

7. Josef Boehm: Ursache des Saftsteigens.

Eingegangen am 5. November 1889.

Bis zum heutigen Tage gehen die Ansichten der Physiologen sowohl über die Wege, in welchen transpirirenden Blättern das Wasser zugeführt, als über die Kraft, durch welche letzteres gehoben wird, weit auseinander. Wenn auch derzeit die sogenannte Imbibitionstheorie als irrig erkannt ist, so steht doch der allgemeinen Zustimmung zu meiner Ansicht, dass das Saftsteigen vorzüglich in den Gefässen erfolgt, die Behauptung entgegen, dass die Nadelhölzer gefässlos seien. Es ist dies jedoch sicher nicht der Fall. Bei allen Coniferen finden sich Tracheidenstränge, deren übereinanderstehende Glieder, wie bei den Gefässen der Angiospermen, in offener Verbindung stehen, und welche als kontinuierliche Röhren die ganze Pflanze durchziehen. Es wird dies zunächst, und nach meiner Ueberzeugung mit aller Schärfe durch den bekannten TH. HARTIG'schen Versuch bewiesen. Die Behauptung, dass durch die Schliessmembranen der behöften Tüpfel zahlreicher, übereinander stehender Tracheiden, welche zudem theilweise Luft enthalten, bei dem Drucke eines Wassertropfens Wasser gepresst werde, beweist nur, wie schwer es ist, sich von Vorurtheilen loszusagen. Selbst bei einem Ueberdrucke von mehr als einer Atmosphäre kann durch eine, bloß einige Millimeter dicke Scheibe eines safterfüllten parenchymatischen Gewebes Wasser ebenso wenig gepresst werden, als durch einen nur 1 *cm* langen Cylinder, welcher zu irgend einer Jahreszeit in tangentialer Richtung (also senkrecht auf die Markstrahlen) aus dem jüngsten Holze einer Tanne herausgebohrt und selbst, vor dem Einkitten in ein gleichlanges Glasrohr, mit Wasser injicirt wurde. Durch lufttrockene Zweige von Laubbölzern kann (sehr bequem mittelst der in Fig. 1 (S. 50) skizzirten Röhre) bei schon sehr geringem Drucke Luft gepresst werden.¹⁾ Frische, ca. 50 *cm* lange Zweige von

1) Aeltere Aststumpfe und das Kernholz hingegen sind, wie ich dies schon vor Jahren zeigte, in Folge der Gefässerfüllung mit Thyllen oder mit einer gummiartigen Substanz für komprimirte Luft und für Wasser impermeabel. Dasselbe ist in Folge von Thyllen- oder Gummibildung in den Gefässen theilweise auch der Fall bei Zweigen, welche bei gewöhnlicher Temperatur langsam getrocknet wurden. Durch das innere Holz von Stecklingen der Bruchweide, welche nach dem Abschneiden im Frühjahr einige Tage in mässig trockener Luft lagen, kann in Folge von Thyllenbildung in den Gefässen weder Wasser noch Luft gepresst werden.

Acer, *Aesculus*, *Betula*, *Tilia* etc. sind hingegen für komprimirte Luft ganz oder fast ganz impermeabel; auf der oberen Schnittfläche derselben erscheint aber, besonders wenn die Versuche nach dem Blattfalle gemacht werden, eine zuckerhaltige Flüssigkeit. Zur Zeit der lebhaften Transpiration geschieht letzteres meist erst dann, wenn successive, zuerst der ganze Zweig, dann die obere Hälfte und endlich das obere Viertel desselben in besagter Weise behandelt wurden.

Dass frische Zweige der genannten Hölzer selbst bei einem Ueberdrucke von mehreren Atmosphären für Luft impermeabel sind, ist bedingt durch den grossen Reibungswiderstand JAMIN'scher Ketten, welche in den Gefässen schon theilweise vorhanden waren und theilweise durch das Einpressen von Luft gebildet wurden. Enthalten, wie dies nach sistirter Transpiration der Fall ist, die Gefässe wenigstens grösstentheils Flüssigkeit, so muss ein Theil derselben, selbst bei mässigem Luftdrucke von unten her, an der oberen Schnittfläche austreten. Befanden sich in den Gefässen jedoch schon vor dem Versuche JAMIN'sche Ketten, so können dieselben von komprimirter Luft nur schrittweise in die oberen Zweigtheile getrieben werden.

Ganz so wie trockene Zweige von Laubhölzern sind auch gleichlange Zweige von Nadelhölzern, besonders wenn dieselben vor dem Trocknen in Alkohol oder in kochendem Wasser getödet wurden, für komprimirte Luft leicht permeabel. Der etwaige Einwand, dass erst beim Trocknen die Schliesshäute der behöfteten Tüpfel zerrissen werden, wird durch die Thatsache hinfällig, dass dieselben bei den Tracheiden selbst sehr alten Holzes noch vorhanden sind und dass auch sehr kurze getrocknete Cylinder, deren Längsachse senkrecht zu den Markstrahlen steht, für komprimirte Luft impermeabel sind. Aus frischen Tannenzweigen mittelst komprimirter Luft Saft auszupressen, gelingt jedoch nicht. Es gelang mir dies aber auch nicht bei frischen *Buxus*-Zweigen, und zwar in beiden Fällen offenbar aus dem Grunde, weil in sehr engen Gefässen der Reibungswiderstand der JAMIN'schen Kette ausserordentlich gross ist.

