

Sie tritt hier ferner an Fäden auf, die am Grunde des Sumpfes den Wasserpflanzen (*Vaucheria* etc.) aufliegen, und zwar so reichlich, dass oft Zelle für Zelle in eine Menge Sporen zerfallen sind. Wenn diese nun bei günstigen Verhältnissen alle zu neuen Pflanzen heranwachsen und diese dann durch Hormogonien oder vielleicht durch Sporangien nochmals¹⁾ sich vermehren, so begreift man, wie in kurzer Zeit, gleichsam über Nacht, wenn all diese Pflänzchen durch den Sauerstoff der reichlichen Vegetation oder anderswie gehoben sind, eine Wasserblüthe entstehen kann.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 13, sind mit ZEISS' homogener Immersion $\frac{1}{12}$, Ocular 2 gezeichnet; Fig. 13 mit Immersion $\frac{1}{12}$, Ocular 5. Der Abstand der Zeichenebene vom Ocular betrug ca 30 cm. Die Erklärung der einzelnen Figuren siehe im Text.

62. C. Steinbrinck: Der Zahnbesatz der Laubmooskapsel als Prüfstein für Bütschli's Schrumpfungstheorie.

Eingegangen am 21. December 1896.

Während an dem Protoplasmaleibe der thierischen und pflanzlichen Zelle durch die verbesserten mikroskopischen Objective und Methoden der Neuzeit eine noch vor etwa 20 Jahren ungeahnte, reiche, bei Thier und Pflanze übereinstimmende Differenzirung aufgedeckt worden ist, haben die Bemühungen, mit den neueren Hilfsmitteln auch den räumlichen und zeitlichen Aufbau der pflanzlichen Zellhaut zu ergünden, zu durchgreifenden und allgemeingültigen neuen Resultaten noch nicht geführt. Die Vorstellung NÄGELI's von einem verhältnissmässig einfachen, fast krystallinisch zu nennenden Bau der trockenen Zellwandsubstanz, begegnet heute vielem Zweifel, man sucht nach einer zusammengesetzteren „Organisation“ derselben. Jedoch sind die bisherigen Angriffe gegen die Micellartheorie NÄGELI's nicht von Erfolg gewesen, zum Theil schon aus dem Grunde, weil es nicht geglückt ist, die rein physikalischen Eigenschaften der Zellmembran, die uns in den Erscheinungen ihrer Doppelbrechung, Quellung und Dichtigkeit entgegen-

1) Wie dieses hier zu geschehen scheint; vergl. Anm. S. 398.

treten, auf andere Weise als NÄGELI gemeinsam zu deuten. Auch WIESNER hat in seinem 1892 erschienenen Werke: „Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz“ seinen früheren Versuch einer eigenen Erklärung des Quellungsphänomens¹⁾ wieder fallen lassen und zugegeben, dass es mit Zuhülfenahme der NÄGELI'schen Quellungstheorie gelungen ist, die Quellungserscheinungen in durchaus befriedigender Weise zu erklären „und eine derzeit wohl unanfechtbare Vorstellung der Imbibition und Quellung zu geben“ [S. 27].²⁾ Gelegentlich einer Auseinandersetzung mit PFEFFER in der Botanischen Zeitung von 1892, S. 475 geht WIESNER in seinem Zugeständniss noch weiter, indem er die „Micellartheorie gerade soweit acceptirt als jener Forscher, nämlich als geeignet, Quellung und damit zusammenhängende rein physikalische Eigenschaften an Zelltheilen zu erklären.“

Nun ist aber neuerdings der Theorie NÄGELI's ein anderer Gegner in BÜTSCHLI erwachsen, der, seit Jahren mit dem Studium verschiedenartiger quellbarer Substanzen thierischer und pflanzlicher Abkunft beschäftigt, nunmehr seine Untersuchungen auch auf Stärkekörner und Zellmembranen ausgedehnt und seine auf diese Erfahrungen gegründeten Auffassungen über die Structur derselben vor Kurzem in einer grösseren Abhandlung: „Ueber den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung“³⁾ niedergelegt hat. Seine Ansicht lässt sich kurz dahin zusammenfassen, dass die Zellmembranen, wie die quellbaren Körper überhaupt, einen wabigen Bau mit geschlossenen, zum Theil vielleicht auch unter einander communicirenden Kammern besitzen; diese sollen im wassergesättigten Zustande der Membran mit Flüssigkeit erfüllt, im trockenen Zustande derselben leer sein. Die Volumverringering beim Wasserverlust wird in erster Linie darauf zurückgeführt, dass die feinen, ihres Inhaltes beraubten Hohlräume durch den äusseren Luftdruck zusammengepresst werden, die Ausdehnung bei der erneuten Imbibition auf der Anschwellung der sich wiederum prall füllenden Waben. — Wie bekannt, nimmt dagegen NÄGELI für die Schrumpfung der austrocknenden Membran, wie für deren Cohäsion dieselbe physikalische Kraft als Ursache in Anspruch; die vorher durch das eingedrungene Wasser aus einander getriebenen Massentheilchen, „Micelle“, sollen sich nach dessen Verdunstung darum einander wieder nähern, weil sich die allgemeine Massenanziehung zwischen ihnen wieder geltend macht, die

