
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

FORST DIRECTION
DER K. K. PRIV. ACTIEN GESELLSCHAFT
DER INNERBÜHNER HAUPT BEWIRTSCHAFT

Warum steigt der Saft in den Bäumen?

VORTRAG

gehalten in der k. k. Gartenbau-Gesellschaft am 22. Februar 1878

von

JOSEF BOEHM

Doctor der Philosophie und Medicin, k. k. Professor an der Universität und an der Hochschule
für Bodencultur in Wien.

Mit 5 Abbildungen.



WIEN, 1878.

VERLAG VON FAESY & FRICK,
KAIS. KÖNIGL. HOFBUCHHANDLUNG

1930
A
21

EX LIBRIS



**DES DEUTSCHEN MUSEUMS
VON MEISTERWERKEN DER
NATURWISSENSCHAFT UND
TECHNIK □ □ MÜNCHEN
GESTIFTET v. DEUTSCHEN
FORSTVEREIN**

Bibliothek des Deutschen Museums



057002505272

Warum steigt der Saft in den Bäumen?

VORTRAG

gehalten in der k. k. Gartenbau-Gesellschaft am 22. Februar 1878

von

JOSEF BOEHM

Doctor der Philosophie und Medicin, k. k. Professor an der Universität und an der Hochschule
für Bodencultur in Wien.

Mit 5 Abbildungen.



WIEN, 1878.

VERLAG VON FAESY & FRICK,

KAIS. KÖNIGL. HOFBUCHHANDLUNG.



1830 U 21

3

Von den verschiedenen Nährstoffen, welche zum Aufbaue der Pflanzen unentbehrlich sind, spielt das Wasser die wichtigste Rolle. Abgesehen davon, dass die organische Substanz des Pflanzenleibes mehr als zur Hälfte aus Wasser besteht, ist dieses auch jenes Vehikel, durch welches den Vegetabilien die zu ihrem Aufbaue unentbehrlichen Aschenbestandtheile zugeführt werden. Bei den Landpflanzen ist dieser Import hauptsächlich dadurch bedingt und ermöglicht, dass sich dieselben im Grossen und Ganzen ähnlich verhalten wie ein feuchter Badeschwamm, welcher theilweise in Wasser taucht: das von der freien Oberfläche je nach dem Grade der Luftfeuchtigkeit mehr minder schnell abgedunstete Wasser wird durch einen kontinuierlichen Strom von unten her wieder ersetzt. Die Wassermenge, welche ein Baum während eines warmen Sommertages an die bewegte trockene Atmosphäre abgibt, beträgt viele Liter und muss durch Vermittlung der Wurzeln vom Boden her wieder ersetzt werden. Indem wir es unerörtert lassen, wie das Wasser aus dem Boden in die Wurzeln kommt, wollen wir uns nur mit der Frage beschäftigen: durch welche Kraft und in welchen Bahnen wird das Wasser von der Wurzel bis in die transpirirenden Blätter gehoben?

Damit wir in die Lage kommen, uns ein Urtheil zu bilden über die Art der Kräfte, durch welche das Wasser und mit ihm die in demselben gelösten Salze von der Wurzel bis zur Krone geschafft werden, müssen wir uns vorerst in Kürze orientiren über Ziel und Richtung der Saftströme in der Pflanze überhaupt und über den elementaren Bau der Organe, in welchen der „Saft“ transportirt wird.

Da die grünen Blätter jene Organe sind, in welchen zum grössten Theile aus Kohlensäure und Wasser die Stoffe für den Aufbau der ganzen Pflanze gebildet werden, so ist es klar, dass in den Landpflanzen ausser dem sogenannten aufsteigenden Saftstrome noch ein absteigender vorhanden sein muss, in welchem die assimilirten Stoffe zu ihren Verbrauchsstätten geleitet werden. Die Resultate von Ringschnitt-Versuchen bei normal gebauten Dicotylen und Coniferen beweisen, dass die assimilirten Stoffe in der Rinde abwärts, die von der Wurzel aufgenommenen „rohen Säfte“ aber in dem lebenden Holze aufwärts wandern.

Das Holz der Dicotylen, an welche wir uns bei unseren Betrachtungen halten wollen, besteht aus Zellen und aus Gefässen, von denen die letzteren als continuirliche Schläuche in der Regel die ganze Pflanze durchziehen, seitlich jedoch nicht mit einander communiciren. Die allfällige Ansicht, dass in diesen Canälen als capillaren Röhrchen das Wasser in die Höhe steige, muss sofort als irrig erkannt werden, wenn man erfährt, dass den Coniferen solche Gefässe überhaupt fehlen und dass auch bei den Dicotylen die Blätter nicht vertrocknen, nachdem durch nahe übereinander liegende Einschnitte auf den entgegengesetzten Seiten des Stammes die Continuität der Gefässe unterbrochen wurde. Das Saftsteigen kann daher nicht in den Gefässen, sondern muss in den Zellen stattfinden.