Schon seit langer Zeit werden frisch gefällte Tannenstämmen bei verhältnissmässig geringem Drucke von der unteren Schnittfläche aus mit antiseptischen Flüssigkeiten imprägnirt. Es wäre dies ganz unmöglich, wenn dieselben nicht „Gefässe“ besässen, in welchen, so wie bei den Laubhölzern, vorzüglich die Wasserbewegung erfolgt.

Auch aus Internodien frischer Monocotylen z. B. *Canna*, *Iris*, *Zea* kann mit komprimirter Luft Saft gepresst werden. Kryptogamische Stammpflanzen diesbezüglich zu untersuchen, hatte ich keine Gelegenheit; es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass die Gefässe derselben ebenfalls Luft und Saft führen.

Die zweite und viel schwieriger zu beantwortende Frage ist die: durch welche Kräfte wird das Wasser von den Wurzeln aufgenommen

und in dem bisweilen über 100 m hohen Stamme bis in die transpirierenden Blätter gehoben?

Diese Kräfte können offenbar nur sein:

1. Endosmotischer Druck; 2. Luftdruckdifferenzen oder 3. Kapillarität.

1. Endosmose.

Es giebt in der lebenden Pflanze nur wenige mechanische Vorgänge, zu deren Erklärung nicht die Osmose herangezogen würde. Die Aufnahme des „rohen Nahrungssaftes“ durch die Wurzeln, das Saftsteigen, die Versorgung transpirirender Blätter mit Wasser, die Reizbewegungen, das Flächenwachsthum der Zellen und die Streckung der Internodien u. s. w. werden demselben zugeschrieben.

Direkt und zweifellos nachgewiesen ist endosmotischer Turgor nur bei Pollenkörnern, welche im Wasser platzen. Diese Zellen wachsen jedoch nur in konzentrirter Zucker- oder Glycerinlösung! Sonst wird der endosmotische Turgor einfach postulirt oder aus Umständen erschlossen, welche mit demselben in gar keinem Zusammenhange stehen. So hat z. B. die Plasmolyse mit endosmotischem Turgor nach meiner Ueberzeugung absolut nichts zu schaffen. Von den Zellen werden nicht nur die Nährstoffe, sondern auch zahlreiche andere Substanzen aufgenommen, und in mehrzelligen Pflanzen wandern die Assimilate von Zelle zu Zelle. Erst wenn in Folge von Wasserentziehung oder in anderer Weise der Protoplast geschädigt wird, kommt es zur Plasmolyse. Der MOHL'sche Primordialschlauch wurde schon vor langer Zeit von PRINGSHEIM als Artefact erkannt, und die Permeabilität der „Hautschicht“ ist von jener der Niederschlagsmembranen sicher sehr verschieden. Wenn daher, wie dies wohl in Wurzelzellen blutender Pflanzen der Fall sein muss, endosmotischer Turgor wirklich zu Stande kommt, so kann sich derselbe auf die Dauer nur dann erhalten, wenn die endosmotisch wirkende Substanz kontinuierlich neu erzeugt wird. Es müsste das aber ein sehr sonderbarer Turgor sein, der z. B. nur auf die Spitze eines Pollenschlauches drückt und den sichtlich so plastischen Zellstoffring einer sich theilenden *Oedogonium* zelle nur in die Länge streckt und nicht vielmehr kugelig ausbläht.¹⁾ Warum saure und gefärbte Vakuolensäfte ins lebende Protoplasma nicht diffundiren, wissen wir nicht. Dass es nicht alles passiren lässt, darf uns ebenso wenig befremden, als dass mit der Alteration oder Zerstörung seiner Struktur auch dessen Permeabilität geändert wird.

1) Wenn es aber auch bewiesen wäre, dass in wachsenden Zellen wirklich ein endosmotischer Turgor bestehe, so würde daraus noch immer nicht folgen, dass durch ihn das Flächenwachsthum bewirkt wird.

