112	1	eins	638	155
2	zwei	2188	333	4	eins	2197	412
10	vier	2365	441	2	zwei	1083	513
7	vier	5203	1403	3	zwei	3430	436
1	vier	11694	1895	5	acht	7787	1621
5	sechs	12282	1310	7	viele	84330	12172
8	acht	6454	1104	6	viele	113173	—
9	viele	331733	34948				
4	viele	361758	73618				
3	viele	1476846	200550				

Das Volum der kleinsten berechneten Hüllmembran von *Gloeocapsa alpina* im imbibirten Zustande ist 1372, das der grössten im selben Zu-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0312-1

stand 1476846, entwickelt sich erstere zu letzterer, so steigt das Volumen auf das 1076fache. Wir dürfen ferner annehmen, — wie ich später zeigen werde — dass der absolute Alkohol den Membranen das Wasser unter einer Volumverringerung entzieht, die im Allgemeinen proportional der Volumverkleinerung beim Austrocknen ist. Da nun die jüngere 92% Wasser verlor, die ältere aber nur 85%, so folgt daraus ohne weiteres, dass die Substanzzunahme noch grösser sein muss, als die Volumzunahme, und zwar berechnet sie sich aus den beiden Werken für die Volumina in Alkohol (112,4 und 200550) auf das 1784fache, also beinahe auf das 2000fache.

Vergleichen wir eine kleine primäre Hüllmembran der *Glococapsa rubicunda* mit einer grossen, z. B. *B* 1 mit *B* 7, so haben wir im imbibirten Zustand eine Volumzunahme von 638 auf 84330, also auf das 132fache, die Substanzzunahme, aus den Werthen 155,4 und 12172 berechnet, ist hier nur 78,5. Leider habe ich bei der grössten zu anderem Zwecke gemessenen und berechneten Colonie (*B* 6) die Bestimmung des Volumens im Alkohol unterlassen, kann also die Substanzzunahme nicht angeben, die Volumzunahme beträgt das 177fache. Die grössten Zellfamilien bei Glococapsa rubicunda, die ich angetroffen habe, hatten aber etwa das Volum 400000, die entsprechende Volumzunahme betrüge dann 627.

Im Vorhergehenden wurden primäre Hüllmembranen untereinander verglichen, ebenso berechtigt aber ist der Vergleich secundärer, überhaupt jüngerer Hüllmembranen mit primären. Hierbei fällt die Volum- und Substanzzunahme noch bedeutender aus.

Das Volum der zwei unter *A* 6 berechneten secundären Blasen einer zweizelligen Colonie war 762,3 das einer derselben also 381,2. Das Volum des Zelllumens abgezogen, bleibt 378 als Volum der secundären Hüllmembran in Wasser. Dasselbe auf ähnliche Weise auch für die in Alkohol liegende Blase berechnet, beträgt 55. Geht nun aus dieser secundären Hüllmembran einmal die grosse unter *A* 3 berechnete primäre hervor, so steigt das Volum auf das 3907fache. Die Substanzzunahme fällt freilich etwas geringer — zu 3646 — aus, weil die primäre Hüllmembran wasserreicher war als die secundäre. Legt man die für die unter *A* 2 berechnete zweizellige Colonie gefundenen Werthe der Betrachtung zu Grunde, — das Volum einer secundären Blase war, nach Abzug des Zelllumens, im imbibirten Zustande 111, in Alkohol liegend 42,7, — so beträgt die Volumzunahme 13305, während die Substanzzunahme bloss 4700 ist. Da in diesem Falle die Colonie nur zweizellig war, so bleibt es fraglich, ob die secundären Blasen, vor der Bildung der tertiären, sich nicht noch vergrössert hätten. Jedenfalls hätte aber die Vergrösserung nicht mehr bedeutend ausfallen können.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0313-7

Stellen wir die Procentzahlen der Volumabnahme im absoluten Alkohol für die primären Hüllmembranen zusammen, so haben wir:

A. *Gloeocapsa alpina.*		B. *Gloeocapsa rubicunda.*	
Zellenzahl	Procentzahl	Zellenzahl	Procentzahl
(*A* 6) 2	92 %	(*B*$_1$) 1	76 %
(*A* 2) 2	85 %	(*B*$_4$) 1	81 %
(*A* 10) 4	81 %	(*B*$_2$) 2	53 %
(*A* 7) 4	73 %	(*B*$_3$) 2	87 %
(*A* 1) 4	84 %	(*B*$_5$) 8	79 %
(*A* 5) 6	89 %	(*B*$_7$) 32	86 %
(*A* 8) 8	83 %		
(*A* 9) viele	89,5 %		
(*A* 4) viele	80 %		
(*A* 3) viele	86,5 %		

Die Zahlen sind nach dem Alter der Familien, die gleichaltrigen Familien nach der Grösse der primären Hüllmembranen angeordnet. Man sieht, dass kein deutlicher Zusammenhang zwischen Volumverlust in Alkohol und dem Alter hervortritt.

Gegen die im Vorstehenden benützte Methode der Zuwachsbestimmung lassen sich verschiedene, mehr weniger begründete Einwürfe, theils theoretischer, theils praktischer Natur erheben. Die Substanzzunahme ist jedoch, wie wir bereits gesehen haben, so gross, dass selbst beträchtliche Fehler sie wohl verringern, aber nicht zum Verschwinden bringen können. Ferner hat sich bei den nach der zweiten einwurfsfreieren Methode angestellten Versuchen eine genügende Uebereinstimmung ergeben.

Der theoretische Einwurf richtet sich gegen die Gleichmässigkeit des Wasserverlustes im absoluten Alkohol. Man könnte sagen, bei jungen Familien verhalte sich die Hüllmembran, wie die Membran einer gewöhnlichen Zelle, wird ihr durch Alkohol das Imbibitionswasser entzogen, so verringert sie, dem Wasserverlust entsprechend, ihr Volum. Bei älteren Colonien dagegen verhalte sich die Hüllmembran dem Alkohol gegenüber wie Pflanzenschleim [1]), das Wasser werde durch Alkohol unter entsprechend geringer Volumverminderung ersetzt. Bei Vergleichung der Volumina in Alkohol wäre also statt zweier gleicher Procentzahlen an Wasser enthaltenden Volumina, das Volum einer substanzreicheren Hüllmembran mit dem einer substanzärmeren verglichen worden.

Gegen diese Auffassung lässt sich Verschiedenes anführen. Erstens verkleinern die grossen Hüllmembranen, in Alkohol gebracht, ihr Volum sehr bedeutend, was Pflanzenschleime nicht thun. Dann ist die Membran der grössten Colonien in ihrem optischen Verhalten gleich der der kleinen, ja oft ist sie deutlich stärker lichtbrechend. Die scharfbegrenzten radial nach innen verlaufenden Risse, die sich, wie bereits angegeben, in der primären Hüllmembran alter Colonien hervorbringen lassen, liessen sich an den Gallertschläuchen von Salvia oder Collomia jedenfalls nicht hervorrufen. Die Hüllmembran muss daher substanzreicher sein. Ein weiterer Unterschied besteht zwischen den Blasen der Gloeocapsa und den in Alkohol sich nur wenig zusammenziehenden cellulosebürtigen Pflanzenschleimen im Verhalten nach dem Austrocknen. Wird ersteren ihr Imbibitionswasser auch so vollständig

1) Hofmeister, Pflanzenzelle, p. 223.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0314-3

als möglich, selbst bei höherer Temperatur, entzogen, so schwellen sie, wieder mit Wasser in Berührung gebracht, genau zum früheren Volum auf, wie ich durch Messung in allen darauf untersuchten Fällen feststellen konnte. Ein Gallertschlauch aber, nach dem Austrocknen mit Wasser befeuchtet, erreicht, wie Stärkekleister, das alte Volum bei Weitem nicht mehr.

Dass die Menge Wasser, die in den grössten Hüllmembranen enthalten sein müsste, falls diese durch Wasseraufnahme allein ihr Volum vergrösserten, im Verhältniss zur Trockensubstanz zu gross wäre, soll später gezeigt werden. Dagegen werde ich auch zeigen, dass wirklich die älteren Hüllmembranen im Alkohol etwas weniger Wasser verlieren als die jüngeren, dass jedoch der Unterschied nicht bedeutend ist.

Ein Theil der Unregelmässigkeiten im Grade der Volumverringerung beim Einwirken des Alkohols wird auch durch die Art der Einwirkung bedingt, indem bei rascher Einwirkung von fast absolutem Alkohol das Zusammenziehen viel stärker auszufallen scheint, als bei der allmähligen Einwirkung von verdünntem Alkohol, wo vielleicht mit der Entziehung des Wassers Einlagerung von Alkohol Hand in Hand geht, während im ersteren Falle sozusagen der Alkohol keine Zeit hat, einzudringen.

In praktischer Beziehung bereitet die peripherische Hautschicht zuweilen einige Schwierigkeiten, indem sie, besonders bei grösseren Colonien, beim Wasserverlust runzelig wurde. Diese Erscheinung, die bei den nach der zweiten Methode ausgeführten Bestimmungen besonders auffällig war, kann einen Beweis des Intussusceptionswachsthumes abgeben. Das Runzelnbilden an der Oberfläche kann nur daher rühren, dass die äusserste Schicht von einem bestimmten Zeitpunkte an sich bei der Einwirkung des Alkoholes nicht weiter zusammenziehen kann, weil in ihr jedes Substanztheilchen dem anderen so weit genähert ist, als es überhaupt angeht, während die tieferliegenden wasserreicheren Schichten immer noch Wasser verlieren, also sich zusammenziehen können. Wo man im imbibirten Zustande das Häutchen deutlich erkennen kann, hat es bei grossen und kleinen Colonien ungefähr dieselbe Dicke. Der Radius einer einzelligen Familie von Gloeocapsa alpina war 7, derjenige einer der grossen unter *A* 3 berechneten Colonie entsprechenden Kugel etwa 76. Da die Oberflächen von Kugeln sich wie die Quadrate der Radien verhalten, so hatte die grössere Colonie eine 118 Mal grössere Oberfläche als die kleine. Erfolgt nun die Ausdehnung des Häutchens bloss durch »Dehnung«, so würde der Flächenzunahme auf das 118fache natürlich eine ebenso grosse Abnahme der Dicke entsprechen. Würde man die ganze Hüllmembran der erwähnten einzelligen Colonie über die Oberfläche einer Kugel vom Radius 76 ausgebreitet denken, so hätte die resultirende Kugel den Radius 76,015, die durch Dehnung entstandene Schicht also die Dicke von 0,015 Theilstrichen oder 0,024 μ.

Um ein dem wahren Trockensubstanzgehalt möglichst entsprechendes Trockenvolumen zu erhalten, versuchte ich Colonien, die ich im imbibirten Zustande gemessen hatte, auszutrocknen, hierauf lufttrocken wieder zu messen und nach dieser zweiten Methode gegen die in theoretischer Beziehung kein Einwurf erhoben werden konnte, die Substanzzunahme genauer zu berechnen, als es nach der ersten möglich war. Auf die Fehlerquellen komme ich später zurück.

Die Bestimmungen wurden in folgender Weise ausgeführt. Nachdem die Zellfamilie im imbibirten Zustande genau gemessen worden war, wurde absoluter Alkohol

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0315-8

zugesetzt, und alles Wasser durch ihn verdrängt. Das geschah einerseits, um ein Ankleben an die Glasflächen und damit eine unregelmässige Zusammenziehung beim Eintrocknen möglichst zu vermeiden, andererseits wurden Messungen ausgeführt, um zum Vergleich auch das Volum in Alkohol berechnen zu können. Hierauf wurden die Präparate am warmen Ofen getrocknet und wieder gemessen. Zum Schluss wurde gewöhnlich nochmals Wasser zugesetzt, wobei erst sehr rasch, dann etwas langsamer das anfängliche Volum wieder erreicht wurde.

Bezeichnung d. Zellfamilie			C_1	C_2	C_3	C_4
Zellenzahl			vier	acht	viele	viele
Durchmess. von	a	in Wasser	21 : 17	25 : 25	98 : 84	132 : 125
		in Alkohol	13 : 12	14 : 14	50 : 42	80 : 80 : 50
		in Luft	9 : 8,5	12 : 12	42 : 34	60 : 60 : 38
	b	in Wasser	10 : 8	17 : 14	46 : 36	92 : 92 : 83
		in Alkohol	9 : 8	10 : 8	32 : 26	50 : 55 : 38
		in Luft	6 : 5	9 : 8	30 : 23	37 : 35 : 30
Volum von	a	in Wasser	3186,2	8203,1	363031,2	1082812,5
		in Alkohol	982,8	1440,6	46305	168000
		in Luft	341,4	907,2	25489,8	71820
	d	in Wasser	336	1749,3	31298,4	368818,2
		in Alkohol	302,4	336	11356,8	54862,5
		in Luft	78,7	302,4	8331,8	20396,3
	$a-b$	in Wasser	2850,2	6453,8	331732,8	713994,3
		in Alkohol	680,4	1104,6	34948,2	113137,5
		in Luft	362,7	604,8	17158	51424
Substanz	$a-b$	in Alkohol	23,8 %	17,1 %	10,5 %	15,8 %
		in Luft	12,7 %	9,4 %	5,2 %	7,0 %
	b	in Alkohol	90 %	19,2 %	36,3 %	14,9 %
		in Luft	23,4 %	17,3 %	26,6 %	5,5 %

Das Volum der primären Blase in Wasser betrug in 4 Fällen: C_1, vierzellig: 2850; C_2, achtzellig: 6454; C_3, vielzellig: 331 733: C_4, vielzellig 713 994. Es verhält sich also: $C_1 : C_2 : C_3 : C_4 = 1 : 2{,}3 : 115{,}7 : 250{,}5$, die Volumzunahme beträgt daher bis 250. Im lufttrockenen Zustande aber hatte die primäre Blase folgende Volumina C_1: 363, C_2: 605, C_3: 17158, C_4: 51424. Also $C_1 : C_2 ; C_3 : C_4 = 1 : 1{,}7 : 47{,}3 : 141{,}6$. Das heisst, die Substanzzunahme ist bedeutend geringer als die Volumzunahme, in den berechneten Fällen betrug sie ziemlich die Hälfte der Volumzunahme, sie ist aber immerhin noch deutlich genug — von 1 auf 142 vorhanden.

Die mitgetheilten Berechnungen geben uns, da sie einwurfs freier sind, auch ein Mittel an die Hand, die Anwendbarkeit der ersten Methode zu prüfen. Die auf letzterem Wege (Wasserentziehung durch Alkohol) gewonnenen Volumina betrugen für C_1 680,4 für C_2 1104,6 für C_3 34904 für C_4 113137,5 und verhalten sich wie $1 : 1{,}6 : 50{,}1 : 166{,}2$. Die Substanzzunahme betrüge hiernach also 166. Die nach der zweiten Methode ausgeführten Bestimmungen ergaben das Verhältniss $1 : 1{,}7 : 47{,}3 : 141{,}6$, und die Substanzzunahme zu 142. Die Uebereinstimmung ist also eine, wie ich glaube, genügend grosse, und damit erlangen die auf die erste Weise ausgeführten Berechnungen Beweiskraft.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0316-4

Vergleichen wir die Procentzahlen für den Substanzgehalt in den verschiedenen primären Hüllmembranen: C_1 12,7%, C_2 9,4%, C_3 5,2%, C_4 7%, so finden wir hier, dass der Substanzgehalt der Membran wirklich mit dem Alter abnimmt. In einer Membran, die das 250fache ihres Volumens erreicht hatte, war der Procentgehalt an Trockensubstanz beinahe auf die Hälfte gesunken. Genau genommen war er von 12,7 auf 7 gefallen. Es konnte also eine gewisse Volumvergrösserung durch Aufnahme von Wasser allein erreicht werden, und zwar von 1 auf 1,8. Da die Volumvergrösserung aber in eben diesem Falle 250 betrug, so ist ohne weiteres ersichtlich, dass Wasseraufnahme allein dieselbe nicht bedingen kann.

Betrachtet man die Procentzahlen für die Trockensubstanz des ganzen, von den primären Blasen umschlossenen Inhaltes: C_1 23,4%, C_2 17,3%, C_3 26,6%, C_4 5,5%, so zeigt sich, dass dieselben ebenfalls im zunehmendem Alter der Colonien, und zwar rapider als die der primären Hüllmembranen fallen. Ich sehe darin den Beweis für die Annahme, zu der ich bereits auf anderem Wege gelangt bin, dass die secundären, tertiären etc. Hüllmembranen, bis auf die letzten Generationen herab, weicher sind als die primäre, indem ich die Sache mir in folgender Weise zurechtlege. Die beiden vorletzten ($n-1^{ten}$) und die vier letzten (n^{ten}) Hüllmembranen der vierzelligen Colonie ($n=3$) weisen 25% Trockensubstanz auf. Es ist nun wahrscheinlich, dass in den übrigen älteren Colonien ($n=7$ und mehr), die vorletzten und letzten ($n-1^{ten}$ und n^{ten}) Hüllmembranen, die gleiche procentige Zusammensetzung gezeigt haben würden, falls die Verhältnisse die Beobachtung ihrer Volumverkleinerung beim Austrocknen gestattet hätten. Da aber mit zunehmendem Alter der Procentsatz für die Trockensubstanz des ganzen von der primären Blase umschlossenen Inhaltes sinkt, so müssen die älteren, (secundären, tertiären bis auf die $n-2$te herab) Hüllmembranen mehr Wasser enthalten und wird gar die Procentzahl derjenigen der primären Hüllmembran gleich, wie es bei der grössten Colonie der Fall ist, so folgt daraus, dass, da ein Theil der Hüllmembranen (die $n-1^{te}$ und n^{te} Generation) sicher bedeutend dichter ist als die übrigen, andere, wahrscheinlich die ältesten, weicher sein müssen als die primäre Blase, indem nur so dass Mittel aus allen Procentzahlen der secundären und jüngeren Hüllmembranen gleich derjenigen der primären sein kann.