1) Untersuchungen über die Organisation der pflanzlichen Zellhaut. 1886. Sitzungsber. der k. k. Akademie zu Wien. Bd. XCIII, Abtheil. I, S. 17 ff.

2) Vergl. l. c. S. 37, wo es bei der zusammenfassenden Kritik von NÄGELI's Theorie heisst, dass „sie zu einer einleuchtenden und bisher nicht widerlegten hypothetischen Erklärung der Quellung organisirter Gebilde geführt habe.“

3) Verhandl. der Königl. Gesellsch. der Wissensch. in Göttingen. 1896. Bd. XI.

bis dahin durch die grössere Anziehung zwischen den festen und flüssigen Theilchen überwunden war.

Dieser scharf ausgesprochene Gegensatz beider Auffassungen scheint mir nun einer experimentellen Prüfung zugänglich zu sein, die darin besteht, dass man die Austrocknung passend gewählter Objecte im luftverdünnten Raume beobachtet. Zwar hat BÜTSCHLI selbst schon an Gelatine-Gallerte und anderen Kunstproducten Versuche solcher Art angestellt, bei denen in der That die Schrumpfung der geprüften Präparate gänzlich oder theilweise unterblieben sein soll; jedoch können diese Erfahrungen selbstverständlich über das Verhalten der unveränderten Pflanzenmembran keinen Aufschluss gewähren. Man müsste mit natürlichen Pflanzenobjecten operiren, und als solche würden sich mancherlei todte hygroskopische Organe mit ausgiebigen und auffallenden Schrumpfbewegungen, wie beispielsweise tordirende Gras- und Geraniaceen-Grannen, sehr gut eignen, wenn nicht zu befürchten wäre, dass die in den Zellräumen dieser Organe eingeschlossene Luftmasse das Ergebniss stören würde. Denn wenn man auch den Luftdruck ausserhalb derartiger im Recipienten der Luftpumpe eingeschlossener Organe möglichst aufhobe, so wäre doch nicht zu erwarten, dass man die in den Zellräumen eingeschlossene Luft mit derselben Schnelligkeit wie die äussere entfernen könnte, die Möglichkeit wäre also a priori nicht abzustreiten, dass dieser Innendruck eventuell genügte, um die feinen Waben auch unter dem Recipienten zusammenzupressen. Zudem würde vermuthlich die durch den Innendruck bewirkte Deformation der Zellen störend eingreifen. Diese Uebelstände liessen sich wohl auch dadurch nicht vermeiden, dass man die Organe erst dann zur Prüfung verwendete, wenn ihre grösseren Hohlräume gänzlich mit Wasser erfüllt wären; vielmehr würden zudem die reichlich entwickelten Wasserdämpfe die Abnahme der Spannung im Recipienten voraussichtlich in lästiger Weise verlangsamen. Behufs Erzielung eines möglichst ungetrübten Resultates wären daher Gebilde mit zelligem Bau bei Anstellung des Versuches zunächst zu vermeiden; es wird sich empfehlen, in erster Linie hygroskopische Pflanzenobjecte zu verwenden, die der geschlossenen Zellräume gänzlich entbehren und bloss aus Zellwandmasse bestehen.

Solche bieten sich aber ohne weitere Präparation dar in den Peristomzähnen der Laubmooskapsel, namentlich in denen der äusseren Reihe. Diese bilden bekanntlich in der geschlossenen Kapsel unterhalb des Deckels ein Gewölbe über der Büchsenmündung. Nach dem Abwerfen des Deckels krümmen sie sich in Folge des Austrocknens mehr oder weniger und zwar meist nach aussen, so dass sie die Mündung der Büchse zur Sporenaussaat frei geben. Bei Befeuchtung kehren sie dann in ihre frühere Stellung zurück und versperren den Kapselausgang von Neuem.

