FLORA.

№ 8.

Regensburg. Ausgegeben den 21. März. **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.

Erst nach mehrtägiger Dauer des Versuches, bei der Verlangsamung des Hervorquellens von Saft, welche dem gänzlichen Aufhören und dem Tode der dem Versuche unterworfenen Wurzel unmittelbar vorhergeht, sammelte sich im höchsten Theile der gebogenen Abflussröhre eine geringe Menge aus der Schnittfläche in kleinen Blasen hervorgetretener Luft.

Wenden wir uns von der Messung der Menge ausfliessenden Saftes zu der des Druckes, unter welchem derselbe steht. Wird diese Messung ganz in der Weise der berühmten Versuche Hales angestellt, indem man der Schnittfläche ein Manometer mit offenem äusserem Schenkel und gleichhohem Stande des Quecksilbers in beiden Schenkeln aufsetzt, so kann selbstverständlich das Quecksilber nur in dem Maasse steigen, als Saft (oder Luft) aus der Schnittfläche hervortreten; bei krautartigen Pflanzen also in der Regel nur langsam. Es trifft sich dann wohl oft, dass der (unter allen Umständen bei Wurzeln krautartiger Gewächse, die von beblätterten Theilen getrennt sind, frühe erfolgende) Tod des Versuchsobjects eintritt, lange bevor der Stand des Quecksilbers den Grad der Spannung des Saftes wirklich ausdrückt. Das

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0115-3

Quecksilber steigt einige Tage lang stetig bis zu mässiger Höhe, um dann eben so stetig wieder zu sinken. Die Manometer zeigen bei Pflanzen derselben Art ungleich grössere Druckhöhen an, wenn der Innenraum der Röhre, und somit die mit der Schnittfläche communicirenden Hohlräume der Versuchspflanze gleich zu Anfang des Experiments durch Aufgiessen von Quecksilber in den äusseren Schenkel unter hohen Druck versetzt werden. Urtica urens zeigte unter solchen Umständen Druckhöhen von 245 und 278 mm. Quecksilber (Vers. 35 und 36) vermochte aber einer Säule von 403 mm. nicht mehr das Gleichgewicht zu halten; das Quecksilber sank langsam und stetig. Phaseolus vulgaris hielt einer Quecksilbersäule von 282 mm. das Gleichgewicht, ertrug aber nicht eine von 290 mm. — Cucurbita Pepo, eine junge, erst 1 m. lange Pflanze von 5 mm. Querdurchmesser des Stammes hob das Quecksilber auf 427 mm., erlag aber einer auf 480 mm. gesteigerten Belastung. — Nur ausnahmsweise — man darf annehmen nur von Pflanzen ungewöhnlich kräftiger Entwickelung und grosser Lebensfähigkeit, welche die abnormen Verhältnisse unter die sie beim Versuche versetzt sind, länger zu ertragen vermögen als andere — wird durch allmäliges Hervorquellen von Saft das Quecksilber zu ähnlicher Höhe getrieben. So durch eine Pflanze von *Urtica urens* in 13 Tagen auf 354 m. m. (Vers. 34).

Auch bei solchen Manometerversuchen zeigt es sich öfters, dass bei Beginn des Versuches der Holzkörper der Wurzel durch vorausgegangene Verdunstung an Saft erschöpft ist. Das Steigen des Quecksilbers beginnt erst nach Verlauf eines längeren Zeitraums und dauert lange stetig fort (Versuche 26—28, 32). Bisweilen saugt der Stammstumpf bei Beginn des Versuchs noch Luft ein; das Quecksilber kommt dann im äusseren Schenkel des Manometers niedriger zu stehen, als im inneren. Nach Verlauf mehrerer Stunden erst beginnt das Steigen; anfangs langsam, weiterhin um Vieles schneller (Versuch 34).

Wenn der Stand des Quecksilbers im Manometer die Höhe erreicht hat, welche den wirklichen Grad der Spannung des Saftes der Versuchspflanze anzeigt, so tritt in den Schwankungen der Quecksilbersäule die tägliche Variation des Saftdruckes deutlich hervor. Das Quecksilber steigt vom Morgen an bis zu den frühen Nachmittagstunden, zeigt dann öfters ein mässiges Sinken (Versuch 24, 27, 29, 30, 36), Abends nochmals ein Steigen, während der Nacht ein neues Sinken. Häufig tritt jedoch das nachmittägliche Sinken der Quecksilbersäule nicht hervor: sie

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0116-9

steigt stetig bis zum Abend, und fällt nur während der Nacht. So bei der Mehrzahl der im Anhang mitgetheilten Versuche 25—35.

