Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen. Von W. Hofmeister.

(Fortsetzung.)

Die Zellen des Markes junger Sprossen von *Urtica urens* verlieren ihren flüssigen Inhalt, füllen sich mit Luft, und werden nicht wieder von Flüssigkeit angefüllt, selbst wenn die Pflanze in dunstgesättigter Atmosphäre (unter einer innen angefeuchteten Glasglocke stehend) an jedem Blattzahne Tropfen des in reichem Maasse und unter hohem Drucke in ihr vorhandenen Saftes hervortreten lässt. Das Nebeneinandervorkommen so verschiedener Spannungszustände des Zelleninhalts kann — ebenso wie das Aneinandergränzen von Zellen chemisch sehr verschiedenen aber mischbaren Inhalts[1]) — nur dadurch zu Stande kommen, dass die Wände verschiedener Gattungen von Zellen ein specifisch verschiedenes Durchlässigkeitsvermögen für bestimmte Flüssigkeiten haben.

Den höchsten Grad der Durchlässigkeit zeigen die Membranen der Zellen des Holzkörpers, den geringsten die Aussenflächen der Epidermiszellen. Die Permeabilität der Parenchymzellenwände ist um Vieles geringer als die der Membranen der Holzzellen.

Die grosse Durchlässigkeit der Zellhäute des Holzkörpers ist aber eine Eigenschaft, die nur so lange ihnen zukommt, als sie frisch sind. Durch Austrocknen wird ihre Permeabilität auf ein Geringes herabgesetzt. Niemals fliesst im Frühlinge Saft aus den Stümpfen von Rebstockästen, die im Herbste zuvor abgeschnitten wurden. Das Austrocknen des Holzes der Schnittfläche hat die Eigenschaften desselben in dem Maasse geändert, dass die Zellenwände eines kaum einen Centimeter langen Stückes dem hohen Drucke des Saftes vollständig widerstehen. Eine ähnliche Veränderung geht — wenn auch langsam — in dem Holze der Wundflächen vor, welche dem Holzkörper während des Blutens selbst beigebracht wurden. Der Ausfluss aus den Schnittflächen eingestutzter Zweige hört binnen zweien Wochen völlig auf, trotz dem, dass die Schnittfläche fortwährend feucht bleibt. Der Saft, welcher in eingestutzten Zweigen aufgesetzte Manometer eingetreten ist, verlangsamt seine Oscillationen schon nach

[1]) Saure und alkalische Inhaltsflüssigkeit in benachbarten Zellen, von Payen bei *Mesembryanthemum*, von Sachs beim Kürbis nachgewiesen.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0140-1

wenigen Tagen, und wird nach 5—6 Tagen stationär [1]), ohne dass eine mikroskopisch erkennbare Veränderung der Zellhäute erfolgt wäre [2]). — Ein Stück eines vierjährigen Kiefernastes, 43 mm. lang, von 11,5 mm. Durchmesser des Holzkörpers, am 20. August frisch vom Baume geschnitten, liess bei 330 mm. Wassers constantem Drucke 10,6 c. c. m. Wasser per Stunde durchfiltriren. (Das Aststück war mittelst eines Kautschukschlauchs luftdicht an einer S-Röhre befestigt, deren offenes Ende durch ein enges Kautschukrohr mit einem Mariotte'schen Gefässe in Verbindnng stand). Die Durchlässigkeit dieses Holzstückes nahm nur wenig ab, nachdem dasselbe 15 Minuten lang gekocht worden war. Auch dann noch filtrirten pro Stunde 8,66 c. c. m. Nachdem das Holzstück vier Monate gelegen hatte und ausgetrocknet war, wurde sämmtliche Luft in dessen Innerem durch wiederholtes anhaltendes Kochen ausgetrieben [3]). Jetzt filtrirten, unter übrigens den früheren ganz gleichen Umständen, pro Stunde nur noch 1,6 c. c. m. Wasser durch dasselbe. Dieser Versuch zeigt nebenher, dass das Offensein der Poren der Holzzellen keinen entscheidenden Antheil an der die Permeabilität der Parenchymzellen so weit übertreffenden Durchlässigkeit des frischen Holzes hat. — Durch den nämlichen Apparat lässt sich das Offensein der Poren der Holzzellen leicht veranschaulichen. Der Druck einer Quecksilbersäule von 120 mm. Höhe genügt, durch das lange Holzstück Gummischleim hindurch zu pressen, welcher durch Zusatz von ein wenig Zinkweiss getrübt wurde. Taucht man das untere Ende des Aststückes dabei in Wasser, so sieht man auf allen Punkten des Querschnittes den trüben Schleim in Form das Wasser durchsinkender feiner Fäden hervortreten; am reichlichsten in der Gegend der Markscheide. Die gleiche Druckhöhe reicht hin, um Luft durch das feuchte Holzstück zu pressen. Aus dem unteren, in Wasser tauchenden Querschnitte treten die zahlreichsten Luftblasen aus der Markscheide; doch entwickeln sich viele auch an anderen Punkten der unteren Fläche. Aus den Seitenflächen des Holzstücks tritt weder Gummischleim, noch Luft.