Um darzuthun, dass sie in ihrem Bau den oben angeführten Bedingungen entsprechen, bedarf es hier keiner ausführlichen Auseinandersetzung, da ihre Anatomie in den wesentlichen Zügen bereits in SACHS' Lehrbuch der Botanik auf S. 334 und 335 der III. Auflage von 1873 klar dargestellt und an dem Beispiel von *Funaria hygrometrica* durch zwei Figuren (250 und 251) erläutert worden ist. Ich habe zu dieser Beschreibung nur hinsichtlich des Zustandekommens der hygroskopischen Krümmungen eine Bemerkung hinzuzufügen. Ueber dieses giebt nämlich auch hier wiederum das Polarisationsmikroskop befriedigenden Aufschluss. Betrachtet man nämlich zwischen gekreuzten Nikols von einem äusseren Peristomzahn der *Funaria*-Kapsel einen radialen Längsschnitt in Diagonalstellung unter Einschaltung eines Gipsblättchens von entsprechender Lage, so findet man die beiden Wandlagen, die der Zahn aufweist (vergl. die Fig. 250 von SACHS), entgegengesetzt gefärbt. Die innere, welche in der geschlossenen Kapsel der Aussenwand einer Zellreihe angehört, bietet die gewöhnliche optische Reaction, die anzeigt, dass die Schrumpfung in der Längsrichtung geringer ist als diejenige in der Quere. Die äussere Längslamelle des Zahns dagegen, welche der Innenwandung der benachbarten äusseren Zellreihe angehört und von der vorigen nur durch die zarte Mittellamelle getrennt ist, erscheint in der Subtractionsfarbe, wenn jene die Additionsfarbe darbietet und umgekehrt. Bei ihr ist die Schrumpfungintensität in der Längsrichtung mithin ausnahmsweise sogar grösser, als diejenige in der radialen. Sie erinnert somit in diesem Verhalten an die Aussenhaut der Epidermis von Nelkenkapseln (z. B. *Dianthus*), die auch in ihrer äusseren Form und der Art ihrer hygroskopischen Zahnbewegungen mit den Büchsen mancher Moose, z. B. der *Orthotrichum*-Arten, grosse Aehnlichkeit zeigen¹⁾.

1) Auch in anderer Beziehung liefert der Polarisationsapparat über die Schrumpfungerscheinungen der *Funaria*-Frucht erwünschte Auskunft. Es fällt nämlich auf, dass sich die Mündung der Büchse, die den Zahnbesatz trägt, bei der Reife wenig verengt, während ihr übriger Körper in der Quere stark schrumpft. Nun lehrt das Mikroskop, dass die obersten Epidermisreihen der Mündung aus quartangential verlängerten Zellen zusammengesetzt sind, während die Oberhaut im Übrigen aus längsgestreckten (der Kapselachse parallelen) Zellen besteht. Da nun nach Ausweis des Polarisationsapparats die sämtlichen Oberhautzellen in ihrer Längsrichtung schwächer schrumpfen als in der Quere, so wird die angegebene Eigenthümlichkeit der trocknen Büchse hieraus wohl verständlich. — Die bekannten Torsionen des Kapselstiels unserer gewöhnlichen *Funaria*, die ihr den Beinamen *hygrometrica* verschafft haben, scheinen zum Theil auf stärkerer Längsschrumpfung seiner inneren, wenig verdickten Elemente gegenüber den äusseren Stereiden zu beruhen. Hierfür sprechen nämlich die entgegengesetzten Polarisationsfarben ihrer Längswände in der Flächenansicht. Damit wäre aber die anscheinend constante Drehungsrichtung (die, abweichend von der bei Phanerogamen gewöhnlichen, beim Schrumpfen rechtsläufig ist) noch nicht erklärt. Ich vermuthe daher, dass wenigstens bei den äusseren Stereiden die Längswände eine schraubige Structur besitzen.

Kehren wir nun nach dieser speciellen Auseinandersetzung zu der Erörterung des allgemeinen Schrumpfungs- und Quellungsproblems zurück, so geht also mein Vorschlag dahin, den Zahnbesatz einer geeigneten Laubmooskapsel in einem möglichst kleinen Recipienten bei plötzlichlicher intensiver Luftverdünnung der Austrocknung zu überlassen. Eine ältere Luftpumpe, wie diejenige, welche Herr BÜTSCHLI benutzte, die nur einen Minimaldruck von 8—10 *cm* Quecksilber zulässt, ist selbstverständlich zu einem solchen Versuche ungeeignet. Da mir selbst eine intensiv genug wirkende Pumpe nicht zur Verfügung steht, hat Herr Dr. KOLKWITZ sich auf meine Bitte bereit erklärt, die selbstständige Ausführung des Versuches zu übernehmen.

