FLORA.

№ 7.

Regensburg. Ausgegeben den 14. März. **1862.**

Inhalt. W. Hofmeister, Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen. — Gelehrte Anstalten und Vereine.

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

Die neuere Zeit hat uns mehrere tiefgehende Untersuchungen von Vorgängen gebracht, welche bei dem verwickelten Phänomen des Thränens der Gewächse betheiligt sind. Jamin hat sich mit Erscheinungen der Capillarität beschäftigt, mit dem ausgesprochenen Vorhaben, durch die Ergebnisse seiner Forschung die Spannung des Saftes im Holzkörper von Gefässpflanzen, sowie das Ausfliessen dieses Saftes aus Schnittflächen und Wunden zu erklären (Comptes rendus, L. (1860) p. 172 ff.). Jamin geht von den Eigenschaften aus, welche eine capillare Glasröhre zeigt, in welche man eine Reihe durch Luftblasen getrennter kurzer Flüssigkeitssäulen in der Weise einführt, dass man das eine Ende der Röhre mit einem luftverdünnten Raume in Verbindung bringt, während man das andere Ende rasch wiederholt mit dem benetzten Finger schliesst. Zu Anfang wird man die Tropfen mit grosser Schnelligkeit die Röhre durchlaufen sehen. Aber diese Schnelligkeit wird um so geringer, je höher die Zahl der in die Röhre gebrachten Tropfen steigt, bis sie endlich aufhört, auf Null sinkt. Setzt man die eine Oeffnung einer solchen Röhre dem Drucke comprimirter Luft aus, so rücken die nächsten Flüssigkeitssäulchen rasch vorwärts, die folgenden verändern ihren

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0099-2

Ort langsamer, die fernsten bleiben unbeweglich. Durch Häufung der Zahl der in eine sehr enge capillare Röhre gebrachten Tropfen brachte es Jamin dahin, dass bei 14 Tage dauernder Einwirkung eines Druckes von 3 Atmosphären auf die eine Oeffnung der Röhre nicht die mindeste Verschiebung der dieser Oeffnung fernsten Tropfen bemerkbar wurde. In einer vertical aufgerichteten Röhre erhält sich eine um so höhere Säule von Flüssigkeit,, ohne auszufliessen, von je zahlreicheren Luftblasen die Flüssigkeit unterbrochen ist. Der Widerstand, welchen eine Flüssigkeitssäule einem auf sie wirkenden Drucke entgegensetzt, ist unabhängig von ihrer Länge; und um so grösser, je geringer der Querdurchmesser des capillaren Raumes ist, den sie ausfüllt. Dieser Widerstand kommt in einer Röhre, deren capillare Ascension 200 mm. beträgt, dem Drucke einer Wassersäule von 54 mm. gleich. Mithin sind vier Unterbrechungen der Flüssigkeit hinreichend, die capillare Ascension in einer solchen Röhre vollständig auszuhalten, oder die Höhe der Flüssigkeitssäule zu verdoppeln, welche sie bei verticaler Aufrichtung in der Luft in sich zurückhält. Eine Röhre mit rosenkranzförmigem Innenraum, bestehend aus abwechselnd weiten und sehr engen Stellen, bildet sich bei Benetzung ihrer Wände ohne weitere Beihülfe zu einem ähnlichen Apparate um, indem in den engsten Stellen Flüssigkeit zu Tropfen zusammentritt. Eine solche Röhre mit acht sehr engen Einschnürungen widerstand dem Durchgange von Luft, die unter einem Drucke von zwei Atmosphären sich befand. Ist die Röhre voll Wasser, und wird dieses durch eingepresste Luft ausgetrieben, so hemmen die an den Einschnürungsstellen sich bildenden Wassersäulchen bei zunehmender Zahl den Druck. Wird aus der in den Einschnürungsstellen Tropfen führenden Röhre die Luft durch Wasser ausgetrieben, so vernichtet das von Kammer zu Kammer vordringende Wasser die flüssigen Scheidewände eine nach der andern, und fliesst endlich frei durch die Röhre hindurch. Diese Beobachtungen erklären es, dass durch einen porösen Körper, ein Kühlgefäss aus unglasirtem Tone, eine Alcarazas z. B. Wasser leicht filtrirt, während das Innere des nur lufthaltigen Gefässes luftleer gemacht werden kann, ohne dass Luft durch die feuchten porösen Wände eindringt. Wohl aber füllt sich das Innere sofort mit Flüssigkeit, wenn man das Gefäss dann in Wasser eintaucht. Wird die Luft im Innern des zum Theil mit Wasser gefüllten, in Wasser eingetauchten Gefässes comprimirt, so treibt diese Luft alles eingeschlossene Wasser aus, ist aber

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0100-7

dieses vertrieben, so dringt keine Luft durch die poröse Wand, selbst nicht bei Steigerung des Druckes auf zwei bis vier Atmosphären.