Nachdem man die Erscheinungen der sogenannten Endosmose und Exosmose kennen gelernt hatte, zweifelte bis vor beiläufig 20 Jahren Niemand, dass durch eine Concentrationsverschiedenheit der Zellsäfte das Saftsteigen bewirkt werde, und in der That beruhen darauf zahlreiche und auffällige Lebenserscheinungen, wie z. B. das Bluten des Weinstockes und vieler anderer Pflanzen, die Abscheidung zahlreicher Secrete, die Wasserversorgung und Turgescenz aller jugendlichen Organe u. s. w. Von den meisten Pflanzenphysiologen wird auch heute noch die durch Verdunstung eingeleitete Wasserbewegung in den safterfüllten Zellen der Blätter als ein rein osmotischer Vorgang betrachtet. In Folge der Neubildung organischer Substanz in den assimilirenden Zellen

soll die osmotische Spannung derselben immer auf der erforderlichen Höhe erhalten werden, um sie zu befähigen, ein dem verdunsteten gleiches Wasserquantum den inneren Nachbarzellen zu entziehen. Dass diese Ansicht aber irrig ist, ergibt sich aus Folgendem:

1. Die durch osmotische Spannungsdifferenz verursachte Wasserbewegung ist eine ausserordentlich langsame.

2. Die direct transpirirenden, d. i. die Epidermiszellen, enthalten in der Regel kein Chlorophyll, können daher nicht assimiliren und somit keine osmotisch wirksamen Substanzen erzeugen. Die in den Oberhautzellen enthaltene Flüssigkeit unterscheidet sich allem Anscheine nach kaum wesentlich von gewöhnlichem Wasser und kann daher durch Verdunstung nicht concentrirter werden.

3. Würde der Wiederersatz des verdunsteten Wassers durch den osmotisch wirksamen Inhalt der Blattzellen veranlasst, so müsste bei Blättern von Pflanzen, welche im feuchten Raume assimiliren, auf der Oberhaut und in den Intercellularräumen Wasser abgeschieden werden, was jedoch niemals der Fall ist.

4. Bei einer grünbeblätterten Pflanze, welche im feuchten Raume verdunkelt wurde, müssen sich allfällige Spannungsdifferenzen in den Blattzellen in Bälde ausgleichen, indem die osmotisch wirksamen Substanzen theils verbraucht, theils in den Stengel abgeführt werden; es bleiben aber die Blätter frisch, wenn die Pflanze nach einiger Zeit bei fortdauerndem Lichtabschlusse in trockene Luft gebracht wird.

5. Wenn die Wasserbewegung in transpirirenden Blättern durch Concentrationsdifferenzen des Inhaltes benachbarter Zellen verursacht wäre, so müsste in gleicher Weise auch das Saftsteigen in den sogenannten parenchymatösen Hölzern bewirkt werden, was wohl Niemand wird behaupten wollen.

Ist es demnach klar, dass die durch Verdunstung eingeleitete Wasserbewegung in den Blättern durch osmotische Spannungsdifferenzen nicht bedingt sein kann, so ist dies noch viel einleuchtender bezüglich des Wassertransportes in den saftleitenden Zellen des Holzes, denn diese enthalten zur Zeit lebhafter Transpiration grössten-

theils nur Luft. Von competenten Fachmännern wurde allerdings bis in die neuere Zeit die Ansicht vertreten, dass durch die schon oben berührte Wurzelkraft das Wasser bis in die Baumkrone gepresst werde. Bei sehr vielen Pflanzen lässt sich aber eine solche *Vis a tergo* überhaupt nie nachweisen und selbst beim Weinstocke wird nach erfolgter Belaubung von den Stumpfen abgesehnittener Zweige nicht nur kein Wasser abgeschieden, sondern vielmehr aufgesaugt.

Anlässlich von Versuchen über die Grösse der Kraft, mit welcher von verschiedenen porösen Substanzen (Kreide, Zinkoxyd, Stärkemehl etc.) Wasser aufgesaugt wird, wurde von Jamin im Jahre 1860 die Vermuthung ausgesprochen, dass in ähnlicher Weise auch das Saftsteigen in den Pflanzen bewirkt werde. Als capillare Räume sollten bei diesen nicht die relativ weiten Gefässe, sondern vielmehr die Zellwände fungiren. Diese Hypothese wurde von den tonangebenden Fachmännern geradezu mit Applaus aufgenommen und gilt demzufolge heute noch in den weitesten Kreisen als feststehendes Dogma.

Die Wände der saftleitenden Zellen sind natürlich wasserhältig. Nach Naegeli's classischer Darstellung müssen wir annehmen, dass dieselben aus festen, verschieden gestalteten Molecülen bestehen, welche sich nicht direct berühren, sondern mit Wasserhüllen von bestimmter Mächtigkeit bekleidet sind. Die mit Wasser erfüllten Räume nennt man Molecularinterstitien, welche sich beim Austrocknen verkleinern und, indem die Molecüle immer enger aneinander rücken, endlich ganz verschwinden¹⁾. Die Fähigkeit der Zellwände, das ihnen an einer Seite ohne Druckänderung entzogene Wasser von der anderen Seite her wieder zu ersetzen, nennen wir ihre Imbibitionsfähigkeit.

Wenn wir auch annehmen wollen, dass die Anziehung der festen Substanzkerne zu ihren Wasserhüllen eine sehr bedeutende ist, so ist es doch andererseits zweifellos, dass die

¹⁾ Aus der beim Austrocknen erfolgenden Volumverminderung einer Zellwand können wir daher schliessen auf die Menge des in ihr enthaltenen Wassers. Siehe Figur 1, in welcher die Wasserhüllen der Substanzkerne sehr gross gezeichnet wurden.

Wasserbewegung in den Molecularinterstitien der imbibirten Zellwand in ganz gleicher Weise, d. i. nach denselben Gesetzen erfolgt wie in capillaren Röhren, und dass somit der zu überwindende Reibungswiderstand ausserordentlich gross ist.