Ergiebt der Versuch nun, dass die Schrumpfbewegungen unter den bezeichneten Umständen unverändert wie in freier Luft eintreten, so wäre damit BÜTSCHLI's Luftdrucktheorie der Schrumpfung selbst-

Allerdings habe ich an diesen Elementen nach ihrer Isolation weder bei der Quellung mit Kali, noch bei der Austrocknung regelmässige Drehungen und nur höchst vereinzelt einige Poren von schräger Richtung wahrgenommen. Jedoch kann der Mangel dieser Anzeichen sehr wohl darin begründet sein, dass ihre Wanddicke im Vergleich zu der der Innenzellen in den Grannen von *Avena sterilis* und *Stipa*, an denen anfänglich von ZIMMERMANN ebenfalls keine Drehung constatirt werden konnte, nur geringfügig ist. Der Wanddicke kommt aber, wie SCHWENDENER und ZIMMERMANN gezeigt haben, bei der Schrumpfungstorsion ein erheblicher Einfluss zu, indem durch die starke Radialcontraction der Wandmasse einer Zelle die schraubigen Micellarreihen ihrer äusseren Wandzone auf einen beträchtlich kleineren Cyliindermantel eingengt werden, auf dem sie nur Platz finden, indem sie ihre Schraubenwindung verflachen. — Die weiteren positiven Anhaltspunkte für die Auffassung von einer schraubigen Structur der Stereidenwandung im *Funaria*-Stiel sind folgende: Erstlich entspricht die äussere Gestalt derselben ganz den lang zugespitzten Formen der Stereiden des mechanischen Systems bei den Phanerogamen, die fast durchweg schraubig gebaute Wände besitzen. Zweitens hat schon HABERLANDT (PRINGSH. Jahrb. Bd. 17, S. 361) darauf aufmerksam gemacht, dass gerade in den drehenden Fruchtsielen von *Funaria* und *Trichodon* „die Elemente des mechanischen Ringes excentrisch verdickt, die der Peripherie der Seta zugekehrten Wandungen nämlich 2—3 mal so dick sind, als die inneren“, ähnlich wie es bei den äusseren mechanischen Zellen von *Avena sterilis* der Fall ist. Eine solche Einrichtung habe ich aber bereits früher als der Torsion günstig nachgewiesen (Verhandl. des Naturhist. Vereins von Rheinland und Westfalen, 1891. S. 101 und 124). Stellen wir uns nämlich einen cylindrischen Ring aus einer Zelllage beispielsweise linksschraubig gebauter Zellen vor, so setzen die sämtlichen Aussenwände derselben einen linksschraubigen, ihre Innenwände einen rechtsschraubigen Cyliindermantel zusammen. Diese beiden Mäntel suchen das Organ, dem sie angehören, bei der Schrumpfung in entgegengesetztem Sinne zu drehen, während die Radialwände des Zellringes unwirksam bleiben. Das gesammte active Torsionsmoment des Ringes ist mithin nur gleich der Differenz der entsprechenden, den einzelnen concentrischen Mänteln zukommenden Momente. Bei gleicher Wanddicke derselben kann dieses Gesammtmoment mithin nur gering sein; es wächst aber, wenn der äussere Cyliindermantel an Mächtigkeit zunimmt, denn das active Drehungsmoment derselben ist seiner Dicke nahezu proportional.

verständlich widerlegt. Sollten jene Bewegungen jedoch unterbleiben, ohne dass störende Nebeneinwirkungen eintreten, so würde NÄGELI's Ansicht über die Ursache der Schrumpfung als unhaltbar zu erachten sein, da die Cohäsionskräfte nach so viel Atmosphären zu bemessen sind, dass eine Druckverminderung von einer Atmosphäre nicht ausschlaggebend sein könnte.