Das Fallen des Procentsatzes für die Substanz in den primären Hüllmembranen lässt sich auch an den Procentzahlen für das bei Einwirkung von Alkohol restirende Volum erkennen, jedoch weniger deutlich: C_1 23,8% (in Luft 12,7%); C_2 17,1% (in Luft 9,4%); C_3 10,5% (in Luft 5,2%); C_4 15,8% (in Luft 7%). Der Grund liegt natürlich in einer, bei der wasserreicheren Membran eintretenden stärkeren Imbibition von Alkohol. Die Membran kann dann den Wasserverlust nicht durch ein proportionales Sichzusammenziehen auch äusserlich anzeigen. Es lassen sich zwei Erklärungsweisen angeben, zwischen denen ich einstweilen keine Entscheidung treffen möchte, und die vielleicht beide zutreffen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0317-0

Sobald nämlich einerseits der peripherischen, festen Hautschicht soviel Wasser entzogen worden ist, dass die Substanztheilchen sich nicht weiter nähern können, wird dem weiteren Zusammenziehen der inneren Schichten, die noch Wasser zu verlieren haben, von der peripherischen, mit jenen fest verbunden, schon fast wasserfreien Schicht ein Widerstand entgegen gestellt. Wird der Zellfamilie das imbibirte Wasser durch Austrocknenlassen entzogen, so kann, wie es begreiflich ist, dieser Widerstand überwunden werden, — die peripherische feste Schicht bildet dann Runzeln und Falten. Wird aber das Wasser durch Alkohol entzogen, so sind die Verhältnisse anders. Alle Membranen imbibiren Alkohol, freilich meist in sehr geringem Grade. Man kann sich nun wohl vorstellen, dass der Widerstand der, wie soeben erläutert wurde, in den wasserreicheren Theilen sich der Annäherung der kleinsten Theilchen, von einem bestimmten Zeitpunkt an, beim Verluste des Wassers entgegensetzt, die Imbibition des Alkohols steigert, wie Zug die des Wassers steigern kann. Andererseits aber könnte auch die wasserreichere Membran an und für sich die Fähigkeit besitzen, mehr Alkohol zu imbibiren als die wasserärmere.

Was für die Cellulose gilt, dürfte auch für die Stärkekörner seine Richtigkeit haben. Strasburger[1]) behauptet nun: »Stärkekörner, die lange Zeit in absolutem Alkohol gelegen haben, zeigen die Schichtung meist ebenso schön wie frische«. Ich sehe darin durchaus keinen Grund, den Fundamentalsatz, dass das Stärkekorn aus abwechselnden, wasserarmen und wasserreichen Schichten bestehe, anzuzweifeln. Es kann eben hier sogut wie bei Gloeocapsa, die wasserreichere Schicht mehr Alkohol imbibiren, sei es aus in ihrem Wasserreichthum selbst liegenden Gründen, sei es wegen dem, durch die festeren Schichten ausgeübten Zug, resp. der Hemmung am Zusammenziehen.

An einer anderen Stelle[2]) berichtet Strasburger »dass trockenes, viele Jahre aufbewahrtes Bohnenmehl, in Wasser gebracht, trotzdem sofort sehr schöne Schichtung zeigte«. Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich annehme, dass Strasburger es merkwürdig findet, dass die Stärkekörner, nachdem sie so lange trocken gelegen waren, sofort die Schichtung zeigten, als ob die Schichtung, falls sie durch Differenzen im Wassergehalt bedingt sei, erst allmählig hervortreten solle. Mir erscheint die Thatsache durchaus nicht wunderbar, wenn ich an das rapide Aufquellen der Hüllmembranen der Gloeocapsen denke, die fast momentan das 20fache ihres Volumens an Wasser aufnehmen.

Auch die zweite Methode ist nicht einwurfsfrei, doch können sich hier die Fehler nur auf das Practische der Ausführung, nicht auch auf die ihr zu Grunde liegende Idee erstrecken.

Es wird erstens die festere Schicht, welche die primäre Hüllmembran nach aussen begrenzt, beim Austrocknen, besonders bei alten Colonien, in weitaus stärkerem Grade runzelig, ja faltig, als bei der Einwirkung von absolutem Alkohol, was ja ganz natürlich ist, da die Membranen Alkohol imbibiren, und zwar die inneren mehr als die äusserste. Diese Fehlerquelle suchte ich durch sorgfältiges Messen möglichst auszuschliessen. Ferner wurde beim Austrocknen die Grenze zwischen den primären und secundären Blasen oft sehr undeutlich, was die Vornahme genügend

1) Bau und Wachsthum, p. 151.
2) Bau und Wachsthum, p. 152.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0318-6

genauer Messungen ausserordentlich erschwerte. Auch zogen sich die Zellfamilien beim Austrocknen häufig in einer Dimension besonders stark zusammen, man musste dieselben daher erst übers Kreuz und dann um 90° gedreht messen, die Drehung war aber nur sehr schwierig ausführbar. Ich begnügte mich daher mit den mitgetheilten 4 Bestimmungen.

Es ist noch zu bemerken, dass die Trockenvolumina und damit die Substanzprocentzahlen sicherlich durchgängig zu gross ausfallen mussten, da die Colonien vor dem Messen nur lufttrocken, nicht absolut trocken gemacht worden waren, das letzte Wasser wird aber hier, wie bei den Stärkekörnern, mit grosser Hartnäckigkeit festgehalten werden. Nägeli[1]) hat gefunden, dass lufttrockene, lange Zeit hindurch trocken aufbewahrte Stärke doch noch 18% Wasser enthielt. Ich glaube daher nicht fehl zu gehen, wenn ich auch für die untersuchten Gloeocapsen das Zurückbleiben eines ansehnlichen Wasserquantums im lufttrockenen Zustande annehme. Dass, trotzdem die Colonien erst in Alkohol gebracht worden waren, noch Wasser in ihnen enthalten sein musste, ist selbstverständlich, denn die Membranen nehmen stets eine weniger concentrirte Alkohollösung in sich auf als die umspülende Flüssigkeit ist.

Im Vorhergehenden suchte ich auf zwei Wegen nicht nur die Existenz von nachträglichem Dickenwachsthum durch Substanzaufnahme, ohne Möglichkeit eines Appositionswachsthumes, darzuthun, sondern auch direct für bestimmte Fälle die Grösse dieses Substanzzuwachses zu bestimmen. Die Nothwendigkeit des letzteren, der mit der Volumzunahme im grossen und ganzen Schritt halten muss, lässt sich auch durch blosse Ueberlegung aus den Volumina imbibirter Colonien in successiven Entwicklungs-Stadien nachweisen.

Es betrug z. B. das Volum der primären Hüllmembran einer zweizelligen Colonie von Gloeocapsa alpina im imbibirten Zustande 1372 (A,6). Sie verlor im Alkohol 91% Wasser, konnte also höchstenz 12% Substanz enthalten, nach den oben mitgetheilten Versuchen ist es sehr wahrscheinlich, dass der wahre Substanzgehalt etwa 6 Volumprocente (gleich 10 Gewichtsprocent) betrug. In den 1372 Volumtheilen der frischen Hüllmembran waren also etwa 82,4 Theile Cellulose und 1289,6 Raumeinheiten Wasser enthalten. Das Volum der grössten berechneten Hüllmembran im imbibirten Zustande betrug 1476846. Die Volumzunahme beträgt das 1076fache, wäre sie durch Aufnahme von Wasser allein zu Stande gekommen, so enthielte die primäre Hüllmembran der vielzelligen Colonie auf 1 Volumtheil Cellulose 17924 Volumtheile Wasser, sie hätte nur 0,0055 Volum% (= 0,0089 Gewichts%) Trockensubstanz und 99,9945 Volum% (gleich 99,9911 Gewichts%) Wasser.

---

1) Stärkekörner, p. 33.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0319-4

Einige weitere derartige Berechnungen folgen aubei: Die primäre Hüllmembran einer einzelligen Colonie von Gloeocapsa rubicunda zeigte im imbibirten Zustand das Volum 638. Da sie in Alkohol 75,6% Wasser verlor, dürfte ihr wahrer Gehalt an Trockensubstanz bloss 12% betragen haben. In den 638 Raumtheilen waren also 53 Theile Substanz und 585 Theile Wasser enthalten. Das Volum der primären Hüllmembran einer erwachsenen Colonie war 113173. Geht nun letztere aus ersterer hervor, und wird die Volumzunahme von 1 auf 177 allein durch Wassereinlagerung bedingt, so treffen in der primären Blase auf 1 Theil Trockensubstanz 2136 Theile Wasser, sie hätte dann nur 0,047 Volum% = 0,075 Gewichts%) Trockensubstanz.

Soll aber das Volumen der primären Hüllmembran durch Wasseraufnahme aus der n^{ten} oder $n-1^{ten}$ Blase hervorgehen, so erhalten wir noch geringere Procentzahlen für die Trockensubstanz.

Das Volum der secundären Blase einer zweizelligen Familie der Gloeocapsa alpina (A. 2) war im imbibirten Zustande c. 200. Im Alkohol verlor sie 60 Volum% Wasser, sie konnte also höchstenz 20 Volum% Substanz enthalten haben. Von den 200 Raumeinheiten fielen daher 40 auf die Substanz, 160 auf das Wasser. Geht aus ihr die grosse primäre Blase mit dem Volum 1476846 bloss durch Wasseraufnahme hervor, so enthielte diese auf 1 Theil Cellulose 36921 Theile Wasser, also nur 0,0034 Volum % (= 0,0043 Gewichts %) Trockensubstanz und 99,9966 Volum % (= 99,9957 Gewichts%) Wasser. Da die eine Colonie noch zweizellig war, blieb die Möglichkeit weiteren Appositions-Wachsthumes der secundären Blase nicht ganz ausgeschlossen.

Das Volum zweier secundärer und vier tertiärer Blasen betrug für eine vierzellige Colonie von Gloeocapsa alpina 170. Das Volum einer secundären Blase mit den zwei tertiären ohne die Zelllumina betrug im imbibirten Zustand 76,6. Bei einem Verlust von 60% Wasser bei Einwirkung von absolutem Alkohol, wären beim Austrocknen kaum 20% Trockensubstanz zurückgeblieben. In den 76,6 Raumeinheiten befänden sich also 15,3 Theile Substanz und 61,3 Theile Wasser. Bei einer Volumzunahme von 76,6 auf 1476846, also von 1 auf 19280, hervorgerufen durch Wasseraufnahme treffen auf 1 Volumtheil Cellulose nur 96526 Volumtheile Wasser und die imbibirte Hüllmembran bestände dann aus 0,0010 Volum% (respective 0,0016 Gewichts%) Substanz und 99,9990 Volum% (respective 99,9984 Gewichts%) Wasser. Und dabei haben wir eine secundäre und zwei tertiäre Blasen ihrem Volum nach im imbibirten und lufttrockenen Zustande zusammengefasst, statt erstere allein in Rechnung zu ziehen! Bei Einwirkung von Alkohol wurden nämlich die Grenzen zwischen den einzelnen jüngeren Blasen für eine Messung zu undeutlich.

Bei all diesen Berechnungen hätte ausserdem noch die Existenz der festen, peripherischen Hautschicht in Betracht gezogen werden müssen, da diese jedenfalls substanzreicher ist, so würde dadurch die Procentzahl für die übrige Masse der primären Hüllmembran herabgedrückt.

So wasserreiche Membranen sind ein Ding der Unmöglichkeit. Sie liessen sich von Wasser in nichts unterscheiden. Sie könnten keinen festen Zusammenhang mehr zeigen, z. B. die secundären, tertiären etc. Blasen, die ein viel höheres specifisches Gewicht hätten, tragen, sie könnten beim Zersprengen der peripherischen, festen Schichten nicht die in sie hinein verlaufenden scharfbegrenzten Spalten zeigen. Auch in optischer Beziehung wären sie von Wasser nicht mehr unterscheidbar. Ferner ist es, bei so geringem Substanzgehalt, ganz undenkbar,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0320-5

dass nach dem Verluste allen Wassers, wie er beim Austrocknen eintritt, dasselbe bei erneuertem Zutritt wieder vollständig eingelagert werden könnte. In einer Membran, die auf 15,3 Kubikeinheiten Trockensubstanz 1476846 Kubikeinheiten Wasser enthalten würde, wären die Moleküle der Cellulose um ihren 46fachen Radius von einander entfernt. Die Formel der Cellulose zu $(C_6H_{10}O_5)_4$, und ihr specifisches Gewicht zu 1,6 angenommen, wären die einzelnen Cellulosemoleküle günstigsten Falles durch nicht weniger als 129 Wassermoleküle, in einer Reihe, getrennt, da der Durchmesser dieser letzteren nur etwa den 2,8ten Theil des Durchmessers eines Cellulosemoleküls beträgt.

Soviel Wasser kann nicht einmal ein quellendes Stärkekorn aufnehmen. Nägeli[1]) hat für in Kalilösung gequollene Stärkekörner ungefähr 98 bis 99½ % Flüssigkeit und 2 oder ½ % Stärke gefunden, welches Verhältniss er jedoch nicht für das richtige Quellungsmaximum hält »weil ein grosser Theil der Flüssigkeit in der sich bildenden Höhlung enthalten ist. Die am stärksten aufgequollene Substanz der verschiedenen Körner möchte sich aus dem frischen Zustand in jeder Richtung fast auf das doppelte bis auf das dreifache ausgedehnt haben und somit bald etwa 90 Theile Flüssigkeit und 10 Theile Stärke, bald 97 bis 98 Theile Flüssigkeit und 3 bis 2 Theile Stärke enthalten.«

Strasburger[2]) gibt für die Gallertschläuche von Salvia Horminum L. an, dass sie bis auf das Vierzigfache ihrer ursprünglichen Länge anwachsen können, wobei sie aber nicht merklich dicker werden. Die Volumzunahme, die Strasburger an anderem Orte (pag. 190) als Beispiel einer Quellung anführt, bei der die Wassereinlagerung einen sehr hohen Werth erreicht, beträgt also 40. Geben wir der ungequollenen Substanz 50 Gewichts% (= 38 Volum %) Trockensubstanz — weniger kann man kaum annehmen, — so vertheilen sich bei der Volumzunahme von 1 auf 40, die in 100 Raumeinheiten enthaltenen 38 Theile Trockensubstanz auf 4000 Theile, die gequollenen Schläuche enthalten daher als Minimum etwa 0,95 Volum = 1,52 Gewichts% Trockensubstanz. Wenn aber, wie es wahrscheinlich ist, in den ungequollenen Schichten mehr als 50 Gewichtsprocente Cellulose enthalten sind, so steigt auch der Gehalt an Trockensubstanz in den gequollenen Schläuchen. Wir sehen, dass selbst so exquisit quellungsfähige Membranen bei weitem nicht die Wassermenge aufnehmen können, die Strasburger zur Erklärung der Volumzunahme bei Gloeocapsa nöthig hätte.

Genaue Bestimmungen des imbibirten Wasserquantum für bestimmte Membranen liegen bis jetzt nur wenige vor[3]), ganz genau und einwurfs-

1) Stärkekörner, p. 70.
2) Bau und Wachsthum, p. 72.
3) Zimmermann, Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, p. 185.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0321-1

freie wohl keine. Sachs fand für die verholzten Membranen von Pinus silvestris, Abies pectinata und Prunus domestica eine Wasseraufnahme von 48,2% des Trockengewichtes, also etwa 68% Substanz und 32% Wasser in der imbibirten Membran. Hartig für den Splint des Eichenholzes 52 Gewichtsprocent Substanz und 48% Wasser. Bei Algenmembranen ist die Procentzahl für die Trockensubstanz bedeutend niedriger, Laminaria, welche nach Reinke die dreifache Menge ihres trockenen Gewichtes an Wasser aufnimmt, enthielt also im imbibirten Zustande 25% Trockensubstanz und 75% Wasser. Für Membranen von Chroococcaceen, Nostoccaceen, Palmellaceen hat Nägeli[1]) eine Zusammensetzung aus 1 Gewichtstheil Trockensubstanz und 200 und mehr Gewichstheilen Wasser angegeben. Diese nur auf Schätzung beruhende Angabe kann wohl nur für die wasserreichsten, nach dem Austrocknen nicht mehr aufquellenden Membranen gelten.

Ich habe den Wasserverlust einiger gallertigen Membranen ungefähr zu bestimmen gesucht und für Thallusstücke der Gallertflechte Mallotium 24,3 Gewichts% Trockensubstanz, für Hydrurus (aufgeweichte, ein Jahr alte Exemplare) 9,5%, für Nostoc commune von drei verschiedenen Standorten 11,09 und 10,20, 9,8, 15,84% Substanz gefunden.

Die Bestimmungen wurden in folgender Weise ausgeführt. Auf einem Glimmerplättchen wurden die durch Betupfen mit Fliespapier möglichst gut abgetrockneten Thallusstücke gewogen, bei 100 Grad getrocknet, wieder gewogen, eingeäschert und schwach geglüht, um von dem Gewicht im frischen und trockenen Zustand das Aschengewicht und die beigemengten erdigen Verunreinigungen abziehen zu können. Da jedoch nur schwach geglüht wurde, um die Umwandlung der Carbonate in Oxyde und den damit verbundenen Gewichtsverlust zu vermeiden, verbrannte nicht alle Kohle, wodurch das Aschengewicht um eine Kleinigkeit zu gross ausfiel. Die Daten, auf welche sich die oben mitgetheilten Procentzahlen stützen, sind folgende, in Grammen:

Gewicht des Thallus	I.	II.	IIIa	IIIb	IV.	V.
+ Glimmerplatte, frisch:	0,2830	0,1605	0,1569	0,1600	0,2224	0,2365
Platte + Asche:	0,2090	0,0980	0,1100	0,0972	0,1549	0,1191
Thallus frisch:	0,0740	0,0625	0,0469	0,0628	0,0675	0,1174
Gewicht des Thallus + Glimmerplatte, trocken:	0,2270	0,1039	0,1152	0,1036	0,1615	0,1377
Platte + Asche:	0,2090	0,0980	0,1100	0,0972	0,1549	0,1191
Thallus trocken:	0,0180	0,0059	0,0052	0,0062	0,0066	0,0186
Substanz% der imbibirten Membran:	24,326%	9,440%	11,09%	10,2%	9,778%	15,84%

I, Mallotium. II, Hydrurus. III, a, b Nostoc commune, Monte Cesario nächst Castelveggio (Prov. Pavia) 20. Febr. 1886, leg. Professor Solla (Hauck und Richter, Phykotheka universalis, No. 86) IV. Nostoc commune, sub nom. N. cinniflonum Tourn. Coimbra, Januar 1887, leg. A. F. Moller (H. und R. Ph. un. No 239) V. Nostoc commune, Oporto (Castello do Queijo, Foz do Douro, near Oporto, close to the seashore in sand,) Nov. 1887, leg. Isaak Newton, (H. u. R. Ph. un. No. 239).

1) Stärkekörner, pag. 342.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0322-7

Die zwei, mit Thallusstücken derselben Aufsammlung ausgeführten Bestimmungen, III a und III b differiren um 0,9%. Diese an und für sich beträchtliche Differenz wird weniger bedeutend erscheinen, wenn man bedenkt, dass erstens der Wassergehalt der Membran individuellen Schwankungen unterworfen sein kann, — das Imbibitionswasser ist ja kein Krystallwasser —, dann dass beim Betupfen mit Fliespapier adhärirendes Wasser das eine Mal vollständiger als das andere Mal entfernt werden wird, und dass schliesslich das Wägen auch Zeit braucht, das eine Mal mehr, das andere Mal weniger, wobei Wasser, sowohl Imbibitions als Adhäsionswasser abgegeben werden wird.

