

45. J. Schrodt: Sind die reifen Annuluszellen der Farnsporangien luftleer?

Eingegangen am 20. November 1898.

KAMERLING hat in zwei neueren Arbeiten¹⁾ die Behauptung zu erweisen gesucht, dass manche Pflanzenzellen, welche die Aufgabe hätten, zu gewissen Zeiten schnell Wasser aufzunehmen, dieser Aufgabe sich dadurch angepasst hätten, dass ihr Lumen luftleer und dementsprechend ihre Membran für Luft undurchlässig sei. Solche Objecte sind nach ihm: trockene Moosblätter, Elateren der Jungermanniaceen und Marchantien, Ringzellen der Farnsporangien, Klappen der Jungermanniaceen-Kapseln, Rhizoiden der xerophyten Marchantiaceen, Schuppen der Bromeliaceen-Blätter, Samenwand von *Taraxacum*, Blätter von *Selaginella lepidophylla* u. v. a.

In dieser Aufzählung interessirten mich besonders die trockenen Ringzellen der Farnsporangien, welche, in Wasser gebracht, nach der Anschauung KAMERLING's sich eben deshalb sehr schnell füllen sollten, weil der Ueberdruck der Atmosphäre das Wasser durch die leicht benetzbare und imbibirte dünne Deckmembran in den luftleeren Raum hineinpresse, während ich²⁾ zur Erklärung des Vorganges im Wesentlichen den Druck concaver Menisken herangezogen hatte.

Bevor ich jedoch diesem enger begrenzten Theil meiner Aufgabe mich zuwende, sei es mir gestattet, einige Bemerkungen zum Thema der luftleeren Zellen im Allgemeinen zu machen, d. h. kurz gesagt, meine Bedenken gegen das Vorhandensein derselben überhaupt auszusprechen. Selbst wenn ich mich auf den Standpunkt stelle, dass KAMERLING unter luftleeren Zellen nur solche mit starker Luftverdünnung im Innern verstanden wissen will, werden die Bedenken gegen solche Annahme nicht geringer an Zahl und Gewicht. Denn im Wesentlichen handelt es sich nur um eine Annahme oder um den Schluss: da man in den genannten Objecten die unter dem Mikroskope dunkel erscheinenden Hohlräume sich meist überraschend schnell mit Wasser füllen sieht, so müssen dieselben entweder luftleer oder mit Wasserdampf erfüllt sein. Er selbst sagt (1. S. 161 Anm.): „den überzeugenden

1) Z. KAMERLING, Der Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren. Flora 1898, 85. Bd., 3. Heft.

2) Z. KAMERLING, Zur Biologie und Physiologie der Zellmembran. Vorläufige Mittheilung. Separatabdruck aus

3) J. SCHRODT, Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien. Flora 1887, Nr. 12 u. 13.