Die Kraft der capillaren Ascension zeigt Jamin in höchst anschaulicher Weise durch folgenden Versuch. In einen gut ausgetrockneten porösen Körper von dichtem Gefüge, z. B. einen Block Kreide, Lithographirstein oder Holz, den Trog einer galvanischen Batterie, der mit fest gestampftem Pulver von Bleiweiss oder Zinkoxyd, mit Stärkmehl oder trockener Erde gefüllt ist, wird ein cylindrisches Loch gemacht, und an dieses eine oben geschlossene Manometerröhre mit Quecksilber gekittet. Wird nun der Apparat in Wasser getaucht, so dringt sofort Wasser in die Poren des Körpers, drängt die darin enthaltene Luft nach Innen, und versetzt diese unter einen hohen, am Manometer leicht ablesbaren Druck, der binnen einigen Tagen auf 3—4 Atmosphären, bei dem porösen Gefässe mit Zinkoxyd auf 5, bei dem mit Amylum über 6 Atmosphären steigt. Und diese Druckhöhe drückt noch nicht das volle Maass der Intensität der capillaren Thätigkeit aus. Denn während Wasser in die engeren capillaren Räume des porösen Körpers eindringt, strebt die unter Druck versetzte Luft in dessen Innerem durch die weiteren Gänge zu entweichen. Die Masse des Körpers bietet nach allen Richtungen hin in ihren capillaren Höhlungen Reihen sehr zahlreicher, von Luftlücken unterbrochener Tropfen dar, welche der Bewegung der Flüssigkeit einen beträchtlichen Widerstand entgegensetzen. Werden die Bedingungen dieses Experiments umgekehrt, indem man die Höhlung eines porösen Körpers mit seinem geschlossenen, von Wasser erfüllten Behälter in Verbindung setzt, so saugt die poröse Masse die Flüssigkeit ein; es entsteht in dem Behälter ein luftverdünnter, und endlich (da der capillare Druck grösser ist als der atmosphärische) ein luftleerer Raum. Bei einem nach dieser Richtung hin angestellten Versuche Jamin's mit einem dicken lithographischen Steine sank der Druck in dem durch Quecksilber abgesperrten Wasserbehälter bis auf 30 mm. Da die Spannung des Wasserdampfes gleichzeitig 15 mm. betrug, so darf der Versuch als völlig durchgeführt betrachtet werden. — Diese Experimente Jamin's, in ihrer allgemeinen Anordnung mit den jetzt fast anderthalb Jahrhunderte alten Versuchen von Hales übereinstimmend, zeigen eine sehr glückliche Abänderung der Technik derselben. Hales wandte als porösen einsaugenden Körper eine am unteren Ende mit Leinwand verbundene, mit Holz-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0101-3

asche oder Mennige vollgestopfte Glasröhre an. [1]) Es ist begreiflich, dass dieser Apparat bei der groben Porosität, zum Theil auch der Löslichkeit der verwendeten Substanz nur niedrige Druckhöhen gab: 7 bis 8 Zoll. Die grössere Leistungsfähigkeit der durch Jamin construirten Apparate trat bei Wiederholung des Magnus'schen Versuches besonders scharf hervor. Magnus verschloss das Ende eines Rohres mit gespannter Blase, füllte das Rohr mit Wasser, und stellte es, die Blase nach oben, im Quecksilberbade auf. Der Raum des durch die Blase verdunstenden Wassers wurde durch nachdringendes Quecksilber eingenommen. Nachdem aber die Quecksilbersäule eine Höhe von 3 Zollen erreicht hatte, begann Luft durch die Blase einzudringen, und das Quecksilber zu sinken. Als Jamin bei ähnlich construirten Apparaten der Blase eine Alcarazas, oder die Thonzelle eines galvanischen Apparats, oder lithographischen Stein substituirt hatte, stieg das Quecksilber (bei + 15° C.) auf 720 bis 740 mm. — Jamin construirte seinen Apparat, indem er die Mündungen zweier mit gestampftem Gyps gefüllter Alcazaras durch eine gleichfalls mit festgestampftem Gypspulver gefüllte Glasröhre verband. Ein solcher Apparat ähnelt insofern einer Pflanze, als auch diese aus zweien porösen Körpern von grosser Oberfläche, der Blätterkrone und dem Wurzelsystem, besteht, von denen jene durch Verdunstung Feuchtigkeit an die Luft abzugeben, dieses aus dem Boden Wasser zu schöpfen bestimmt ist, und die beide durch einen, gleichfalls der capillaren Fortleitung von Flüssigkeit fähigen Cylinder verbunden sind, den Stamm, dessen Oberfläche wenig oder nicht verdunstet. Wird ein solcher Apparat mit dem einen Endgefässe in feuchten Sand getaucht, so entzieht