Die tägliche Periodicität in der Menge und der Spannung des von den Wurzeln empor getriebenen Saftes, un-

---

[1]) Brücke, Poggend. Ann. B. 62, 192.

[2]) Hofmeister, Flora 1858, p. 7.

[3]) Es ist dasselbe Holzstück, welches zu den S. 108. mitgetheilten Versuchen diente.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0141-6

abhängig von äusseren Einflüssen wie sie es ist, findet ihre wahrscheinlichste Erklärung in der Annahme periodischer Aenderungen der Permeabilität der Zellmembranen. Die Erscheinung kommt bei dieser Anschauung unter einen Gesichtspunkt mit anderen, an kurze Perioden gebundenen Vorgängen des Pflanzenlebens, so namentlich mit den periodischen Bewegungen. Wir wissen, dass diese Bewegungen durch Zunahme und Abnahme des Turgor bestimmter Parenchym-Massen zu Stande kommen. Dies macht es wahrscheinlich, dass auch das periodische Wachsen der Quantität und Spannung des beim Thränen von Wurzeln ausgeschiedenen Saftes auf einem Steigen des Turgor des saftreichen Parenchyms der Wurzeln, das Sinken beider auf einer Erschlaffung des Parenchyms beruhe.

Nach dem Vorausgeschickten wird es nicht nöthig sein, ausdrücklich zu bemerken, dass die Matteucci'sche Theorie in keiner Weise auf das Thränen der Wurzeln während der warmen Jahreszeit angewendet werden kann. In welchem Maase aber betheiligen sich die von Sachs und Matteucci besprochenen Aenderungen des Wassergehalts des Holzes bei Temperaturschwankungen an dem Thränen der Holzgewächse bei Eintritt des Frühlings? Kein Zweifel, dass diese Betheiligung unter Umständen sehr bedeutend ist. Eine Beobachtung Knight's, die bisher räthselhaft dastand, wird durch die Mittheilungen Sachs's vollständig erläutert: ein Ast eines im Freien stehenden Rebstocks, welcher zu kalter Winterszeit in ein warmes Gewächshaus herein gebogen wurde, fing sofort an zu bluten. Ebenso erklärt sich jetzt leicht das rasche Sinken und völlige Aufhören des Thränens bei raschem und tiefem Sinken der Temperatur (Versuch X.). Aber andere Erscheinungen weisen deutlich darauf hin, dass auch bei dem Bluten der Rebe im zeitigen Frühjahr die von den Wurzeln ausgehende Hebung des Saftes wesentlich betheiligt ist: die Fortdauer des Saftausflusses bei lange anhaltender mässiger Erniedrigung der Temperatur (Vers. VIII, IX), und vor Allem die rasche und bedeutende Einwirkung reichlichen Begiessens der Versuchspflanze auf das Steigen des Quecksilbers im Manometer (Vers. XI, XII). Auch für das Bluten der Rebe, wie für das der Stammstümpfe am Wurzelhalse durchschnittener verschiedenartiger Pflanzen im Sommer kann nach dem heutigen Stand unserer Kenntniss die Erklärung nur aus den in den Wurzeln selbst thätigen Kräften gesucht werden. Fassen wir zunächst das endosmotische Verhalten in bestimmten Zellengruppen