Wie dies Ergebniss aber auch ausfallen möge, und wenn auch anatomisch die Existenz der BÜTSCHLI'schen Waben thatsächlich nachgewiesen werden sollte, so ist gleichwohl zu beachten, das NÄGELI's Auffassung von dem Aufbau der eigentlichen Wandsubstanz aus regelmässig gelagerten krystallinischen Massentheilchen, mag man diese nun als Micelle oder Globulite oder Dermatosomen bezeichnen, dadurch schwerlich erschüttert werden könnte. Denn so viel steht schon jetzt fest, dass die Erscheinungen der Doppelbrechung innerhalb der Zellmembranen durch Zwischenlagerung der fraglichen Waben nicht hervorgerufen sein kann. Denn nicht allein die weniger schrumpfungsfähigen gewöhnlichen Stereiden, sondern auch die Innenzellen der *Avena*-Granne mit ungefähr 20 pCt. longitudinaler Schrumpfungverkürzung, sowie die fibrösen Zellen aus Antheren mit ca. 30 pCt. Querschrumpfung bewahren beim Austrocknen (nach BÜTSCHLI also beim Zusammenfallen der Waben) die Doppelbrechung des imbibirten Zustandes qualitativ vollständig; ja, SCHWENDENER hat wie NÄGELI „bei der Quellung in Wasser stets eine Herabsetzung der Polarisationsfarbe“ wahrgenommen¹⁾. — Ferner ist nicht zu vergessen, dass BÜTSCHLI bereits jetzt annimmt, die Imbibitionsflüssigkeit der Zellwände sei nicht auf die Wabenhohlräume beschränkt, sondern auch in den Wabenwänden zwischen den festen Körperchen vertheilt. Somit stände einer Annäherung seiner Auffassung an die eigentliche Micellartheorie keine grosse Schwierigkeit im Wege.

Andererseits ist aber zuzugestehen, dass die Unterschiede in den Cohäsionsverhältnissen und Schrumpfungsgrössen der Zellmembranen nach den verschiedenen Richtungen, nämlich ihre hohe Festigkeit und ihr geringes Schrumpfungsmaass in der Richtung der Streifen (Tüpfel, Verdickungsbänder u. s. w.), sowie die bedeutende Schrumpfung in radialer Richtung etc. auch bei BÜTSCHLI's Auffassung des Membranbaues eine ungezwungene Erklärung finden. BÜTSCHLI glaubt nämlich gesehen zu haben, dass die Waben der Zellwände in der Streifenrichtung am stärksten gestreckt, in der radialen am niedrigsten sind, und dass die längeren mit den Streifenlinien gleichlaufenden Wände fortlaufende Züge bilden, die kürzeren dagegen nicht auf einander

1) Ueber Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Membranen. Sitzungsber. der Königl. Preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin XXXIV, 1887, S. 695; vergl. NÄGELI, Sitzungsber. der Münchener Akad. 1862, S. 312.

stossen¹⁾. Entwirft man nun ein graphisches Schema dieses supponirten Baues, so sieht man ein, dass bei demselben einem äusseren Zuge oder Drucke, der rechtwinklig zu den Streifen gerichtet ist, in der That eine geringere Anzahl widerstrebender Wände entgegensteht, als einem solchen, der in der Streifenrichtung wirkt. Somit wäre auch verständlich, dass die Waben eines solchen Gerüstes durch einen äusseren Druck normal zur Streifung stärker zusammengepresst würden, als parallel derselben, und demnach die Möglichkeit zuzugeben, dass der Luftdruck die seit längerer Zeit bekannten thatsächlichen Schrumpfungsdifferenzen hervorzubringen vermöchte, falls er in Wirklichkeit überhaupt in Betracht kommt. Hiernach scheint mir der vorgeschlagene Versuch in gewissem Sinne von entscheidender Bedeutung zu sein. Ueber seinen Ausfall soll demnächst berichtet werden.

63. E. Ule: Ueber Blütenverschluss bei Bromeliaceen mit Berücksichtigung der Blütheneinrichtungen der ganzen Familie.

Mit Tafel XXIII.

Eingegangen am 21. December 1896.

In mehreren Berichten habe ich in diesen Blättern Pflanzen mit Blütenverschluss vorgeführt, bei denen ich die Ansicht vertreten habe, dass diese Blüten, bei besonders vollkommener Entwicklung ihrer Organe, also auch der Nektarien, nicht allein auf Selbstbefruchtung beschränkt seien, sondern dass auch Fremdbestäubung möglich sei, und sie daher nicht als Kleistogame angesehen werden dürften.

Solche geschlossenen Blüten sind aber in der tropischen Pflanzenwelt Brasiliens nicht selten, mögen aber von Sammlern als noch nicht entwickelt übersehen oder nicht beachtet worden sein, und der beschreibende Botaniker konnte sich natürlich nach trockenem Material hierüber keine Vorstellung mehr machen. Besonders die Familie der Bromeliaceen ist reich an hierher gehörigen Beispielen, auf die ich näher eingehen will.

Vor allen ist hier die Untergattung *Eunidularium* hervorzuheben,

1) Daher nur eine vorherrschende Streifung, siehe l. c. S. 91 und Verhandl. des Naturhist. Vereins zu Heidelberg, Bd. V, Heft 3, S. 272.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Steinbrinck Carl

Artikel/Article: [Der Zahnbesatz der Laubmooskapsel als Prüfstein für Bütschli's Schrumpfungstheorie. 401-407](#)