Nachweis, dass die Zellmembran der Cohäsions-Mechanismen im trocknen Zustande für Luft undurchlässig ist, zu liefern gelang mir nicht. Doch kann, wenn man das schnelle Verschwinden der Blasenräume nicht als überzeugend betrachtet, ein Versuch, den ich schon im Sommer 1897 in Jena vornahm, diese Schlussfolgerung einigermassen erhärten.“ Aus dem Worte „einigermassen“ geht schon zur Genüge hervor, dass KAMERLING selbst diesem Versuche eine geringe Beweiskraft beilegt. Ich kann mich daher darauf beschränken anzuführen, dass derselbe sich darauf gründet, dass der weisse Niederschlag von Ferrocyankalium und Ferrosulfat im Innern luftleerer Zellen sich nicht blau färben soll. Einen weiteren Beweis für seine Anschauungen habe ich weder in den genannten Schriften, noch in seiner Dissertation⁴⁾, die auch schon mit luftleeren Zellen operirt, finden können. Dagegen giebt er an mehreren Stellen zu, dass diese luftleeren Zellen sich unter Umständen auch mit Luft füllen können. So sagt er z. B. in 2) S. 6: „Dass auch in den erwähnten Fällen von Undurchlässigkeit schliesslich in Folge von kleinen Rissen doch auch bisweilen Luft in das Innere eindringt ist klar. So findet man an älteren abgestorbenen Moosblättern oft einzelne lufthaltige zwischen den luftleeren Zellen, und kann man die Ringzellen des Farnsporangiums durch sehr oft wiederholtes abwechselndes Anfeuchten und Trocknen auch zuletzt lufthaltig bekommen.“ Dass verletzte Zellen Luft aufnehmen werden ist selbstverständlich; unklar ist mir die Verbindung der beiden oben angeführten Sätze mit „So“ geblieben⁵⁾, während die Behauptung bezüglich der Farnsporangien nur einen Sinn erhält, wenn man eben die Impermeabilität der Membran fallen lässt und annimmt, dass diese entweder im feuchten Zustande Luft oder die im Wasser gelöste Luft hindurch gehen lässt. Obwohl ich die Verhältnisse beim Farnsporangium erst später beleuchten will, möchte ich doch schon hier die Bemerkung machen, dass ich niemals reife, wohl entwickelte und durch chemische Reagentien nicht verdorbene Annuli gefunden habe, die bei oftmaliger Wiederholung des Dehiscenz-Vorganges functionlos geworden wären, d. h. ihr Lumen nicht sehr schnell wieder mit Wasser angefüllt hätten. Mochten dieselben mit Wasser oder Glycerin gekocht worden sein und die denkbar schlechteste Behandlung erfahren haben, immer functionirten sie unverändert, wenn nur die dünne Deckmembran intact geblieben und nicht mit Quellungsmitteln behandelt worden war.

Dieselbe Annahme wie bei den Farnsporangien macht KAMERLING auch bei den Mooselateren. In 1) S. 163 Anm. heisst es wörtlich: „Die Membran, welche im trocknen Zustande undurchlässig ist für

4) KAMERLING: Zur Biologie und Physiologie der Marchantiaceen. München, Druck von V. Höfling 1897.

5) Vielleicht daraus zu erklären, dass KAMERLING Ausländer (Holländer) ist.

Luft, lässt diese im feuchten Zustande hindurchdiffundiren“. Wenn ich demnach KAMERLING's Ansicht richtig dahin auslege, dass die Zellen ihren luftleeren Innenraum nur der trockenen Membran zu verdanken haben, so meine ich, kann es in unseren Breiten, wo die Pflanzen fast täglich durch Thau oder Regen benetzt werden, luftleere Zellen nur in sehr beschränkter Zahl vielleicht im Innern der Gewebe geben.

Ein zweites Bedenken gegen die KAMERLING'schen Anschauungen finde ich in der unterschiedslosen Zusammenstellung lebender und todter Zellen, wie Moosblätter und Rhizoiden der Marchantien, während es doch von vorn herein klar ist, dass sich eine Membran mit rings herum anliegendem Plasmaschlauch anders verhalten wird, als abgestorbene Zellen. Es scheint mir durchaus einleuchtend, dass die lebendige Zelle, z. B. eines Moosblattes, welche bei grosser Trockenheit einen Theil ihres Zellsaftes nach aussen abgiebt, bei Darbietung von Wasser solches mit grosser Kraft aufsaugen und im Innern befindliche Luftblasen dadurch gewaltsam zusammenpressen und zum Verschwinden bringen wird, wohingegen bei todten Zellen ganz andere Kräfte — man könnte an einen Schleim oder hygroskopisches Salz denken — wirksam sein müssen.