Wenn der Wassertransport nur in den Molecularinterstitien der festen Zellwand stattfinden würde, so wäre es für diese Function der Pflanze offenbar vortheilhafter, wenn die saftleitenden Organe nicht den charakteristischen Zellbau, sondern, nach Art der beistehenden Zeichnung, in toto den einer Zellewand besitzen würden. Die Imbibitions-hypothese fordert, dass einerseits die Wasserhüllen von α nicht nur leicht in die Zelllumina der Blätter abfliessen können, sondern dass auch gleichzeitig die Wasserhüllen von Myriaden darunter liegender Molecüle in Bewegung gesetzt werden! Durch kaum 1 Centimeter dicke Scheiben von Eibenholz kann aber in radialer Richtung selbst bei einem Ueberdrucke von mehr als einer Atmosphäre kein Wasser gepresst werden. In Figur 2 sind drei entrindete, gegen 40 Centimeter lange Zweige der Bruchweide abgebildet, von denen 1 und 2 gleich nach dem Abschneiden, 3 aber erst nach dreimonatlicher Cultur als Steckling durch anhaltendes Kochen injicirt und dann mit ihren unteren Enden in Wasser gestellt wurden.

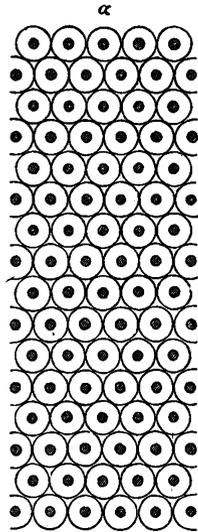


Fig. 1.

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Die Zweige wogen am 4. Mai 1877	118·5	134·1	104·5
am 11. Februar 1878	107·6	62·9	49·7

Die Gewichtsabnahme betrug also bei Nr. 1: 9·2, bei Nr. 2: 53·1 und bei Nr. 3: 52·4 Procent. Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt darin, dass die Gefässe von Nr. 2 bei α und β durchschnitten, bei Nr. 3 aber in Folge der Cultur durch Thyllen verschlossen wurden. In den oberen Theilen von Nr. 1 ersetzte sich das verdunstete Wasser von Seite der Gefässe her, welche als capillare Röhren fungiren. Wäre dieser

Zweig beiläufig 1 Meter oder darüber lang, so wäre sein oberes Ende schon längst lufttrocken geworden. — Es kann nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass die Wände des durch Kochen injicirten Holzes mindestens ebenso imbibitionsfähig sind, wie die der lebenden Zellen, und doch konnte durch ihre Vermittlung bei nur 40 Centimeter langen Zweigen nicht einmal die geringe Menge des von ihrer Oberfläche abgedunsteten Wassers ersetzt werden! Auch bei Weidenpflanzen, welche man aus in Wasser gestellten Zweigen gezogen hat, vertrocknen die Blätter alsbald, nachdem die Wurzeln entfernt wurden.

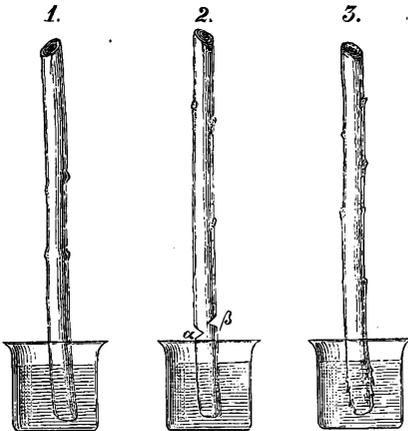


Fig. 2.

Wenn beim Saftsteigen nur das Imbibitionswasser der saftleitenden Zellen in Bewegung wäre, so könnte bei Abschluss einer *Vis a tergo* niemals weder in den Zellhöhlen noch in den Gefässen Wasser enthalten sein. Zur Zeit der Transpiration wäre dies deshalb unmöglich, weil die in Folge ihrer Wasserabgabe nach oben wasserbedürftigen Wände die-

ses Wasser von dorthier nehmen würden, wo sie es am leichtesten bekommen könnten, also aus den Zellhöhlen. Nach Sistirung der Verdunstung, also im Winter, oder nach Entfernung der Blätter auch im Sommer, würden sich wohl die Substanzkerne mit Wasserhüllen von einer ihrer Natur und Grösse entsprechenden Mächtigkeit bekleiden, — Abscheidung von Wasser in die Zellhöhlen wäre aber absolut unmöglich. Nun enthalten die saftleitenden Zellen des Holzes während der lebhaften Transpiration der Pflanzen allerdings Luft, und von den Anhängern der Imbibitionshypothese wird in der That behauptet, dass dieselben zu dieser Zeit nur Luft ent-

halten, während andererseits zugegeben werden muss, dass sie im Winter ausser Luft auch Wasser führen. Wie soll nun dieses, wenn das Saftsteigen nur eine Function der imbibitionsfähigen Zellwände wäre, in die Zellhöhlen gelangen? Zudem wollen wir gleich hier vorläufig bemerken, dass in Folge der Sistirung der Verdunstung durch die Blätter sich auch die Gefässe theilweise mit Flüssigkeit füllen, ohne dass andererseits die Aufsaugung irgend welcher mit Wasser mischbaren Flüssigkeiten durch frische Schnittflächen aufgehoben würde. Dass diese Absorption durch die wasserbedürftigen Zellwände bewirkt werde, wird in Anbetracht des Wasserreichtumes in den Hohlräumen doch wohl Niemand im Ernste behaupten wollen.

Durch die vorstehenden Erörterungen glaube ich unumstössliche Beweise dafür erbracht zu haben, dass die durch die Transpiration eingeleitete Wasserbewegung in den parenchymatösen Geweben nicht durch osmotische Spannungsdifferenzen, und in dem saftleitenden Holze nicht durch die Annahme, dass dabei nur das Imbibitionswasser der Zellwände in Bewegung sei, erklärt werden könne. In Folgendem hoffe ich endgiltige Beweise dafür erbringen zu können, dass die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen ein durch Druckunterschiede in den saftleitenden Zellen bedingter Filtrationsprocess ist.

