FLORA.

№ 10.

Regensburg. Ausgegeben den 8. April. **1862.**

Inhalt. W. Hofmeister, Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen. (Fortsetzung). — Dr. J. K. Hasskarl, Nachträge und Verbesserungen zu „Horti malabarici clavis nova." (Fortsetzung.)

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

(Fortsetzung.)

Eine Glasröhre von U-Form von etwa 15 mm. Durchmesser, wurde mit Gummilösung von bekannter Concentration gefüllt, und beide Oeffnungen mit Reispapier verbunden, aus dessen Zellen die Luft durch Einweichen des Papierstücks in frisch ausgekochtem, abgekühltem destillirtem Wasser ausgetrieben worden war.[1]) Darauf wurde ein kurzes cylindrisches Glasrohr von gleicher Weite am unteren Ende mit einem eben solchen Stücke Reispapier verbunden, an das obere Ende ein etwas weiteres Stück Kautschukrohr durch mehrere enge Ligaturen luftdicht befestigt, und Glas- und Kautschukrohr bis zum Rande mit destillirtem Wasser gefüllt. Nun wurde das eine Ende der U-Röhre vorsichtig in das Kautschukrohr eingetaucht, so dass keine Luftblasen unter der jene Röhre verschliessenden Membran sich befanden, und darauf das obere Ende des Kautschukrohres luftdicht an die U-Röhre angeschnürt. An das untere Ende der

[2]) Selbstverständlich mit ächtem Reispapier, dünnen Schnitten aus dem Marke der *Aralia papyrifera*; nicht dem chinesischen wirklichen, aus zerstückten und verklebten Pflanzenfasern bestehenden Papiere, welches häufig fälschlich unter dem Namen Reispapier in den Handel kommt.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0147-2

kurzen, cylindrischen, Wasser enthaltenden Röhre wurde eine zweite ähnliche Röhre in gleicher Weise befestigt, an diese in einigen Fällen noch eine dritte. Die unterste der kurzen Röhren wurde in ein grosses Gefäss mit Wasser getaucht. Das freie Ende des U-Rohres reichte in eine unten geschlossene, wenig weitere Glasröhre, welche zur Aufsammlung der ausschwitzenden Flüssigkeit bestimmt war. — Für das Gelingen des Versuches kommt Alles darauf an, dass die Reispapiermembranen wirklich dicht seien. Viele Blätter solchen Papiers haben zahlreiche (mikroskopisch kleine) Löcher; oft ist von Fünfen nicht Eines zu brauchen. Ich erprobte die zum Verschluss der Röhren verwendeten Membranen dadurch, dass ich nach dem Aufbinden des Reispapiers das geschlossene Ende der Röhre unter Wasser tauchte, und in deren offenes Ende mit festanliegenden Lippen kräftig blies. Traten dann Luftblasen aus der Membran, so wurde sie durch eine andere ersetzt. An der U-Röhre (wo die Prüfung nur einer der verschliessenden Membranen möglich ist) wurde stets die in das Aufsaugefäss hinein reichende Membran geprüft.

Ich erhielt mit derartigen Apparaten folgende Ergebnisse:

Eine U-Röhre, von 44,4 c. c.m. Gehalt wurde mit Gummilösung von 16,4% gefüllt. Dem einen Ende derselben war eine Reihe von drei mit Wasser gefüllten kurzen Röhren, jeder mit einer Reispapiermembran geschlossen, angesetzt. Das andere Ende der U-Röhre schwitzte binnen 50 Stunden in das Auffangegefäss 4,798 Gr. Flüssigkeit aus. Davon hinterliessen 4,499 Gr. nach dem Eintrocknen 0,471 Gr. Rückstand. Der Gummigehalt der ausgeschiedenen Flüssigkeit = 10,6%. In ferneren 47 Stunden wurden ausgeschieden 3,355 Gr. Flüssigkeit; fester Rückstand derselben nach Eintrocknen 0,343 Gr. = 10,2% Gummigehalt. Die Inhaltsflüssigkeit der U-Röhre enthielt nach Beendigung des Versuchs in einer Probe von 7,143 Gr. Gewicht noch 0,981 Gr. festen Rückstand = 13,9% Gummi. Die der U-Röhre nächste cylindrische Röhre enthielt in 8,109 Gr. ihrer Inhaltsflüssigkeit 0,567 Gr. festen Rückstand = 7% Gummi.