Die mitgetheilten Trockensubstanz-Procentzahlen wasserreicher, gallertiger Membranen machen es wahrscheinlich, dass ein so geringer Gehalt an Trockensubstanz, wie er nach der Schmitz-Strasburgerschen Hypothese bei Gloeocapsa vorhanden sein müsste, nie erreicht wird, ich versuchte aber auch direct den mittleren Gehalt an Trockensubstanz und Wasser für die primären Hüllmembranen zu bestimmen.

Zunächst wurde der Gehalt an Trockensubstanz für die ganzen Colonien festgestellt. Es wurden Portionen der Aufsammlungen im imbibirten Zustande auf Glimmerplatten gebracht, mit Fliespapier unter Anwendung von gelindem Drucke abgetrocknet, gewogen, im Trockenschrank bei 100° mehrere Stunden gehalten, wieder gewogen, eingeäschert, schwach geglüht und der aus beigemengter Erde und Asche bestehende Rückstand ebenfalls gewogen. Es wurden 3 Bestimmungen ausgeführt, welche ergaben:

	A	B	C
Trockensubstanz in Gewichts% :	10,8	11,5	13,7
Imbibitionswasser in Gewichts% :	89,2	88,5	86,3

im Mittel also 12% und 88%.

Das specifische Gewicht der Cellulose zu 1,6 angenommen, liessen sich diese Gewichtsprocente leicht in Volumprocente umrechnen:

	A	B	C
Trockensubstanz in Volum% :	7,0	7,5	9,0
Imbibitionswasser in Volum%	93,0	92,5	91,0

im Mittel also 7,8% und 92,2%.

Es lässt sich nun offenbar die durchschnittliche procentige Zusammensetzung der primären Hüllmembranen berechnen, sobald ein mittleres Volumverhältniss derselben zu dem von ihnen umschlossenen Inhalte (aus den secundären und jüngeren Blasen bestehend), sowie die durchschnittliche Zusammensetzung dieses Inhaltes bekannt ist. Als Mittel aus 25 Berechnungen fand ich dies Volumverhältniss 1:9 (eher 1:10). Den Substanzgehalt der letzteren will ich zu 25 (Gewichts) Procent annehmen. Von 100 Volumtheilen der frischen Gloeocapsa-colonien fallen also auf die primären Hüllmembranen 90, auf den Inhalt 10 Theile. Enthalten diese 10 Volumtheile 25 Gewichtsprocente oder 16,7 Volumprocente Trockensubstanz, wie wir angenommen haben, so treffen auf letztere 1,67

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0323-2

Volumtheile, auf das Imbibitionswasser 8,33 Theile. In 100 Volumtheilen der ganzen Colonien fanden wir im Mittel 7,86 Volumtheile Trockensubstanz. Da hievon 1,67 Theile für den Inhalt abgehen, so bleiben für die 90 Volumtheile der Hüllmembranen 6,19 Theile übrig. Die primären Blasen sind also im Mittel zusammengesetzt aus 6,88 Volum% Substanz (= 10,5 Gewichts%) und 93,12 Volum% Wasser (= 89,5 Gewichts%).

Wäre das Verhältniss der primären Hüllmembranen zu ihrem Inhalt kleiner als 9:1, so würde selbst bei einem Verhältniss von 4:1 der Gehalt an Trockensubstanz in den primären Blasen noch 8,7 Gewichts% (= 5,65 Volum%) betragen. Sollte aber der Procentgehalt an Trockensubstanz mit 25 Gewichts% zu niedrig angesetzt sein und betrüge derselbe etwa gar 50 Gewichts% (= 38 Volum%), so würden, nach dem Verhältniss 1:9 berechnet, in 100 Volumtheilen der imbibirten primären Hüllmembranen doch noch 7 Gewichts% (= 4,5 Volum%) Trockensubstanz enthalten sein.

Die wahrscheinlichsten Zahlen für den Substanzgehalt, 6,88 Volum% oder 10,5 Gewichts%, sind nicht unbedeutend kleiner als die Durchschnittszahlen, die durch Wasserentziehung und Messung erhalten wurden. Das Mittel aus den vier, unter C_1, C_2, C_3, C_4 angeführten Versuchen ergab für die primären Hüllmembranen 8,6 Volum%. Der Unterschied ist erklärlich, wenn man bedenkt, dass diese Zahl das Mittel der Zusammensetzung aus nur 2 kleinen und 2 grossen Familien angiebt, und dass die Bestimmung durch die Wage mit absolut trockenem, die Messungen an nur lufttrockenem Material ausgeführt wurden. Ferner waren die secundären etc. Blasen wohl substanzärmer als angenommen wurde.

Auf die Fehlerquellen werde ich bei Gelegenheit der mit Petalonema alatum in dieser Weise angestellten Versuche zurückkommen, hier kann sie billig in den Hintergrund treten gegenüber den durch Wasserentziehung und directe Messung gewonnenen Resultaten.

Das Material war sehr schön rein aufgesammelt worden, die microscopische, von Nägeli seinerzeit selbst durchgeführte Untersuchung hatte ergeben, dass es fast durchgängig aus Gloeocapsa rubicunda und alpina bestand, nebst ziemlich reichlicher Gloeocapsa atrata Kg. und spärlicher Gloeocapsa lutescens Näg. Ausserdem kamen noch vor Chroococcus rufescens v. major, Chroococcus dimidiatus, Sirosiphon pulvinatus Breb (?) und ein Scytonema (decumbens?) spärlich vor, dagegen waren zahlreiche und zum Theil recht grosse Colonien von Hormosiphon alpinus untermengt, die jedoch, nach dem optischen Verhalten zu schliessen, wasserreicher als die Blasen der Gloeocapsen waren. Sie konnten daher eher die Procentzahlen an Trockensubstanz (für die ganzen Aufsammlungen, und damit) für die primären Hüllmembranen der Gloeocapsen herunterdrücken, während die Membranen der Chroococcen eher dichter waren. Die hin und wieder eingestreuten Fragmente von Jungermannien wurden bei Herstellung der Präparate sorgfältig entfernt. Erdige Verunreinigungen blieben beim Glühen zurück und konnten mit dem Aschengewicht in Abzug gebracht werden. So kann man direct die erhaltenen Resultate auf die 3 häufigsten Gloeocapsen (— rubicunda, alpina, atrata —) beziehen. Die Wägungen ergaben in Grammen:

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0324-8

	A.	B.	C.
Präparat frisch:	0,377	0,3185	0,3300
Platte + Asche:	0,2038	0,2128	0,2190
imbibirte Substanz:	0,1732	0,1057	0,1110
Präparat trocken:	0,2225	0,2250	0,2342
Platte + Asche:	0,2038	0,2128	0,2190
Trockensubstanz:	0,0187	0,0122	0,0152
Gewichts% Trockensubstanz:	10,8%	11,5%	13,7%

Wir können uns noch fragen: welche Dicke würde die primäre Hüllmembran im ausgetrockneten Zustand zeigen, wenn die Colonie vielzellig geworden ist, ohne dass erstere anders als durch Wasseraufnahme ihr Volum vermehren konnte?

Das Volum der imbibirten primären Blase einer zweizelligen Colonie betrug (A, 6) 1372. Bei 10 Volum% Trockensubstanz betrüge ihr Volum im trockenen Zustand 137,2. Das Volum des von der primären Hüllmembran umschlossenen Inhaltes betrug in einem Falle 200550, bei 6% Trockensubstanz hätte sie im lufttrockenen Zustand das Volum 12033. Wären in der bedeckenden Hüllmembran bloss die 137,2 Volumtheile Substanz, so hätte die ganze Colonie das Volum 12170,2. Nimmt man als Gestalt der Colonien Kugelform an, was, besonders in dem erwähnten Falle, auch nahezu realisirt war, und hat der Inhalt und die primäre Blase das Volum 12170, der Inhalt allein das Volum 12033, so verhalten sich die Radien beider Kugeln wie 23,002 zu 22,915, die Differenz ist 0,087, die Dicke der primären Blase im trockenen Zustande betrüge daher nur $^1/_{263}$ des Radius der von ihrem Inhalte gebildeten Kugel.

In einem anderen Falle (C, 4) betrug das Volum des Inhaltes trocken 20396. Betrachtet man die 137,2 Volumtheile der primären Blase der zweizelligen Colonie gleichmässig über die Oberfläche einer Kugel vom Volum 20396 ausgebreitet, so hätte die resultirende Kugel das Volum 20533. Der Radius der ersteren Kugel ist 16,949, der der letzteren 16,987. Die Differenz beträgt also 0,038 Theilstriche gleich 0,05 μ. In der That aber betrug die Dicke der primären Hüllmembran im trockenen Zustand im Durchschnitt 20 Theilstriche, gleich 32 μ, also 610 mal mehr. Diese Betrachtungen zeigen, dass selbst beträchtliche Fehler beim Messen die Grösse der Substanzzunahme wohl ändern, aber dieselbe nie aufheben würden.

Schliesslich könnte man noch einwenden, die kleinen, gemessenen Colonien würden nie so gross wie die in Betracht gezogenen grössten, diese hätten schon in ihrer Jugend viel dickere primäre Hüllmembranen besessen. Es ist ein Leichtes, zu berechnen, welchen Durchmesser eine einzellige Colonie gehabt haben müsste, wenn ihre Hüllmembran z. B. die 51424 Volumtheile Trockensubstanz einer erwachsenen Hüllmembran bereits besessen hätte. Das Volum des Zelllumens beträgt etwa 14, das Volum der einzelligen Colonie daher 51438. Der dieser Kugel entsprechende Radius ist etwa 23. Da aber die primäre Blase in dem Alter bereits mindestens das 3fache ihres Trockenvolums an Wasser aufgenommen hat, so betrüge ihr Volum im imbibirten Zustande, das Zelllumen eingerechnet, 205710 und der entsprechende Radius 36,6. In Wirklichkeit wird von einer einzelligen Colonie kaum jemals der Radius 10 erreicht.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0325-4

II. Apiocystis.

Als zweites Beispiel von Dickenwachsthum durch Intussusception führte Nägeli[1]) Apiocystis an, eine Gattung der Palmellaceen. Die birnförmigen Colonien dieser Alge bestehen aus sehr weicher Gallerte, mit ziemlich peripherisch gelagerten, grünen Zellen, die von einer, im Alter nach aussen nicht scharf abgegrenzten Membran umhüllt werden, welche nicht nur mit der Grössenzunahme der ganzen Familie Schritt hält, sondern ausserdem noch beträchtlich an Mächtigkeit zunimmt.

Da es mir nicht gelang die Alge in den mir zu Gebot stehenden Orginalaufsammlungen aufzufinden, so muss ich mich, unter Bezugnahme auf die von Nägeli l. c. gegebenen Maasse, rein auf die Berechnung des möglichen Substanzgehaltes beschränken, falls die Volumvergrösserung durch Wasseraufnahme allein zu Stande käme. »Die Dicke der Membran beträgt bei kleinen Colonien 3μ, bei den grossen bis 45μ, bei ersteren (immerhin schon mehrzelligen, von 150μ Länge) beträgt die Oberfläche etwa 27000 q.μ, bei letzteren (von 1 mm Länge) etwa 1 500 000 q.μ. Die Dicke der Hülle nimmt also von 1 auf 15, der Flächeninhalt von 1 auf 55, und der Kubikinhalt von 1 auf 833 zu.« Zur Erklärung dieser Volumzunahme auf einem anderen Wege als dem des Intussusceptionswachsthumes könnten nur die zwei schon erwähnten Schmitzschen Erklärungen herangezogen werden; entweder »Quellung« (natürlich Imbibition) oder Apposition. Von letzterer kann, wie schon Nägeli hervorhebt »keine Rede sein, denn die innere glatte Fläche der Hüllmembran wird entweder gar nicht oder nur an einzelnen, wenigen Stellen von den grünen Zellen berührt«. In der That lässt sich bei der zerstreuten Anordnung der einzelnen, oder zu 4 oder 8 in Ringen gelagerten, kugeligen grünen Zellen eine Apposition, die zu dem glatten inneren Contour der Hüllmembran führen könnte, nicht denken. Auch die »Quellung« kann die Volumzunahme nicht befriedigend erklären. Denn nehmen wir für die Hüllmembran von 3μ Dicke, die selbst schon, mehrere Zellen umgebend, gequollen sein müsste, 50 Gewichts%, resp. 38 Volum% Trockensubstanz an — eine zweifellos zu hoch gegriffene Annahme — so würde die Blase, nach der Vergrösserung auf das 833fache, nur 0,046 Volum% Substanz enthalten, oder wenn man, was dem Thatbestand wahrscheinlich näher kommt, für die 3μ dicke Membran 25 Gewichts% (= 17,2 Volum%) Trockensubstanz annimmt, 0,020 Volum% Substanz. Im ersteren Falle treffen auf 1 Volumtheil Substanz 2192 Volumtheile Wasser, nach der zweiten Annahme sogar auf 1 Theil Substanz 4566 Theile Wasser.

Diese in so hohem Grade »gequollene« Membran soll noch wasserreichere Gallerte umhüllen und schützen und soll, wenn die eingeschlossenen grünen Zellen als Schwärmsporen austreten sollen, platzen indem sie nur einen kleinen Riss bildet, aus dem die Zellen gerade entweichen können, und der scharf abgegrenzt ist, wie ihn Nägeli[2]) abbildet.

Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass die Hüllmembran nicht in älteren Stadien wasserreicher sein kann als in jüngeren, es kann hier sogut wie bei Gloeocapsa später im Verhältniss zur Substanz mehr Wasser eingelagert werden. Die Angabe Nägeli's, dass die älteren Colonien nicht scharf nach aussen abgegrenzte Blasen besitzen, macht es sogar wahrscheinlich, wenn nicht Desorganisation der peripherischen Schicht vorliegt. Selbst wenn jedoch die alten Hüllmembranen durchschnittlich nur mehr 1% Trockensubstanz besitzen sollten, so ist doch noch eine Substanzzunahme auf das 17fache (bei 50% Substanz in der ursprünglichen

1) Stärkekörner, pag. 283.

2) Gattungen einzelliger Algen, Tab. II, A 1.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0326-0

Membran) oder auf's 34fache (bei 25% in derselben) vorhanden. Ich habe den Procentsatz für die Trockensubstanz in den älteren Hüllmembranen so gering angenommen, weil sich Apiocystis wahrscheinlich wie die meisten Palmellaceen dadurch von den Chroococcaceen unterscheiden wird, dass das verlorene Imbibitionswasser nicht mehr vollständig aufgenommen werden kann.

III. Petalonema alatum Grev.

(= Scytonema alatum Borzi.)

Als dritten Beweis für Intussusceptionswachsthum von Membranen führt Nägeli[1]) Petalonema alatum Grev. an, eine neuerdings mit Scytonema vereinigte Cyanophyceen-Gattung. Obwohl es sich hiebei, auch nach Nägelis damaliger Anschauung, bloss um die nachträgliche Volumzunahme bereits angelegter Schichten handelt, kann ich doch nicht umhin, auch auf Einzelheiten in Bau und Entwicklungsgeschichte einzugehen. Es ist das theils zum Verständniss des nachträglichen Wachsthumes nöthig, theils im Hinblick auf die vorliegende Litteratur.

Die erste, wenn auch nur kurze Darstellung hat A Braun[2]) gegeben. »Es bildet sich bei diesen Gattungen (Petalonema = Arthrosiphon Kg., Scytonema, Euactis, Schizosiphon) dadurch, dass die Zellen nur an den Seiten wänden, nicht auch an den Gelenkflächen, (Gallerte) absondern, um die ganze Zellreihe eine gemeinschaftliche Hülle, von bald lederartiger, bald gallertartiger Consistenz. Mit fortschreitendem Längenwachsthum wiederholt sich diese Bildung, so dass zahlreiche Schichten entstehen, von denen jedoch die äusseren successive am oberen Ende durchbrochen werden und nun als offene, den Faden nach oben nicht mehr umschliessende, trichterförmig in einander steckende Scheiden zurückbleiben. Bei Arthrosiphon sind diese Trichter kurz, dick, schwachgefärbt und durchsichtig, weshalb diese zierliche Gattung besonders geeignet ist, den wahren Bau der zusammengesetzten Scheiden in den genannten Algengruppen (Scytonemeen und Rivulariaceen) zu zeigen«.

Ausführlicher wird Bau und Entwicklungsgeschichte der Trichter von Nägeli[3]) behandelt. Hierauf wird allgemein auf die Nothwendigkeit der Annahme von Intussusceptionswachsthum hingewiesen, sowohl zur Erklärung der nachträglichen Formveränderungen als der Volumzunahme. Da ich bis auf einen Punkt, das Durchbrechen der Scheide bei jeder Trichterbildung, im Folgenden fast überall die Richtigkeit dieser Angaben constatiren konnte, so enthalte ich mich, um die Einleitung nicht zu weitläufig zu gestalten, einer detailirteren Wiedergabe.

Hofmeister[4]) beschreibt Petalonema in folgender Weise: »Die Scheide zeigt deutlichste, zur Längsachse concentrische Schichtung, die

1) Stärkekörner p. 285.
2) Verjüngung, p. 189.
3) Stärkekörner, p. 283, auch Sitzgsb. der bayr. Acad. 7. Mai 1864.
4) Pflanzenzelle, p. 153 & 219.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0327-6

am Ende kappenförmig ist. Beim Längenwachsthum des ganzen Fadens wird eine dieser Zellhautschichten nach der anderen gesprengt, die äusserste zuerst. Sie erscheinen dann als trichterförmige, oben offene Scheiden (p. 153). Der Vorgang beruht auf der Quellung einer Mittellamelle der Zellstoffschicht, von der Gestalt einer Kappe, in der Mitte ist sie am mächtigsten, nach unten hin keilt sie sich allmählig aus. So wird ein System ineinandergesteckter Kappen gebildet, abwechselnd aus dünnen nicht gequollenen und dickeren, stark gequollenen Schichten. Das stetig sich fortsetzende Längenwachsthum des Fadenendes und der inneren Lamellen seiner Membran sprengt successive die äusseren Schichten dieses Systems von Kappen«. Nach Hofmeisters Annahme soll keine Membranbildung durch Apposition vorkommen, sondern die innerste, dichtgebliebene Lamelle sich wieder in 3 Schichten theilen, eine mittlere weiche und eine äussere feste, welch' beide später gesprengt werden, und eine innere feste, welche sich weiter differenziren wird. »Der äussere Theil jedes Trichters quillt nachträglich noch mehr auf, diese Zunahme der Dicke mindert die Neigung der Fläche dieses gequollenen Theiles gegen die Achse des Zellfadens. Die innersten Lamellen der Seitenwände des Fadens bleiben zunächst noch homogen, weiterhin wachsen sie noch in die Dicke, nehmen dabei bräunliche Färbung an und zeigen dann bisweilen zur Fadenachse concentrische Schichtung, die zu der trichterförmigen Schichtung der Scheitelwölbung nicht in Beziehung steht. Die minderdichten Schichten der letzteren keilen sich gegen die äusserste Lamelle der ersteren einfach aus (pag. 220)«. Dazu wird zweimal, Fig. 43 und Fig. 56, dieselbe Abbildung eines (verdorbenen) Fadenendes gegeben.

