

7. C. Steinbrinck: Zur Frage der elastischen Schwellung von Pflanzengewebe.

(Vorläufige Mittheilung.)

Eingegangen am 23. Februar 1900.

Im vorigen Jahrgang dieser Berichte ist auf S. 105—107 die Rede von Versuchen gewesen, die auf den Nachweis abzielten, dass bei den Antheren der Angiospermen sowohl die Contraction ihrer Klappen beim Aufspringen, als auch ihre erneute Schwellung beim Ersatz des verlorenen Wassers durch die Höhe des äusseren Luftdruckes nicht beeinflusst sei. Zu diesem Zwecke wurden damals die fraglichen Objecte in feuchtem oder trockenem Zustande in einem kleinen Recipienten von dem Momente an beobachtet, wo dieser Recipient mit einem etwa zwölftausendfach grösseren, vorher möglichst luftleer gepumpten Raume in Verbindung gebracht war. Die Austrocknungsversuche sind meiner Ansicht nach derzeit einwandfrei ausgefallen; dagegen haben im vorigen Jahre meine Versuche, die das Verhalten der Antheren bei erneuter Wasserzufuhr feststellen sollten, vornehmlich an zwei Uebelständen gelitten. Der kleine Behälter, in dem die Anschwellung der Objecte beobachtet werden sollte, enthielt nämlich damals bei seinem Anschluss an den grösseren, luftleeren, noch kein Wasser; dieses wurde ihm vielmehr erst nach diesem Anschluss beim Oeffnen eines zweiten Hahnes aus einem offenen Gefässchen mittelst eines seitlichen Ansatzrohres zugeleitet. Dabei war es aber nicht zu umgehen, dass das Wasserquantum, welches nunmehr die Antheren zuerst benetzte, unter erheblichem äusserem Luftdruck auf dieselben traf. Ferner wurde bei dieser Anordnung sowohl beim Oeffnen des Wasserhahnes durch den Druck der Atmosphäre, als auch später durch die in dem kleinen Recipienten hervorquellenden Dampfblasen Wasser in die enge Verbindungsröhre zwischen diesem Behälter und dem grossen luftleeren hinübergerissen. Da diese Flüssigkeit das Verbindungsrohr zeitweise capillar verstopfte, so war während dieser Augenblicke der auf den Antheren lastende Gasdruck mindestens um den Reibungswiderstand dieses Flüssigkeitsfädchens erhöht, und der Ausgleich der in beiden Behältern herrschenden Spannungen jedenfalls erschwert.

Diese Mängel veranlassten mich, die betreffenden Beobachtungen kürzlich mit einem neu construirten Apparat wieder aufzunehmen. Dabei wurde ich von meinem Fachcollegen am hiesigen Realgymnasium, Herrn Oberlehrer RIPKE, freundlichst unterstützt. Wir glauben nunmehr zu völlig einwandfreien, exacten Resultaten gelangt

zu sein. Die Spannung der Luft, unter der sich die Schwellung der geprüften Antheren vollzog, betrug nur etwa $\frac{1}{5}$ mm Quecksilber, so dass sich der auf dem Benetzungswasser der Antheren lastende Druck im Wesentlichen auf die Spannung seines Dampfes beschränkte. Tiefer konnte die Gasspannung bisher nicht herabgedrückt werden, da andernfalls das Benetzungswasser zu rasch gefror. Da die Temperatur des kleinen Beobachtungsraumes und des Wassers nur etwa 1 bis 2° betrug, so erreichte diese Dampfspannung höchstens den Betrag von rund 5 mm Quecksilber. Trotzdem war das Mass der Schwellung bei solchermassen geprüften Antheren im Vergleich zu solchen, die gleichzeitig an der freien Luft im Wasser lagen, weder merklich vermindert, noch merklich verlangsamt. Dabei war es gleichgültig, ob die aufgesprungenen Antheren — noch safterfüllt oder ganz trocken — eben erst der frischen Blüthe entnommen, oder ob sie vorher jahrelang in absolutem Alkohol eingelegt, oder ebensolange trocken aufbewahrt gewesen waren.

Ebenso verhielten sich isolirte Lagen dynamischer Antherengewebe, die vor Monaten durch Kochen mit Salpetersäure von der Epidermis befreit worden waren und seitdem trocken gelegen hatten. Somit scheint mir die Unabhängigkeit der Antherenschwellung¹⁾ vom äusseren Druck erwiesen.