---

[1]) Vegetable statics II. edit. (die erste ist von 1726) p. 104. — Die durch Hales erhaltenen geringen Ziffern haben den grossen Experimentator nicht gehindert, die Theorie der Wanderung der Feuchtigkeit in den Pflanzen in kaum etwas zu wünschen übrig lassender Vollständigkeit zu entwickeln. Nachdem er auf Newtons Abhandlung über capillare Attraction, und auf dessen Resultat, dass diese Attraction der Dichtigkeit der Masse des imbibirenden Körpers proportional sei, Bezug genommen hat, fährt er fort „vermöge derselben Grundursache geschieht es, dass wir Pflanzen mit so grosser Kraft Feuchtigkeit einsaugen und „in ihren langen capillaren Gefässen emportreiben sehen, welche Feuchtigkeit, in „demselben Maasse, nach welchem sie durch Ausdünstung entfernt wird, den Saftgefässen Freiheit gibt, beinahe unaufhörlich frischen Vorrath an sich zu ziehen.“ — Setzen wir für „Saftgefässe“ — „capillare Räume innerhalb der Substanz der Zellhäute,“ so ist der Hales'schen Ausführung nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens Nichts hinzu zu fügen.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0102-9

er diesem Wasser, welches in der Röhre unter einem, durch daran angebrachte Manometer messbaren, bis zu mehreren Atmosphären gehenden Drucke emporsteigt, an der Aussenfläche des oberen Endgefässes verdunstet, und durch neues aus dem Sande genommenes Wasser so lange ersetzt wird, bis der Sand vollständig ausgetrocknet ist. — Aus dem hohen Drucke, unter welchem das einen porösen Körper durchtränkende Wasser steht, folgert Jamin, dass es das Volumen des Körpers in Richtung des geringsten Widerstandes zu vermehren bestrebt sein muss, und erklärt daraus das Aufquellen feucht werdenden Holzes und ähnlicher Körper. Er bemerkt ferner, dass die durch einen porösen Körper filtrirende Flüssigkeit beim Eintritte nothwendig sich contrahiren, beim Austritte sich expandiren müsse: dies genüge zur Erklärung der von Quincke beim Durchgang von Flüssigkeit durch eine poröse Wand entdeckten Ströme. In Bezug auf das Thränen der Pflanzen aber gibt Jamin zu, dass dieser Gegenstand nicht unmittelbar zu den Capillaritäts-Erscheinungen gehöre, und behält sich die Erörterung desselben einer anderweiten Mittheilung vor. Diese Mittheilung ist indess nicht erschienen; mindestens nicht in den Sitzungsberichten der Pariser Akademie. Es hat aber Matteucci für Jamin das Wort ergriffen (Revue des deux mondes, B. 34, 1861 Aug., p. 654). Er meint, das Holz aller thränenden Gewächse enthalte ausser Flüssigkeit auch Gase. Die Beobachter seien einstimmig in der Angabe, dass beim Thränen mit der Flüssigkeit auch Luftblasen aus den Wunden hervortreten. Nach Jamins Untersuchungen sei vorauszusetzen, dass die Luft unter hohem Drucke stände. Bei Erwärmung dehne sich dieses Gas ungeheuer aus, müsse dann das Wasser vor sich hertreiben. Dies sei eine befriedigende Erklärung des Thränens der Rebe z. B., des Thränens, das an andern organischen Körpern künstlich sich nachmachen lasse.