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0142-2

der Wurzel eingeschlossener löslicher Stoffe zum Wasser des Erdbodens in's Auge.

Der Inhalt der Zellen der Wurzeln ist an endosmotisch wirksamen Stoffen verhältnissmässig reich. Dies zeigt sowohl die mikroscopische Untersuchung, als die Auslaugung geraspelter Wurzeln mit kaltem Wasser. Die Zellen der Markstrahlen und die dünnwandigen Rindenzellen von lebensthätigen Wurzeln dikotyledoner Pflanzen, die peripherischen Rindenzellen und die Zellen in der Umgebung der Gefässbündel der Wurzeln von Monokotyledonen sind von stark lichtbrechender, in durchscheinendem Lichte gelblicher Flüssigkeit (von einer concentrirten Lösung von Pflanzenstoffen) erfüllt: sie turgesciren stark im Wasser des Objectträgers. Ueber das Ergebniss der Auslaugung fein geraspelter Wurzeln machte ich schon oben (S. 119) Mittheilung. Es ist selbstverständlich, dass eine durch Endosmose bis zum Strotzen mit Flüssigkeit gefüllte, ihren Inhalt unter hohen Druck versetzende Zelle einen Theil dieses Inhalts nach der Richtung des geringsten Widerstandes abgeben muss. Die Richtung geringsten Widerstandes für die, Gefässen benachbarten Zellen der Wurzel liegt nach diesen Gefässen hin, deren gasförmiger Inhalt bei der mehr oder minder offenen Verbindung zwischen den Gefässen der Pflanze mit der Atmosphäre mindestens einigermassen communicirt. Nach Aussen, nach dem Erdboden hin würde von jenen Zellen ausgepresster Saft eine weit grössere Zahl von Zellwänden zu passiren haben, als in der Richtung zu den Gefässen. Die Gefässe können nach und nach mit Flüssigkeit sich füllen, welche — dafern die Verdunstung oberirdischer Theile sie nicht entfernt — allmälig unter einen Druck zu stehen kommt, welcher der höchsten der in den angränzenden Zellen vorhandenen Spannungen annähernd gleich ist.

Gegen diesen Erklärungsversuch[1]) des Thränens sind dreierlei Einwürfe gemacht worden. Die Concentration der ausgeschiedenen Flüssigkeit sei allzu gering, als dass eine Sättigung des Inhalts der wirksamen Zellen von solcher Höhe angenommen werden könne, wenn sie nöthig sein würde, um im Endosmometer ähnliche Druckhöhen wie an lebenden Pflanzen anzuzeigen. Das Volumen des ausgeschiedenen Saftes sei so bedeutend, wie beim künstlichen Experiment auch unter den günstigsten Umständen nicht beobachtet werde. Endlich sei nicht abzusehen, wie die Ausscheidung

[1]) Vergl. Flora 1858, p. 11.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0143-8

von Flüssigkeit nach der Seite des geringsten Widerstandes hin dauernd fortgehen könne, da bald das Ergebniss eintreten müsse, dass die turgescirende Zelle allseitig mit Flüssigkeit in Berührung sein müsse, deren Concentration um das gleiche Maass von dem des Inhalts der turgescirenden Zelle abweiche. Auf den letzteren Einwand will ich zunächst antworten.