An diese Einwände von mehr allgemeiner Natur schliesse ich die Darstellung einiger Versuche, die ich bezüglich der allgemeinen Frage nach dem Vorhandensein luftleerer Zellen angestellt habe und durch welche ich zu theilweise entgegengesetzten Ergebnissen gekommen bin. So berichtet KAMERLING (2, S. 3) folgendes: „Nehmen wir . . . die langen Samenhaare von Aselepiaden und zerschneiden diese, dann bekommen wir eine Anzahl sehr feiner Capillarröhrchen. Lassen wir zu diesen unter Deckglas Wasser zufließen, dann sieht man, wie dieses Wasser von beiden Enden aus vordringt und die Luft bald zu einigen Blasen zusammengesprengt ist. Ohne Mühe kann man sehen, wie in den engeren Haaren die Luft auf ein verhältnissmässig kleineres Volumen comprimirt wird, wie in den weiteren.“

„Nimmt man die unverletzten Samenhaare oder den Pappus von Compositen, dann tritt genau dieselbe Erscheinung ein, die Luft wird innerhalb kurzer Zeit zu einigen Blasen zusammengesprengt, welche Blasen aber weiter ihr Volumen nicht ändern.“ „Wenn wir jetzt aber . . . ein trocknes Moosblatt . . . nehmen und bringen dieses in Wasser, so sieht man, wie die Blase sich sogleich zu verkleinern anfängt und kein constantes Stadium erreicht, sondern immer fortfährt sich zu verkleinern, bis sie innerhalb weniger Minuten gänzlich verschwunden ist.“

Dieser Unterschied erkläre sich daraus, dass im ersten Falle lufthaltige, im zweiten luftleere Zellen vorgelegen hätten. Um diese Angaben, welche besonders im ersten Theile mit meinen bisherigen Erfahrungen im Widerspruch standen, nachzuprüfen, nahm ich den Pappus

von *Leontodon Taraxacum*, der draussen noch in Menge frisch zu haben war, zerkleinerte denselben auf dem Objectträger mit dem Rasirmesser in kürzere und längere Stücke, legte ein Deckglas darauf und liess nun Wasser dazu treten. Dasselbe drang von beiden Seiten mit grosser Geschwindigkeit in die bis zu 1 mm langen capillaren Röhren unter steter Verkleinerung der Luftblasen ein, welche meist in wenigen Minuten verschwunden waren. So lange die Blase ein der Zellwand anliegender Faden ist, geht die Aufsaugung der Luft meist ausserordentlich schnell vor sich; Ausnahmen bemerkt man erst, wenn der Faden sich zu einer kleinen Blase abgerundet hat, welche nur noch an einer Seite der Zellwand anliegt; dann kommt es vor, dass längere Zeit vergeht, ehe dieser Rest auch schwindet. Wie lange das dauern kann, habe ich nicht untersucht, da diese Fälle ohne jede Bedeutung sind, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird. Ich lasse es dahingestellt sein, ob die Verzögerung dadurch herbeigeführt wird, dass die einseitige Adhäsion der Blase an der Wand den capillaren Druck vermindert. Obiges Ergebniss stimmte durchaus mit früheren Versuchen überein, bei denen ich an Stelle der natürlichen Capillaren aus Glasröhren gezogene in gleicher Weise verwendet hatte. Wie die Verschiedenheit der Beobachtung bei einem so einfach anzustellenden Versuche zu erklären ist, dafür kann ich zur Zeit einen Grund nicht finden. Für die von ihm beobachteten Thatsachen stellt nun KAMERLING folgende Theorie auf: Ein in einem feinen Haare zwischen concaven Wassermenisken eingeschlossener Luftfaden, also eine cylindrische Luftblase mit halbkugelförmigen Enden, wird durch die capillare Spannung der letzteren bis zu einer vielmal kleineren runden Blase zusammengedrückt, bei welcher dann zwischen der Spannung der eingeschlossenen Luft und der der Oberfläche ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist. In diesem Zustande verharrt die Blase dann mehrere Stunden, oft auch einige Tage. Seine Rechnungen ergeben, dass dieses Gleichgewicht eintritt, wenn bei einer Blase von 2μ Durchmesser der Druck der eingeschlossenen Luft $2\frac{3}{4}$ Atmosphären beträgt. Auch diese Darlegungen kann ich mit meinen Beobachtungen nicht in Einklang bringen: Ich sah lange feine Luftfäden in wenigen Minuten sich zu einer Blase zusammenziehen, deren Volumen gleich der Summe der halbkugelförmigen Menisken war. Hier wurde also das Volumen der Luft mindestens um das Zehnfache verkleinert, folglich der Druck um ebenso viel vergrössert. Wenn also in den Röhren Luft von der Spannung 1 Atmosphäre vorhanden gewesen war, so musste er jetzt auf 10 Atmosphären angewachsen sein, woraus sich nach KAMERLING's Formel (2, S. 2)⁶⁾ ein Durchmesser der Luftblase von noch nicht $0,4 \mu$ für