Es zeugt diese Aeusserung Matteuccis von völliger Unkenntniss der Erscheinung, die zu erklären er unternahm. Es genüge vorläufig zu erwähnen, dass Gewächse, deren Holzkörper im Augenblicke der Verwundung (in Folge vorausgegangener Verdunstung) an Saft erschöpft ist, bei gleichbleibender, selbst bei sinkender Temperatur zu thränen beginnen und geraume Zeit fortthränen; dass die Menge des während langer Zeit (zweier bis vierer Tage) bei nahezu constanter Temperatur ausgeflossenen Saftes oft mehr, bisweilen ein Multiplum des Volumens des dem Versuche unterworfenen Pflanzentheils beträgt; endlich

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0103-5

dass das Austreten von Luftblasen gleichzeitig mit dem ausfliessenden Safte eine Ausnahme, das Gegentheil die Regel ist. Ich werde auf diese Punkte weiterhin zurück kommen.

Die Aenderungen der Wasser haltenden Kraft der Hölzer bei Aenderungen der Temperatur sind vor Kurzem Gegenstand einer Untersuchung J. Sachs's gewesen. (Bot. Zeit. 1861, 252). Er fand, dass sowohl frische, ihr normales Maas von Vegetationswasser haltende Holzstücke, als auch zum Theil ausgetrocknete, und endlich selbst solche, die durch langes Liegen in Wasser einen weit grösseren Feuchtigkeitsgrad erlangt haben, als ihnen je während des Lebens zukommt, bei rascher Temperaturerhöhung einen namhaften Theil ihres Wassergehalts verlieren; gleichgültig ob sie in Luft oder in Wasser sich befinden. Sachs macht darauf aufmerksam, dass diese Erfahrung einige ältere Angaben erklärt, so die Du Hamel's und Dalibards über den Gewichtverlust mit Wasser durchtränkter Hölzer bei Eintauchen in heisses Wasser; die Hartig's, dass Reiser thränender Hölzer, im Winter abgeschnitten, schon bei gelinder Erwärmung Saft aus der nach unten gekehrten Schnittfläche treten lassen. Er zeigt, dass die Verluste der Hölzer an Wasser schon bei Erwärmung innerhalb der Gränzen der bei uns im Frühling gewöhnlichen Schwankungen der Temperatur (zwischen 0° und 20° R.) sehr beträchtlich sind, bis über 2% des Gewichtes gehen; dass die bei Erwärmung austretende Menge Wassers beträchtlich die durch die nämliche Steigerung der Temperatur bemerkte Ausdehnung des in dem betreffenden Holzstücke enthaltenen Wassers übertrifft, dass die Wasserausscheidung bei plötzlichem Steigen der Temperatur auch dann erfolgt, wenn das Holz bei weitem noch nicht alles das Wasser aufgenommen hat, welches es auf der obersten Gränze der bei dem Versuche ihm mitgetheilten Temperatur bei längerem Liegen in der Flüssigkeit aufzunehmen vermag. Die Menge des ausgestossenen Wassers fand Sachs bei sehr wasserhaltigem Holze nicht merklich grösser, als bei minder wasserhaltigem; die Wasserausscheidung ist nicht proportional dem Wassergehalte. Hieraus erklärt sich eine lange Reihe von Beobachtungen über Erscheinungen beim Bluten und Thränen von Holzpflanzen im Frühlinge; der Eintritt des Blutens beim Steigen der Temperatur; die Steigerung des Ausflusses bei weiterem Wachsen derselben, sein Nachlassen und Aufhören bei ihrem Sinken; das Bluten der Aeste gewisser Pflanzen, wenn sie abgeschnitten (Ahorn, Hartig) oder selbst im Zusammenhange mit

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0104-1

der Mutterpflanze (Weinrebe, Knight); — namentlich aber der anscheinend sonderbare Umstand, dass die Bäume im Winter, wo sie nicht bluten, weit mehr Wasser im Holze enthalten, als zur Zeit des Thränens. — Dass die von Sachs erörterten Erscheinungen in keinem Zusammenhange mit der massenhaften Saftausscheidung z. B. der Agave, oder mit dem Bluten des dicht über der Wurzel abgeschnittenen Stängels kleiner und einjähriger Gewächse stehe, (vergleiche meine Mittheilungen in Flora 1858 S. 8) wird von Sachs bestimmt ausgesprochen.