Der benutzte Apparat war nach eigener Angabe von der rühmlichst bekannten Firma GUNDELACH in Gehlberg hergestellt worden. Die Mittel zur Durchführung der Versuche wurden uns von einem hohen Gönner unseres Realgymnasiums im Hinblick auf eine demnächstige Jubelfeier der Anstalt gütigst zur Verfügung gestellt. Die Versuche und der Apparat sollen daher erst in der nächstjährigen Festschrift des Realgymnasiums ausführlich dargestellt werden. Bis dahin hoffen wir unsere Beobachtungen noch zu erweitern und nach verschiedenen Richtungen auszudehnen.

An dieser Stelle möchte ich mich nur noch, veranlasst durch verschiedene Zuschriften, über die Bedeutung des gefundenen Ergebnisses äussern. Dasselbe dürfte nämlich manchem ganz selbstverständlich und darum überflüssig und belanglos erscheinen. Zweifellos wäre eine solche Kritik z. B. berechtigt, wenn feststände, dass der Bewegungsmechanismus der Antherenklappen auf der Schrumpfung und Quellung ihrer Zellmembranen beruhte. Mir scheint aber schon ein Vergleich mit dem Verhalten der Farnsporangien zu genügen, um diese Auffassung zurückzuweisen. Seitdem es nämlich feststeht, dass sich die Auswärtskrümmung des Farnannulus vollzieht, während seine Zellen noch mit Wasser gefüllt sind, ist die Annahme, dass

1) Unter gleichzeitiger praller Wasserfüllung der Zelllumina.

diese Krümmung auf Membranschrumpfung beruhe, wohl nach allgemeinem Urtheil hinfällig geworden. Die Contraction und Auswärtskrümmung der Antherenklappen erfolgt aber unter gleichen Umständen, d. h. bei voller Wassererfüllung der Zelllumina. Im verflossenen Jahre habe ich noch weiterhin eine Reihe von Pflanzen in dieser Hinsicht geprüft und nie eine Ausnahme gefunden. Zur Controlle eignen sich selbstverständlich am besten die grossen Antheren von Monocotylen, wie *Crocus*, *Fritillaria*, *Lilium*, *Iris*, *Gladiolus* u. s. w., da sie nur langsam das Wasser abgeben. Bei kleinen Antheren muss man schon eine frühe Morgen- oder eine Abendstunde wahrnehmen, um an lebenden Blüthen das Verhalten der aufspringenden oder aufgesprungenen Antherenklappen genau zu controlliren; denn bei höherem Sonnenstande contrahiren und krümmen sich gewöhnlich die Klappen kleiner Antheren so rasch, dass sie für die directe mikroskopische Untersuchung ohne Wasserzusatz nicht mehr durchsichtig genug sind.

Ist es schon hiernach, wie mir scheint, nicht zulässig, die Contraction der Antherenklappen auf Membranschrumpfung zurückzuführen, so geht es andererseits ebenso wenig an, die Ursache der Contraction etwa in Gewebespannungen zu suchen, die, in der lebenden Anthere vorhanden, sich beim Absterben derselben auszugleichen strebten. Im Widerspruch mit einer solchen Anschauung steht ja die Thatsache, dass auch längst todte Staubbeutel bei Wasserzusatz wieder anschwellen und bei dem Verlust des Wassers von Neuem der Contraction unterliegen. Auf eine begrenzte Turgorspannung innerhalb der lebenden Antherenklappe kann man manchmal allerdings aus dem Umstande schliessen, dass diese nach der Contraction bei erneutem Wasserzusatz ev. nicht ganz zu der früheren Krümmung zurückkehrt. Doch ist diese Differenz gegenüber der Thatsache, dass sie dabei doch ihre früheren Dimensionen wieder erlangen, sicherlich nebensächlich. Ich wüsste demnach vorläufig nicht, welche andere Ursache man für die thatsächliche Contraction der Antherenklappen bei der Wasserentziehung geltend machen könnte, als die Cohäsion des schwindenden Füllwassers ihrer Zellen.

Wenn bei einigen Antheren an Querschnitten auch nach dem völligen Verdunsten dieses Füllwassers noch Krümmungen in die Erscheinung treten, die in gleichem Sinne gerichtet sind, wie sie beim Aufspringen der wassergefüllten Anthere zu beobachten sind, so spricht dies noch nicht gegen die Cohäsionshypothese. Denn auch beim Farnannulus erfolgt ja der letzte Bewegungsvorgang nach dem Verlust des Füllwassers der Zellen im selben Sinne wie der erste bei dem allmählichen Schwinden desselben — ohne dass sich darum Jemand versucht gefühlt hat, auch den letztgenannten Vorgang wie den ersteren auf Membranschrumpfung zurückzuführen. — Bereits früher habe ich erwähnt, dass einer solchen Auffassung für die

Anthere u. a. auch die Zerknitterung oder Faltung der Zellmembranen beim Aufspringen, sowie die geringe Contraction und Krümmung zarter Querschnitte beim Austrocknen im Wege steht.