Strasburger[1]) hat sich ebenfalls mit dieser Alge beschäftigt, nachdem Schmitz Beziehungen zwischen dem Wachsthum von Bornetia und dem von Petalonema angedeutet hatte. Ich setze die ganze Darstellung hierher, da ein Vergleich mit den Resultaten, die sich bei den früheren und meinen eigenen Untersuchungen ergaben, interessant sein dürfte. Nach ihm »haften die auf einander folgenden Schichten nicht fest aneinander, die äusseren Schichten werden deshalb nicht fortwährend gedehnt (wie es bei Bornetia der Fall sein soll), vielmehr von den inneren alsbald durchbrochen. Diese Schichten quellen nun sehr stark. Der Faden ist aber ausserdem von einer nichtgequollenen scheinbar continuirlichen Haut umgeben. Die Zahl der Schichten entspricht der Zahl der Scheidewände im Faden, so dass anzunehmen ist, dass auf jeden Theilungsschritt der alleintheilungsfähigen Scheitelzelle die Bildung einer, später quellenden Haut in der Endzelle erfolgt. Dass diese Häute nach oben trichterförmig erweitert werden, folgt einfach aus der wachsenden Dehnung, die sie in dieser

1) Bau und Wachsthum der Zellhäute, p. 189 u. 190.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0328-1

Richtung durch die hinzukommenden Häute erfahren. Diese Dehnung erhöht die Wassereinlagerung, die ja bei solcher Vergallertung der Cellulose sehr hohe Werthe erreichen kann. (Hiezu die Anmerkung: Vergl. z. B. die Volumzunahme bei Quellung der Verdickungsschichten in der Epidermis der Labiaten-Theilfrüchte, des Gallertringes der Marsilia-Früchte etc.) Die Annahme von Intussusceptionswachsthum, um diese Erscheinung zu erklären, halte ich nicht für nöthig. Den Umstand, dass der Faden auch von einer nicht gequollenen Haut umgeben bleibt, erkläre ich mir in der Weise, dass nur eine äussere Schicht der jedesmalig gebildeten Haut der Endzelle in Quellung übergeht«. Soweit Strasburger.

Vergleichen wir diese verschiedenen Darstellungen untereinander und mit dem wahren Sachverhalt, so können wir im Lauf der Zeit nicht gerade eine Vertiefung der Einsicht constatiren. Alexander Braun und Nägeli dürften nur in der Annahme einer Durchbrechung der Scheiden an der Spitze geirrt haben. Hofmeister nimmt theilweise Sprengung an derselben an. Diese, sowie andere seiner Petalonema betreffenden Angaben sind erklärlich, da er offenbar verdorbene Fäden zum Studium und zur Abbildung gewählt hat. Auf letztere möchte ich etwas näher eingehen, da sie später Strasburger irregeführt zu haben scheint. Sie kehrt zweimal wieder, pag. 154, Fig. 43 und pag. 219 Fig. 56, unter der Bezeichnung: optischer Längschnitt eines wachsenden Fadenendes von Petalonema alatum. Jedenfalls verdient sie nicht die Bezeichnung: optischer Längsschnitt, denn die horizontalen, von einem Schichtenrand zum anderen verlaufenden Linien, können doch nur bei tieferer oder höherer Einstellung gesehen werden. Auch sollten sie wenigstens rechts und links vom Zellfaden auf gleicher Höhe münden. Obwohl ich eine sehr grosse Anzahl von Präparaten untersucht habe, die von Pflanzen aus verschiedenen Gegenden gemacht worden waren, gelang es mir doch nur einmal, eine Fadenspitze zu finden, die der bewussten Figur ungefähr entsprach. Sie gehörte einem abgestorbenen Faden an — was übrigens schon an den Zellen der Hofmeisterschen Abbildung zu sehen ist. Doch war auch hier das »Oberhäutchen« gut erkennbar und ging ununterbrochen über alle Schichten hinweg.

Scytonema crassum Näg. hat eine ähnlich dicke Scheide wie Petalonema, weshalb es auch von Borzi neben Petalonema alatum in dessen Section »Petalonema« des erweiterten Genus Scytonema gestellt wurde. Hier werden die Schichten von den oberen Gliederzellen und von der Endzelle, aber gleichmässig auch über die Spitze derselben, gebildet, sie treten meist zu mehreren zu schärfer abgegrenzten Complexen zusammen. Später werden sie an der Spitze wirklich, eine nach der anderen, gesprengt, und da, wie es aus der Entwicklungsgeschichte verständlich ist, keine feste peripherische, ununterbrochen über die Schichten verlaufende Haut vorhanden sein kann, so zeigen die Scheiden einen verschwommenen, undeutlich flackerigen und zackigen Contour, wie ich ihn bei Petalonema nie gesehen habe.

Strasburgers Darstellung ist eigenthümlich, und ich kann mir nicht versagen, einige Punkte aus derselben herauszugreifen, über die man sich an einem Petalonemafaden sogleich selbst orientiren kann.

Nach Strasburger ist die Scheitelzelle allein theilbar — wie er dieses Resultat gewann, weiss ich nicht, jedenfalls nicht durch Untersuchung von passendem Material. Freilich zeigen die Scytonemeen z. B. gegenüber Oscillarien, Spitzenwachsthum, aber nicht bloss durch Theilung der Endzelle. — Die Endzelle allein bildet jedesmal eine kappenförmige Haut — »weil ebensoviel Trichterschichten als

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0329-0

Scheidewände vorhanden.« — Worauf sich diese Behauptung stützt, ist mir unbekannt. Hofmeister sagt freilich in der Erklärung zu Figur 43.« Fortwachsendes Ende, die aufgeblähten und bis auf die jüngsten am Scheitel gesprengten oberen Hälften der Membranen der einzelnen Gliederzellen zeigend.« Die Figur zeigt auf 18 Scheidewände 19 Trichter. Dagegen sagt er, die Membranbildung der von ihm als Oscillatorien bezeichneten Algengruppe betreffend, zu der er auch Petalonema rechnet, (l. c. p. 153): »Nur an den Seitenwänden der Gliederzellen und an dem freien, zugerundeten Ende der Terminalzelle wird Zellhautsubstanz gebildet. Wie er das mit dem oben citirten in Einklang zu bringen wusste, ist mir etwas unklar. Da sich, wie wir sehen werden, die Endzelle und ihre Segmente theilen, so könnte gar keine Übereinstimmung der Zellenzahl und Trichterzahl bestehen, sobald diese von der Endzelle allein gebildet würden. Dass die jungen Trichterschichten eine, genau dem Zellfaden entsprechende Kerbung besitzen, wie Nägeli[1]) es beschreibt und abbildet, und wovon man sich an nur einiger Massen günstigen Präparaten leicht überzeugen kann, wird von Strasburger gänzlich bei Seite gelassen. Ebenso hätte er sich mit der weiteren Angabe Nägelis abfinden müssen: »Hinter dem Scheitel findet man z. B. dass in der Länge von 15—18 Gliedern 4 Schichten rechts und links zu Tage gehen, während im gleichen Faden da, wo die Zelltheilung aufgehört hat, auf jedes Glied eine Schicht kommt.«

Die innere, nach Strasburger nicht »gequollene« Partie der Scheide: »der Faden ist ausserdem von einer nicht gequollenen scheinbar continuirlichen Haut umgeben« — nach dem Wortlaut könnte man meinen, er beschriebe das continuirliche dünne Oberhäutchen — entsteht nach ihm auf die Weise, dass nur die äussere Schicht der jedesmalig gebildeten Haut der Enzelle in Quellung übergeht. Dadurch müsste aber nothwendig ein Theil der ungequollenen Haut ebenfalls gequollen sein; er hätte wenigstens das Aufquellen einer oberen, und das Ungequollenbleiben einer unteren Partie der einzelnen Haut annehmen müssen.

Dass die Schichten nicht fest aneinander haften, ist eine weitere Entdeckung Strasburger's. Er sieht hierin den Grund, warum die aufeinander folgenden Schichten nicht fortwährend gedehnt, sondern vielmehr von den inneren alsbald durchbrochen würden. Abgesehen davon, dass die Schichten überhaupt fest verbunden sind, so mag von einer gewissen, sehr geringen Dicke an, eine Beeinflussung der Dehnbarkeit durch Aneinanderhaften oder Nichtverbundensein der Schichten denkbar sein, bis zu dieser Dicke werden sie sich ganz gleich verhalten müssen, gedehnt werden so lang es geht und dann reissen. Er hätte aus Hofmeister's Figur auf eine, nach seinen Begriffen wenigstens, ganz geringe Dehnbarkeit schliessen müssen.

Strasburger nimmt »Quellung« erst nach Eintritt der Schichtensprengung an, Hofmeister's Abbildung zeigt eine bedeutende Volumzunahme der älteren, noch nicht gesprengten Schichten. Auch würde die Dehnung in tangentialer Richtung, die ihren Grund in der Apposition neuer Trichter hat, wohl die Erweiterung des Trichterdurchmessers, nicht aber die Formveränderungen und die Dickenzunahme senkrecht zur Richtung der Dehnung erklären können. Als Beispiele für die, durch Dehnung bewirkte, hochgradige Wassereinlagerung werden die Verdickungsschichten aus den Epidermiszellen der Labiaten—Theilfrüchte und der Gallertring von Marsilia aufgeführt. Abgesehen davon, dass hier, anders wie bei Petalonema, nach einmaligem Eintrocknen das Volum des gequollenen Zustandes nicht mehr erreicht wird, ist der

1) Stärkekörner, p. 284 und Mikroskrop, p. 547, Fig. 248.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0330-1

Vergleich überhaupt etwas eigenthümlich. Petalonema lebt an stets feuchten Stellen, zeitweise ganz unter Wasser, die Epidermiszellen der Salvien-Theilfrüchte quellen auf, sobald ihnen das nöthige Wasser geboten wird. Es ist, wenn die Membranen durch Apposition neuer Molekeln in die Dicke wachsen, wie Strasburger will, schon für die betreffenden Epidermen kaum annehmbar, dass diese Molekeln nicht bereits bei ihrer Apposition ein so ausgeprägtes Wasserbedürfniss befriedigen. Ganz unbegreiflich aber ist solch excessives Quellungsvermögen für Membranen, die ohne den Schutz cutinisirter Schichten, direct im Wasser gebildet werden.

Wie es mit der Dichte der inneren Scheide gegenüber der äusseren, mit dem »Aufquellen« der Trichter überhaupt etc. in Wirklichkeit bestellt ist, werden wir im Folgenden sehen.

Bau der fertigen Scheide.

Als Untersuchungsmaterial dienten an verschiedenen Orten um Zürich (Sihlwald, Küssnacht, Erlenbach) 1847 gemachte Aufsammlungen welche ich der Güte des Herrn Professor von Nägeli verdanke, ferner die von Flahault aus Südfrankreich (Creissels pr. Aveyron) in Hauck und Richter's Phykothek unter No. 236 mitgetheilten Exemplare. Diese waren weniger rein, als die Aufsammlungen aus der Schweiz, doch waren die Individuen meist kräftiger entwickelt.

Der Zellfaden wird von einer complicirt gebauten aus einer, mit Chlorzinkjodlösung sich nicht bläuenden Cellulosemodification bestehenden Scheide umgeben. Sie setzt sich zunächst aus ungleich langen Stücken zusammen, die an ihrem unteren Ende plötzlich stark zusammengezogen und verschieden tief ineinander gesteckt sind. (Fig. 13). Jedes derartige Scheidenstück entspricht, wie wir sehen werden, wahrscheinlich je einer mehr weniger scharf abgegrenzten verschieden langen Vegetationsperiode, es ist daher selbst schärfer oder weniger scharf abgesetzt, und verschieden lang. Es wird von einer, je nach seiner Länge schwankenden Zahl trichterförmiger Schichten aufgebaut. Jeder dieser Trichter lässt, normal und vollständig entwickelt, zwei Theile erkennen. (Fig. 9. 10). Erstens einen kurzen, inneren Theil, der dünn und zur Fadenachse unter einem sehr spitzen Winkel geneigt erscheint, meist gelb oder braungelb gefärbt ist, und der im folgenden als Trichterröhre bezeichnet werden soll. (*r* der Fig. 10). Zweitens einen äusseren Theil, dessen Neigungswinkel zur Fadenachse sich einem Rechten nähert, der ziemlich oder sehr dick, farblos oder gelblich gefärbt ist und im folgenden als Trichtersaum bezeichnet werden soll, (*s* der Figur 10).

Jedes Scheidenstück ist mit einem dünnen, festen, stärker Licht brechenden Häutchen überzogen, das meist doppelt contourirt erscheint und bis jetzt übersehen oder nicht beachtet worden ist. Es zieht sich mit dem verschmälerten, unteren Ende des oberen Stückes in das darunterliegende Stück hinein und schmiegt sich oben entweder dem sich hinein ziehenden Häutchen des nächst oberen Stückes so fest an, dass es wie angewachsen erscheint, oder hört ringsum frei auf, gesprengt durch

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0331-7

das sich entwickelnde neue Scheidenstück. Es zieht sich auch über den fortwachsenden Scheitel des Fadens hin, wie über die Säume der einzelnen Trichter, ohne Unterbrechung an den Grenzen zwischen ihnen. Das Häutchen ist gegen die darunterliegenden Schichten negativ gespannt. der Beweis lässt sich für die longitudinale Richtung leicht erbringen Zuweilen gelingt es nämlich, dasselbe zu sprengen, es klafft dann der Riss durch das Auseinanderweichen der Trichter ein Stück weit, die Ursache muss die Contractionen des Häutchens sein. Die Spannung in tangentialer Richtung lässt sich auf ähnliche Weise nachweisen, ihr Vorhandensein ist übrigens schon aus den Wachsthumsvorgängen zu erschliessen.

Nach Strasburger sollen die Trichter nicht fest aneinander haften Es gelang mir, mich davon zu überzeugen, dass die einzelnen Trichterlamellen so fest aneinanderhaften als Membranlamellen überhaupt gewöhnlich thun. Man kann nämlich den Faden scharf umbiegen, ohne dass auf der gedehnten Seite die Trichter von einander gelösst oder dass sie auf der zusammengepressten Seite übereinander geschoben würden, wie sie das doch thun müssten, falls sie nicht fest mit einander verbunden wären. Aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen bin ich geneigt, auch den äusseren Partien der Trichtersäume eine grössere Dichte zuzuschreiben als den inneren.

Die stärker licht brechende Grenzschicht zwischen zwei Trichtersäumen ist gewöhnlich nicht glatt, sondern mehr weniger gekerbt, nach der Peripherie zu meist weniger als innen, hier sind die einzelnen Kerbzähne am spitzesten und am engsten zusammengerückt. Mit dem Uebergang in die das Trichterrohr hört dann die Kerbung plötzlich auf. Zuweilen, sieht man etwa in der Mitte zwischen zwei Grenzlinien eine hellere Linie parallel zu diesen verlaufen, die nicht in das Trichterrohr hinabsteigt. Ob wir hierin eine nachträgliche Differenzirung oder die Anlage zweier Trichterschichten vor uns haben, die sich nicht einzeln, sondern zusammen gegenüber den übrigen individualisirt haben, wage ich nicht zu entscheiden.

Nägeli[1]) giebt für die Trichtersäume zwei Streifungssysteme an. Auf Querschnitten durch die Scheide zeigt sich eine deutliche Schichtung in concentrischen Ringen, sowie nach Nägeli eine zarte radiale Streifung, welch letztere ich an meinen Schnitten nicht mit Sicherheit wahrnehmen konnte. Im Längsprofil der Scheide sieht man die concentrische Schichtung als Längsstreifung parallel der Fadenachse, ausserdem beobachtete ich an in Salzsäure liegenden Fäden einigemal eine zarte Schichtung parallel den Grenzschichten der Trichter. Bei Petalonema scheinen also drei Streifungssysteme zu existiren, die in ihrer Orientirung durch die nachträglichen Veränderungen der Trichtersäume verschoben werden, das letzt erwähnte entspräche der concentrischen Schichtung, die übrigen zwei

1) Botanische Mittheilungen, II. p. 35.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0332-2

der Längs- und Querstreifung, wie sie nach Nägeli[1]) Chamädoris annulata* zeigt. Auf die Natur dieser Erscheinung einzugehen, verspare ich mir auf eine andere Gelegenheit.

Innerhalb der Trichterröhren, die sobald sie annähernd der Fadenachse parallel verlaufen, meist nicht mehr zu erkennen sind, befindet sich gewöhnlich noch eine, mehr weniger dicke, zarte concentrische Schichtung zeigende Hülle, die »scheinbar continuirliche Haut« Strasburger's, im folgenden innere Scheide genannt. Ueber ihren Ursprung bin ich nicht ganz ins Reine gekommen, in der Aufsicht ist sie mehr-weniger gelbbraun gefärbt; wie man auf Querschnitten sieht, ist die äusserste Schicht derselben am stärksten gefärbt und verliert sich die Färbung allmählig nach innen zu. Sie ist auch relativ fester und gegen die inneren negativ gespannt. Gelingt es nämlich, sie zu zersprengen, so entstehen übereinander stehende Ringe, die Risse verbreitern sich und aus den Spalten wölben sich die inneren, heller gefärbten Schichten schwach hervor. Das Breiterwerden der Spalten zeigt negative longitudinale, das Vortreten der inneren Partien negative tangentiale Spannung an.