Die Art und Weise, wie in parenchymatösen Geweben mit safterfüllten Zellen die durch Verdunstung eingeleitete Wasserbewegung veranlasst wird, können wir uns an dem in Figur 3 skizzirten Apparate klar machen. Es besteht derselbe aus einer Reihe wassererfüllter Zellen, welche durch thierische Blasen von einander getrennt sind und deren theilweise elastischen Wände aus Glas (*c c c*) und Kautschuk (*b b b*) bestehen. Die oberste Zelle (*a*) ist aus einem Trichter gebildet, dessen Mündung mit einer mehrfachen Lage einer starken Rindsblase verschlossen ist. Mehrere Zellglieder sind mit Manometern in Verbindung. Um den Apparat sofort in functionsfähigen Zustand zu versetzen, wird die Membran des mit Wasser gefüllten Trichters auf eine weiche kugelförmige Unter-

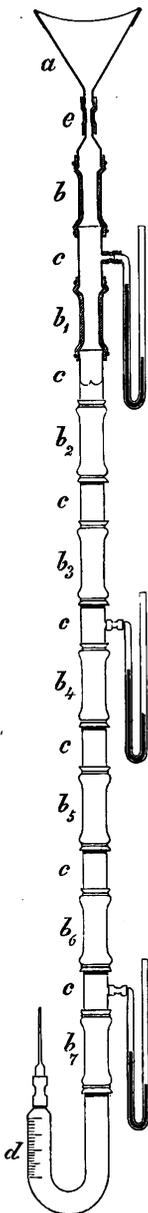


Fig. 3.

lage stark aufgedrückt und das kleine Kautschukrohr *c* bis nach dessen Verbindung mit dem tubulirten Röhrenende der obersten Zelle mittelst eines Quetschers verschlossen. Das destillierte Wasser, mit welchem der Apparat gefüllt wird, muss behufs Conservirung der Blasenwände, mit Carbolsäure angesäuert werden.

Wenn aus der äussersten Lamelle der Trichtermembran Wasser verdunstet, so wird in Folge ihrer Imbibitionsfähigkeit Wasser aus der nächst inneren Lamelle nachrücken u. s. f.; die innerste Wandschicht deckt ihren Verlust natürlich auf Kosten der in der Trichterzelle enthaltenen Flüssigkeit. Wären die Seitenwände unseres Apparates starr und die Querwände entweder gar nicht vorhanden oder der Reibungswiderstand in denselben für die passirende Flüssigkeit gleich Null, so würde auf diese Weise bei der weiteren Voraussetzung, dass durch die verdunstende Membran selbst bei einem Ueberdrucke von einer Atmosphäre keine Luft gepresst (gesaugt) werden könnte, eine Wassersäule von beiläufig 32 Fuss gehoben werden. Würde der Apparat jedoch bei *d* verschlossen, so müsste in der Trichterzelle alsbald ein leerer (nur mit Wasserdünsten gefüllter) Raum entstehen und die Verdunstung könnte nur so lange dauern, als Theile der Membran mit dem Wasser in directer Berührung wären; alsdann müsste die Membran vertrocknen. Die verdunstende Membran unseres Apparates ist bei grossem Drucke für Luft allerdings nicht impermeabel, es sind aber auch die Seitenwände der Zellen nicht starr, sondern elastisch. Wenn aus der Trichterzelle *a* *b* Wasser verschwunden ist, so werden die

Wände derselben durch den äusseren Luftdruck vorerst allseitig an den flüssigen Inhalt angedrückt und in einen mehr minder gespannten Zustand versetzt. Die Zelle ab ist von der Zelle cb_1 mittelst einer Membran getrennt, durch welche schon bei viel geringerem Drucke Wasser, als durch die verdunstende Membran Luft gesaugt werden kann.

Es tritt also Wasser aus cb_1 nach ab über. Dadurch wird aber der Druck in cb_1 vermindert, und in Folge dessen muss Wasser aus cb_2 nach cb_1 filtrirt werden, und dieses Spiel wird sich mit einer Geschwindigkeit, welche mit der Grösse des Reibungswiderstandes, den die Flüssigkeit bei ihrer Wanderung von Zelle zu Zelle zu überwinden hat, in einem bestimmten Verhältnisse steht, fortpflanzen bis zur untersten Zelle. Bei andauerndem Verschlusse bei d muss endlich durch die verdunstende Membran Luft eingesaugt werden. Kommt die unterste Zelle jedoch in die Lage, ihren Wasserverlust von aussen her zu ersetzen, so wird in die Trichterzelle erst dann Luft eintreten, wenn die Summe der zu überwindenden Reibungswiderstände und des durch die Schwere der Flüssigkeitssäule bedingten Filtrationsdruckes gleich ist dem Drucke, welcher nothwendig ist, um durch die feuchte Blasenwand Luft hindurchzupressen.

Bei unserem Apparate ist der soeben erwähnte Filtrationsdruck natürlich bedeutend grösser als bei einer gleich hohen Pflanze, von deren relativ sehr kleinen Zellen in Folge ihres engen Lumens die in ihnen enthaltene Flüssigkeitssäule durch Capillarattraction festgehalten wird. Gleichwohl scheint es mir nicht zweifelhaft, dass bei sehr hohen Pflanzen des Filtrationsdruckes wegen das Saftsteigen unmöglich würde, wenn die saftleitenden Zellen nur mit Wasser erfüllt wären.

