

jene Veränderungen in den Epidermiszellen der Fruchthaut bewirken, welche den bekannten Farbenwechsel zur Folge haben.

Obwohl, wie ich bereits oben angegeben habe, nahezu in allen schwarzen Beeren Hyphen in mehr weniger grosser Menge gefunden werden, so kann doch nicht behauptet werden, dass dieselben zum Reifen der Beeren, beziehungsweise zum Blau- oder Schwarzwerden unbedingt nothwendig sind; denn man findet, allerdings nur vereinzelt, auch solche reifen Beeren, welchen allem Anschein nach die Hyphen fehlen.

Prag, im October 1899. Pflanzenphysiologisches Institut der k. k. deutschen Universität.

Erklärung der Abbildungen.

Vergrosserung sämmtlicher Figuren $\frac{300}{1}$.

- Fig. 1. Flächenansicht der Epidermiszellen einer schwarzen Beere von *Juniperus communis* L.
 „ 2. Querschnitt durch diese Epidermiszellen.
 „ 3. Flächenansicht der Epidermiszelle einer grünen Beere.
 „ 4–9. Hyphen aus dem Fruchtfleische schwarzer Beeren; 5. ein Hyphenstück mit stark gequollenen Zellwänden; 6. ein Hyphenstück mit grobkörnigem Inhalte; 7–9. Hyphenfragmente mit Fructificationsbildungen.

43. C. Steinbrinck: Ueber die Verdrängung der Luft angeschnittener Pflanzenzellen durch Flüssigkeiten.

Eingegangen am 25. October 1899.

Todte und saftleere Pflanzenzellen verhalten sich bekanntlich hinsichtlich der Aufnahme von Wasser, das ihnen dargeboten wird, sehr verschieden. In einigen Fällen dauert es kaum einige Minuten, in anderen dagegen Stunden und in noch anderen gar Tage oder Wochen, bis ihre Binnenräume gänzlich mit Wasser erfüllt sind. Im ersten Falle kann man oft die Blasenräume, die sich anfänglich ausser dem eingedrungenen Wasser im Zellraume vorfinden, unter rascher Verminderung ihrer Durchmesser bis zum Punkte schwinden und dann plötzlich zergehen sehen. Diese Erscheinung tritt beispielweise bei dem Farnannulus, bei dem fibrösen Gewebe der Antheren und der Schachtelhalmsporangien, bei trockenen Moosblättern und Lebermoos-

elateren ein, und es liegt nahe, in solchen Fällen anzunehmen, dass die Lumina der wasserleeren Zellen überhaupt keine Luft oder nur solche von geringer Spannung (vielleicht auch Wasserdampf oder Kohlensäure?) führen. Man muss dann selbstverständlich die trockene Membran dieser Zellen für luftundurchlässig erklären. Neuerdings hat namentlich KAMERLING diese Ansicht vertreten; man findet sie aber auch sonst, sowohl im Princip, als auch mit Anwendung auf einzelne Specialfälle nicht selten ausgesprochen.

Allerdings fiel für diese Auffassung, als SCHRODT sie am Farnannulus experimentell prüfte, das Ergebniss wenig günstig aus. Denn er sah aus dem Inneren der für fast luftfrei gehaltenen Zellen sehr beträchtliche Luftblasen hervorquellen, sobald ihre Wand durch Schwefelsäure stellenweise zerstört wurde. Und zu einem ähnlichen Resultat gelangte ich, als ich sein Verfahren auf *Equisetum*- und Antherengewebe anwandte. Diese Beobachtungen sind aber auf starke Zweifel gestossen. Es erscheint kaum glaubhaft, dass eine verhältnissmässig so erhebliche Luftmenge in das geringe Wasserquantum, das sich schliesslich in der Zelle befindet, hineindiffundirt sein sollte. Verlangt doch nach BUNSEN die Luft zur Absorption durch Wasser das sechszigfache Volum desselben. Obendrein kam der oben gekennzeichneten Hypothese ein weiteres Argument zu statten. Es ist nämlich von verschiedenen Beobachtern übereinstimmend mitgetheilt worden, dass es zur Verdrängung der Luft aus künstlich geöffneten Annuluszellen einer sehr beträchtlich längeren Zeit bedarf, als zum Verschwinden der Blasenräume in den geschlossenen nöthig ist. Wie sollte dieser Unterschied, so fragte man, anders zu begründen sein, als durch eine weit geringere Spannung der Luft innerhalb der letzteren?