Ich habe bereits früher erwähnt [1]), dass — wie Wilibald Schmidt bei Filtrationsversuchen durch thierische Membranen Aehnliches gefunden [2]) — auch bei Filtration indifferenter Pflanzenstoffe durch vegetabilische Membranen das Filtrat minder concentrirt ist, als die filtrirende Flüssigkeit, und dass die Differenz der Concentrationen beider Flüssigkeiten um so grösser ist, je geringer der die Filtration bewirkende Druck war. Dieser Gegenstand ist neuerdings von Wilibald Schmidt nochmals und in erschöpfender Weise erörtert worden [3]). Er kommt zu dem Ergebniss, dass bei Filtration von Gummi und Eiweiss durch thierische Membranen (Herzbeutel vom Rind) der relative Procentgehalt des Filtrats um so kleiner ist, je geringer die Concentration der filtrirenden Flüssigkeit, je geringer der die Filtration bewirkende Druck, je höher die Temperatur war. Harnstoff- und Kochsalzauflösung verhalten sich umgekehrt. Filtrirt ein Gemenge von Gummi- und Kochsalz- oder Gummi- und Harnstofflösung, so ist das Filtrat relativ um so reicher an Harnstoff oder Kochsalz, je relativ ärmer an Gummi es ist. Die Differenz der Concentration der filtrirenden Flüssigkeit und des Filtrats nimmt auch bei sehr geringem Drucke noch fortwährend zu; z. B. bei mittlerer Concentration der filtrirenden Gummilösung von 1,56132 und constantem Drucke von 45 mm. Quecksilber war die Concentration des Filtrats 0,75876 = 0,586 jener. Es kann nicht bezweifelt werden, dass pflanzliche Membranen einen völlig ähnlichen Einfluss auf Filtrate äussern. Der direkte Nachweis, die Verwendung vegetabilischer Membranen zu Versuchen nach Art der Schmidt'schen, hat schier unübersteigliche praktische Schwierigkeiten: alle bisher in Vorschlag gebrachten pflanzlichen Häute vermögen nicht, dauernd einem selbst weit mässigeren Drucke

[1]) Flora 1858, p. 9.

[2]) Poggend. Ann. B. 99, p. 17.

[3]) Ueber die Beschaffenheit des Filtrats bei Filtration von Gummi-, Eiweiss-, Kochsalz-, Harnstoff- und Salpeterlösungen durch thierische Membranen von Wilib Schmidt; Poggendorff's Annal. B. 114, p. 337.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0144-4

zu widerstehen, als dem von Schmidt angewandten. Die einzelnen Zellen treten leicht aus dem Zusammenhange. Es mag hierauf beruhen, dass meine Filtrationsversuche mit Reisspapier bei weitem geringere Differenzen zwischen filtrirender Flüssigkeit und Filtrat ergaben, als die Schmidt'schen, obwohl ich mit ungleich niedrigerem Drucke arbeitete. So erhielt ich z. B. bei Filtriren einer Gummilösung von 2,41% mittlerer Concentration bei 180 mm. dieser Lösung constantem Drucke durch eine Membran von 680 Quadr. mm. Fläche in 72 Stunden 6,820 Gr. eines Filtrats von 2,06%. Immerhin stimmen die an pflanzlichen Häuten gemachten Erfahrungen im Allgemeinen mit den durch Schmidt festgestellten Sätzen überein.