Es kann nicht dem allergeringsten Zweifel unterliegen, dass in Pflanzen mit parenchymatösem Holze und in jenen Organen, deren Zellen ganz mit Wasser erfüllt sind, analoge Vorgänge stattfinden müssen wie in unserem Apparate, dessen derber Trichtermembran die stark verdickten Aussenwände der Oberhautzellen entsprechen. In beiden Fällen ist die durch

Transpiration eingeleitete Wasserbewegung eine Function der Elasticität der Zellwände und des Luftdruckes.

Die Zellen der Blätter und die des parenchymatösen Holzes der Papayaceen sind ganz mit Flüssigkeit erfüllt und die Elasticität ihrer Wände ist unbestreitbar. Die Zellen des gewöhnlichen Holzes hingegen, in welchen bei den dicotylen Pflanzen das Wasser von der Wurzel bis in die verdunstende Krone befördert wird, schliessen meist lückenlos an einander und sind während der lebhaften Transpiration durch die Blätter so wie die Gefässe scheinbar oft ganz mit Luft erfüllt. Werden nicht zu zarte Längsschnitte in einem Tropfen (destillirten oder mit Kohlensäure gesättigten) Wasser unter dem Mikroskope beobachtet, so sieht man die Luftblasen in den Zellen sich bedeutend verkürzen, — eine Erscheinung, welche durch die geringe Tension der in den Hohlräumen des saftleitenden Holzes enthaltenen Gase und dadurch bedingt ist, dass in unverletzte Zellen, sowie durch feuchte Blasenwände nur sehr schwer Luft, leicht aber Wasser eingesaugt werden kann. — Werden, wie Höhnel gezeigt hat, Zweige unter Quecksilber abgeschnitten, so wird dieses, besonders im jüngeren Holze, ohngeachtet des zu überwindenden Reibungswiderstandes, auf weite Strecken in die Gefässe getrieben. — Die sehr geringe Tension (nachweisbar oft bloß 0.3 des Atmosphärendruckes) der in den Zellen und Gefässen des Holzes enthaltenen Luft ist nur unter zwei Bedingungen möglich. Es muss nämlich: 1. die feuchte Zellwand für Luft ganz oder fast ganz impermeabel sein, und es darf 2. aus dem von der Wurzel her zugeleiteten Wasser keine Luft ausgeschieden werden. — Dies sind die augenfälligsten Eigenschaften des saftleitenden Holzes, und wir werden gleich sehen, in welchem nothwendigem Zusammenhange dieselben mit der Wasserbewegung selbst stehen.

Das beistehende Schema, Figur 4, stelle uns einen radialen Längsschnitt durch das jüngste Holz dar. Die Zellreihen A und A_1 gehören dem bereits fungirenden Holze an, und sind schon grösstentheils mit Luft erfüllt. In dem Gefässe G sind

die Querwände eben in Lösung begriffen; *C* seien noch ganz junge Zellen mit dem ursprünglichen flüssigen Inhalte. — Nachdem den Gliedern 1, 1 der Zellreihen *A* und *A*₁ von ihren oberen Nachbarn Wasser entzogen wurde, muss in Folge der Druckverminderung in denselben sowohl aus den unter ihnen liegenden Zellen als auch aus dem noch mit flüssigem Inhalte erfüllten Gefässe *G* Wasser nachgesaugt werden. Nun sind die Zellen 2, 2 in derselben Lage, wie unmittelbar vorher ihre oberen Nachbarn und werden ihr Wasserbedürfniss von 3, 3 und von *G* her zu decken suchen u. s. w. Die Druckdifferenz in den unmittelbar übereinander liegenden Zellen von *A* und *A*₁, welche offenbar proportional ist dem Filtrationswiderstände in den betreffenden Scheidewänden, kann in Anbetracht des Umstandes, dass bestimmte Wandstellen der saftleitenden Zellen ausserordentlich zart sind, nur eine sehr geringe sein. Die Schwere (Filtrationsdruck) der in den übereinander

liegenden Zellen enthaltenen Flüssigkeitssäule wird theils durch die Querwände, insbesondere aber durch Reibungswiderstände, welche selbst in capillaren, mit alternirenden Wassertröpfchen und Luftbläschen gefüllten Röhren ausserordentlich gross sind, vollständig aufgehoben. In den übereinander gelagerten Zellen muss sich die Saugung fortpflanzen bis zu den äussersten Wurzelzellen oder bis zu jenen Organen, welche durch den Wurzeldruck, d. i. in Folge osmotischer Spannungsdifferenzen mit Wasser versorgt werden.

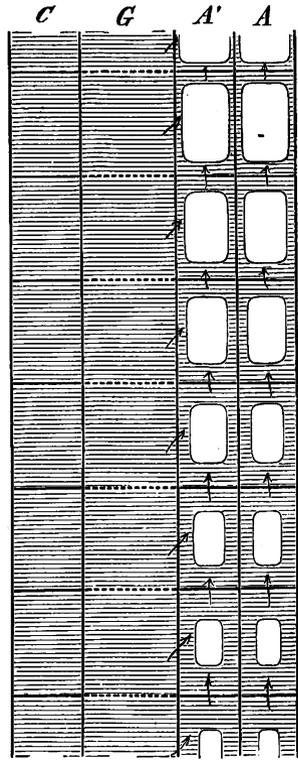


Fig. 4.

Der Wiederersatz des von den Blättern abgedunsteten Wassers wird also durch continuirliche Filtration des vermittelst der Wurzeln aus dem Boden aufgenommenen Wassers von Zelle zu Zelle bewerkstelligt. Aus einer bestimmten Zelle tritt in die Nachbarzelle nur dann Wasser, wenn der Inhalt der ersteren unter einem grösseren Drucke steht als der der letzteren.