Sachs hat zwar erwähnt, dass die Ausstossung von Wasser aus den Schnittflächen von wasserhaltigen Stamm- uud Aststücken bei deren rascher Erwärmung von dem Entweichen zahlreicher Luftblasen begleitet sei (a. a. O. 262); er hat aber über den Antheil sich nicht geäussert, welchen er der im Holze eingeschlossenen Luft an der Erscheinung beimisst. Es dürfte nicht ganz überflüssig sein, die Ergebnisse einer Reihe von Beobachtungen mitzutheilen, welche ich nach dieser Seite hin anstellte.

Ich bediente mich bei diesen Versuchen eines entrindeten Stückes eines dreijährigen Kiefernzweiges, dem Holzstück war durch fünfmal wiederholtes, stundenlanges Kochen in Wasser der grösste Theil seines Luftgehaltes entzogen worden. Es wog beim Beginn der Untersuchung 6,442 Gr.; sein specifisches Gewicht (sein Gewicht in Wasser von + 4° C. betrug 0,484 Gr.) 1,081; sein Volumen 5,958 c. c. m. Das Wasser wurde abwechselnd auf + 55° bis 100° C. erwärmt und eine bis zwei Stunden lang auf dieser Temperatur erhalten, und 18 bis 20 Stunden lang auf + 4° bis 5° C. abgekühlt. Die Wägungen des Holzstücks im warmen und kalten Wasser zeigten zu Anfang noch Differenzen von mehr als 0,1 Gr. Mehrgewicht im kalten Wasser. Als aber das Gewicht in kaltem Wasser die Höhe von 0,775 Gr. erreicht hatte, fielen die Differenzen auf weniger als 0,04 Gr. Das absolute Gewicht war schliesslich auf 6,736 Gr. gestiegen; das Volumen also genau 5,958 c. c. m. geblieben, das specifische Gewicht aber auf 1,13 gewachsen. Die Wägungen gaben von dem Gewicht von 0,775 Gr. in kaltem Wasser ab folgende Zahlen:

		° C.	Gewicht d. Holzst. im Wasser.
Nach 20 Stunden Liegen im Wasser von		+ 4	0,775 Gr.
„ 1 „ „ „ „ „		+ 55	0,759 „
„ ¼stündigem Sieden „ „ „		+ 80	0,771 „
„ 19 „ Liegen „ „ „		+ 3	0,786 „
„ 1 „ „ „ „ „		+ 55	0,745 „

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0105-7

	° C.	Gewicht d. Holzst. im Wasser.
Nach 1stündigem Sieden und ½stündigem Liegen im Wasser von	+ 55	0,767 Gr.
Nach 1½stündigem Liegen in Wasser von	+ 7,5	0,781 „
Nach 14stündigem Aufenthalt im Eise (eingefroren) in Wasser von	+ 4	0,752 „
Nach ½stündigem Sieden, und 1 Stunde Liegen im Wasser von	+ 10	0,777 „
Nach 20stündigem Liegen in Wasser von	+ 4	0,778 „
Nach 1 „ „ „ „ „	+ 50	0,776 „
Nach 24 „ „ „ „ „	+ 4	0,778 „ [1])

Setzt man das specifische Gewicht des trockenen Kiefernholzes = 0,555, so wägen 5,958 cub. c. m. davon 3,307 Gr. Wird, auf Grundlage der Kopp'schen volumenometrischen Bestimmungen, das specifische Gewicht der Wandsubstanz der Holzzellen zu 1,3 angenommen, so würde die Masse der Holzsubstanz des zum Versuche dienenden Aststücks 2,522 cub. c. m., der Luftgehalt desselben 3,436 cub. c. m. betragen. Würde der Luftinhalt völlig durch Wasser verdrängt, so würde das absolute Gewicht des Holzstücks auf . . . . 3,307 Gr.
+ 3,436 „
Summa 6,743 Gr.
steigen. Bei einem absoluten Gewichte von 6,754 Gr. wäre also der Luftgehalt Null.