Dieselbe U-Röhre, gefüllt mit Gummilösung von 5%, sonderte, nachdem eine einzige mit Reispapier unten verschlossene und mit destillirtem Wasser gefüllte Ansatzröhre zwischen ihr und den Wasserbehälter eingeschaltet worden war, in 16 Stunden 2,717 Gr. Flüssigkeit am anderen Ende aus, die beim Eintrocknen 0,716 Gr. Rückstand liess = 2,8%.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0148-8

Ein ebenso construirter Apparat, gefüllt mit Gummilösung von 3,09% schwitzte aus in 50 Stunden 1,727 Gr. Flüssigkeit; deren fester Rückstand 0,052 Gr. = 3,01% betrug. Die Ansatzröhre enthielt nach Beendigung des Versuchs in 10,978 Gr. Flüssigkeit 0,105 Gr. feste Stoffe = 0,149%.

Ein ebensolcher Apparat, gefüllt mit Gummilösung von 2,42% schwitzte aus in 8 Tagen 19 Stunden (vom 3. Juli 3 p. m. bis 12 Juli 10 a. m.; die Verdunstung war durch eine über den ganzen Apparat gedeckte grosse Glasglocke gehemmt) 0,757 Gr., deren fester Rückstand = 0,01 Gr. = 1,32%. Von der Inhaltsflüssigkeit der U-Röhre nach Beendigung des Versuchs liessen 10,964 Gr. 0,250 Gr. trocknen Rückstand = 2,28%. Die Ansatzröhre enthielt in 10,886 Gr. ihrer Inhaltsflüssigkeit 0,077 Gr. festen Rückstand = 0,7 %.

Ich modificirte den Versuch in der Weise, dass ich das aussondernde Ende der U-Röhre, anstatt es in ein Auffanggefäss einzuführen, an einen Manometer luftdicht anfügte. Die austretende Flüssigkeit hatte ein ihr gleiches Volumen Quecksilber zu heben, und gerieth unter immer steigenden Druck. Das Quecksilber stieg wie folgt:

Beginn des Versuchs am 2. August 11 a. m.

2.	Aug.	11	a.	m.	Höhe	der	Quecksilbersäule	0	mm.
„	„	2	p.	m.	„	„	„	2	„
„	„	8	„	„	„	„	„	7	„
3.	„	7	a.	m.	„	„	„	24	„
„	„	12½	p.	m.	„	„	„	31	„
„	„	3½	„	„	„	„	„	32	„
„	„	9½	„	„	„	„	„	33	„
4.	„	8	a.	m.	„	„	„	40	„
„	„	12½	p.	m.	„	„	„	41	„
„	„	3	„	„	„	„	„	42	„
„	„	10	„	„	„	„	„	43	„
5.	„	7	a.	m.	„	„	„	45	„
„	„	12½	p.	m.	„	„	„	46,5	„
„	„	11	„	„	„	„	„	52	„
6.	„	7	a.	m.	„	„	„	54	„
„	„	12½	p.	m.	„	„	„	58	„
„	„	10	„	„	„	„	„	63	„
7.	„	7	a.	m.	„	„	„	65	„

Hier wurde der Versuch abgebrochen. Die Inhaltsflüssigkeit der U-Rohre enthielt jetzt in 10,511 Gr. 0,576 Gr. festen Rückstand

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0149-6

= 5,5%. Die in den Manometer eingetretene Flüssigkeit in 1,028 Gr. 0,053 Gr, festen Rückstand = 5,15%. Die oberste der beiden, zwischen die U-Rohre und das Wassergefäss eingeschalteten Ansatzröhren liess von 8,413 Gr. 0,066 Gr. Rückstand = 0,79%