Diese scheinbare Abweichung von den, bei Messung der Mengen ausfliessenden Saftes erhaltenen Ergebnissen wird nicht überraschen, wenn man erwägt, dass die Quecksilbersäule nur dann tief zu sinken vermag, wenn sie durch ihr Gewicht einen Theil der in der Pflanze enthaltenen Flüssigkeit in den Boden hinauspresst, und einen entsprechenden Theil des in den Manometer getretenen Saftes dafür in die Pflanze hineintreibt. Es ist begreiflich, dass die Filtration des Saftes zur Wurzel hinaus häufig so verlangsamt wird, dass ein neues Steigen der Spannung des Saftes eintritt, bevor ein merkliches Sinken der Quecksilbersäule sich bemerklich machte.

Die tägliche Periodicität in der Menge des innerhalb bestimmter Zeitabschnitte ausgeschiedenen Saftes zeigt sich bei den Manometerversuchen auch während des ununterbrochenen Steigens des Quecksilbers zu Anfang jedes Versuches in dem rascheren Steigen des Quecksilbers während der Morgenstunden, der Verlangsamung desselben Nachmittags, häufig auch in einer neuen Beschleunigung Abends, endlich in grosser Abnahme während der Nacht (Versuche 29, 30, 34, 35).

So vollständig bei dem Hervorquellen des Saftes unter verschwindend kleinem Drucke die Ausscheidung von Luft aus der Schnittfläche unterbleibt, so häufig findet sie statt, wenn bei Manometerversuchen der Saft unter hohen Druck zu stehen kommt. Dann steigen zahlreiche kleine Luftblasen in der über der Schnittfläche stehenden Saftsäule empor. Die ausgetretene Luft nimmt mit Theil an der Verdrängung des Quecksilbers. Bei den Versuchen 34—36 habe ich die Höhe der Saft- und der Quecksilbersäule in den gleichweiten Schenkeln des Manometers angegeben: man bemerkt, dass das Quecksilber sowohl schneller steigt als sinkt, als der Saft.

Es ist eine beachtenswerthe Thatsache, dass häufig das Volumen des in einer gegebenen Zeit aus der Schnittfläche eines Stammstumpfs oder einer Wurzel hervorquellenden Saftes auch dann noch sehr beträchtlich ist, wenn dieser Saft unter dem Drucke einer hohen Quecksilbersäule steht. Eine Pflanze von *Urtica urens* steigerte von 12½ bis 2½ Uhr Nachmittags, bei einem von 184 auf 191 mm. Quecksilber wachsenden Drucke, die über der Schnittfläche stehende Saftsäule von 3,5 mm. Durch-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0117-4

messer um 4 mm.; die Aussonderung von Flüssigkeit betrug also per Stunde noch 17,3 c. mm. (Versuch 34, am 17. October). Eine andere Nesselpflanze lieferte bei einem Drucke von 281 bis 283 mm. in 2½ Stunde noch 14 cub. mm. (Versuch 36 am 3. Novbr.). Eine nur 1 M. lange, junge Kürbispflanze steigerte von 1½ bis 7½ Nachmittags die Saftsäule von 5 mm. Durchmesser um 12 mm., bei einem von 415—427 mm. Quecksilber gehenden Drucke. Die Aussonderung betrug also 235 Cub. mm.; pro Stunde 47 c. mm. — Von einer Wurzel von *Vitis vinifera*, die am 9. Juli Mittag 1½ das Quecksilber in einem ihr angesetzten Manometer auf 527 mm. Höhe hielt, wurde der Manometer abgenommen, und eine gebogene, in einen Ballon führende Ausflussröhre an seiner Stelle angesetzt. Die Wurzel lieferte in 24 Stunden 29,186 c. mm. (pro Stunde 1210 c. mm.) Saft. Als der Manometer wieder aufgesetzt wurde, stieg das Quecksilber in 16 Stunden von 0 auf 493 mm., was einer Saftausscheidung von 14311 m.m. (pro Stunde 894 c. mm.) entspricht. In demselben Manometer stieg vom 16. Juli Abends 7, bis 17. Juli Morgens 8 das Quecksilber von 467 auf 542 m.m., was eine Saftauscheidung von 2025 c. mm., pro Stunde von 148 c. m.m. ergiebt.