Indessen lässt sich nach meiner Kenntniss diese Erfahrung vom Farnannulus nicht verallgemeinern. Sie gilt z. B. nicht für die Sporangien von *Equisetum arvense* und auch nicht für fibröse Antherengewebe, die ich daraufhin geprüft habe. Denn als ich aus trockenen Schachtelhalmsporangien und aus der fibrösen Zelllage von *Liriodendron*-Antheren Stücke in Luft herausschnitt und sie dann bei Wasserzutritt in Flächenansicht unter dem Mikroskop beobachtete, konnte ich einen constanten oder irgendwie erheblichen Zeitunterschied bezüglich der Wassererfüllung der offenen und der geschlossenen Zellen nicht auffinden. Oftmals perlte die Luft aus den angeschnittenen Randzellen bald heraus. Ich meine aber auch gesehen zu haben, wie im Lumen derselben eingeschlossene Luftblasen in gleicher Weise zum Punkte schwanden und sich dann auflösten, wie in geschlossenen. — Es ist auch nicht schwer, eine plausible Erklärung für dieses Verhalten aufzufinden. Was zunächst die geschlossenen Zellen des *Equisetum*-Sporangiums und der Antheren an betrifft, so hat man schwerlich nöthig, in ihnen eine im trockenen

Zustande der Gewebe bereits vorhandene Luftverdünnung anzunehmen. Die beträchtliche Vergrößerung ihrer Zelllumina, die bei Wasserzutritt thatsächlich erfolgt und auf der Entfaltung ihrer vorher zerknitterten oder gefalteten Wandung beruht, dürfte wohl dasselbe leisten, wie die hypothetische Präexistenz einer Luftverdünnung. An dieser Lumenvergrößerung nehmen aber vermuthlich auch die geöffneten Randzellen theil. Denn durch die Zerknitterung der Wände, die ihnen mit den geschlossenen Binnenzellen gemeinsam sind oder an solche Zellen anstossen, werden beim Wasserverlust wahrscheinlich auch ihre Binnenräume grossentheils „abgedrosselt“. Auch ihr Lumen wird daher bei Wasserzufuhr erweitert werden. Somit kann nun auch in sie theils durch die Oeffnung der Zellwandung hindurch, theils durch diese selbst rasch ein reichlicher Wasserstrom eintreten, der die abgeschlossene Luftmenge umfasst und diese entweder aus dem Zellumen herausdrängt oder in sich aufnimmt (absorbirt). Hierbei ist angenommen, dass die hohe Durchlässigkeit der Membran auch den Austausch zwischen dem Binnenwasser der Zellen und dem Aussenwasser, d. h. die Diffusion der gelösten Luft nach aussen, sehr erleichtert. — Bei dem Farnannulus sind dagegen die Einzelzellen durch dicke Wände von einander getrennt, die bei Wasserverlust keine Faltung erleiden. Daher vermag die Volumvergrößerung der geschlossenen Annuluszellen beim Wasserzutritt nicht auf offene Nachbarzellen überzugreifen. Ueberdies erschweren diese dicken Membranen den Uebertritt von Wasser aus den Nachbarzellen und damit die allseitige Umfassung der in den offenen Zellräumen eingeschlossenen Luftmenge durch zuströmendes Wasser. So mag es verständlich werden, wenn Luftblasen in angeschnittenen Farnannuluszellen erheblich sesshafter sind als in solchen anderer Gewebe.

Vielleicht ist bei diesen Vorgängen aber noch ein anderer Umstand beachtenswerth, auf dessen mögliche Bedeutung ich durch eine Bemerkung von ERRERA in seiner Mittheilung: *Comment l'alcool chasse-t-il les bulles d'air?*¹⁾ hingelenkt worden bin. ERRERA erörtert darin die Frage, warum die Luftblasen mikroskopischer Präparate durch Alkohol weit schneller beseitigt werden als durch Wasser, und führt dies zum Theil darauf zurück, dass das die Blasen umschliessende Wasser nicht genügend rein und die Viscosität seines Flüssigkeitshäutchens in Folge dessen erheblich grösser wäre als bei ganz reinem Wasser und bei Alkohol. Sollte nun den in trockenen Zellräumen eingeschlossenen Luftblasen vielleicht der Umstand zu Gute kommen, dass das auf sie eindringende Wasser vorher bei seinem Durchgang durch die Membran filtrirt und im angegebenen

1) *Bullet. des séances de la Société belge de microscopie.* 1886. Siehe das Referat im *Bot. Centralblatt* 1887, Bd. XXXI, S. 385.