Dieselben Bedingungen wie für den Wassertransport in den ausgebildeten Zellen gelten natürlich auch für die Fortschaffung der in den jungen Zellen und werdenden Gefässen ursprünglich enthaltenen Flüssigkeit. Da im reifen Holze die Gefässe ausschliesslich und die Zellen grösstentheils Luft führen, so muss von dieser die aus dem reifenden Holze verschwindende Flüssigkeit ersetzt werden. Dass die in den Gefässen auftretende Luft eine grössere Tension besitzen muss, als die in jenen saftleitenden Zellen, von welchen der flüssige Gefässinhalt aufgenommen wird, ist nach dem oben Gesagten selbstverständlich. Auf die Frage aber, woher diese Luft stammt, und wodurch es bedingt ist, dass sich ihre Tension mit der der äusseren Atmosphäre endlich nicht wenigstens annähernd in's Gleichgewicht setzt, könnte ich nur mit wahrscheinlich unhaltbaren Hypothesen antworten. ¹⁾ Die Thatsache der geringen Tension der „Holzluft“ ist um so räthselhafter, als ja den lebenden Holzzellen fortwährend der zu ihrer Athmung nöthige Sauerstoff zugeführt werden muss, und in dem aus dem Boden aufgenommenen Wasser relativ viel Luft enthalten ist. — Die Frage, ob in Folge der Zusammensetzung der „Holzluft“ ²⁾ und der Absorptionsbedingungen ihrer Bestandtheile nicht auch im saftleitenden Holze eine Tensionsverminderung derselben stattfinde, wollen wir ganz unerörtert lassen.

¹⁾ Sollte die Luft in den jungen Elementen des Holzes vielleicht aus dem ursprünglich flüssigen Inhalte derselben (und somit in einer Menge, welche zur Grösse des Zell- und Gefässlumens in einem ganz bestimmten Verhältnisse steht), abgeschieden werden?

²⁾ Böhm: „Ueber die Zusammensetzung der in den Zellen und Gefässen des Holzes enthaltenen Luft“. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 21. Bd. 1878.

Von den Vertretern der sogenannten Imbibitionshypothese wird, wie schon oben bemerkt, behauptet, dass das saftleitende Holz beblätterter und transpirirender Pflanzen nur Luft enthalte, ohne dass dieselben anzugeben in der Lage wären, warum sich bei sistirter Verdunstung nicht nur die Zellen, sondern, wie ich kürzlich nachgewiesen habe¹⁾, auch die Gefässe theilweise mit Flüssigkeit füllen.

Wenn die Zellen des saftleitenden Holzes zu irgend einer Zeit nur Luft enthalten würden, so müsste dieselbe offenbar unter demselben Drucke stehen, wie die in den Gefässen, und sowohl in diese als in die Zelllumina könnte nach Unterbrechung der Transpiration aus den Wänden ebensowenig abfliessen als in allfällige Hohlräume irgend eines porösen, imbibitionsfähigen Körpers, welcher sein Wasser von unten her bezieht. Aus der unbestreitbaren Thatsache der zeitweiligen theilweisen Erfüllung der Zellen und Gefässe mit Flüssigkeit folgt, abgesehen von allem Anderen, mit absoluter Nothwendigkeit, dass die Zellen des saftleitenden Holzes niemals nur Luft führen können, sondern dass dieselben nebst dieser stets eine gewisse Menge Wasser enthalten müssen, welches in Folge der Adhäsion sich allseitig der Zellwand anschliesst und eine geschlossene Hülle um die Luftblase bildet.

Da, wie wir gesehen haben, dass Saftsteigen dadurch bewirkt wird, dass das Wasser in Folge bestimmter, wenn auch kleiner Druckdifferenzen von Zelle zu Zelle filtrirt wird, so muss der Inhalt der saftleitenden Zellen in den oberen Stammtheilen unter einem geringeren Drucke stehen als in den unteren und, wie dies durch die Figuren 4 und 5 veranschaulicht werden mag, dieselbe Zellluftmenge in den übereinanderliegenden Stammtheilen ein Volumen einnehmen, welches mit der Grösse der Druckdifferenzen und mit dem Wassergehalte der Zellen in verkehrtem Verhältnisse steht. Wird die Verdunstung aufgehoben, so wird damit nicht gleichzeitig auch die Aufnahme von Wasser und die Fortleitung desselben im Holze sistirt; die oberen Zellen entziehen den unteren so lange

¹⁾ Böhm: „Ueber die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen“. Landwirthschaftliche Versuchsstationen, 20. Bd. 1877.

Wasser, bis sich in der ganzen Zellreihe ein bestimmter Gleichgewichtszustand hergestellt hat. Ein vollständiger Ausgleich der Spannungsdifferenzen in den Gliedern einer Zellreihe kann insoferne nicht erfolgen, als die Widerstände, welche beim Transporte des Wassers zu überwinden sind, wachsen mit der Entfernung von der Wasserquelle. — Haben die Zellen endlich soviel Wasser eingesaugt, als unter den obwaltenden Verhältnissen überhaupt möglich ist, so füllen sich auch die Gefässe in dem Masse mit Flüssigkeit (Figur 5), als die Gefässluft nun eine geringere Tension besitzt als die Zellluft. Der Uebertritt von Wasser aus den Zellen in die Gefässe muss daher so lange dauern, bis in einem bestimmten Stammquerschnitte der Gefäss- und Zellenhalt unter einem ganz gleichen Drucke stehen. Aus der Art und Weise des Wassertransportes erklärt sich also nicht nur die bekannte Thatsache, warum das Holz im Winter viel wasserreicher ist als im Sommer, in sehr einfacher Weise, sondern es folgt daraus auch, dass besonders während der lebhaften Transpiration, natürlich bei sonst gleichen Verhältnissen, der Wassergehalt desselben sich mit der Entfernung von der Wurzel verringern muss. — Bei erfolglicher Wiederbelaubung wird zuerst den oberen Holzzellen eine gewisse Wassermenge entzogen, und sodann, ohne dass vorerst Wasseraufnahme durch die Wurzeln nothwendig wäre, die in den Gefässen enthaltene Flüssigkeit aufgesaugt.