Nach wenigtägiger Dauer der Oscillationen der Quecksilbersäule auf Stammstümpfe krautartiger Gewächse gesetztes Manometer beginnt ein stetiges, an Schnelligkeit meist rasch zunehmendes Sinken derselben, welches endlich den Stand des Quecksilbers im äusseren Schenkel ziemlich tief, bis zu 45 mm. Tiefe, unter den im inneren Schenkel bringt. Diese Erscheinung ist allgemein, sie tritt auch bei solchen Versuchspflanzen hervor, die im Wasser gezogen sind.[1]) Wenn während des Versuches an dem Versuchsobject Neubildungen sich entwickeln, wie Adventivwurzeln aus dem Wurzelhalse, oder die Entfaltung der in den Achseln der Kotyledonen stehenden Knospen von *Phaseolus multiflorus*, so tritt das tiefe Sinken des Quecksilbers gleichzeitig mit dem Hervortreten dieser Neubildungen ein.

Die Beobachtungen des Blutens grösserer Holzgewächse liefern minder constante Resultate, als die kleinen krautartigen Pflanzen. Die Gründe liegen nahe: es ist zunächst die bei

---

[1]) In den angehängten Tabellen habe ich sie, um die Zahlenlisten nicht zu lang zu machen, nur einmal beispielsweise aufgeführt. Versuch 31.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0118-0

Temperaturwechsel rasch und beträchtlich sich ändernde Fähigkeit des Holzes, Wasser in sich zurück zu halten. Ich habe bereits früher gezeigt,[1]) dass eine Erniedrigung der mittleren Luft-Temperatur von + 5,7° R. auf + 2,5° R. genügte, die Spannung des Saftes, welche ihr Maximum erreicht hatte, binnen 4 Tagen auf 0 zurückzuführen. (Tabelle III., Versuch X.). — Im Sommer aber, wo die Temperatur des Bodens keinen grossen Schwankungen unterliegt, lassen auch Rebenwurzeln aufgesetzte Manometer die tägliche Periodicität des Saftausflusses im Stande der Quecksilbersäule erkennen, bald mehr, bald minder deutlich. (Tabelle III., XLV.[2])

Zweitens wird die Klarheit der Ergebnisse durch die Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit getrübt, deren Controle, bei in freiem Lande eingewurzelten Versuchspflanzen, kaum möglich ist. Die Angaben der dritten Beobachtungstabelle am Schlusse dieses Aufsatzes sind reich an Beispielen des gewaltigen Einflusses reichlichen Begiessens oder starken Regens auf den Stand des Quecksilbers in den Manometern (X.—XV.; XXII.—XIV, LI.—LIV.).

Eine dritte Complication des Vorganges ist, bei grossen Holzgewächsen, die mit dem hydrostatischen Drucke des in Stamm und Zweigen aufgehäuften Saftes. Aus ihr folgt es, dass im Frühling von zwei Manometern, deren einer dem mit dem Stamme in Zusammenhange stehenden Stumpfe einer Wurzel, deren anderer der anderen Schnittfläche derselben Wurzel angesetzt ist, der erstere weit rascher den Quecksilberstand auf eine beträchtliche Höhe bringt als der zweite (LI. LIV.), während im Sommer, wo die Verdunstung der Blätter den Saftgehalt des Holzkörpers erschöpft hat, dieser Manometer ein rasches, jener wenn überhaupt ein sehr geringes Steigen des Quecksilbers zeigt (XXXIX—XLVI). — Dieser hydrostatische Druck steigt nur langsam, wenn eine niederliegende Rebe aufgerichtet wird. Er vermindert sich nur langsam und mässig, wenn man eine aufrechte Rebe niederlegt. (Tabelle III, X). Wird unterhalb eines hoch an einer Rebe befestigten Manometers ein Ast derselben abgeschnitten, so sinkt das Quecksilber wenig rasch und nicht tief.