6) $S = (16,5 : 1000 R) + 1$, S = Spannung der Luft in Atmosphären, R = Radius der Luftblase.

den Gleichgewichtszustand ergeben würde, während der Durchmesser des Lumens der Pappushaare, das ist der Durchmesser der halbkugeligen Menisken bei zehnfacher Compression weit über dieser Grenze blieb. Unter diesen Umständen war noch die Möglichkeit in's Auge zu fassen, dass in den Pappushaaren und den aus denselben geschnittenen kurzen Stücken stark verdünnte Luft vorhanden sei. Wahrscheinlich war diese Annahme nicht gerade. Denn selbst wenn in den unverletzten Haaren der Luftdruck kleiner als eine Atmosphäre wäre, so war doch anzunehmen, dass bei abgeschnittenen Stücken an den offenen Enden ein Ausgleich zwischen aussen und innen stattgefunden haben müsste, dass wir also in diesen mit Luft von der Spannung einer Atmosphäre zu rechnen haben. Die Möglichkeit war ja freilich nicht von der Hand zu weisen, dass beim Zerschneiden der Haare die Membran an den Schnittflächen so zusammengedrückt würde, dass von aussen in den luftverdünnten Innenraum durch den Ueberdruck der Atmosphäre nichts hineingepresst werden könnte. Für die Prüfung dieser Fragen erwies sich die concentrirte Schwefelsäure als ein recht geeignetes Mittel, indem sie die dünnen Zellmembranen rasch zerstörte, so dass bei Zuführung einer ganz geringen Menge der Säure schon der capillare Druck des Deckglases gegen den Objectträger genügte, um etwa in den Haarstücken befindliche Luft aus diesen herauszudrücken. Die Versuche ergaben ausnahmslos die Thatsache, dass in den Haarstückchen Luft von der Spannung einer Atmosphäre vorhanden war, die zuerst noch die Form des Fadens zeigte, bald aber zu grossen Blasen herausquoll, die sich in der Schwefelsäure weder verkleinerten, noch auflösten. Die Röhrcchen hatten einen ungefähren Durchmesser von 70μ ; daraus folgt nach der von KAMERLING angegebenen Formel für den Zustand des Gleichgewichts ein Luftdruck im Innern der Blasen von 1,05 Atmosphären, d. h. eine Volum-Verminderung von 100 auf 95, also um 5 pCt. oder eine Verkürzung der Luftfäden um $\frac{1}{20}$ ihrer Länge in Folge des capillaren Druckes der Menisken. Wenn daher meine Beobachtungen richtig sind, so weiss ich für die dadurch festgestellten Thatsachen keine andere Erklärung, als dass die durch die Menisken der Enden comprimirt Luft sehr schnell durch die Molecularinterstitien des Wassers oder der dünnen Zellmembran nach den Orten geringeren Druckes in ihrer Umgebung abfließt, wodurch das Gleichgewicht fort-dauernd zu Gunsten der comprimirenden Menisken aufgehoben wird. Zum Schlusse dieser Ausführungen will ich noch bemerken, dass nach meinen Beobachtungen KAMERLING die Pappushaare von *Leontodon* auch zu den Organen mit luftleeren Zellen rechnen müsste, da die in ihnen enthaltenen Blasenräume sehr schnell in Wasser verschwanden, während meine Versuche mit Sicherheit das Gegentheil ergaben.