Die Berechnung des Volumens der im Holze enthaltenen Luft ruht aber auf einigermassen willkührlichen Annahmen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das specifische Gewicht der Holzsubstanz grösser sei, als 1,3. Zieht man in Erwägung, dass Kopp's an scharf getrocknetem und fein geraspeltem Holze angestellte volumenometrische Bestimmungen um so höhere specifische Gewichte geben, je dichter das Gefüge der untersuchten Hölzer ist; dass Flachsfasern, also Zellen mit verschwindend engem Lumen, ein specifisches Gewicht von 1,45 zeigten, so wird man des Verdachts sich nicht erwehren, dass der Luftinhalt unverletzt gebliebener Zellen auf die Gewichtsbestimmungen störend einwirkte. Legt man der Rechnung die Annahme des specifischen

---

[1]) Unmittelbar nach dieser Wägung ist eine Bestimmung des absoluten Gewichts des mit Löschpapier sorgfältig abgetrockneten Holzstücks auf 6,747 Gr. gemacht. Vol. 5,961 c. c. m.; spec. Gew. 1,13.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0106-3

Gewichts der Holzsubstanz von 1,45 zu Grunde, so erhält man für das Volumen fester Substanz des in Rede stehenden Holzstücks 2,280 c. cm., für dessen Luftgehalt 3,678 c. cm., für das Gewicht nach völliger Verdrängung der Luft durch Wasser 6,985 Gr. Dies giebt bei einem absoluten Gewicht von 6,747 Gr. einen Luftgehalt von 0,238 c. cm.; einen Luftgehalt der bei Erwärmung um + 50° um 0,043 c. cm. sich ausdehnen würde. Berichtigt man die Wägungen in warmem Wasser vorstehender Tabelle nach Despretz's Angaben der wahren Volumina des Wassers bei verschiedenen Temperaturen, indem man von den Wägungen bei + 55° 0,088 Gr., von denen bei 50° 0,074 Gr. abzieht, so ergiebt die Differenz der 4. und 5. Wägung 0,129; die zwischen den Wägungen 10 und 11. 0,090 Gr., immer noch das Drei-, beziehendlich Zweifache der berechneten Luftausdehnung. Auf unsere Frage aber erhalten wir die praktisch zunächst genügende Antwort, dass die Wasserausstossung bei Erwärmung durchtränkter Holzstücke, die Wasseraufnahme bei Erkalten erwärmter unter Wasser zum weitaus grösseren Theile auf der Ausdehnung oder der Zusammenziehung der im Holzstücke enthaltenen Luft beruhen; dass die Substanz der Wände der Holz- und Gefässzellen nur einen äusserst geringen Antheil an diesem Vorgange hat.[1])

Um ermessen zu können, in welchem Maasse die bisher besprochenen Vorgänge bei der Erscheinung des Thränens verwundeter Pflanzen thätig sind, gebe ich zunächst eine eingehendere Darstellung des Phänomens in seiner einfachsten Form, wie es sich beim Ausflusse von Saft aus dem blattlosen Stumpfe des dicht über dem Wurzelhalse durchschnittenen Stammes einer krautartigen, in kräftiger Vegetation stehenden Pflanze zeigt.

Wird dem Stammstumpfe einer solchen Pflanze mittelst eines kurzen, luftdicht schliessenden Kautschukschlauches eine gebogene, mit destillirtem Wasser gefüllte Glasröhre aufgesetzt,

---

[1]) Das Leichterwerden eines Holzstückes beim Einfrieren in einem Wassergefässe erklärt sich leicht daraus, dass beim Gefrieren des im Gefässe enthaltenen Wassers zunächst von den Gefässwänden aus, dann am Wasserspiegel luftblasenfreie Eiskrystalle sich bilden; die rings vom Eise umschlossene Flüssigkeit enthält um so mehr Luft bis zum Sättigungspunkte gelöst, je weiter das Gefrieren vorschreitet. In den Hohlräumen des Holzes friert das Wasser zuletzt. Die in ihm gelöst gewesene Luft wird innerhalb der Holzzellen in Form von Blasen ausgeschieden, die nach dem Wiederaufthauen des Holzes in diesem zurückbleiben und sein Gewicht verringern.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0107-9

deren Ende mit einem graduirten Rohr communicirt, so wird, in dem Maasse als Saft aus der Schnittfläche hervordringt, Flüssigkeit in dieses Rohr tropfen, deren Menge an der Scala unmittelbar abgelesen werden kann. In der grossen Mehrzahl der Fälle steigt die Menge der in einer gegebenen Zeiteinheit abtropfenden Flüssigkeit von Beginn des Versuches an eine Zeitlang; oft ist diese Steigerung sehr bedeutend (Versuch 2—4, 12. 17 der dem Schlusse dieses Aufsatzes angehängten Tabelle). Bisweilen vergeht geraume Zeit, bis das Bluten überhaupt beginnt, um dann stetig oder abwechselnd nachlassend und wieder zunehmend zu beträchtlicher Intensität zu steigen (Versuch 15, 16 und 22). Auch wenn von vornherein die Ausflussmengen rasch sinken, tritt doch späterhin ein Steigen derselben ein (Versuch 1, 5—7, 9, 13); nur sehr selten wird ein stetiges Sinken des Ausflusses von Beginn des Versuches an beobachtet (Versueh 8, 11).