---

[1]) Flora 1858 p. 6,

[2]) Ich hatte früher (Flora 1858, p. 7) die Ursache dieser Schwankung in der am Tage durch die Sonnenstrahlen bewirkten Austrockung des Bodens gesucht. Directe Versuche haben mich seitdem belehrt, dass hier dieselbe tägliche, von äusseren Umständen unabhängige Periodicität eintrifft, wie bei krautartigen Pflanzen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0119-8

— Es ist eine selbstverständliche Erscheinung, dass verschiedene, einer und derselben Rebe in verschiedenen Höhen angesetzte Manometer im Quecksilberstande um die Differenzen der verticalen Distanz von Boden, dividirt durch den Ueberschuss des specifischen Gewichts des Quecksilbers über das des Saftes (beiläufig = 13) von einander abweichen. In den tiefer stehenden Manometern ist die Quecksilbersäule um diesen Quotienten höher. Denn der von den Wurzeln ausgehende Druck hat eine Saftsäule von der Höhe der verticalen Distanz beider Manometer zu heben, bevor er auf das Quecksilber im oberen wirken kann. Es zeigt sich dabei sehr allgemein, dass bei Sinken der Spannung des Saftes überhaupt das Quecksilber in den höher stehenden Manometern langsamer fällt, bei Zunahme dieser Spanung langsamer steigt, als in den tiefer befestigten (Tab. III, I—XXIX). In dieser wie in jener Reihe von Thatsachen tritt die Unvollkommenheit der Communication der Räume des Holzkörpers unter einander ans Licht. Die Oeffnungen, mittelst deren sie in Verbindung stehen, sind so eng, dass die Fortbewegung des Saftes sehr verlangsamt wird.

Von Holzpflanzen mit einander nahezu gleicher Organisation des Holzkörpers thränen die einen im Frühlinge stark, die anderen nicht. So *Betula, Carpinus* einerseits, *Quercus, Populus tremula, Morus alba*, alle darauf untersuchten Arten von *Pyrus* und *Robinia* andererseits; *Vitis vinifera* einerseits, *Menispermum canadense* andererseits. Dieser Erfahrung gegenüber fällt es nur wenig in's Gewicht, dass die Coniferen mit der Gefässe entbehrendem Holze niemals bluten, vielmehr zu allen Jahreszeiten mittelst blosgelegter Querschnitte des Holzkörpers Wasser einsaugen. (Die Schnittfläche des Stammes einer im kräftigen Austreiben begriffenen 3jährigen Pflanze von *Thuja orientalis* schluckte vom 12. bis 14. Juni in 48 Stunden 15,5 c. c. m. Wasser ein). Es giebt thränende Pflanzen, welche nur aus Zellen bestehen: *Merulius lacrymans*, mehrere Arten von *Boletus* etc. Der anatomische Bau der Wurzeln und Stämme stark blutender krautartiger Pflanzen ist sehr verschiedenartig: *Urtica, Helianthus, Zea.* Der Versuch, das Bluten einiger, das Nichtbluten anderer Holzgewächse aus Differenzen der Structur zu erklären, muss von vorn herein abgewiesen werden. Die hier in Frage kommen-

1) Entdeckt von Brücke, Pogg. Ann. B. 63, p. 195.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0120-9

den Unterschiede können nur entweder in Verschiedenheiten des Inhalts der Zellen, oder in Verschiedenheiten der Eigenschaften der Zellenwände beruhen.

Stark thränende Pflanzen sind vorzugsweise reich an Inhaltsstoffen von Zellen des Holzkörpers. *Urtica urens* enthält in allen Holzzellen der Wurzel reichlich Amylumkörner. Die Wurzel einer zwei Monate alten Pflanze von *Phaseolus vulgaris*, deren Gewicht frisch (nach Auswaschen und Trocknen zwischen Löschpapier) 2,219 Gr., nach Trocknen bei + 60° C. bis zum Aufhören weiteren Gewichtsverlustes 0,208 Gr. betrug, liess aus 0,199 Gr. der fein gepulverten Substanz mit kaltem Wasser 0,023 Gr. löslicher Stoffe ausziehen. Feingeraspeltes Holz einer Wurzel von *Vitis vinifera*, am 8. Febr. aus dem Boden genommen, wog frisch 4,62 Gr. Nach Trocknen bis + 60° bis zum Aufhören weiteren Gewichtsverlustes . . . . . 3,071 „

Hierauf wurden mit kaltem Wasser ausgelaugt 0,345 Gr. = 11% der Trockensubstanz. — Am 6. März gaben 4,259 Gr. völlig trockenen geraspelten Holzes einer Wurzel desselben Rebstockes nach Abdampfen des Auszugs mit kaltem destillirtem Wasser 0,258 Gr. festen Rückstand = 6,06%. — Am 17. März lieferten 6,523 Holzspähne 0,307 Gr. Rückstand des Auszugs = 4,55% löslicher Substanz; am 16. Juni noch 5,721 Gr. 0,214 Gr. Rückstand = 3,37%. Dagegen gaben 15,281 Gr. völlig trockener Raspelspähne einer am 6. Februar ausgegrabenen Wurzel von *Populus dilatata* nur 0,25 Gr. Rückstand des verdampften wässerigen Auszuges = 1,66% der Trockensubstanz. (Die Rinde derselben, daumendicken Wurzel, lieferte gleichzeitig 2,46% lösliche Substanz des Trockengewichts).