Eine zweite Reihe derartiger Versuche wurde in folgender Weise angestellt. Ich liess eine Anzahl cylindrischer Glasröhren mit messingenen Fassungen des oberen und unteren Endes versehen, vermöge deren die einzelnen Röhren luftdicht (durch Zusammenpressen gefetteter Lederringe in den Fassungen) auf einander geschraubt werden konnten. Jede untere Fassung bestand aus einem verschiebbaren Stücke, einem sogenannten Ueberwurf; jede obere Fassung ragte so weit über den oberen Rand der Glasröhre empor, dass nach dem Anschrauben der nächst oberen Röhre diese nur ein Stück weit in die weitere Fassung der nächstunteren hineinragte, vom oberen Rande der Glasröhre selbst aber noch eine Strecke weit entfernt blieb. Die untere Oeffnung jeder Röhre wurde mit einem auf seine Dichtheit geprüften Stücke Reispapier verbunden, eine Anzahl der Röhren mit destillirtem Wasser gefüllt und an einander geschraubt; auf diese Reihe Wasser enthaltender Zellen eine mit Gummilösung gefüllte Röhre gesetzt, endlich auf diese als oberste Zelle des Apparats eine leere, oben offene (nur zur Abhaltung der Verdunstung leicht verkorkte), an der unteren Oeffnung gleich allen übrigen mit feuchtem Reispapier verschlossene Röhre geschraubt, welche das zur Aufnahme der ausgeschwitzten Flüssigkeit bestimmte Gefäss darstellte. Die Membran der untersten Zelle wurde in ein grosses Wassergefäss getaucht.

Bei Füllung der vier untersten Röhren mit destillirtem Wasser, der fünften mit Gummilösung von 3,09% wurden ausgeschwitzt vom 26. März bis 6. April 0,147 Gr., worin feste Substanz 0,003 Gr. = 2,04%. — Ferner von da bis 8 April weitere 0,081 Gr., worin 0,001 Gr. feste Substanz.

Am Schluss des Versuches enthielt

die Röhre	5	in 12,712 Gr.	Flüssigkeit	0,258 Gr.	Rückstand	= 2,03%
„	„ 4	„ 8,386	„ „	0,046	„ „	= 0,55%
„	„ 3	„ 12,238	„ „	0,033	„ „	= 0,27%
„	„ 2	„ 4,279	„ „	0,006	„ „	= 0,14%

Bei einem ähnlichen Versuche, Füllung der dritten Röhre von unten auf mit Gummilösung von 5% wurden in 24 Stunden ausgeschwitzt 1,007 Gr. Flüssigkeit, worin feste Substanz 0,036

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0150-6

= 3,56%, in weiteren 24 Stunden 0,445 Gr. Flüssigkeit, worin feste Substanz 0,017 Gr. = 3,8%.

Der Flächengehalt der aufnehmenden und aussondernden Membranen war bei diesen Versuchen zwischen 189 und 177 Quadrat mm. [1])

Bereits früher habe ich hervorgehoben [2]), dass diese Versuche nicht ausreichen, das Thränen der Wurzeln zu erklären. Die austretende Flüssigkeit ist viel zu concentrirt, als dass sie mit dem von Wurzeln ausgeschiedenen Safte verglichen werden könnte. Aber schon damals habe ich erwähnt, dass der Erfolg des Versuches dem an lebendigen Pflanzen beobachteten Hergange fast vollständig sich nähere, wenn in die U-Röhre des Apparats zu einer sehr verdünnten Gummilösung eine stark aufquellende Pflanzensubstanz, etwa Traganthgummi gebracht wird. Von vielen Beispielen nur eins: in die U-Röhre wurden 7,521 Gr. lufttrockenen Traganthgummi's und 37,364 Gr. einer halbprocentigen Gummilösung gebracht; die U-Röhre an einen Manometer angefügt, an ihrem anderen Ende zwei Ansatzröhren angebracht. Es wurden binnen sieben Tagen in den Manometer 2457 C. mm. Flüssigkeit ausgeschieden, welche das Quecksilber zu der Höhe von 91 mm. hoben. Die ausgeschwitzte Flüssigkeit enthielt in 2,041 Gr. 0,008 Gr. feste Substanz = 0,044%.

Wir haben bis jetzt kein Mittel, den Grad der Concentration des Inhalts einzelner Zellen der Wurzel zu bestimmen. Die geringe Sättigung des ausfliessenden Saftes, dessen fester Rückstand obendrein zum grössten Theile aus Salzen besteht, lässt aber mit Sicherheit schliessen, dass der Gehalt der an löslichen Stoffen reichsten Zellen der Wurzel nur ein mässiger sei. Aber selbst eine geringe endosmotische Wirkung des Zelleninhalts würde genügen, die Erscheinung des Thränens hervorzubringen, wenn ausser ihr in den Wurzeln noch eine Kraft thätig ist, ähnlich derjenigen, welche bei dem Aufquellen des Traganthgummi's sich äussert. Es bleibe vorläufig dahingestellt, in wiefern das Aufquellen von Inhaltsstoffen von Zellen an dem von der Wurzel ausgehenden Drucke sich betheilige. Es ist, auch davon abgesehen, in den Wurzeln eine Kraft vorhanden, welche völlig hinreicht, die Spannung des Wurzelsaftes auf die beob-

---

[1]) Flora 1858 p. 10. steht in Folge Schreibfehlers 43 Quadr. mm. für Quadrat-Linien.