Dieselbe Pflanze lieferte mir das Material zu einer zweiten Untersuchung, welche an die Behauptung KAMERLING's anknüpft, dass die Zellen in der

Samenschale von *Leontodon Taraxacum* luftleer seien. Nachdem ich im Vorhergehenden meine Methode ausführlich dargelegt habe, kann ich mich an dieser Stelle kürzer fassen. Zu den aus frisch gesammelten Früchten heraus präparirten Samen wurde concentrirte Schwefelsäure gesetzt, wonach aus ihren Zellen durch leichten Druck auf das Deckglas zahlreiche Luftblasen herausgepresst werden konnten. Dass diese nicht aus den Intercellularräumen stammten, konnte deutlich an ihrer Lage im Zelllumen beobachtet werden; dass sie durch die Schwefelsäure nicht etwa erzeugt wurden, war ebenso leicht sicher zu stellen, da ich in diesem Falle solche hätte auftreten und wachsen sehen müssen, was nicht der Fall war. Die langgestreckten toten Zellen sind im Innern mit feinen ring- bzw. leiterförmigen Verdickungen ausgestattet, zwischen denen dünne Stellen als grosse Tüpfel erscheinen. Lässt man nun zu den trockenen Objecten zuerst Alkohol und dann Glycerin treten, so sieht man in den Zellen unregelmässig gestaltete, hell durchscheinende Partien auf einem gleichmässig matt weiss erscheinenden Grunde, die sich wie Risse oder Hohlräume im Innern einer Füllmasse ausnehmen und so gross werden können, dass ihre Begrenzung wie ein dicker Wandbeleg in der Zelle erscheint. Nur in diesen Partien nimmt man auch die Luft wahr, die also zuerst, wenn Schwefelsäure zu den trockenen Samen zugesetzt wird, nicht die Form von länglichen oder runden Blasen hat, sondern erst allmählich zu solchen sich gestaltet. Ich bin geneigt diesen Befund durch die Annahme zu deuten, dass hier vielleicht in den Zellen ein wasseranziehender Schleim vorhanden ist, der zusammengetrocknet ist und dadurch jene Risse und Spalten erhalten hat, von denen ich oben gesprochen habe. Ein endgiltiges Urtheil wage ich jedoch über diese Dinge nicht abzugeben, die ich dazu nicht weit genug verfolgt habe. Mein Interesse beschränkte sich darauf festzustellen, ob Luft im Zellinnern vorhanden sei oder nicht, und auf diese Frage glaube ich im Gegensatze zu KAMERLING eine bejahende Antwort geben zu können.

Ein besser übereinstimmendes Resultat zwischen KAMERLING's und meinen Untersuchungen, das in der That darauf hinzuweisen scheint, dass man es hier mit Zellen zu thun hat, in welche Luft nur sehr schwer oder gar nicht eindringt, lieferte die Untersuchung der Moosblätter. Bringt man solche von Pflänzchen, welche mehrere Tage trocken gelegen haben, in Wasser, Alkohol oder Glycerin, so bemerkt man in den Zellen keine Luftblasen oder Hohlräume, abgesehen von ganz vereinzelt Zellen. Daran ändert sich auch nichts, wenn man völlig vertrocknete Blätter wieder aufweicht oder frische auf irgend eine Weise tödtet, dann gut auswäscht, trocken werden lässt, so dass Luft an die Stelle des verdunstenden Wassers treten könnte, und nun wieder befeuchtet. Hier scheint man es in der That mit Zellen zu thun zu haben, welche keine Luft in das Lumen von aussen eindringen