Lässt man Eau de Javelle hinreichend lange Zeit — mehrere Stunden — auf die Scheiden (der Exemplare von Küssnacht) einwirken, so werden diese, nach Zerstörung des gelbbraunen Farbstoffes fast vollständig aufgelösst, der Zellfaden ebenfalls, und zurück bleibt nur eine feine Scheide, die erwähnte Grenzschicht zwischen innerer und äusserer Scheide. Sie erscheint in übereinanderliegenden Ringen feiner oder gröber punctirt, lässt man Chlorzinkjodlösung einwirken, so wird sie rothbraun, indem die einzelnen Pünktchen oder Tröpfchen sich färben. Dort, wo ein neues Fadenstück aus einem älteren herauskommt, sieht man dann die zarte Scheide des ersteren sich oft ziemlich weit in die trichterförmig erweiterte Scheide des letzteren hineinziehen.

In 20% Chromsäure liegend, löst sich die Scheide bald ganz zurück bleiben nur die zarten Membranen des Zellfaden selbst.

Der gelbe oder braungelbe Farbstoff der Scheiden wird durch Säuren allmählig in Grün verwandelt, Alkalien färben ihn mehr rothbraun und ziehen ihn theilweise aus. Beim Neutralisiren wird in beiden Fällen die ursprüngliche Nyance wieder hergestellt. Der Farbstoff entspricht also, wie zu erwarten war, genau dem von Nägeli[2]) aufgestellten Scytonemin.

Chlorzinkjodlösung bringt nur eine unbedeutende Quellung (wie Quellungsmittel überhaupt) besonders an der Fadenspitze hervor, die bald vom umgebenden Medium nicht mehr unterscheidbar ist. Das peripherische Häutchen wird nicht gefärbt, ist also nicht cutinisirt, nach oben verquillt es, wie die Trichterschichten vollständig, unter der Spitze bleibt es unverändert erhalten. In älteren Fadenstücken

1) loc. cit. p. 31.

2) Nägeli & Schwendener, Microscop, II, p. 505.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0333-8

wird alles, was gelb gefärbt ist, grauviolett, violettschwarz oder rauchgrau, je nach der Intensität der ursprünglichen Färbung heller oder dunkler. Die Reaction sah einer Cellulosereaction, bei der das reine Blauviolett durch beigemischtes gelbbraun verdeckt war, sehr ähnlich. Doch zeigte sich bald, dass der Farbstoff, das Scytonemin, durch das Jod nach Einwirkung des Chlorzinkes auf diese Weise verändert wurde.

Liess ich zu in Jodjodkaliumlösung liegenden Fäden langsam ziemlich verdünnte Schwefelsäure treten, so erhielt ich genau die Färbung wie mit Chlorzinkjodlösung, waren die Fäden jedoch lange in der Jodjodkaliumlösung gelegen und die Schwefelsäure concentrirt, so färbten sich die Scheiden tief braunroth, die Grenze zwischen innerer und äusserer Scheide sogar fast schwarz. Kurze Einwirkung von Eau de Javelle zerstörte den Farbstoff, die so entfärbten Fäden zeigten die Reaction nicht mehr. Mit schwefliger Säure war der Farbstoff nicht bleichbar, er wurde nur in die grüne Modification übergeführt und durch Auswaschen wieder gelb.

Scheiden, die mit Kalilauge behandelt worden waren, färbten sich, obwohl nach dem Auswaschen der Farbstoff scheinbar unverändert war, mit Chlorzinkjod, lössung nicht mehr grauviolett Wurden die Scheiden mit Salzsäure behandelt bis sie grün wurden, so zeigten sie mit Jodjodkalium allein die Umfärbung, diese trat auch ein, wenn man durch langes Auswaschen die Salzsäure so gut als irgend möglich entfernt hatte. Daraus geht hervor, dass sich das Scytonemin dem Jod gegenüber der Cellulose unähnlich verhält, indem bei ihm zum Gelingen der Reaction nicht die Gegenwart eines dritten Mittels (der Säure) nöthig ist. Eigenthümlich bleibt immerhin die Erscheinung, dass die Einwirkung der Kalilauge, ohne sichtbare Veränderung nach dem Neutralisiren, dem braungelben Farbstoffe die Fähigkeit entzieht sich mit Jod violettgrau zu färben. Die Kalilauge wirkt jedenfalls verändernd ein, denn während die frischen Scheiden mit Säuren erst allmählig grün gefärbt werden, tritt nach der Behandlung mit Kalilauge und gehörigem Auswaschen die Umfärbung sofort ein, wenn man verdünnte Salzsäure zutreten lässt.

Nägeli giebt (l. c.) das Vorkommen des Scytonemins auch bei einigen Gloeocapsen an, die er desshalb von den anderen, mit Gloeocapsin gefärbten, generisch trennt und unter dem Namen Xanthocapsa zusammenfasst. Dieser Gruppe gehört die von Nägeli seiner Zeit als Gloeocapsa lutescens bezeichnete Pflanze an, welche sich in den Aufsammlungen von Rosenlaui vorfand. Auch hier wurden die Membranen auf Zusatz von Chlorzinkjod hin in ein mehr weniger reines Violett umgefärbt, während die entsprechenden Partien bei den Gloeocapsin führenden beigemengten Gloeocapsen unverändert blieben. Wenn man nun nicht eine Verschiedenheit in der Cellulosemodification annehmen will, aus der die Hüllmembranen von Gloeocapsa und Xanthocapsa gebildet werden, so ist man gezwungen, den Grund für die Farbenveränderung in der Umfärbung des Scytonemins durch Jod, unter dem Einfluss einer Säure oder dergleichen, anzunehmen. Die Reaction, mit Chlorzinkjodlösung, und Jod und Schwefelsäure die auf den ersten Blick die Anwesenheit von Cellulose anzuzeigen schien, hatte also in Wahrheit gar nichts mit dieser zu schaffen.

Nach Strasburger soll die innere Scheide nicht gequollen sein. Einigen Aufschluss über die Dichte derselben gewährt die Bildung von Schlingen durch den Zellfaden, wie sie bereits von Nägeli[1]) beobachtet wurde. »In älteren Theilen von Petalonema ist nicht selten das Längswachsthum des Fadens noch immer beträchtlicher als das der Scheide.

1) Stärkekörner, p. 284.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0334-4

Dann krümmt er sich in verschiedenartiger Weise und bildet Schlingen, da er sich nicht gerade ausstrecken und hervortreten kann«. Auch ich habe hin und wieder die Bildung derartiger Schlingen beobachten können und dabei gefunden, dass die innere Scheide an ihr nicht theilnimmt und an solchen Stellen nur ganz wenig angeschwollen erscheint. Entweder ist nun die Substanz der inneren Scheide fest, dann muss man, um das Zustandekommen der Schlingen zu begreifen, annehmen, dass vom Zellfaden etwas wie ein Ferment ausgeschieden wird, womit er sich den Weg bahnt. Dieser Weg, den man sich mit einem Endchen Schnur leicht versinnbildlichen kann, müsste in der Substanz der Scheide dann noch wahrnehmbar sein, auch wenn er nachträglich wieder ausgefüllt würde. Etwas derartiges ist nie zu sehen. Oder man muss annehmen — und das wird dem Sachverhalt entsprechen — dass die Substanz der inneren Scheide so weich, das heisst so wasserreich ist, dass sie dem zartwandigen Zellfaden auf seinem Wege auszuweichen vermag, die geringe Anschwellung dürfte auf das vermehrte Volum des Zellfadens zurückzuführen sein. Wäre die innere Scheide fester als die äussere, so wäre zu erwarten, dass sie, oder die ganze Scheide, der Schlingenbildung des Zellfadens folgt. Findet dagegen die Knäuel- resp. Schlingenbildung am Ende eines Fadens statt, so rücken hier die neu angelegten Trichterschichten deutlich auseinander, sie sind also fester, d. h. substanzreicher als die innere Scheide.

Ich suchte mir auch Einblick über die Vertheilung des Imbibitionswassers in der Scheide durch Eintrocknenlassen frei aufgehängter Fäden zu verschaffen. Die im imbibirten Zustande elliptischen Querschnitt habenden Scheiden wurden bandförmig, indem beim Austrocknen die grössere Achse der Querschnittsellipse sich viel weniger (um $^1/_8$) zusammenzog als die kleinere (um $^4/_5$). Dabei war das Band an den Rändern wellig verbogen und diese selbst beschrieben Schraubenlinien. Die vom Zellfaden gebildete Achse, und damit das ganze, gewundene, bald etwas verbogene, bald gerade Band hatte sich ebenfalls (um $^1/_3$ der ursprünglichen Länge) verkürzt. Die Oberfläche war fein runzelig, die Grenze zwischen innerer und äusserer Scheide so undeutlich, dass ich keine Messungen anstellen konnte, um etwa direct den Wassergehalt derselben getrennt zu bestimmen.

Das beschriebene Verhalten der ganzen Scheide zwingt uns zu der Annahme, dass sie aus zwei Theilen besteht, einem weicheren, wasserreicheren inneren und einem festeren, substanzreicheren äusseren Theil. Die Scheide klappt zusammen, wie ein dünnwandiger seines Inhaltes beraubter Schlauch. Beim Wasserverlust folgt die feste, peripherische Schicht der Querschnittsänderung, bis die negative Spannung ausgeglichen ist, dann bis die kleinsten Substanztheilchen sich einander soweit als möglich genähert haben. Der weiteren Volumabnahme der inneren

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0335-0

Schichten, die dann immer noch Wasser abgeben, kann die äussere nun nicht mehr folgen, da sie ihre kleinstmögliche Oberfläche erreicht hat (höchstens noch etwas durch Runzelbildung), und weil sie schon im imbibirten Zustand elliptischen Querschnitt hatte, folgt sie der weiteren Wasserabgabe durch Zusammensinken in der Richtung der kleineren Achse. Wäre die peripherische Schicht die wasserreichste wie das nach Strasburgers Ansicht der Fall sein müsste, so würde die Querschnittsform der »gequollenen« Scheide auch die der eingetrockneten sein, da ringsum auf concentrischen, ähnlichen Ellipsen gleicher Substanzgehalt sich vorfinden müsste.

Die Umgestaltung des flachen Bandes zu einem schraubig gedrehten sowie die Wellung seiner Ränder, zeigen uns, dass auch in longitudinaler Richtung eine peripherische Schicht die dichteste sein muss. In einem bestimmten Fall betrug die Neigung der von den Rändern gebildeten Schraubenlinie zur Fadenachse 20°. Ob die feste Schicht allein von dem Oberhäutchen gebildet wird, oder ob auch der Trichtersaum an ihrer Bildung theilnimmt, wage ich nicht zu entscheiden, das erstere ist mir jedoch angesichts der geringen Dicke des Häutchens zweifelhaft.

Bei Einwirkung von absolutem Alkohol auf imbibirte Petalonemafäden, verloren die Spitzen der Scheiden weniger Wasser als deren ältere Theile. In einem bestimmten Falle verlor eine Spitze, indem ihr Radius) von 14 auf 8 sank, fast genau $^2/_3$ ihres Volumes an Wasser, letztere, indem ihr Radius von 19 auf 9 herabging, $^7/_9$ ihres Volumens (statt $^6/_9$-jene also 67,4, dieses 77,6 Volumprocente. Nach den bei Gloeocapsa erhaltenen Resultaten, dürfen wir annehmen, dass die Volumverminderung bei Einwirkung von Alkohol ungefähr proportional ist derjenigen beim Austrocknen, die durch gesteigerte Imbibition ermöglichte Volumzunahme beträgt also 1,5. Dabei ist jedoch nicht zu vergessen, dass wahrscheinlich der Alkohol weicheren Membranen ihr Imbibitionswasser unter einer verhältnissmässig geringeren Volumverminderung als dichteren entzieht, die Zahl 1,5 dürfte daher etwas zu klein sein. Ferner lässt sich, streng genommen, die lineare Zusammenziehung in beiden Fällen gar nicht mit einander vergleichen, da in Folge der nachträglichen Orientirungsänderung, die Zusammenziehung in zwei auf einander fast senkrechten Richtungen gemessen wurde, obschon beidesmale senkrecht zum Zellfaden.

Entwicklungsgeschichte der Scheiden.

Der Zellfaden zeigt nur an der Spitze Längenwachsthum durch Zelltheilung. Die Scheitelzelle schneidet Segmente ab, deren jedes sich noch wenigstens zweimal theilt, also mindestens 4 Trichterzellen bildet. Die Theilung kann jedoch auch noch häufiger eintreten. Es ergiebt sich dies aus dem Verhalten der Zellen an der Fadenspitze, wo immer zwei oder vier Zellen aneinander gerückt und durch stärkere Einschnürungen um die Gelenkflächen getrennt sind. (Fig. 4—7). Nach der Theilung

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0336-5

sind die entstehenden Segmente stets scheibenförmig, allmählig werden sie so hoch als breit und können schliesslich selbst viermal so lang als breit werden, ohne sich nochmals zu theilen (Fig. 10, 13).

Die Trichterschichten entstehen in der von A. Braun geschilderten Weise. Alle Zellen, von der Endzelle bis auf eine, wahrscheinlich im selben Fadenstück gleichbleibende Entfernung von derselben betheiligen sich an ihrer Bildung, indem sie auf ihren Seiten — nicht auch auf ihren Gelenkflächen Gallerte bilden, und zwar rundum nicht gleichmässig, sondern in einer Richtung am meisten, in einer auf der ersteren senkrechten am wenigsten. In Folge davon ist der Querschnitt der Scheide elliptisch, während der des Zelllumens fast rund sein kann. Gewöhnlich ist auch dieser elliptisch, und zwar zumeist mit gleichsinnig gestellten Achsen, als Ausnahmefall fand ich aber auch, dass die längere Achse der Querschnittsellipse des Zellfaden in der kürzeren Achse der Querschnittsellipse der Scheide lag.

Scheinbar entsteht der junge Trichter durch Apposition, wie er in Wirklichkeit entsteht, liess sich direct nicht beobachten. Bei der Selbständigkeit des Zellfadens in der Scheide, in der er sich vor und rückwärts bewegen kann, hat die Annahme einer Apposition viel Wahrscheinliches für sich, sie braucht sich jedoch nur auf die allerersten Anfänge zu erstrecken. Sowie die ersten Schichten der kleinsten Substanztheilchen apponirt sind, steht dem Wachsthum durch Intussusception nichts mehr im Wege, und wenn die spätere Volumzunahme der Trichter durch letztere zu Stande kommt, wie ich im Folgenden zu zeigen hoffe, so ist dieser Wachsthumsmodus auch für die eben angelegten Trichter wahrscheinlicher als der vermittelst Apposition.

Je näher eine Zelle der Scheitelzelle liegt, desto dicker ist der von ihr gelieferte Theil der Trichterschicht. Genaue Angaben über diesen Punkt zu machen, ist schwierig. Nägeli giebt an, dass die obersten Zellen 10mal mehr Substanz bilden als die 200 μ von der Spitze entfernten. Die Scheitelzelle ist stets von einer dicken, im Lichtbrechungsvermögen den Grenzschichten zwischen den einzelnen Trichtern entsprechenden Haut überzogen, die sich, etwas dünner, auch über die Trichtersäume hinzieht, das schon besprochene Oberhäutchen. Entstehen die Trichter durch Apposition, so ist es wahrscheinlich, dass sie kappenförmig über die Endzelle hinweg, angelegt werden. Entstehen sie dagegen durch Differenzirung, so brauchen wir diese Annahme nicht zu machen. Für die erstere Entstehungsweise spricht der Umstand, dass die jüngeren Grenzschichten zwar allgemein senkrecht auf das Oberhäutchen zu verlaufen, jedoch schliesslich meist etwas einwärts (gegen die Scheitelzelle gebogen sich anlegen und dasselbe nach der Scheitelzelle zu allmählig ein wenig dicker wird. Als Ausnahmsfall habe ich hin und wieder auch beobachtet, dass mehrere Grenzschichten deutlich über die Scheitelzelle

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0337-1

verliefen. (Fig. 14). Das Oberhäutchen wäre dann eine zusammengesetzte Membran, etwa wie die Cuticula nach Strasburgers früherer Annahme, dass es jedenfalls durch Intussusception wachsen muss, glaube ich zeigen zu können. Entstehen die Trichter bei starkem Längewachsthum des Fadens, dann fallen sie gewöhnlich dick aus und das parabolische Fadenende ist spitz (Fig. 4.) werden sie bei schwachem oder gar sistirtem Längenwachsthum gebildet, so werden sie dünner, das Fadenende stumpf, flach oder gar eingestülpt (Fig. 5). Die Annahme einer Trichterbildung durch Differenzirung dagegen, wie sie Hofmeister gemacht hat dürfte die Beschaffenheit der »Grenzschichten« besser erklären, die sich offenbar nicht als Contactflächen auffassen lassen, noch weniger als selbstständige Trichterschichten. Vielleicht lässt sich an frischem Material die Frage definitiv entscheiden.

An Fäden, die eben aus alten Scheiden hervorgebrochen waren, sowie bei einem Theil der Pflanzen von Küssnacht, liess sich die Schichtung nur sehr schwer oder gar nicht wahrnehmen — var. continuum Naeg. Es waren hier eben die stärker lichtbrechenden Grenzschichten nicht unterscheidbar, wo sich jedoch Spuren davon nachweisen liessen, waren sie auch normal orientirt. Jedenfalls geht hieraus, wie ich meine, zur Evidenz hervor, dass die einzelnen Trichter nicht so individualisirte Bildungen sein können, wie es Strasburger annimmt.

Die stärker lichtbrechenden Grenzschichten zeigen nach Naegeli eine Kerbung, die den Zellen entspricht, von denen sie gebildet wurde. So kann man häufig in jüngeren Schichten noch verschieden tiefe Kerben sehen, die den seichteren oder stärkeren Einschnürungen um die verschieden alten Gelenkflächen herum entsprechen, und hat so gewissermassen einen Abklatsch des Zellfadens, wie er früher war. Gewöhnlich ist die Kerbung nur in den jüngsten Schichten deutlich, ob und wie stark sie ausgebildet wird, scheint von der Form der Gliederzellen abzuhängen; sind diese cylindrisch, so ist keine Kerbung wahrzunehmen (Exemplare von Küssnacht), sind sie tonnenförmig, dann tritt auch sie hervor. Das Auftreten derselben lässt a priori die Anlage der Trichter durch Apposition wahrscheinlich erscheinen. In den einzelnen Trichterschichten sieht man, mehr weniger deutlich, senkrecht zu denselben feine den Kerben entsprechende Linien, die allmählich undeutlich werden, meist ehe sie noch den inneren Rand erreicht haben (Fig. 4). Sie trennen die Antheile der einzelnen Zellen an der Bildung der weicheren Gallerte. Aus ihnen entsteht die in ausgewachsenen Trichtersäumen zuweilen deutlich bleibende »Längsstreifung« Naegeli's.