Es wurde schon oben erwähnt, dass von frischen Schnittflächen zahlreicher Pflanzen, z. B. der Platane, dem Flieder (Syringa), allen Pomaceen etc. Wasser begierig aufgesaugt wird. Jene Physiologen, welche die Ansicht vertreten, dass beim Saftsteigen nur das Imbibitionswasser der Zellwände in Verwendung sei, erklären diese Erscheinung durch die Annahme, dass in Folge der Transpiration die Wände der saftleitenden Zellen sehr wasserarm und somit sehr wasserbedürftig geworden seien. Diese Aufsaugung findet aber, wie bereits hervorgehoben, auch bei nicht gefrorenen Zweigen im Winter statt, also zu einer Zeit, wo der Wassergehalt des Holzes oft grösser ist als das ganze Volumen der betreffenden Zellwände! — Nach

dem oben Gesagten kann über die Ursache der in Rede stehenden Wasseraufsaugung nicht der geringste Zweifel obwalten. Wie aus der beistehenden Zeichnung (Figur 5) ersichtlich werden mag, kann in die quer durchgeschnittenen Gefässe des Aststumpfes einer Pflanze, welche schon seit längerer Zeit entlaubt war, die atmosphärische Luft des grossen Reibungswiderstandes wegen nicht tief eindringen, obwohl die mit Wassertröpfchen alternirenden Luftbläschen eine relativ nur geringe Tension besitzen. Wird die Schnittfläche jedoch mit Wasser in Berührung gebracht, so muss dasselbe in der Richtung der Pfeile von Zelle zu Zelle und von diesen aus in die Gefässe so tief eindringen, bis der Reibungswiderstand dem gleich ist, welchen das von der Wurzel her zugeleitete Wasser zu überwinden hat. — Wie Wasser verhält sich auch eine concentrirte Zucker- oder Salzlösung und jede andere mit Wasser mischbare Flüssigkeit. Dass gefrorene Zweige auch permanente Flüssigkeiten (Glycerin oder Alkohol) nicht aufsaugen können, ist in Anbetracht der Ursache, durch welche der ganze Vorgang bedingt ist, selbstverständlich. — Um bei derartigen Versuchen im Sommer den Einfluss der Gefässe als capillarer Röhren zu eliminiren, wird der Aststumpf unterhalb der Schnittfläche auf den entgegengesetzten Seiten bis über das Mark eingeschnitten.

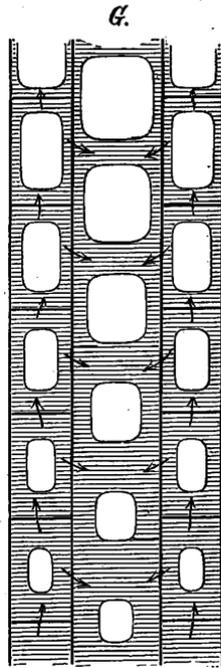


Fig. 5.

Um der allenfälligen, allerdings schon aus vielen anderen Gründen völlig unzulässigen Meinung, dass der Wasserreichtum des saftleitenden Holzes entblätterter Pflanzen mit einer *Vis a tergo* im Zusammenhange stehe, schon von vorneherein in schlagender Weise zu begegnen, erlaube ich mir, auf folgende Thatsache, von der man sich leicht überzeugen kann, aufmerksam zu machen. Wenn im Juli oder August, also während der lebhaftesten Transpiration ein Ast von *Tilia*, *Acer* etc. an seinem

oberen Ende entlaubt wird, so füllen sich nur die Gefäße dieses Zweigtheiles theilweise mit Flüssigkeit und werden demzufolge für comprimirte Luft impermeabel, während der Gefässinhalt des tiefer gelegenen Asttheiles, dessen Seitentriebe nicht entblättert wurden, unverändert bleibt.

Versucht man es, durch ein beiläufig 40 Centimeter langes Stück eines einige Tage vorher entblätterten Astes von *Aesculus* Luft zu pressen, so erhebt sich aus den peripheren Gefäßen ein schneeweisser Kranz einer schaumigen Substanz, welche sich in der freien Luft unverändert erhält und deren wässerige und alkoholische Lösung nicht fluorescirt.

In vollem Einklange mit der von uns nachgewiesenen Ursache des Saftsteigens steht auch die interessante, erst jüngst von Vesque¹⁾ constatirte Thatsache, dass sich die Wasseraufnahme durch die Wurzeln (relativ oder auch absolut) vermindert, wenn in Folge rascher Erwärmung der Atmosphäre des belaubten Pflanzentheiles die Transpiration gesteigert wird, und dass andererseits bei plötzlicher Abkühlung der Blatt-Atmosphäre sich die Wasseraufnahme beschleunigt. Es ist dies eine nothwendige Folge der mit der Erwärmung und Abkühlung verbundenen Druckänderung der Zell- und Gefäßluft des saftleitenden Holzes.