lassen. Ob dabei, wie KAMERLING meint, die Zellhaut allein von Bedeutung ist, oder ob ein irgendwie gearteter Wandbeleg eine Rolle spielt, vermag ich nicht zu entscheiden.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen über das Vorhandensein luftleerer Zellen wende ich mich zu der Behauptung KAMERLING's, dass in diese Kategorie auch die trockenen Annuluszellen der Farnsporangien gehören. Er stellt sich damit auf den schon von PRANTL⁷⁾ eingenommenen Standpunkt, dass die Membran der Annuluszellen für Luft impermeabel sei, unterscheidet sich aber dadurch von ihm, dass er die Lumina als luftleer anspricht, während PRANTL behauptet, dass in denselben Luft von der Spannung der Atmosphäre vorhanden sei. KAMERLING scheint die Arbeit von PRANTL nicht gekannt zu haben, sonst würde ihn wohl nachfolgende Angabe desselben gegenüber seiner eignen Behauptung bedenklich gemacht haben. PRANTL sagt (7, S. 44): „Um den weiteren Versuchen und Erwägungen eine sichere Basis zu geben, habe ich nunmehr festgestellt, dass die Blasen in der That Luftblasen, keine leeren Räume sind. In Glycerin liegende Sporangien wurden unter dem Mikroskope durch Radialschnitte verletzt. Wurde dabei eine Ringzelle geöffnet, so hätte, wenn die Blasen leere Räume wären, sofort das Glycerin an ihre Stelle treten müssen; dies geschah aber nicht; in den 6 Fällen, in welchen das Experiment vollständig gelang, blieben die Blasen erhalten; an einem Object ragte noch nach 15 Stunden die Blase völlig unverändert frei in die umgebende Flüssigkeit vor.“

So einfach die Idee zu diesem Versuche ist, so schwierig ist die Ausführung desselben wegen der Kleinheit der Objecte. Einfacher lässt sich die Frage nach der oben schon besprochenen Methode erledigen, bei welcher die Zellen durch concentrirte Schwefelsäure zerstört werden. Man kann dann ohne Mühe die Thatsache gegen jeden Zweifel sicher stellen, dass die trockenen Annuluszellen nicht luftleere Hohlräume umschliessen, sondern mit Luft erfüllt sind. Obwohl dieser directe Beweis völlig ausreichend sein dürfte, will ich doch aus meinen früheren Arbeiten über denselben Gegenstand⁸⁾ einige Versuche in Erinnerung bringen, aus denen man auf die Lufterfüllung des Zelllumens schliessen kann. Bringt man die Annuli in mässig verdünntes Glycerin, so können sie darin Tage lang liegen, ohne dass das Glycerin in's Innere eindringt. Erwärmt man die Flüssigkeit und lässt erkalten, so geht die Füllung der Lumina in wenigen Stunden vor sich. Grund: Bei der Erwärmung dehnt sich die Luft aus, geht theilweise durch die Zellmembran hindurch und wird beim Abkühlen durch Glycerin ersetzt.

7) PRANTL: Die Mechanik des Ringes am Farnsporangium. Berichte der D. B. G. 1886, S. 42.

8) J. SCHRODT: Das Farnsporangium und die Anthere. Flora 1885. — Ders.: Der mechanische Apparat zur Verbreitung der Farnsporen. Berichte der Deutschen Bot. Ges. 1885.

Setzt man die trockenen Annuli einem Drucke von 3—4 Atmosphären aus, so bemerkt man in ihrem Aussehen nicht die geringste Veränderung. Wären aber die Lumina luftleer, so müsste die dünne Deckmembran stärker eingestülpt, der Annulus durch den Ueberdruck nach rückwärts gekrümmt werden. Da beides nicht eintritt, muss man annehmen, dass die trockene Membran, für Luft durchlässig, schnell den Ausgleich von Druckdifferenzen gestattet; daher müssen auch die Lumina mit Luft erfüllt sein. Wären endlich die Zellen luftleer, so müsste nach dem plötzlichen Zusammenklappen des Annulus die äusserst dünne Deckmembran durch den Ueberdruck der Atmosphäre in das Innere des luftleeren Raumes eingestülpt werden, was nicht der Fall ist; vielmehr nimmt der Annulus ganz langsam die gestreckte Form in dem Maasse an, in welchem die Feuchtigkeit aus der dünnen Deckmembran schwindet.

Hiernach dürfte der Schluss gerechtfertigt erscheinen: In den trockenen Annuluszellen des Farnsporangiums befindet sich Luft. Ob diese schon durch die feuchte oder erst durch die trockene Membran eindringt, ist nicht festgestellt. Einige Versuche weisen darauf hin, dass die trockene Membran für Luft leicht permeabel ist.