Der Trichter ist in dem Zustande, wo er durch einen neu gebildeten vom Zellfaden getrennt wird, wo er also keinesfalls mehr durch Apposition wachsen kann, meist sehr dünn. Stets gehen mit ihm nachträgliche Veränderungen vor sich, was Gestalt und Volum betrifft, so dass

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0338-7

schliesslich aus den unter Fig. 4 und 6 dargestellten Anfangsstadien die unter Fig. 9 und 10 gezeichneten Formen hervorgehen können. Der untere Theil des Trichters bleibt unverändert, oder erlangt noch stärkere Neigung zur Fadenachse, und bildet so das Trichterrohr; der obere Theil stellt sich fast senkrecht zur Fadenachse und wird dicker, besonders nach innen zu, so dass die zwei Grenzschichten, die ehedem einen spitzen Winkel mit einander bildeten, parallel erscheinen und meist plötzlich in das Trichterrohr umbiegen.

Wir wollen nun sehen, wie weit man sich über die Vorgänge hierbei Rechenschaft geben kann, und die Veränderung der Gestalt und des Volums zunächst auseinanderhalten.

Den Anstoss zu der Gestaltsänderung bildet jedenfalls die stetige Neubildung von Trichtern, wodurch die äusseren gezwungen werden, mit der Fadenachse immer grössere Winkel zu bilden. Dieser von innen nach aussen wirkende Druck kann jedoch nicht für die ganze Gestaltsveränderung verantwortlich gemacht werden, wie Strasburger will. Ohne Volumzunahme in radialer Richtung, also entgegen dem Drucke, könnte bei dem stetigen Höherrücken der Trichterbildung überhaupt nur eine geringe Verschiebung, jedenfalls keine wagerechte Orientirung der Trichtersäume zu Stande kommen. Aber auch mit Zuhilfenahme dieser Dickenzunahme — sei es durch Wachsthum oder Quellung — kann bloss ein bogenförmiger Verlauf der Schichten construirt werden, die scharfe Knickung aber an der Uebergangsstelle von Trichterrohr in den Saum verlangt plötzlich gesteigertes Wachsthum.

Wir haben noch andere Zugkräfte zur Verfügung, einerseits in dem negativ gespannten Oberhäutchen, andererseits in dem positiv gespannten Zellfaden. Das Vorhandensein der ersteren Spannung habe ich bereits nachgewiesen, das der letzteren geht aus der ebenfalls bereits erwähnten Bildung von Schlingen durch den Zellfaden hervor.

Wir haben uns nun das Zustandekommen der Trichtersäume wohl so zu denken, dass, nachdem durch die neue entstandenen Trichter die älteren eine schräge Lage gebracht worden sind, der Zug des Zellfadens die einzelnen Trichterschichten in die Höhe zu ziehen trachtet, diese werden jedoch durch das peripherische Häutchen daran verhindert, demselben ganz Folge zu leisten, und werden deshalb nur zum Theile, innen, gehoben werden. Der innerste Theil wird noch steiler werden, fast parallel der Fadenachse, der äussere wagerecht oder selbst zurückgebogen, der Uebergang plötzlich. Dass das peripherische Häutchen in diesem Sinne wirksam sein kann, erfuhr ich, als es mir einmal gelang, durch Druck dasselbe nahe an der Spitze, dort wo ein neues Fadenstück angelegt war, zu zersprengen. Die älteren Trichterschichten traten am Rand insgesammt von den jüngeren weg und bogen sich in einer Wellenlinie nach unten (Fig. 14).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0339-5

Was die Volumzunahme anbetrifft, so legt Strasburger ebenfalls Gewicht auf die von den neuhinzukommenden Schichten ausgeübte Dehnung, welche die Wassereinlagerung erleichtern soll. Je weiter wir nach Aussen gehen, desto dicker werden die Trichterschichten, dieses Dickerwerden hat aber mit der Dehnung nichts zu thun, ja es findet sogar entgegen der Dehnungswirkung statt. Denn denkt man sich auf eine Anzahl concentrisch angeordneter Reihen kleinster Substanztheilchen von innen, ringsum gleichmässig, einen Druck ausgeübt, so werden diese Theilchen in tangentialer Richtung auseinandergedrängt, in radialer Richtung aber einander genähert werden. Man kann also an eine Begünstigung des Wachsthumes — sei es durch Substanzeinlagerung oder Wasseraufnahme — in tangentialer Richtung denken. Findet aber auch in radialer Volumzunahme statt, so muss dieselbe, entgegen dem herrschenden Drucke, stattgefunden haben. Wäre Strasburger's Annahme richtig, so könnten die Trichterschichten höchstens so dick bleiben, als sie nach ihrer Trennung vom Plasma waren, aber nicht dicker werden. Die Volumzunahme in radialer Richtung findet jedoch nicht nur, entgegen einem Drucke, von innen nach aussen statt, sondern das peripherische, negativ gespannte, feste Oberhäutchen übt einen Druck von aussen nach innen aus. Sie findet also entgegen einem doppelten Drucke statt.

Die Annahme einer Volumvermehrung durch Wassereinlagerung in Folge von Dehnung würde für die äusseren Theile des Trichtersaumes einen grösseren Wassergehalt bedingen als für die inneren, während in der That die entgegengesetzte Vertheilung vorzuliegen scheint. Der ringförmige Trichtersaum muss einmal als Hohlkegel das Fadenende umgeben haben. Die Dicke der Schicht am unteren Ende dieses Hohlkegels mag die Hälfte der Dicke am oberen Ende betragen haben. ($^1/_2\ ab = cd$, Fig. 17). Später, wenn der Saum sich vollständig entwickelt hat, sind beide nun parallel der Fadenachse gestellte Enden gleich dick geworden ($a'b' = c'd'$, Fig. 18). Hat sich daher das obere Ende um ein gewisses Vielfaches (in der schliesslich der Fadenachse parallelen Richtung) ausdehnen müssen (von ab auf $a'b'$), so musste das untere, ursprünglich nur halb so dicke, sich um das Doppelte ausdehnen (von cd auf $c'd' = a'b'$). Die beiden inneren Punkte der Enden b, c in Fig. 17 befanden sich ursprünglich gleichweit von der Fadenachse entfernt; in demselben Maasse, als der Trichtersaum sich horizontal stellte, beschrieb c einen Bogen nach aussen, während b seine Lage nicht veränderte. Wenn c endlich 5 mal so weit von der Fadenachse entfernt ist, als b, so bildet das obere Ende der ursprünglich cylindrischen Schicht nun einen Kreis von 5 mal grösserem Umfange als das untere Ende, das obere muss also in tangentialer Richtung 5 mal mehr Wasser einlagern als das untere. Da aber letzteres in longitudinaler Richtung doppelt so viel Wasser einlagern muss als ersteres, so folgt daraus, dass die ehemals oberste, nun äusserste

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0340-6

Schicht des Trichtersaumes, 2,5 mal so viel Wasser aufnehmen muss als die ehemals unterste, nun innerste Schicht, ohne Rücksicht ob in tangentialer oder longitudinaler Richtung.

Damit stehen die Erfahrungen, die ich an frei aufgehängten und getrockneten Fäden gewann, in directem Widerspruch, da sie, wie ich bereits darlegte, die Existenz einer dichtesten Schicht zu äusserst verlangen.

Die Kerbung der jungen Trichter ändert sich ebenfalls mit zunehmendem Alter, und zwar in der Weise, dass die Kerbung der unteren, nun inneren Hälfte, tiefer, enger und schärfer gezähnt erscheint, die der obern, nun äusseren Hälfte, dagegen schwächer, flacher, nach aussen zu hört sie fast ganz auf. Diese Ausgleichung der Kerbzähne gegen die Peripherie hin erfordert unbedingt eine Volumzunahme; es ist nur die Frage, ob durch Wasseraufnahme oder Substanzeinlagerung, beides muss jedoch entgegen dem vom Oberhäutchen nach innen ausgeübten Drucke, dessen Existenz ich nachgewiesen habe, vor sich gehen. Da die übrigen Resultate für die Existenz einer dichteren peripherischen Schicht sprechen, so ist die Ausgleichung der Kerbzähne durch Intussusceptionswachsthum ungleich wahrscheinlicher.

Die Dicke der Trichtersäume kann sehr beträchtlich werden, in einem bestimmten Falle (bei der französischen Pflanze) betrug sie sogar 32 μ. Dabei war der Saum von dem abgegrenzten Oberhäutchen überzogen. Das Stück desselben, das nun als ein Cylindermantel von 32 μ Höhe den ausgewachsenen Trichtersaum bedeckte, musste einmal als Ring den Scheitel des Fadens umgeben haben. Eine Anzahl an anderer Stelle mitgetheilter Messungen berechtigt mich, die Breite des Ringes in diesem Zustande auf höchstens 1,6 μ und seinen Abstand von der Fadenachse zu 5,6 μ anzuschlagen. Die Oberfläche desselben zu 1 angesetzt, betrug diejenige des Cylindermantels 84. Hätte das Oberhäutchen den grossen Flächeninhalt bloss durch Dehnung erlangt, so könnte es nur mehr $^1/_{85}$ seiner ursprünglichen Dicke besitzen, oder es müsste ehemals 85 mal dicker gewesen sein als es jetzt ist. Appositionswachsthum jeder Art ist ausgeschlossen. Nun ist es im jüngsten Zustande wohl etwas dicker als im älteren, jedoch kaum um mehr als die Hälfte. Das Oberhäutchen ist also durch Intussusception in die Fläche gewachsen. Ausserdem scheinen noch chemische Veränderungen vor sich zu gehen, da es später in Chlorzinkjodlösung oder Salzsäure nicht mehr verquillt. Die Substanzveränderung, die dabei stattfindet, ist jedenfalls keine Cutinisirung im gewöhnlichen Sinne des Wortes; mit keiner Reaction konnte ich dieselbe nachweisen. So dicke Trichtersäume, wie der eben erwähnte, sind freilich nicht häufig, aber selbst für dünnbleibende Trichtersäume ist die Oberflächenzunahme des Häutchens ansehnlich genug, um die Annahme von Intussusceptionswachsthum zu erfordern.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0341-2

Der braungelbe Farbstoff tritt zuerst in den Trichterrohren und deren Uebergangsstellen in die Trichterräume auf. Häufig (bei den Exemplaren von Erlenbach, aus dem Sihlwald, von Aveyron) sind bereits die jüngsten Schichten deutlich gefärbt.

Was die Bildung der inneren Scheide anbetrifft, so nehmen Naegeli und Hofmeister für sie eine von den Trichterschichten unabhängige Entstehung an, die zarte Längsstreifung, die man an der Profilansicht zuweilen erkennen kann, steht, nach letzterem Autor, in keiner Beziehung zu diesen. Strasburger dagegen nimmt den unteren (wie er sagt inneren) Theil der einzelnen Trichter als innere Scheide in Anspruch. Es will schwer halten, durch Beobachtung sich ein directes Urtheil zu bilden. Dort, wo die Grenzen zwischen den einzelnen Trichterröhren aufhören, sieht man deutlich, dass sich nicht eine an die nächst untere anlegt, sondern da, wo sie, annähernd parallel, verschwinden, sind sie noch ein Stück von einander entfernt. Dabei kann sich einmal eine Linie viel weiter nach unten hin verlängern, als die vorhergehende und nachfolgende, während ein andermal eine Grenzschicht sich nicht einmal bis in das Trichterrohr hinein fortsetzen kann. Ehe man an eine Erklärung dieses Verhaltens gehen kann, muss erst Natur und Entstehung der Trichter selbst definitiv festgestellt werden.

So wächst das Fadenstück bis gegen das Ende einer Vegetationsperiode weiter. Dann wird das Längswachsthum des Fadens sistirt, die Schichtenbildung dauert noch etwas fort und hört dann auch auf. Bei den Exemplaren von Küssnacht war das Scheidenende meist eingestülpt, zuweilen sogar doppelt eingestülpt. In der Seitenansicht sah es dann bei zu hoher oder zu tiefer Einstellung so aus, als ob die Scheitelzelle von zahlreichen kappenförmigen Schichten überwölbt sei. Stellte man aber genau auf die optische Längsachse ein, so sah man die Scheitelzelle in einer Grube oder in einem Grübchen an der Spitze eines in einer Grube liegenden Hügels liegen (Fig. 11). Die Trichterschichten treffen dann senkrecht oder unter einem etwas spitzeren Winkel auf das etwas verdickte Oberhäutchen. Wird später das Wachsthum fortgesetzt, so streckt sich die Scheitelzelle wieder hervor, das Grübchen wird ausgefüllt (bei dem Fig. 12 zu Grunde liegenden Petalonemafaden ist dies zweimal geschehen), der Ringwall wird erweitert und nimmt selbst an Dicke zu. Manchmal entwickeln sich bereits im alten Fadenstücke die Trichtersäume des neuen (Fig. 19), gewöhnlich erfolgt jedoch ihre Bildung erst ausserhalb.

Bei den Pflanzen aus dem Sihlwald konnte ich häufig die Scheide über der Endzelle gesprengt und den Zellfaden etwas hervorgetreten sehen, Fig. 15 und 16 zeigen das Verhalten. Der Riss erfolgte immer in der Richtung der kleineren Achse des elliptischen Scheidenquerschnittes. Das herausgetretene Fadenstück zeigte nur seine eigenen zarten Mem-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0342-8

branen, die Scheidenbildung hatte nirgends begonnen. Ich weiss nicht, ob wir hier einen normalen Vorgang bei der Bildung neuer Fadenstücke — jedenfalls nicht neuer Trichter — vor uns haben oder ob die Fäden bei der Präparation beschädigt wurden. Dies ist Hofmeister's Meinung, der Aehnliches beobachtete, aber sicher so wenig wie ich frisches Material zur Entscheidung der Frage zur Verfügung hatte.

Die einzelnen Abschnitte der Scheide sind sehr ungleich weit individualisirt, je nach dem Standort, so dass sie bald deutlich, bald kaum erkennbar sind. An den Rasen der Pflanze von Küssnacht, die ganz rein waren und aus dichtgedrängten ungefähr gleich hohen Fäden bestanden, konnte ich mich überzeugen, dass im selben herausgegriffenen Büschel die Länge der Fadenstücke und die Ausbildung der correspondirenden Enden derselben gleich war, jedoch nur für einen kleinen Fleck der Aufsammlung. Ich schliesse daraus, dass die Abschnitte nicht von jedem Faden individuell gebildet wurden, sondern auf eine äussere Veranlassung hin, welche die Nachbarfäden ebenso traf, und die wohl in Schwankungen des zu Gebote stehenden Wasserquantums zu suchen sein wird.

Bei der Bildung eines neuen Scheidenstückes greift, wenn es scharf abgesetzt werden soll, die Gallertbildung weit über die Länge des letztgebildeten Trichters in das alte und selbst in das nächst ältere Fadenstück zurück. Es scheint zuerst dichtere Substanz, das Oberhäutchen, zu entstehen, da man dasselbe unter günstigen Umständen oft weit in die innere Scheide des älteren Fadenstückes hinein verlaufen sieht. Man kann die jungen Abschnitte, wenn sie nur wenig erkennbar sind, durch wässerige Nigrosinlösung kenntlich machen, je jünger sie sind, desto intensiver werden sie gefärbt. Auf diese Weise wurde das unter Fig. 12 wiedergegebene Präparat erhalten.

In ganz seltenen Fällen habe ich die dichteren Grenzschichten der einzelnen Trichter um die Endzelle herum verlaufend gesehen, dieselbe war dann wirklich von einer Anzahl kappenförmiger Schichten bedeckt, über die sich das Oberhäutchen eben noch erkennbar hinzog. Von einer Sprengung derselben konnte ich nichts sehen, die letzten normal gebildeten Trichter setzten sich auch in diesen Fällen senkrecht oder unter spitzerem Winkel an das Oberhäutchen an. Wie sich diese Enden bei weiterem Wachsthum verhalten würden, weiss ich nicht, vielleicht wachsen sie überhaupt nicht mehr weiter und treten junge aus der alten Scheide hervorbrechende Fäden an ihre Stelle.

Substanzeinlagerung oder Wasseraufnahme?

Wir haben bereits im Vorhergehenden gefunden, dass eine Volumzunahme der Trichtersäume durch Wasseraufnahme gerade die entgegengesetzte Vertheilung des Imbibitionswassers in der Scheide verlangen würde, als sie thatsächlich vorliegt, und dass die Flächenvergrösserung

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0343-4

des Oberhäutchens ohne entsprechende Dickenabnahme mit Intussusceptionswachsthum verbunden sein muss. Auch die Ausgleichung der Kerbung gegen den Rand der Trichterschichten hin verlangt die Annahme desselben. Im Nachfolgenden gehe ich näher auf die Volumzunahme der Trichtersäume ein.

Zunächst muss die Volumzunahme bei Umbildung eines Trichterstückes in einen Trichtersaum ihrer Grösse nach bestimmt werden. Ich stellte zunächst das Volum des fertig ausgebildeten Saumes für specielle Fälle fest und fand:

1. (fast wagerecht	7. z.)	133.	
2. (wagerecht	7. z.)	476.	
3. (schief	12. z.)	510.	
4. (wagerecht	11. z.)	924.	
5. (wagerecht	15. z.)	1320.	
6. (wagerecht	14. z.)	1560.	
7. (schief	16. f.)	3380.	
8. (schief	35. f.)	5040.	
9. (wagerecht	17. f)	10400.	
10. (schief	30. f.)	15200.	

Als Längeneinheit diente hier wie überall im Folgenden der Abstand zweier Theilstriche meines Micrometers am Ocular 2, mit Immersion 9, Hartnack, gleich 1,6 μ, ein Umrechnen in μ hielt ich nicht für nöthig, da es sich ja nur um Vergleichung der auf gleiche Weise gewonnenen Resultate handelt. In Klammern ist beigesetzt: 1) die Orientirung der Trichtersäume; 2) die Länge derselben; 3) der Standort, (z bedeutet Exemplare von Küssnacht, f von Aveyron).