Durch die vorstehenden Erörterungen wurde, wie ich glaube, in überzeugender Weise dargethan, dass die durch Transpiration bedingte Wasserbewegung in parenchymatösen, safterfüllten Geweben eine Function der Elasticität der Zellwände und des äusseren Luftdruckes ist, und dass bei dem Wassertransporte in Zellen mit relativ starren Wänden die Elasticität der letzteren durch die in den betreffenden Zellen enthaltene Luft ersetzt wird. Wir haben gesehen, dass eine gewisse Menge von Luft in den Zellen des saftleitenden Holzes nicht nur kein Hinderniss, sondern vielmehr eine wesentliche Bedingung für das Saftsteigen ist. Jenen, welche behaupten,

¹⁾ Vesque: „De l'absorption de l'eau par les racines dans ses rapports avec la transpiration“. Ann. agronom. III, pag. 321, 1877.

dass man in den Holzzellen transpirirender Pflanzen nur Luft und kein Wasser sehe und dass dieses somit auch nicht vorhanden sei, möchte ich entgegenen, dass ich auf Grundlage meiner Ansicht über die Ursache des Saftsteigens schon vor andert-halb Decennien, als noch fast alle Mikroskopiker das Gegentheil behaupteten, die Tracheiden des Coniferenholzes mit voller Bestimmtheit für geschlossene Bläschen erklärt habe. Die Lage der Tüpfelmembranen ist offenbar durch Druckdifferenzen in den benachbarten Tracheiden bedingt und entspricht der Richtung des Saftstromes. Die stete Anwesenheit einer gewissen Menge von Wasser in den saftleitenden Holzzellen können wir mit absoluter Sicherheit erschliessen und gegentheilige Untersuchungsergebnisse schon von vorneherein als irrig erklären. Die durch die Transpiration eingeleitete Wasserbewegung in den Pflanzen ist ein durch Druckdifferenzen in benachbarten Zellen bedingter Filtrationsprocess.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Beilschiffen-Verlag der k. k. Hofbuchhandlung Faesy & Frick, Wien.

Centralblatt für das gesammte Forstwesen.

IV. Jahrgang 1878.

Herausgegeben von Professor Gustav Hempel.

Monatlich ein Heft in Lex.-Octav mit Illustrationen.

Preis 4 fl. 25 kr. = 8 Mk. 50 Pf. halbjährig mit Postversendung.

Das Centralblatt hat sich in kurzer Zeit eine der ersten, wenn nicht die erste Stelle unter allen forstlichen Zeitschriften erworben. Die jetzt vorliegenden drei Jahrgänge haben nicht nur sehr viele interessante größere Originalarbeiten aus dem ganzen forstlichen Gebiete gebracht, sondern auch eine reiche Fülle von kleineren Mittheilungen und Miscellen über die neuen wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Ertragschaften, Fortschritte und schwebenden Tagesfragen. Es ist ein überaus mannigfaltiger und reicher Stoff, der, von fleißigen, geschickten Händen zusammengestellt, uns hier geboten wird.

Die große Verbreitung und vielseitige Betheiligung, welche das Blatt sowohl in Oesterreich-Ungarn wie in Deutschland gefunden hat, dürfte die beste Empfehlung für seinen Werth sein, und wir glauben allen Angehörigen und Freunden des grünen Standes, welche auf dem großen forstlichen Gebiete den Tagesinteressen und Fortschritten nicht fremd bleiben wollen, einen Dienst zu erweisen, wenn wir auf diese gehaltvolle Zeitschrift aufmerksam machen.

Wiener

Obst- und Garten-Zeitung.

Illustrirte Monatsschrift

für Pomologie und die gesammte Gärtnerei.

Herausgegeben von A. Freiherr von Babo. Redigirt von Dr. Rudolf Stoll.

Monatlich ein Heft in Lex.-Octav mit Illustrationen und colorirten Beilagen.

Preis halbjährig 4 fl. 8. W. = 8 Mk.

Mit Januar 1878 tritt diese Zeitschrift in ihren dritten Jahrgang ein; die stets wachsende Zahl der Leser und Freunde des Blattes ist der beste Beweis, dass die Zeitung den richtigen Weg eingeschlagen hat, und Praktiker wie Presse dieselbe gleichmässig günstig beurtheilen.

Auch in dem neuen Jahrgange wird die Zeitung bemüht sein, ihren guten Ruf zu erhalten und an Gediegenheit und Mannigfaltigkeit der Artikel und kleineren Mittheilungen sich immer mehr und mehr vervollkommen.

Oesterreichisches

Landwirthschaftliches Wochenblatt.

IV. Jahrgang 1878.

Redigirt von Dr. Guido Krafft.

Wöchentlich erscheint eine Nummer in Folio-Format mit Illustrationen.

Preis fl. 2. = 4 Mk. vierteljährig.

Diese große, illustrierte landwirthschaftliche Zeitung zeichnet sich durch reichhaltigen Inhalt und elegante Ausstattung aus. Unter den 300 künftigen Mitarbeitern, welche in dem Blatte angeführt sind, dürfte kaum Ein Name fehlen, der auf landwirthschaftlichem Gebiete in Oesterreich-Ungarn oder Deutschland von Bedeutung ist. Unsere tonangebendsten Fachmänner — Praktiker wie Gelehrte — legen ihre Erfahrungen und Wünsche in diesem Blatte nieder, und nur so ist es erklärlich, daß das „Oesterreichische landwirthschaftliche Wochenblatt“ in kurzer Zeit eine so einflussreiche Stellung gewinnen konnte. Zahlreiche Illustrationen, die im letzten Jahrgange ein halbes Tausend weit überstiegen, und ein „Kensleton“ aus den besten Federn sind ebenso interessante als werthvolle Beigaben.

Probenummern durch jede Buchhandlung oder direct von der Verlagsbandung.