Nirgends zeigt sich ein merklicher Einfluss der Aenderungen der Temperatur auf die Schwankungen in der Menge des Saftausflusses. Das rasche Steigen der Ausfluss-Quantität ist beobachtet bei gleichbleibender Temperatur des Bodens (Vers. 2—4, 17); bei sinkender Temperatur desselben (Vers. 3 am 18/19 Juni; Versuch 4, am 30. Juni; Versuch 7, am 24. Juli; Versuch 10, am 27/28. Juli; u. s. w.); ein Abnehmen der Ausflussmengen bei steigender Temperatur (Versuch 3, Beobachtung 4, 8 und 9; Versuch 4, Beobachtung 11; Versuch 7, Beobachtung 8, 11 u. s. w.). Um so deutlicher tritt eine tägliche Periodicität des Saftausflusses hervor. Die Menge des Saftausflusses, während der späteren Nachtstunden gering, steigt plötzlich nach Sonnenaufgang, erreicht das tägliche Maximum in den Stunden zwischen 7½ Vormittags und 2 Nachmittags, bald früher, bald später (Versuch 1—7, 9—23) und sinkt von da ab rasch bis zum nächsten Morgen. Nur an einzelnen Versuchspflanzen, und an diesen auch nur unstät (nicht an jedem Tage sich wiederholend) macht ein zweites, geringeres Zunehmen des Saftausflusses während der Abendstunden sich bemerklich (Versuch 1, am 15. Mai; Versuch 3, am 18. Juni; Versuch 4, am 29. Juli; Versuch 5, am 13. August; Versuch 9, am 17—19. Mai; Versuch 15, am 28., 30. u. 31. Juli; Versuch 18, am 14. September; Versuch 19. u. 20. am 31. Juli; Versuch 21, am 31. Juli; Versuch 22, am 3. August.

Verschiedene Pflanzen derselben Art verhalten sich in dieser Beziehung verschieden; eine und dieselbe Versuchspflanze aber pflegt sich an verschiedenen Versuchstagen ziemlich gleich zu

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0108-5

bleiben. Die tägliche Schwankung tritt auch bei sich gleich bleibender Bodentemperatur ein (Versuch 2, 3, 5, 6, 13, 15, 17, 18, 19—22); das Wachsen des Ausflusses erfolgt nicht selten während eines Sinkens der Bodenwärme, (Versuch 4, am 30. Juli, 15, am 30. Juli, 21, am 31. Juli, und sehr allgemein zwischen den letzten Beobachtungen Abends und den ersten Morgens); das Abnehmen der Ausflussmengen während eines Steigens der Temperatur (Mehrzahl der nachmittäglichen Beobachtungen der angehängten Tabelle). Die täglichen Schwankungen des Saftausflusses sind also nicht bedingt durch entspreehende Schwankungen der Temperatur. Dass sie nicht in unmittelbarer Beziehung zur Einwirkung des Sonnenlichts stehen, ergiebt sich sofort aus der Untersuchungs-Methode, vermöge welcher die im Boden verborgene Wurzel, und der von einem Kautschukschlauche überkleidete Stammstumpf den Lichtstrahlen völlig entzogen sind.