Stellen wir uns, zur Vereinfachung der Anschauung, die mit endosmotisch wirksamer Lösung gefüllte Zelle unter der Form eines Hohlcylinders A mit inpermeabler Seitenfläche und permeabler oberer und unterer Fläche vor, der mit der unteren Fläche an eine ähnliche, mit Wasser gefüllte Zelle B, diese an eine ebensolche Zelle C gränze, und so fort. Die letzte dieser Zellen berühre eine sehr grosse Wassermasse. Die obere Fläche des Hohlcylinders A münde in einen dunstgesättigten, offenen Raum. Alle die kreisförmigen permeablen Membranen seien starr und von völlig gleichen Eigenschaften. Es ist klar, dass wenn die Zelle A der Zelle B Wasser entzieht, dieses Wasser aus der Zelle C nach B, endlich von dem äusseren Wasser her in Folge des atmosphärischen Druckes ersetzt werden wird. Geräth nun der Inhalt der Zelle A in Spannung, so wird ein Theil desselben aus der Zelle zu entweichen, durch die Membran zu sickern streben. Nach der Seite von B hin hat er den Widerstand so vieler Membranen zu überwinden, als Zellen zwischen A und dem äusseren Wasser vorhanden sind; die Menge der nach der Seite des offenen Raumes hin ausgeschiedenen Flüssigkeit wird zu der in die Zelle B, von dieser nach C u. s. w. übertretenden im Verhältnisse der Zahl der zwischen A und dem äusseren Wasser vorhandenen Membranen stehen. Auch wenn zwischen A und das Wasser nur eine einzige Zelle B eingeschaltet wäre, würde in diese nur die Hälfte von dem Quantum ausgepresster Lösung treten, welches in den andererseits an A gränzenden Raum ausgeschieden wird. Nun muss aber, nach unseren Voraussetzungen, aus B stets ein eben so grosses Quantum Flüssigkeit nach aussen getrieben werden, als von A her eintritt. Da nun die Membranen die Eigenschaft besitzen, die in filtrirenden Flüssigkeiten gelösten indif-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0145-0

ferenten Pflanzenstoffe zum Theil zurück zu halten, so wird die Inhaltsflüssigkeit von B selbst zu einer, wenn zunächst auch nur schwachen Lösung des in A vorhandenen endosmotisch wirksamen Stoffes werden, und in eine allmälig steigende Spannung gerathen. Dann wirkt von B aus ein Gegendruck auf den Inhalt von A, welcher die Ausscheidung von Flüssigkeit von A nach B verlangsamt, und den relativen Gehalt der überströmenden Lösung herabsetzt. Es ist klar, dass auf solche Weise die Ausgleichung der Concentration des Inhalts von A und des Raumes R sehr weit hinaus gerückt werden muss, dass die Ausgleichung zwischen A und B aber gar erst dann eintreten kann, wenn beide reines Wasser enthalten und der endosmotische Process völlig zu Ende ist.

Ich habe Apparate nach Art des hier supponirten construirt, und in deren Leistungen die hier ausgesprochenen Voraussetzungen bestätigt gefunden. [1]) Da ich vernehme, dass die Wiederholung derartiger Versuche nicht immer glückte, so will ich die Zusammensetzung der Apparate etwas genauer beschreiben.

(Fortsetzung folgt.)

Verzeichniss

der im Jahre 1862 für die Sammlungen der kgl. botanischen Gesellschaft eingegangenen Beiträge.

(Fortsetzung.)

20. Pomona von Dochnahl Nr. 5—10.
21. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt. Wien 1861 u. 1862. XII B. Nr. 1.
22. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande u. Westphalens XVIII. Jahrg. 1861. 1. u. 2. Heft.
23. The Canadian naturalist and geologist. Vol. VI. Nr. 6. Montreal 1861.
24. Jaschke Rob. De rebus in arboribus inclusis Dissert inaug. Vratisl. 1859.
25. Prodromus florae Hispaniae. Auctor. Willkomm et Lange. T. I. p. 2. Stuttg. 1862.
26. Hortus Krelageanus 1862.

(Fortsetzung folgt.)

---

[1]) Wie bereits Flora 1858 p. 11 erwähnt.

Redacteur: Dr. Herrich-Schäffer. Druck der F. Neubauer'schen Buchdruckerei (Chr. Krug's Wittwe) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0146-6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 45

Autor(en)/Author(s): Hofmeister Wilhelm

Artikel/Article: Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen 138-144