Wenn aber der Oeffnungsmechanismus der Antheren nicht auf Membranschrumpfung beruht, so scheint es mir ferner ausgeschlossen, dass man für die erneute Schwellung contrahirter Antheren in Wasser unmittelbar die Membranquellung als Ursache heranziehen dürfte.

Näher läge schon die Vermuthung, dass diese Schwellung durch osmotische Druckkräfte hervorgebracht würde. In der That hat PRANTL hinsichtlich der Farnannuli und neuerdings BÜTSCHLI mit Bezug auf seine hypothetischen Waben eine solche Vermuthung geäußert. Sie supponiren beide in dem Innern der Zell- resp. Wabenräume einen Inhaltsstoff, der das Wasser bis zur prallen Füllung ihrer Lumina in dieselben hineinziehen soll. PRANTL glaubte diese Substanz in Protoplasmaresten der Annuluszellen suchen zu dürfen; bisher hat diese Auffassung aber wenig Beifall gefunden. Auch für die Antherenzellen dürfte sie wenig Wahrscheinlichkeit haben. Denn weder die Zellhaut der Antheren, noch das todte Protoplasma stellen Membranen dar, die für die bekannteren osmotisch wirksamen Stoffe undurchlässig wären. Ich habe z. B. das Eindringen von Kalium- und Natriumsalpeterlösungen in Antheren- und Farnannuluszellen beobachtet. Trockene *Crocus*-Antheren schwollen sogar in solchen Salpeterlösungen, die bei 20° gesättigt waren und somit bei halbdurchlässigen Membranen einen osmotischen Druck von etwa 60 bis an 200 Atmosphären hervorgerufen hätten, wie in reinem Wasser; aus Wasser in solche Lösungen übertragen erfuhren sie keine merkliche Contraction. Sind diese Beobachtungen auch nicht entscheidend, so kommt dagegen einer anderen wohl ein ausschlaggebendes Gewicht zu. Wenn nämlich osmotischer Druck die Ursache der Schwellung von Antheren wäre, so müsste diese Schwellung an Schnitten aus Staubbeuteln unterbleiben, deren Zellen sämtlich geöffnet sind. Ich habe mich aber beispielsweise an *Crocus*, *Tulipa*, *Eritraria*, *Nuphar*, *Digitalis* und *Clematis* überzeugt, dass sich solche Schnitte in Wasser augenblicklich ebenso stark entfalten, wie unverletzte Antheren erst nach kürzerer oder längerer Zeit.

Hiernach scheint mir die wahrscheinlichste Diagnose für die Ursache der Antherenschwellung, an einen früher ausgesprochenen Hypothese entsprechend, auch heute noch auf elastische Entfaltung zu lauten. Wie diese zu Stande kommt, kann man sich, wie mir dünkt, am besten anschaulich machen, wenn man sich für den Aufbau der Zellwände die Micellarrhypothese vergegenwärtigt. Während die Zellmembranen der Antheren durch den Cohäsionszug des schwindenden Füllwassers ihrer Lumina zerknittert werden, sind die kleinsten Theilchen derselben aus ihrer ursprünglichen Lage ver-

schoben und werden in dieser ihnen aufgezwungenen Anordnung an einander gekittet und durch gegenseitige Adhäsion festgehalten, sobald das Wasser zwischen ihnen im letzten Stadium der Austrocknung verdunstet. Sie werden erst wieder gegen einander beweglich und suchen in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren, wenn genügend Wasser zwischen sie eingetreten ist. Erst jetzt kommt die natürliche Elasticität der Membranen zur Geltung und bewirkt an den erwähnten Schnitten die Ausglättung der Wandfalten.