Sinne „reiner“ geworden ist, so dass die Diffusion der Luft durch das somit weniger widerstandsfähige Flüssigkeitshäutchen erleichtert würde? In der That ist es mir öfter so vorgekommen, als ob die Contur einer in rascher Volumverringern begriffenen Blase zarter gewesen wäre, als bei volumbeständigen. Doch bin ich weit entfernt davon, hier das Räthselhafte dieser Vorgänge entschleiern zu wollen. Die Absicht der nachfolgenden Zeilen geht nur dahin, das That-sachenmaterial zu vermehren, auf Grund dessen diese physikalische Frage weiter verfolgt werden kann.

Hierzu schien es mir zweckmässig, Objecte zu wählen, deren Membranen sehr durchlässig sind und die andererseits die Präexistenz einer Luftverdünnung ausschliessen. Als solche dünkten mich nun die Lebermooselateren besonders geeignet, da sie langgestreckte einzellige Schläuche mit sehr dünner, aber durch ein, bzw. mehrere Schraubenbänder gestützter Membran darstellen. Da nach KAMERLING¹⁾ die Elateren von *Frullania* einer Contraction durch die WassercohäSION vor dem Trocknen nicht unterliegen, so wählte ich diese und schnitt an Kapseln von *Frullania dilatata*²⁾, die Anfang September gesammelt waren, unter dem Simplex mit einem scharfen Scalpell von den Schleudern längere oder kürzere Stücke ab. KAMERLING giebt an, dass diese Elateren in der aufgesprungenen Kapsel an dem freien Ende, wo sie ringförmig verdickt sind, einen Porus aufweisen. Diese Oeffnung soll dadurch entstehen, dass dieses Ende beim Platzen der Kapsel von deren Wandung abreisst. Nach meiner Erfahrung ist ein solches Loch nicht vorhanden, denn ich habe dort niemals eine Luftblase austreten oder von dort vordringen, noch auch Wasser im geschlossenen Zuge hier einströmen sehen. Die abgeschnittenen Elaterengipfel stellten daher Röhren dar, die nur am unteren Ende offen waren. Bisweilen schnitt ich auch noch das oberste Ende ab und hatte so ein beiderseits offenes Zellwandrohr zur Verfügung.

Diese Stücke wurden trocken mit einem Deckglase belegt und am Rande desselben der Flüssigkeitstropfen hinzugefügt. Dass ihre dünne Membran für Flüssigkeiten leicht passirbar ist, konnte ich bald wahrnehmen. Namentlich, wenn die Flüssigkeit zuerst in der Nähe des geschlossenen Endes ankam oder auf eine Längswand traf, war das Lumen im Nu bis zum offenen Ende hin mit dem Wasser oder dem Alkohol etc. gefüllt. Im Uebrigen interessiren uns diese Fälle nicht. Ich beschränke mich hinsichtlich der einseitig geschlossenen Stücke nur auf diejenigen, wo die Flüssigkeit zuerst in

1) Der Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren. Flora 1893, S. 164.

2) Gelegentlich solcher Untersuchungen konnte ich an den Kapseln von *Pellia epiphylla* einen Cohäsionsmechanismus ihrer Klappen beim Oeffnen feststellen; bei *Frullania* gelang dies nicht.

die künstliche Oeffnung eindrang und die Luft nach dem Gipfel zu vor sich hertrieb.

1. Versuche mit concentrirtem Glycerin, wasserfreiem Alkohol und Xylol. Das Glycerin drang, wie zu erwarten stand, nur langsam ein¹⁾, und die abgeschlossene Luft hielt sich für eine Reihe von Stunden. Ganz anders war das Bild, wenn Alkohol oder Xylol herantrat. Diese wanderten sehr rasch auch von den Seiten her ein und umfassten die Anfangs langgestreckte Blase. Diese nahm rasch an Länge ab; manchmal zerfiel sie auch, durch die seitlich eintretende Flüssigkeit an ein oder zwei Stellen abgeschnürt, in mehrere. Jede Blase rundete sich sehr bald kugelig ab, wurde in rascher Volumverringering zum Pünktchen reducirt und schwand dann völlig, ganz wie beim Wasserzutritt in den oben besprochenen geschlossenen Zellen. Der ganze Vorgang nahm nie länger als höchstens 4 Minuten in Anspruch; namentlich bei Anwendung von Xylol war er oft schon innerhalb einer Minute vollendet.

2. Versuche mit destillirtem Wasser. Dasselbe Verhalten, wie es eben nochmals gekennzeichnet ist, fand ich nun häufig auch bei Wasserzusatz, und nicht bloss in einseitig geschlossenen, sondern mehrmals auch bei beiderseits offenen Röhren. Allerdings kam es nicht vor, dass sich eine grössere Blase bereits innerhalb der ersten Minute zum Punkt zusammenzog und schwand; nicht selten geschah dies aber innerhalb 2 oder 3 Minuten.