Eine andere noch offene Frage ist die nach dem Grade der Spannung, welche die in den Annuluszellen eingeschlossene Luft hat. Ich habe dieselbe dadurch zu beantworten gesucht, dass ich das Volumen trockener Zellen und das der austretenden Luftblasen mit einander verglich. Allein bei der Kleinheit der Objecte und den damit vorzunehmenden Manipulationen ist es nicht ganz leicht, zu einem befriedigenden Resultate zu gelangen.

Was zunächst die ausgetretenen Blasen betrifft, so ist bei der Messung derselben dreierlei zu berücksichtigen: Erstens wird während des Versuchs ein Theil der capillar gepressten Luft von der umgebenden Flüssigkeit absorbirt werden, zweitens wird die in den Blasen eingeschlossene Luft vermöge des capillaren Druckes eine höhere Spannung besitzen als die Atmosphäre, und drittens werden die zwischen Objectträger und Deckglas eingeschlossenen Blasen nicht eine kugelförmige, sondern ellipsoidische Gestalt haben.

Bezüglich der lichten Weite der Zelllumina sind die Schwierigkeiten nicht geringer. Die Räume sind nicht von regelmässigen und einfachen geometrischen Gebilden begrenzt, demnach aus linearen Dimensionen nur näherungsweise zu berechnen. Ich habe sie als durch einen Axenschnitt erhaltene Hälften eines geraden Cylinders berechnet, bin mir aber bewusst, dass die dadurch erhaltenen Werthe zu gross ausfielen wegen des nach innen gebogenen Mantels.

Das sind nur einige wenige der Bedenken und Schwierigkeiten. Doch glaube ich trotz derselben auf Grund zahlreicher Messungen behaupten zu können, dass der Spannungsgrad der eingeschlossenen Luft von dem der Atmosphäre nicht wesentlich verschieden sein dürfte.

Wenn dem so ist, so entsteht die weitere Frage, durch welche Kräfte das Wasser in das mit Luft erfüllte Zelllumen gelangt und letztere rasch und vollständig verdrängt. PRANTL nimmt dafür (7) einen salzartigen, stark hygroskopischen Stoff in Anspruch. Gegen diese Annahme spricht der Umstand, dass noch kein Beobachter denselben gesehen hat, dafür nachfolgendes Experiment: Bringt man trockene Annuli mehrere Stunden in eine feuchte Kammer, so ist ein Theil derselben mit Wasser gefüllt und springt. Allein die Möglichkeit war dabei nicht ausgeschlossen, dass Wasserdampf in Tropfenform sich bei Temperaturerniedrigung niedergeschlagen und die Annuluszellen gefüllt hatte. Einen Wasser anziehenden Pflanzenschleim als saugende Kraft anzunehmen, geht wohl nicht an; denn ein solcher würde allmählich aufquellen, das ganze Innere der Zelle anfüllen und das Schnellen der Annuli unmöglich machen. Demnach, glaube ich, bleibt zur Zeit für keine andere Auffassung Raum als für die schon früher von mir vertretene, die ich in folgender Weise formuliren möchte. Sobald ein trockener, gerade gestreckter Annulus in Wasser gelegt wird, benetzt sich seine Membran, die Zugspannung der dünnen Decke lässt nach, in Folge der Elasticität des dicken Bodens schliesst sich der Annulus, die senkrechten Pfeiler treten aus einander, und das Volumen der Zellen vergrößert sich um ein Beträchtliches. Hierdurch wird die Luft im Innern der Zellen verdünnt, der Ueberdruck der Atmosphäre presst dieser Verdünnung entsprechend etwas Wasser in die Zellen hinein, und der capillare Druck der Wassermenisken drückt genau so wie bei den Pappushaaren von *Leontodon Taraxacum* die Luftblase zusammen. In Folge dessen wandert die Luft durch die Molecularinterstitien des Wassers und der Membran nach den Orten geringeren Druckes, wodurch die Luftblase allmählich verschwindet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Schrod J.

Artikel/Article: [Sind die reifen Annuluszellen der Farnsporangien luftleer?
322-330](#)