Das Volumen des innerhalb kurzer Zeit ausfliessenden Saftes ist oft beträchtlich; es übertrifft nicht selten um das Mehrfache das Volumen der Wurzel und des Stammstumpfes, welche den Saft liefern, (Versuch 1, 3, 4, 7, 10, 12, 15).[1]) Aber im Vergleich zu der Quantität von Flüssigkeit, welche die dem Versuch unterworfene Pflanze unter ganz gleichen Verhältnissen unmittelbar vor dem Experimente innerhalb gleicher Zeiträume verdunstete, ist die Menge des aus dem durchschnittenen Wurzelhalse ausfliessenden Saftes nur gering. Ich bestimmte die Grösse der Verdunstung einiger krautartiger Pflanzen nach der schon von Hales angewendeten Methode: der Blumentopf, in welchem die Versuchspflanze eingewurzelt war, wurde in einem dampfdichten Behälter eingeschlossen, welcher dem Wurzelhalse eng sich anschmiegte. Eine kräftige Pflanze von *Matthiola incana* verdunstete in trockener Zimmerluft während 19 Stunden 4,43 Gr. (pro Stunde durchschnittlich 0,227 Gr.); der Saftausfluss betrug, zur Zeit des stärksten Thränens, während 23½ Stunden nur 320 c. m. m. annähernd = 0,320 Gr.) und überstieg, auf seinem Maximum angelangt, pro Stunde nicht 0,140 Gr. (Versuch 12). Eine Pflanze *Urtica urens* verdunstete in 24 Stunden 9 Gr., in 60 Stunden 18,2 Gr. Unmittelbar nachher lieferte sie in 21 Stunden nur

---

[1]) Die angegebenen Wurzelvolumina sind durch Untertauchen der durch Schütteln von anhängender Erde befreiten Wurzeln und des Stammstumpfes in nach 0,1 c. c.m. graduirten Röhren, und durch Ablesen des Steigens des Wasserspiegels bestimmt.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0109-2

1 c. c.m., in 60 Stunden nur 2,150 c. cm., nur ein Neuntel der verdunsteten Flüssigkeit. Es ist klar, dass die Emportreibung von Saft durch die Wurzeln bei Weitem nicht hinreicht, die in trockener Luft durch die Blätter verdunstete Flüssigkeit zu liefern. Daher die Erschöpfung der Flüssigkeit in den prosenchymatischen Geweben durch die Verdunstung; daher die seit Hales bekannte Erscheinung, dass jede, bei trockenem Wetter das Holz treffende Wunde einer beblätterten Holzpflanze mit Kraft Wasser oder Luft einsaugt, gleichviel ob die Schnittfläche eines Astes oder des Stumpfes einer mit den oberirdischen Theilen der Pflanze in Verbindung stehenden Wurzel dem Versuche unworfen wird;[1]) daher das Auftreten von Luft in den von Flüssigkeit entleerten Räumen der Gefässe und Holzzellen.

Nach Jamin's Darlegung des Widerstands, welchen Luftblasen in capillaren Räumen der Fortbewegung von Flüssigkeiten (und somit ihrer eigenen Fortschaffung) entgegensetzen, ist es leicht verständlich, dass jene Luft aus den Holzzellen nicht vollständig ausgetrieben wird, ungeachtet der offenen Verbindung der Holzzellen und Gefässe durch die Porenkanäle, und ungeachtet des hohen Druckes, unter welchen zur Zeit des Thränens der Saft des Holzkörpers geräth. Die von Jamin beigebrachten Beispiele erläutern daneben auf's Neue, und mit besonderer Anschaulichkeit, wie die Ersatzflüssigkeit für das von den Blättern aus verdunstete Wasser innerhalb der Membranen der Holzzellen und Gefässe vom Boden aus zu den Blättern sich hinbewegt,[2]) wie ich für das Holz der Rebe zur Zeit des stärksten Blutens gezeigt habe, Flora 1858 p. 3.

Die sehr engen capillaren Räume der Membranen halten die Flüssigkeit mit einer Kraft fest, welche das durch Luftverdünnung hervorgerufene Saugen der Holzes nicht zu überwinden vermag.

Die Ausscheidung von Saft aus durchschnittenen Wurzeln oder Stammstümpfen krautartiger Gewächse war in keinem der zahlreichen beobachteten Fälle vom Auftreten von Luftblasen begleitet, so lange der Saft reichlich ausfloss. **(Fortsetzung folgt.)**

---

[1]) **Hales Veget. statics 2. edit. p 85. 98. —Das Einsaugen von Luft tritt deutlich im negativen Stande des Quecksilbers in Manometer hervor, die im Sommer oder Herbst Zweigen oder Wurzelstümpfen von Rebstöcken angesetzt werden, worüber weiter unten.**

[2]) **Dieser wichtige Satz ist zuerst durch Meyen ausgesprochen: Pflanzenphysiologie II. 50.**

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0110-3

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

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 97-106