Indess muss ich hier sofort hinzufügen, dass das Ergebniss oft ein ganz anderes war, dass die Blase nämlich Anfangs ihr Volum ziemlich schnell verminderte, gewöhnlich auch in mehrere zerfiel, dass sich dann aber ihre weitere Abnahme sehr verlangsamte. Es vergingen manchmal $\frac{3}{4}$ oder eine oder mehrere Stunden, ehe die Luft völlig verschwunden war. Woher diese Differenz rührt, vermag ich nicht mit Bestimmtheit zu sagen. Auffällig war, dass dasselbe Object sich bei mehreren auf einander folgenden Versuchen verschieden verhalten konnte, z. B. mehrere Male in 5 Minuten schwindende, das andere Mal stundenlang beständige Blasen aufwies, während der Vorgang beide Male zu Beginn des Wassereintritts anscheinend der gleiche gewesen war. Es ist mir auch vorgekommen, dass in einem Stücke von etwa 8 Spiralwindungen, in dem die Anfangs fast durch das ganze Lumen reichende Blase in drei einzelne zerfiel, die eine von diesen, nämlich die der Mündung zunächst liegende, in $7\frac{1}{2}$ Minuten, gerade so wie in Alkohol und Xylol, zerging, während die grössere, mittlere zur Auflösung $1\frac{1}{2}$ Stunde brauchte und die dritte, am geschlossenen Ende liegende, obwohl sie Anfangs nicht erheblich

1) Vergl. übrigens diese Mittheilung, S. 330.

grösser als die erstgenannte äusserste gewesen war, fast 4 Stunden aushielt.

Ich vermüthe, dass hier der Umstand mit hineinspielt, dass sich die Elateren von *Frullania* schon beim Austrocknen oft ungleich verhalten. In Folge ihres schraubigen Membranaufbaues tor-diren sie nämlich beim Wasserverlust, und zwar die einen mehr, andere weniger. KAMERLING hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass hierbei die dünnen Membranpartien stark einwärts gefaltet werden. Man trifft nun oft solche Exemplare an, bei denen diese dünnen Membranfelder derart gequetscht erscheinen und so eng an einander geschmiegt sind, dass sie sich selbst in Wasser nicht wieder von einander lösen. Setzt man zu solchen trockenen Stücken Glycerin, so erscheinen sie oft ihrer ganzen Länge nach sofort hell; man kann dann keine Stelle entdecken, die durch totale Reflexion auf das Vorhandensein eines luftgefüllten Lumens schliessen liesse. Solche Stücke habe ich selbstverständlich zu den oben unter 1. und 2. besprochenen Versuchen nicht benutzen können. An jener Stelle ist nur von Elaterenstücken die Rede, die auch im trockenen Zustande, wie u. a. die Art des Eindringens von Xylol zeigte, ein Lumen aufwiesen, somit weniger stark verdreht und gefaltet waren.

Sollten aber vielleicht die Unterschiede im Verhalten der geprüften Elaterenfragmente, über die unter 2. berichtet ist, davon herrühren, dass die Einschnürung der dünnen Membranpartien in den einzelnen Fällen eine ungleich starke gewesen war? Sollte also das Lumen der Elaterenstücke, in denen die Blasen bei Wasserzusatz rasch verschwanden, während des vorhergegangenen Trockenzustandes erheblich stärker „abgedrosselt“ gewesen sein, als der Binnenraum solcher Exemplare, bei denen nachher die Luft im Wasser sehr langsam absorbirt wurde? Ich kann leider diese Frage hier nur zur Erwägung stellen, und muss mich mit der Hoffnung begnügen, zur weiteren Verfolgung dieser mikrophysikalischen Probleme neue Anregung geboten zu haben. Jedenfalls geht aber aus den mitgetheilten Beobachtungen hervor, dass auch Luft von atmosphärischer Spannung von Wasser unter Umständen ungemein rasch verschluckt werden kann. — Ich sehe übrigens nachträglich, dass SCHRODT bei Glas-capillaren und Pappusstücken bereits zu ähnlichen Resultaten gelangt ist. (Siehe Flora 1887, Neue Beiträge zur Mechanik der Farn-sporangien, S. 19 und 20 des S.-A., und diese Berichte 1898, S. 324 und 325.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [17](#)

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

Artikel/Article: [Ueber die Verdrängung der Luft angeschnittener Pflanzenzellen durch Flüssigkeiten 325-330](#)