Da ähnliche Ellipsen sich verhalten wie die Quadrate gleichnamiger Achsen, so nahm ich, zur Vereinfachung der Rechnung, hier wie bei Berechnung der Anfangsstadien, den Querschnitt als Kreis statt als Ellipse an. Es wurde immer die halbe lange Achse bestimmt. Das gesuchte Volum des Trichtersaumes ergab sich aus der Formel $V = (R^2 - r^2)\, d . \pi$, wobei R von der Fadenachse bis zum Oberhäutchen, r von ihr bis zur Grenze zwischen innerer und äusserer Scheide gemessen wurde, beide stets senkrecht zu ihr. d, die Dicke des Saumes, wurde in der Weise gefunden, dass eine Anzahl Schichten parallel der Fadenachse gemessen wurden und durch Division mit der Anzahl der Schichten eine mittlere Dicke bestimmt wurde. π konnte wegbleiben, da es auch bei der Berechnung der Volumina der ursprünglichen Trichterstücke vorkam. Die Daten, aus denen ich die mitgetheilten Volumina berechnete, waren folgende:

No.	R	r	d	No.	R	r	d
1	13	6	1	6	20,5	5,5	4
2	12	5	4	7	19,5	6,5	10
3	13	4	2⁰/₆	8	22	8	12
4	16	5	4	9	26,5	9,5	17
5	18,5	3,5	4	10	29	9	20

Ferner mussten aus den Trichterschichten, sobald durch die Anlage neuer Schichten die Möglichkeit des Appositionswachsthums angeschlossen war, Stücke abgemessen werden, die den späteren Trichtersäumen entsprachen. Da nun, wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, die Länge dieser Säume sehr verschieden sein kann, so berechnete ich zunächst das

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0344-0

Volum des Trichterstückes auf die Längeneinheit 1 bei mittlerer Dicke, hieraus konnte dann für jeden der oben berechneten Trichtersäume das Volum seines Anfangsstadiums durch Multiplikation mit seiner Länge gefunden werden. Das Volum für die Längeneinheit 1 war

No. 1 (z.) $V = 2{,}4$. No. 2 (f.) $V = 4{,}6$. No. 3 (z.) $V = 5$.

Bestimmt wurde das Volum nach derselben Formel, wie oben dasjenige des Saumes, $V = (R^2 - r^2)\,h\,.\,\pi$, wobei h also zunächst gleich 1 zu setzen war, π wegfiel. R und r wurden auf folgende Weise ermittelt: Der Durchmesser von einem Punkt auf der inneren Fläche des jungen Trichters bis zu einem correspondirenden, diametral gegenüber, ebenfalls auf der inneren Fläche liegenden Punkte war gleich 2 r und konnte direct gemessen werden, etwa 10 Theilstriche von der Fadenspitze entfernt. Hierauf wurde die Dicke der Trichterschicht (R—r) in der Weise ermittelt, dass, senkrecht auf die Schichten, 10 Theilstriche von der Spitze entfernt, eine Anzahl Schichten gemessen wurden, durch Division erhielt ich die Dicke in einer mittleren Zahl. R wurde dann durch Addition von R—r und r gefunden.

Die mitgetheilten 3 Volumina wurden aus folgenden Daten berechnet:

No.	Anzahl der Theilstr.	Anzahl der Schichten	r	R—r	R
1	10	16	$1\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$2\frac{3}{8}$
2	10	12	$2\frac{2}{6}$	$\frac{5}{6}$	$3\frac{1}{6}$
3	10	10	2	1	3

Es wurde immer die zweitinnerste Schicht berechnet; R und r mussten also um ein beträchtliches zu gross ausfallen, da sie durch die neue Schicht bereits nach aussen geschoben worden waren, ebenso war $R - r$ zu nahe der Spitze gemessen worden; das Volum dürfte also zu der Zeit, wo die Möglichkeit eines Appositionswachsthums aufhört, beträchtlich geringer sein als wir oben angaben.

Nun galt es, endlich zu bestimmen, ein wie grosses Volum der Trichtersaum in jedem einzelnen Falle ursprünglich hatte. Da ich für ein gleichlanges Stück bei drei verschiedenen Schichten 3 verschiedene Werthe erhalten habe, so habe ich auch für jeden fertigen Saum 3 verschieden grosse Anfangsstadien. Die hierauf bezüglichen Messungen, sowie die daraus resultirende Volumzunahme, theile ich im Folgenden übersichtlich mit.

V	B	v_1	v_2	v_3	V/v_1	V/v_2	V/v_3
133	7	16,8	32,2	35	7,9	4,1	3,8
476	7	16,8	32,2	35	28,4	14,7	13,7
510	12	28,8	55,2	60	17,7	9,3	8,5
924	11	26,4	50,6	55	35	18,2	16,6
1320	15	36	69	75	36,6	19,1	17,6
1560	14	33,6	64,4	70	46,7	24,2	22,3
3380	16	38,4	73,6	80	88	45,9	42,3
5040	35	84	161	175	60	31,4	28,2
10400	17	40,8	78,2	85	252	133	122
15200	30	72	138	150	211	110	101

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0345-5

Dabei bedeutet V das Volum des ausgewachsenen Trichtersaumes, B die Länge desselben, v_1, v_2, v_3 das Volumen des entsprechenden Stückes der jungen Trichterschicht, V/v_1, V/v_2, V/v_3 aber die Volumzunahme von den Anfangsstadien v_1, v_2, v_3 auf das schliessliche Volum V. Durch die nachträgliche Ausgleichung der Kerbung war zwar die obere Hälfte der Schicht verlängert, durch das Tieferwerden der Kerben nach innen zu aber die untere Hälfte verkürzt worden. Verlängerung und Verkürzung dürften sich ungefähr ausgleichen.

War der Trockensubstanz-Gehalt der Trichterschichten im Anfangsstadium bekannt, so konnte man durch die Volumzunahme den Substanzgehalt der fertigen Trichtersäume berechnen, falls bloss Wasser aufgenommen würde. Ich nehme ersteren zu 25 % an und glaube damit eher einen zu hohen Werth als einen zu niedrigen gewählt haben. Denn es wurde nicht das Volum des innersten Trichters, sondern das des vorletzten bestimmt, bei welchem bereits Volumzunahme stattgefunden haben musste, und zwar beträgt die Volumdifferenz etwa $^2/_5$, der eben fertig gebildete Trichter hätte dann 35 % Trockensubstanz. Dann wären aber auch die Zahlen v_1, v_2, v_3 um $^2/_5$ kleiner anzunehmen, dadurch würden die Zahlen V/v_1, V/v_2, V/v_3 aber um $^2/_5$ grösser, was auf der einen Seite durch grösseren Gehalt an Trockensubstanz gewonnen würde, ging auf der anderen durch grössere Volumzunahme wieder verloren.

Geben wir also den ursprünglichen Trichterstücken in dem Zustande, in welchem ihr Volum berechnet wurde, 25 % Trockensubstanz, so hätte nach einer Volumzunahme von 1 auf 3,8, der kleinsten berechneten, die resultirende Membran 6,6 % Substanz, bei einer Zunahme auf das 5fache 5 % Substanz, auf das 10fache 2,5 % Substanz, auf das 15fache 1,6 %, auf das 20fache 1,2 %, auf das 30fache 0,8 %, auf das 40fache 0,6 %, auf das 50fache 0,5 %, auf das 100fache 0,25 %, auf das 200fache 0,125 % und endlich auf das 250fache, die grösste beobachtete Volumzunahme, 0,1 % Substanz.

Für eine mittlere Volumzunahme aus den drei niedrigsten und drei höchsten im Vorstehenden mitgetheilten Werthen berechnet, — von 1 auf 102 — lässt sich die Procentzahl für die Trockensubstanz der äusseren Scheide zu 0,245 angeben. Das müsste etwa der Mittelwerth für die äussere Scheide überhaupt sein, ein Werth, der für nach dem Austrocknen zum ursprünglichen Volum wieder aufquellende Cellulose viel zu gering ist, wie wir es bei Gloeocapsa sahen. In den aufgequollenen Gallertschläuchen der Theilfruchtepidermis von Salvia Horminum befanden sich, nach einer Angabe von Strasburger[1]), selbst noch mindestens 1,5 % Substanz, also mehr als 6 mal so viel als die Trichtersäume im Mittel enthalten dürften, falls sie ihr Volum durch »Quellung« vermehrten.

Ich versuchte auch direct die procentige Zusammensetzung der äusseren Scheide zu bestimmen, und zwar auf folgende Weise: Ich

1) Bau und Wachsthum, p. 72.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0346-1

ermittelte den Trockensubstanzgehalt für einzelne Ansammlungen und erhielt dadurch, da die Petalonemarasen ganz rein waren, die mittlere Procentzahl für einen Faden sehr genau zu 15,26 %. Das Zelllumen, etwa 0,3 Volumprocent des imbibirten Fadens betragend, konnte vernachlässigt werden. Das Volumverhältniss der inneren zur äusseren Scheide betrug als Mittel aus 50 Bestimmungen 1 : 10. Wir sahen, dass die innere Scheide eher wasserreicher als die äussere ist, gibt man ihr aber auch 25 % Trockensubstanz, so bleiben für die letztere, die äussere Scheide doch noch 14,30 % Trockensubstanz übrig. Geht die Volumvermehrung durch Wasseraufnahme vor sich, so fanden wir als Maximum 6,6 %, im Mittel aber nur 0,245 % Trockensubstanz in der Scheide.

Die Petalonemarasen von Küssnacht waren, wie schon erwähnt, ganz rein, hin und wieder mit etwas Erde untermischt, von Algen fanden sich nur hier und da eine Gloeocapsacolonie oder ein paar Chroococcen. Die Fäden wuchsen dichtgedrängt und aufrecht. Es wurde ein solches Rasenstück, nachdem es längere Zeit in Wasser gelegen hatte, auf ein reines, dünnes Glimmerplättchen gebracht, mit Fliesspapier durch Betupfen und leichten Druck abgetrocknet, — sicher wurde den Membranen auf diese Weise kein Wasser entzogen, — dagegen blieb ganz gewiss genug in den von den Fäden gebildeten Capillaren, sowie zwischen Fäden und Platte zurück — und sofort gewogen. Dann wurde das Plättchen im Trockenschrank bei 90—100° mehrere Stunden lang gehalten, wiedergewogen und dann sorgfältig, um durch Abspringen keinen Substanzverlust zu erhalten, schwach geglüht. Der Rückstand auf der Platte, aus Erde, anorganischen Bestandtheilen und reichlicher Kohle bestehend, wurde ebenfalls gewogen. So konnte der Procentgehalt an Wasser und Substanz genau bestimmt werden. Die Wägungen ergaben (Gewicht in Grammen):

No. des Versuches	I.	II.	III.	IV.	V.
Präparat feucht	0,4375	0,9050	0,7405	0,7510	0,5970
Platte + Asche	0,2215	0,1820	0,1750	0,2160	0,2442
Fäden imbibirt	0,2160	0,7230	0,5655	0,5346	0,3528
Präparat trocken	0,2560	0,2735	0,2490	0,2896	0,3021
Platte + Asche	0,2215	0,1820	0,1750	0,2160	0,2442
Fäden trocken	0,0345	0,0915	0,0740	0,0732	0,0579
% Trockensubstanz	15,97%	12,66%	13,09%	13,67%	16,41%

No. des Versuches	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Präparat feucht	0,5970	0,4390	0,4050	0,3780	0,5620
Platte + Asche	0,2442	0,2229	0,1361	0,1219	0,2359
Fäden imbibirt	0,3528	0,2161	0,2689	0,2561	0,3361
Präparat trocken	0,3021	0,2568	0,1740	0,1617	0,2885
Platte + Asche	0,2442	0,2229	0,1361	0,1219	0,2359
Fäden trocken	0,0579	0,0339	0,0379	0,0398	0,0526
% Trockensubstanz	16,41%	15,69%	14,09%	15,58%	15,65%

No. des Versuches	XI.	XII.	XIII.
Präparat feucht	0,3780	13,4272	18,9377
Platte + Asche	0,1155	12,0160	16,7810
Fäden imbibirt	0,2625	1,4112	2,1567
Präparat trocken	0,1573	12,2116	17,1250
Platte + Asche	0,1155	12,0160	16,7810
Fäden trocken	0,0418	0,2456	0,3440
% Trockensubstanz	15,92%	17,4112%	15,95%

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0347-7

Das Mittel aus den 13 Procentzahlen ist $\frac{198,4}{13}$ gleich 15,26 %.

Die 3 Bestimmungen II, III, IV, an einem Tage ausgeführt, zeigen bedeutend niedrigere Procentzahlen als die übrigen, es wurden hier die Rasenstücke nur ganz oberflächlich abgetrocknet. Die beiden Bestimmungen XII und XIII wurden mit grösseren Substanzmengen in Platintiegeln ausgeführt, die Asche ungleich viel länger geglüht, und allenfalsiges aus $CO_3\,Ca$ gebildetes $Ca\,O$ durch Befeuchten mit kohlensaurem Ammoniak und schwaches Glühen in $CO_3\,Ca$ zurückverwandelt.

Die erhaltenen Resultate sind nicht unbeträchtlich von einander verschieden, neben den jedenfalls vorkommenden individuellen Schwankungen im Wassergehalt mag die ungleichmässige Entziehung des capillar festgehaltenen Wassers, wie sie durch Betupfen mit Fliespapier hervorgebracht werden konnte, an den Ungleichheiten Schuld tragen. Bezeichnen wir mit a das Gewicht des frischen Präparates, mit a' dasjenige des getrockneten, mit b resp. b' das jedesmalige Gewicht der Platte mit den erdigen Beimischungen und Rückständen, so ist der Substanzgehalt in Gewichtsprocent offenbar $S = \frac{(a'-b').100}{a-b}$. Wir wollen nun den Einfluss einer falschen Bestimmung eines Coefficienten auf das Resultat untersuchen.

a, das Gewicht des frischen Präparates würde, zu klein bestimmt, den Gehalt an Trockensubstanz zu gross erscheinen lassen, zu gross bestimmt, ihn verkleinern. In den vorliegenden Fällen wurde jedenfalls a nie zu klein genommen, wohl aber zu gross, wegen des zwischen den Fäden capillar festgehaltenen Wassers. Die gegebenen Procentzahlen für die Trockensubstanz sind daher eher Minimal — als Maximalzahlen. Bei der Bestimmung von a' konnten kaum Fehler unterlaufen. Etwas anderes war es mit der Gleichsetzung von b und b' mit den durch Einäscherung erhaltenen Werthen. Da die Erde aus $CO_3\,Ca$ (und $SO_4\,Ca$?) bestand, so musste man sich einerseits beim Glühen in Acht nehmen, um die Kohlensäure nicht zu vertreiben, andererseits aber auch möglichst gut glühen, um die Kohle zu verbrennen. Der Rückstand war, wenn ich ihn wog, noch immer grauschwarz, er reagirte nur schwach alkalisch, bei Einwirkung von Salzsäure entwickelt sich reichlichst Kohlendioxyd neben Spuren von $H_2\,S$, ein Bodensatz, bestehend aus Kohle, blieb zurück.

Um ganz lege artis zu verfahren, nahm ich noch zwei Bestimmungen mit mehr Material in Platintiegeln vor, (XII, XIII), das Glühen wurde lange fortgesetzt, doch wollte sich die Asche nicht rein weiss brennen. Dann wurde gewogen, etwas kohlensaures Ammoniak zugetropft und, nachdem nochmals schwach geglüht worden war, wieder gewogen. Es stellte sich eine Gewichtszunahme von 7,7 % heraus, woraus auf eine Umwandlung von 17,6 Procent $CO_3\,Ca$ in $Ca\,O$ geschlossen werden konnte. Da die Gewichtsabnahme trotz des langen Glühens nur so gering war, war diejenige bei den nur kurz und schwach geglühten Präparaten I—XI jedenfalls ganz unbedeutend. Das Glimmerplättchen verlor beim Glühen ganz wenig an Gewicht (0,03 %). Die einzige in Betracht kommende Fehlerquelle ist also a, wie bereits erwähnt, werden durch die möglichen Fehler die Procentzahlen für die Trockensubstanz niedriger, nicht höher als sie wirklich waren.

Der zu 15,26 % gefundene Gehalt an Trockensubstanz in den Gallertscheiden — von den Zelllumina kann man absehen — vertheilte sich auf die innere und äussere Scheide. Das Volumverhältniss beider zu einander festzustellen, war meine nächste Aufgabe. Ich nahm zu diesem Zwecke eine grössere Anzahl Messungen vor, 40 an den Pflanzen von Küssnacht, 10 an denen von Aveyron. Die Querschnittsform der Scheiden ist eine Ellipse, die Volumina mussten sich also bei gleicher Höhe wie die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0348-3

Quadrate einer bestimmten Achse verhalten. Um die Darstellung nicht zu weitläufig zu machen, verzichte ich auf die Wiedergabe der einzelnen Daten und theile bloss mit, dass der Mittelwerth für das Volumverhältniss beider Scheiden nach den 40 Messungen an den Pflanzen von Küssnacht (die allein zu den Gewichtsbestimmungen benutzt wurden) 1 : 10,01 betrug, nach den 10 Messungen an den Pflanzen zu Aveyron 1 : 10,35. Statt des Mittels 1 : 10,18 nehme ich, um die Rechnung zu vereinfachen, in Folgendes das Verhältniss der inneren zur äusseren Scheide zu 1 : 10 an. Es treffen also von 100 Volumtheilen frischer Substanz auf erstere 9, auf letztere 91 Theile.

Es kam nun darauf an, den wahren Substanzgehalt der inneren Scheide zu wissen. Leider gelang es mir nicht, direct, etwa durch Messung der Volumveränderung beim Austrocknen, derselben festzustellen, ich habe jedoch bereits wahrscheinlich gemacht, dass sie wasserreicher sei als die äussere Scheide, wenigstens als die peripherischen Theile der letzteren. Jedenfalls war sie nicht substanzreicher als die jüngsten Trichterschichten, denen wir oben 25 % Trockensubstanz gegeben haben und von dieser Zahl wollen wir ausgehen.

In 100 Volumtheilen der imbibirten Präparate fanden wir 15,26 Gewichtsprocent Trockensubstanz entsprechend 10,1 Volumprocent. Das war also auch die durchschnittliche Zusammensetzung einer einzelnen Scheide. Auf die äussere Parthie derselben fallen 91, auf die innere 9 Volumtheile. Wenn wir in diesen 9 Volumtheilen 25 Gewichtsprocent, resp. 16,7 Volumprocent Trockensubstanz annehmen, so kommen von den 9 Theilen 1,5 auf die Substanz, 7,6 auf das Imbibitionswasser. Da nun die 100 Volumtheile frische Scheide im ganzen 10,1 Volumtheile Trockensubstanz enthielten und von diesen 1,5 auf die 9 Volumtheile der inneren Scheide treffen, so bleiben für die 91 Volumtheile der äusseren Scheide noch 8,6. 100 Volumtheile dieser letzteren enthielten also 9,45 Volumtheile oder 14,3 Gewichtsprocent Trockensubstanz. — Selbst wenn die innere Scheide 50 Gewichtsprocent Substanz enthielt, so blieben für die äussere immer noch circa 11,5 Gewichtsprocent.