Bestimmte Beobachtungen über das Vorhandensein ungleich grosser Grade von Permeabilität verschiedener Pflanzen fehlen bis jetzt völlig. Das verschiedenartige Verhalten zum Durchgange von Flüssigkeiten der Membranen der Zellen einer und derselben Pflanze legt aber die Annahme des Vorhandenseins von Differenzen jener Art sehr nahe.

Das Bestehen grosser Ungleichheiten der Durchlässigkeit für wässerige Flüssigkeiten bei den Wänden verschiedener Zellen der nämlichen Pflanze wird durch eine lange Reihe von Thatsachen dargethan. Die auffallendsten Unterschiede, wie die zwischen der Cuticula der oberirdischen Theile und der Aussenfläche der Wurzeln bei Seite lassend, will ich hier einige Erscheinungen hervorheben, welche zu dem Thränen in näherer Be-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0121-5

ziehung stehen. Zur Zeit der höchsten Spannung des Saftes der Rebe und der Weissbuche fliesst aus der Rinde beigebrachten, nicht bis ins Holz reichenden Wunden, kein Saft aus. Eine dünne Schichte von Zellen der Rinde und des Cambium hält den Saft zurück, der unter einem Drucke von beinahe einer Atmosphäre steht, und alle Zellwände des umfangreichen Holzkörpers durchdringend, bei einseitiger Aufhebung des Druckes deren Wände rasch durchströmt. — Es ist ferner eine weitverbreitete Erscheinung, dass der Inhalt der Zellen des saftreichen Parenchyms unter hohem Drucke steht, während die Räume des Holzkörpers verdünnte Luft enthalten, und das Holz, wenn blosgelegt, Luft und Wasser mit Kraft einsaugt. So zeigt ein Manometer, der im Sommer dem Stumpfe eines zwei- oder dreijährigen Astes eines Rebstocks angesetzt wird, ein (auf Einsaugung der im Manometer enthaltenen Luft beruhendes) Sinken des Quecksilbers im äusseren offenen Schenkel von 40 mm. und mehr. Gleichzeitig befindet sich das Parenchym der grünen Rinde, der jungen Sprossen und der Blätter in einem Zustande der Spannung, des durch den Widerstand anderer Gewebe gehemmten Ausdehnungsstrebens [1]); einem Zustande, welcher nothwendig den flüssigen Inhalt der Parenchymzellen unter beträchtlichen Druck versetzen muss.

(Fortsetzung folgt.)

Berichtigungen.

Die beiden Schlusszeilen des drittletzten Absatzes auf p. 108 sind an eine falsche Stelle gerathen. Sie gehören als Citat zu dem, fünf Zeilen weiter zurück stehenden Satze, welcher mit den Worten schliesst: „ungeachtet des hohen Druckes, unter welchen zur Zeit des Thränens der Saft des Holzkörpers geräth.“

S. 98 Z. 17 v. oben für auszuhalten lies: aufzuhalten.
„ „ „ 8 „ unten für Tone lies: Thone
„ 99 „ 15 „ „ „ seinem lies: einem
„ 100 „ 17 „ oben für seinen lies: einen
„ 101 „ 15 „ „ zwischen entdeckten und Ströme füge ein: elektrischen
„ „ „ 15 „ unten für die Luft lies: diese Luft
„ „ „ 11 u. 12 v. unten für anderen organischen lies: anorganischen
„ 102 „ 17 v. unten für bemerkte lies: bewirkte
„ 103 „ 1 „ oben nach Knight schiebe ein: plötzlich erwärmt werden
„ 107 „ 6 „ vor *Urtica urens* schalte ein: von
„ 108 „ 1 „ oben nach 2,150 c. cm. schalte ein: Saft

[1]) Hofmeister Berichte K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1859, 192; 1860, 183; — Pringsheim's Jahrb. II. 253, III. 80.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0122-1

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 113-120