[2]) Flora 1858 p. 12.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0151-2

achtete Höhe zu bringen. Diese Kraft ist die Spannung des lebenden Zellgewebes selbst, diejenige Spannung, welche ihre Ursache in dem Ausdehnungsstreben der Zellhäute bestimmter Zellgewebsmassen, und dem diesem Ausdehnungsstreben Schranken setzenden Beharrungsvermögen der Membranen anderer Zellengruppen hat. Ich habe gezeigt [1]), dass eine solche Spannung in allen aus dem Knospenzustande herausgetretenen Organen höherer Pflanzen vorhanden ist; dass die Spannung zum grossen Theile ihren Sitz in den Zellhäuten hat. Die bei Wurzeln gewöhnliche Vertheilung der in Ausdehnung begriffenen und der passiv gedehnten Gewebe erschwert auf's Aeusserste die directe Messung des Grades dieser Spannung. Ein axiler Cylinder von geringem Durchmesser, aus Zellen bestehend, deren Häute passiv gedehnt sind, ist umgeben von einem Cyliedermantel geringen Durchmessers aus Zellen, die im Ausdehnungsstreben begriffen sind (die cambialen Zellen des Holzbündels); diesem folgt ein Cylindermantel von Zellen, die dem axilen Bündel sich ähnlich verhalten (die in den Intercellularräumen Luft führenden Parenchymzellen der inneren Wurzelrinde); auf diese ein Cylindermantel in stärkstem Ausdehnungsstreben begriffener Zellen (das keine Luft führende saftige Parenchym dicht unter der Epidermis); diesem endlich die Epidermis selbst, welche passiv gedehnt ist. Von diesen Geweben ist das saftreiche Parenchym dicht unter der Epidermis das vorzugsweise wirksame; dasjenige, welches die nach Aussen convexe Krümmung jedes Längsabschnittes der Wurzel hervorruft, und dessen gewaltiges Ausdehnungsstreben an vielen Wurzeln — insbesondere von Monokotyledonen — im Auftreten zahlreicher, dicht stehender Querrunzeln der Aussenfläche etwas älterer Wurzeltheile sich zu erkennen giebt. Es ist praktisch kaum ausführbar, grössere Stücke eines dieser Gewebe gesondert herzustellen, Stücke, wie sie zu Messungsversuchen nöthig sein würden. Dagegen liegen Beobachtungen an Geweben oberirdischer Theile vor, welche zeigen, zu welcher beträchtlichen Höhe die Spannung der Gewebe steigen kann. — Isolirt man aus einem gemessenen Stücke eines jungen Sprosses von *Vitis vinifera* einen Längsstreifen des Holzes, so zeigt dieser eine Verkürzung von beiläufig 2% bis 5% [2]). An einem solchen Sprosse

[1]) Berichte der K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1860, 178, Pringsheims Jahrb. B. 3. p. 89.

[2]) Hofmeister, Berichte K. d. Ges. d. Wiss. 1859, p. 194 in Pringsheims Jahrb. B. 2, p. 255.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0152-8

wurde ein 67 mm. langes Stück mittelst Durchstechens geschwärzter Nadeln bezeichnet, und ein Längsstreifen des Holzringes dieses Stückes isolirt. Dieser Streifen, 2,2 mm. breit und 1,3 mm. dick, hatte sich in der zwischen beiden schwarzen Punkten gelegenen Strecke nach der Freilegung auf 65,8 mm, verkürzt. Er wurde jetzt an dem oberen Ende befestigt, dem unteren Ende wurde eine leichte Wagschale, 2,31 Gr. schwer angebunden, und dieser wurden so lange Gewichte aufgelegt, bis das Stück des Holzstreifens zwischen den beiden bezeichneten Punkten seine frühere Länge von 67 mm. wieder erreicht hatte. Es bedurfte dazu einer Belastung der Schale mit 70 Gr. Der Querschnitt des Holzstreifens betrug 2,86 Quadr. mm. Es hatte also im Spross ein Druck von 24,475 Gr. auf den Quadrat mm. gewirkt, mehr als das Doppelte des atmosphärischen.