Was endlich die unverletzten Antherengewebe selbst betrifft, so hat man, wie schon in der früheren Mittheilung auseinander gesetzt ist, hinsichtlich der Erklärung ihrer Schwellung zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich den einen, wo die Zellen zwar contrahirt, aber noch wassergefüllt, und den anderen, dass dieselben gänzlich wasserleer und ausgetrocknet sind. Der letztgenannte Fall erscheint für das Verständniss als der schwierigere. Um das erste Eindringen des Wassers in die wasserberaubten, aber luftgefüllten Zellen zu begründen, darf nach unserem Versuchsergebniss ein äusserer Ueberdruck der Luft als Ursache nicht mehr herangezogen werden. Wir haben es hier vielmehr nach meiner Ansicht mit jener besonderen Art von Oberflächenenergie zu thun, über die sich OSTWALD im „Grundriss der allgemeinen Chemie“ S. 152 der 3. Auflage von 1899 folgendermassen ausspricht: „Wenn man eine Fläche von reinem Glase mit Wasser oder Alkohol in Berührung bringt, so tritt eine Bewegung der Flüssigkeit in solchem Sinne ein, dass sich die Berührungsfläche zwischen beiden vergrössert. Da hierdurch unter anderem Wasser gehoben werden kann, so kann der Vorgang Arbeit leisten, und es liegt hier also eine Oberflächenenergie zwischen der festen Fläche und der Flüssigkeit vor, deren Zeichen das umgekehrte von der gewöhnlichen, flächenverkleinernden ist“. Dementsprechend heisst es ferner bei OSTWALD S. 338: „Die Bildung einer benetzten Fläche erfordert nicht Arbeit, sondern leistet welche“. Wenn dies richtig ist, so wird also das Wasser, das in die Membranen der wasserleeren Antherenzellen tritt, vor der Innenfläche dieser Membranen nicht Halt machen, sondern, unabhängig vom äusseren Luftdruck diese ebenfalls überziehen und auskleiden. Indem sich nun diese neue freie Wasseroberfläche wieder zu verkleinern strebt, ohne dass der Contact des Wassers mit der Membranfläche verloren gehen kann, sucht sie weitere Wassermengen in das Zelllumen capillar hineinzuziehen. Dass die Flüssigkeit so ungemein rasch in die Antherenzellen eindringt, ist offenbar durch die überaus hohe Durchlässigkeit (poröse Structur?) der betreffenden Zellmembranen bedingt.

Es bleibt schliesslich nochmals der Fall zu besprechen, wenn die Lumina der wasseraufsaugenden Zellen contrahirter Antherenklappen noch wassergefüllt sind. Hinsichtlich der physikalischen Erklärung dieses Falles habe ich früher auf die Theorie des osmo-

tischen Druckes exemplificirt. Nachdem ich aber aus den Auseinandersetzungen von VAN T'HOFF, NERNST, LOTHAR MEYER, BREDIG, FICK, BOLTZMANN u. A. erfahren habe, auf welche Schwierigkeit die theoretische Ableitung der Gesetze des osmotischen Druckes, sei es auf kinetischer oder statischer Grundlage, stösst, halte ich die Parallele mit der kinetischen Theorie des osmotischen Druckes nicht mehr für besonders geeignet, um die Verhältnisse bei den Antheren zu veranschaulichen oder klarzulegen. Bei der Abneigung der neuesten theoretischen Physik gegen die Verwerthung anschaulicher Vorstellungen atomistischer oder kinetischer Art möchte ich ferner auch die Zuhülfenahme der kinetischen Flüssigkeitstheorie z. Z. für entbehrlich halten. Die Parallele mit den Thatsachen der Diffusion zweier Lösungen desselben Stoffes, aber verschiedener Concentration, im Vergleich mit der Diffusion zweier Quanta desselben Gases von verschiedener Spannung, sowie die Parallele mit den Thatsachen des osmotischen Druckes und der Capillarität, scheint mir auszureichen, um die Nothwendigkeit des Eindringens neuen Wassers in die wasserarm gewordenen contrahirten Antherenzellen ohne Mitwirkung des Luftdruckes verständlich zu machen¹⁾.

Wenn die Contraction jener Antherenzellen wirklich durch die Cohäsion ihres Füllwassers im Widerstreit mit der Elasticität ihrer Wandungen zu Stande kommt, so dürfte das Bestehen eines Spannungs- und Dichtigkeitsunterschiedes zwischen dem Binnenwasser dieser Zellen und dem Aussenwasser unbestreitbar sein, gleichviel, wie man sich auch den Druck innerhalb der Flüssigkeiten entstanden denkt. Und wenn ein solcher Unterschied besteht, so werden auch die „Energetiker“ nicht in Abrede stellen, dass sich derselbe bei genügender Durchlässigkeit der Wandung unabhängig vom äusseren Luftdruck ausgleichen muss.

8. L. Lewin: Ueber die toxicologische Stellung der Raphiden.

Eingegangen am 24. Februar 1900.

1. Einleitung.

In botanischen und auch in medicinischen Kreisen ist die Meinung verbreitet, dass die Giftwirkung gewisser Pflanzen auf deren Gehalt an Raphiden zurückzuführen sei. Botaniker haben diese Frage der toxicologischen Rolle der Raphiden, z. Th. sogar durch das Thier-

1) Diese Erscheinungen erweisen nämlich zur Genüge, dass die Flüssigkeitstheilchen hinreichend beweglich sind, um einem inneren Druckgefälle zu folgen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [18](#)

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

Artikel/Article: [Zur Frage der elastischen Schwellung von Pflanzengewebe. 48-53](#)