Ich habe oben das Volumen der Zelllumina vernachlässigt. Um mir den Einfluss derselben auf die zu vergleichenden Grössen klar zu machen, habe ich für die 20 ersten Fäden der Küssnachter Pflanze ihr Volumverhältniss zu den Scheiden berechnet und gefunden: 1 : 440, 1 : 195, 1 : 69, 1 : 360, 1 : 360, 1 : 288, 1 : 195, 1 : 120, 1 : 440, 1 : 224, 1 : 323, 1 : 131, 1 : 440, 1 : 135, 1 : 255, 1 : 360, 1 : 151, 1 : 219, 1 : 374, 1 : 447, im Mittel also 1 : 276. Die Zelllumina machen also nur 0,36 Volumprocent des ganzen bescheideten Fadens aus.

Wahrscheinlich enthält die innere Scheide weniger Trockensubstanz als wir angenommen haben, ist dies der Fall, so wird der Gehalt der äusseren Scheide hieran grösser, ja wenn erstere weniger enthält als diese, so wird er selbst 15,26 % übersteigen. Je geringer die Differenz im Substanzgehalte zwischen innerer und äusserer Scheide ist, um so weniger genau braucht das Verhältniss ihrer Volumina bestimmt zu sein. Ist das Volumen der äusseren Scheide grösser als angenommen wurde, so wird sie auch reicher an Trockensubstanz werden, ist es kleiner, so sinkt ihre Procentzahl an Trockensubstanz, gleichgiltig ob die innere Scheide wasserreicher oder wasserärmer als die äussere ist.

Als specifisches Gewicht der Scheidensubstanz nahm ich dasjenige der Zellulose an, und zwar in einem Mittelwerth zwischen den Angaben von Sachs und von Henze zu 1,6. Wenn, wie es mir scheinlich ist, das specifische Gewicht der Cellulose mehr beträgt als selbst die höchste Zahl Henzes, so fällt auch der Gehalt an Trockensubstanz für die äussere Scheide etwas geringer aus, jedoch nur um sehr wenig.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0349-1

Noch auf einem andern Wege suchte ich mir Kenntniss über den Trockensubstanzgehalt der Scheide zu verschaffen.

Ein frei aufgehängter Faden schrumpfte, wie wir bereits sahen, beim Austrocknen zu einem wellig geränderten, etwas spiralig gedrehten Bande zusammen. Hatte man das Volumen desselben bestimmt und liess dann Wasser zutreten, so schwoll er zum Volum im imbibirten Zustande auf, welches nun ebenfalls berechnet werden konnte. Die Vergleichung der beiden Voluminas ergab unmittelbar den Gehalt an Trockensubstanz. Ich fand ihn in einem bestimmten Falle zu 14,4 Gewichtsprocent. Mehr Versuche anzustellen, schien mir bei den Schwierigkeiten des Aufhängens, Messens und Berechnens nicht erforderlich.

Das Volum des trockenen Fadens wurde bestimmt, indem als Grundfläche eine Ellipse genommen wurde, deren beide Achsen der Breite und der Dicke des Bandes entsprachen, als Höhe aber das arithmetische Mittel aus der Länge des Bandes in der Mittellinie und der Länge des Randes. Letztere wurde aus der Länge der Fadenachse, der Breite des Bandes und der Zahl der Umläufe bestimmt. Ich verfuhr so mit einem Faden der Pflanzen von Aveyron, bei welchen wegen Spärlichkeit und Unreinheit des Materials der Wassergehalt mit der Wage nicht konnte festgestellt werden. Der trockene Faden war lang 140, breit 23, dick 4. Der Rand beschrieb etwa einen Schraubengang. Die Höhe der ihrem Volum nach zu ermittelnden Figur war also das Mittel aus der Länge des Bandes, 140, und der Hypothenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen eine Kathete 140, dessen andere Kathete 23 π war, oder das Mittel aus 140 und 157,52, also 148,76. Die Grundfläche ist $r \,.\, r' \,\pi = 2 \,.\, 11{,}5 \,.\, \pi$, das Volum also 3421,5 π. Die Länge des imbibirten Fadens war 215, seine Breite 33, seine Dicke konnte ich nicht messen, stellte sie jedoch vermittelst der an Querschnitten durch andere Scheiden gewonnenen Verhältnisszahl der kleineren zur grösseren Achse 8 : 13, zu 20,3 fest. Das Volumen desselben war also 36007 π. Da der trockene Faden das Volum 3421,5 π hatte, so besass er imbibirt 9,5 Volumprocent oder 14,4 Gewichtsprocent Trockensubstanz.

Die Zahl bleibt etwas hinter der durch Wägung gefundenen (15,26 %) zurück. Das kann auf Messungsfehlern beruhen, es konnte ferner die durch Wellung und Runzelbildung bedingte Oberflächenvergrösserung im trockenen Zustande nicht bestimmt werden, dann waren die Fädenaufsammlungen entnommen worden, die an einem andern Orte gemacht worden waren, also vielleicht unter anderen Bedingungen gewachsen waren, schliesslich muss man noch die individuellen Verschiedenheiten, welche die einzelnen Fäden jedenfalls aufweisen, in Betracht ziehen, welche bei den Bestimmungen mittelst der Wage nicht hervortreten konnten.

Wäre Hofmeister's Figur, auf welche sich Strasburger zu stützen scheint, richtig, so liesse sich an ihr noch deutlicher zeigen, dass durch Wasseraufnahme allein die resultirende Substanz zu wasserreich ausfallen würde. In Figur 21 habe ich die betreffende Abbildung reproducirt. Das Volumen der vorletzten »Kappe« (mit x bezeichnet) kann, ihren Durchmesser gleich 1 gesetzt, etwa 1,6 betragen. Das Volumen des zweit-untersten Trichters (x^1) ist 5197,5, wenn seine Höhe zu 11, seine

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0350-2

Dicke zu 1,5 und sein mittlerer Radius zu 10 angesetzt wird. Die Volum-Zunahme beträgt also 3248, und geben wir der vorletzten Kappe, (x) 100% Trockensubstanz so enthält der fertige Trichter (x^1) nur mehr 0,03 Volum% oder 0,048 Gewichts%. Wir sahen bereits, dass die von Strasburger gerade hier als Beispiel für excessive Quellung angeführten Epidermiszellen von Salvia Horminum im ganz gequollenen Zustande noch ungefähr 1,5 Gewichts% Trockensubstanz enthalten, also 30 mal mehr als die Petalonematrichter besitzen würden.

Im Folgenden fasse ich die Hauptergebnisse der vorliegenden Untersuchung zusammen.

1. Bei den beiden Algengattungen, Gloeocapsa und Petalonema nehmen bestimmt begrenzte, auf den einzelnen Entwicklungsstadien leicht kenntlich bleibende Membranschichten an Volum zu, obschon sie durch ihresgleichen vom Plasmakörper der Zellen getrennt sind.

2. Da also die Anlagerung neuer Substanz ausgeschlossen ist, kann die Volumzunahme nur entweder durch Wasseraufnahme allein, oder durch Wasser und Substanzaufnahme zwischen die kleinsten Theilchen der Schicht hervorgerufen sein.

3. Der Vorgang kann »keine Quellung« im wahren Sinn des Wortes sein, selbst wenn die ganze Volumzunahme durch Eintritt von Wasser bedingt sein würde. Denn erstens fände die Wassereinlagerung nicht verursacht durch äussere Einflüsse (Wasserzufuhr, Wärme, Chemikalien) sondern durch den Wachsthumsprocess statt. Zweitens nimmt eine gequollene und dann ausgetrocknete Membran, mit Wasser zusammengebracht, das frühere Volum nicht mehr an.

4. Ist die Volumzunahme durch Einlagerung von Wasser bedingt, so muss, nach dem Eintrocknen, dieselbe Membranschicht auf ihren sämtlichen Entwicklungsstadien dasselbe Volum zeigen. Das ist aber bei Gloeocapsa nicht der Fall, da z. B. einer Volumzunahme von 1 auf 250 im imbibirten Zustande eine Volumzunahme von 1 auf 125 im trockenen Zustande entspricht. Dabei reagirt die Membran stets gleich.

5. Ist die Volumzunahme durch Einlagerung von Wasser bedingt, so müsste bei beiden Algengattungen wegen der grossen Volumsteigerung bald der Procentgehalt an Trockensubstanz auf ein Minimum und unter die möglichen Grenzen sinken. Einer Volumzunahme von 1 auf 19280, welche ich bei Gloeocapsa beobachtete, entspräche ein schliesslicher Gehalt an Trockensubstanz von 0,001 Procent.

6. Da einerseits die Substanzaufnahme derselben Membranschicht auf successiven Entwicklungsstadien sich direct nachweisen lässt, andererseits die Erklärung der Volumzunahme durch Wassereinlagerung allein zu

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0351-8

unmöglichen Resultaten führen würde, so sind wir gezwungen, anzunehmen, dass zwischen die vorhandenen kleinsten Theilchen organischer Natur neue derartige Theilchen (neben Wasser) aufgenommen werden. Einlagerung anorganischer Bestandtheile findet nicht in nachweisbaren Mengen statt.

7. In Hüllmembranen älterer Zellfamilien von Gloeocapsa findet sich mehr Inbibitionswasser als in jüngeren, jedoch innerhalb bestimmter, enger Grenzen.

8. Durch absoluten Alkohol lässt sich das Ambibitionswasser nicht unter genau entsprechender Volumabnahme entziehen. Eine wasserreiche Hüllmembran, in Alkohol gebracht, kann 100 Volumprocente desselben imbibiren. Dieses Verhalten erklärt zur Genüge, warum in vielen Fällen die »Schichtung« im absoluten Alkohol nicht verschwindet.

9. Bei Petalonema theilt sich nicht die Scheitelzelle allein, sondern auch deren Segmente, bis auf eine gewisse Entfernung vom Fadenende.

10. Die Gallertscheiden dieser Scytonemee werden von der Fadenspitze gebildet und von derselben und dem übrigen Faden ernährt. Sie sind gewöhnlich (Ausnahme var. continuum Näg.) aus Trichtern gebildet, deren Entstehungsweise noch nicht definitiv feststeht. Apposition ist wahrscheinlich.

11. Die ganze Scheide ist mit einem Häutchen überzogen, das durch Intussusceptionswachsthum mit der Volumzunahme derselben Schritt hält. Dadurch ist Petalonema von Scytonema unterschieden.

12. Dieses feste Oberhäutchen wird bei der Bildung der Trichter, mögen sie nun durch Apposition oder Differenzirung entstehen, nicht gesprengt oder durchbrochen.

13. Der obere Theil der Trichter wird normaler Weise später unter bedeutender, nach innen plötzlich aufhörender Dickenzunahme horizontal, er scheint Streifung in 3 Richtungen, concentrisch respective longitudinal, radial und quer zu zeigen. Die nachträgliche Gestaltsänderung kann nicht durch den Druck neuentstehender Trichter allein erklärt werden. In ihr liegt ein zweiter Unterschied zwischen Petalonema und Scytonema.

14. Nach unten zu werden keine Grenzschichten mehr erzeugt, die gebildete Gallerte kann jedoch auch zarte Längsstreifung zeigen, und bildet die innere Scheide.

15. Die Scheide, vor allem die Grenze zwischen innerer und äusserer Scheide ist durch Scytonemin gelb bis braungelb gefärbt. Dieser Farbstoff erleidet bei Einwirkung von Chlorzinkjodlössung oder Jodjodkalium und Schwefel- oder Salzsäure eine Umfärbung, als ob die Cellulosereaction eintreten würde.

16. Wahrscheinlich sinkt in der Scheide der Gehalt an Trockensubstanz in dem Masse als man von aussen gegen den Zellfaden vorrückt.

17. Ein dritter Unterschied zwischen Petalonema und Scytonema liegt in der Dicke der Scheide. Scytonema crassum Näg. bildet hierin eine Mittelform, kennzeichnet sich aber durch die beiden anderen Merkmale als echtes Scytonema.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0352-4

Figuren-Erklärung.

I. Gloeocapsa Kg.

Fig. 1. Einzellige Colonie von G. rubicunda Kg.

Fig. 2. Zweizellige Colonie von G. alpina Naeg.

Fig. 3. Achtzellige Colonie von G. alpina Naeg.; die Zelllumina im Begriffe sich zu theilen. Alle 3 Figuren sind genau im selben Grössenverhältniss gezeichnet, die gefärbten Parthien schraffirt.

II. Petalonema alatum Grev.

Fig. 4. Fortwachsendes Fadenende, Trichter nach innen gekerbt, quergestreift.

Fig. 5. Spitze desselben Fadens, stärker vergrössert. Pflanze aus dem Sihlwald.

Fig. 6. Fadenende, im langsamen Fortwachsthum begriffen, die stärker lichtbrechenden Theile weiss gelassen, die weicheren schraffirt, nur in den innersten Schichten ausgeführt. Pflanze von Erlenbach.

Fig. 7. Faden, die aus je einem primären Segment hervorgegangenen Zellen zusammengefasst und ihrem Alter nach nummerirt. Pflanze von Küssnacht.

Fig. 8. Querschnitt durch den Faden, *l* das Zelllumen. Pflanze von Küssnacht.

Fig. 9, 10. Zwei ausgewachsene Trichterschichten. Pflanze von Erlenbach.

Fig. 11. Eingestülpte Scheidenspitze. Pflanze von Küssnacht.

Fig. 12. Fadenspitze, 3 Fadenstücke zeigend, 1, 2, 3. Man sieht, wie 2 sich in die innere Scheide von 1, 3 in die von 2 hineinzieht. Der Zellfaden ist zurückgewichen. Pflanze von Küssnacht, Präparat mit Nigrosin gefärbt.

Fig. 13. Uebergangsstelle von einem alten in ein neues Fadenstück, nach der Intensität der Färbung durch Scytonemin schraffirt. Pflanze von Erlenbach.

Fig. 14. Fadenende, von den jüngstgebildeten 7 Trichterschichten überwölbt, bei *a* durch Druck das Oberhäutchen gesprengt, durch dessen Zug links die Schichten abgebogen worden sind. Pflanze von Küssnacht.

Fig. 15. Fadenspitze, der Zellfaden etwas zurückgezogen, die Membran über der Scheitelzelle zerrissen, der Riss klafft etwas. Pflanze aus dem Sihlwald.

Fig. 16. Ebenso, der Faden etwas herausgetreten, vom selben Standort.

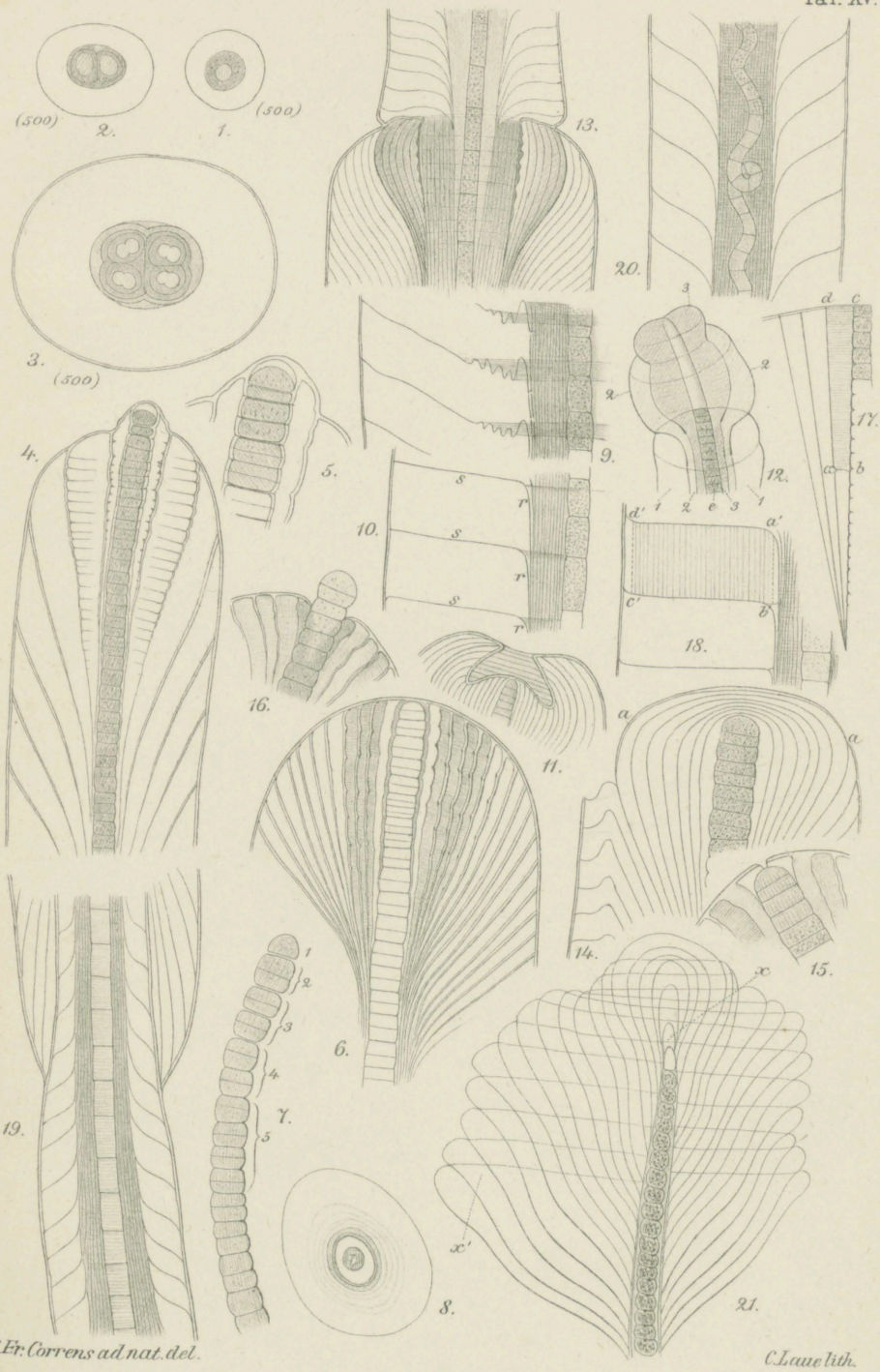
Fig. 17, 18. Der Trichtersaum eben angelegt und voll entwickelt, schematisch. Buchstabenerklärung im Text, pag. 334.

Fig. 19. Junges Fadenstück, dessen Trichtersäume sich bereits im alten entwickelt haben. Pflanze von Küssnacht.

Fig. 20. Verschlingung des Zellfadens innerhalb der Scheide. Nach einer Originalzeichnung von Professor v. Naegeli.

Fig. 21. Die Figur Hofmeisters, Pflanzenzelle, Fig. 43 und 56. *X* die vorletzte Trichterschicht, *X'* die zweitälteste. Text, pag. 344.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0353-9



Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0541-3