Diese ungewöhnlich hohe Spannung steht in offenbarem Zusammenhange mit einem ungewöhnlichen Ueberwiegen der Masse des im Ausdehnungsstreben begriffenen Gewebes über das in passivem Gedehntsein befindliche. Die Fläche des Markes und der Rinde des Querschnittes eines solchen Rebensprosses beträgt etwa 33 Quadr. mm., die des Holzrings und der Epidermis zusammen etwa 10 Quadr. mm. In Wurzeln stellt sich das Verhältniss der Massen ungleich günstiger für die Widerstand leistenden Gewebe, ungefähr wie 1 : 1. Bei einer Hyacinthenwurzel bestimmte ich (in Quadrat-Vierzehnteln des Halbmessers der Wurzel ausgedrückt) die Fläche des Querschnitts der Epidermiszellen zu 43,2
die des luftführenden Rindenparenchyms zu . . . 204,6
die des axilen Bündels zu 28,08
Summe der Fläche des Querschnitts der passiv gedehnten Gewebe 275,88
Dagegen die Fläche des Querschnitts des saftreichen Parenchyms der Rinde zu 254,32
die der cambialen Scheide des Gefässbündels zu . . 21,85
Summe 276,16

Ausserdem darf angenommen werden, dass die Gewebe, welche der Ausdehnung des im stärksten Expansionsstreben begriffenen Gewebes Widerstand leisten, in den meisten Wurzeln, besonders in denen krautartiger Gewächse dehnbarer sind, dass sie jenes Parenchym in minder hoher Spannung erhalten, als der aus dickwandigeren Zellen zusammengesetzte Holzring des Rebstockes.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0153-4

Die Anordnung der expansiven Gewebe in den Wurzeln bringt ein Verhältniss dieser Gewebe zur Bodenfeuchtigkeit zu Wege, demjenigen völlig ähnlich, in welchem der in der U-Röhre des oben (S. 145) erwähnten Apparats gebrachte Traganthgummi zu dem Wasser ausserhalb der untersten Reispapiermembran des Apparates steht. Die wirksamst expansive Gewebmasse der Wurzel, der Cylindermantel saftreichen Parenchyms dicht unter der Epidermis, ist seitlich zwar nur von einer einfachen Zellschicht nach aussen zu umhüllt (nach unten geht sie allmälig in das spannungslose Gewebe der fortwachsenden Wurzelspitze über). Aber jene einfache Schicht, mit wässeriger Inhaltsflüssigkeit und nicht ganz unerheblichem Widerstandsvermögen der Zellhäute, muss ihrer Dünne ungeachtet die seitliche Ausdehnung des expansiven Cylindermantels in engen Schranken halten. Seiner Längsdehnung wird eine Gränze gesetzt durch den Widerstand der grossen Zahl von Zellhäuten, welche nach der Wurzelspitze hin zwischen seinem unteren Ende und dem freien Aussenraume eingeschaltet sind. Nach Innen hin kann der Druck der im Ausdehnungsstreben begriffenen ringförmigen Zellschicht mit voller Kraft sich äussern. Wird durch den Druck, unter welchem sein gehemmtes Expansionsstreben die ganze Gewebemasse der Wurzel versetzt, Flüssigkeit in die, mit den oberirdischen Theilen der Pflanze in freier Verbindung stehenden Räume der Gefässe des axilen Bündels der Wurzel ausgeschieden, so wird für diesen Verlust an flüssigem Inhalt der Zellen und an Imbibitionswasser der Zellwände von Aussen her ganz in der nämlichen Weise Ersatz geleistet werden, wie in der U-Röhre für jede Flüssigkeitsmenge, welche das Aufquellen des Traganthgummi durch die, das hintere Ende der Röhre verschliessende einfache Membran presst, die endosmotische Anziehung des geringen Gummigehaltes eine entsprechende Wassermenge aus der Nachbarzelle, und so mittelbar aus dem äusseren Behälter an sich zieht.

Das Ausdehnungsstreben expansiver Zellhäute lebender Pflanzen wird vermindert durch das Welken, und vernichtet durch rasches Aufthauen nach Erfrieren, durch Siedehitze, durch schweren Druck, durch das Austrocknen; — es wird gesteigert durch freien Zutritt von Wasser.

(Schluss folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0154-0

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 145-152