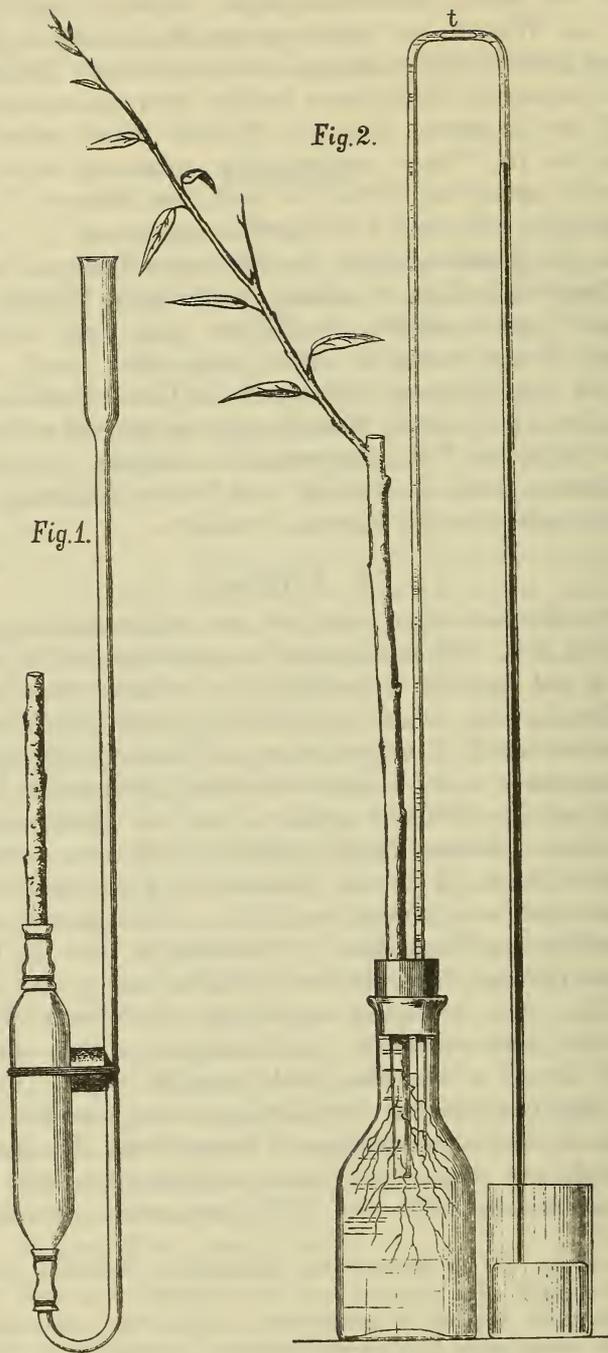
Wie weit auch die Meinungen über die Ursache des Saftsteigens im Laufe der Zeiten auseinandergingen, darüber, dass die Wasseraufnahme der Wurzeln nur durch endosmotische Saugung bedingt sei, besteht seit DUTROCHET nicht der mindeste Zweifel. Diffusions- und besonders osmotische Bewegungen erfolgen aber ausserordentlich langsam, und der Annahme, dass von Wurzeln immer genau oder doch fast genau so viel Wasser endosmotisch aufgesaugt werde als durch die (oft weit entfernten) Blätter je nach den äusseren Verhältnissen transpirirt wird, wird wohl kein Physiker zustimmen.

Wäre die Wasseraufnahme transpirirender Pflanzen durch endosmotische Saugung bedingt, so müssten, nachdem die Wurzeln in kochendem Wasser getödet wurden, die Blätter nach dem Verdunsten des disponiblen Reservewassers¹⁾ sofort vertrocknen, und eine hochprocentische Salpeterlösung und specifische Gifte (Sublimat) könnten auch von intact gebliebenen Wurzeln nicht aufgesaugt werden. Beides ist jedoch nicht der Fall. Endosmotische Saugung ist weder bei der Wasseraufnahme durch die Wurzeln, noch bei der Saftleitung im Stamme und in den transpirirenden Blättern betheiltigt.

2. Luftdruck.

Von den Beobachtungen ausgehend, dass von transpirirenden Weidenpflanzen [Fig. 2 S. (50)] das Quecksilber bisweilen über 60 *cm* hoch gehoben wird und dass die in den Zellen des saftleitenden Holzes enthaltenen Luftblasen sich bedeutend verkleinern, wenn Längsschnitte in gewöhnliches oder mit Kohlensäure gesättigtes Wasser gelegt werden, wurde ich, im Gegensatze zu der damals in Schwung gekommenen Imbibitions-hypothese, zu dem Schlusse geführt, dass die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen durch Luftdrucksdifferenzen bewirkt wird. Die Tracheen hielt ich damals ebenfalls für Respirationsorgane, und ich glaubte, dass das Wasser von Zelle zu Zelle gehoben werde. In Folge derbekannten Entdeckung VON HÖHNEL's, dass die Tension der Luft in den Gefässen des saftleitenden Holzes sehr gering ist, war es mir zweifellos, dass die Gefässe ausser Luft auch Wasser führen müssen und dass in ihnen vorzüglich das Saftsteigen erfolge, da sonst der „negative“ Druck in denselben nicht möglich wäre. Die oben angeführten Injektionsversuche von Zweigen transpirirender Sprosse mit Luft erwiesen die Richtigkeit dieser Voraussetzung. Die hierdurch bedingte Aenderung meiner „Theorie“ des Saftsteigens habe ich in der botanischen Zeitung 1879 und 1881 auseinander gesetzt und die

1) Die Menge des im Stamme der Holzpflanzen disponiblen Reservewassers wird weit überschätzt. Das äussere Holz abgeschnittener Ahornäste, deren Blätter in Folge längeren Liegens in gewöhnlicher Luft bereits rauschdürr geworden sind, ist für komprimirte Luft impermeabel, und bei successiver Injektion lässt sich aus demselben noch Saft pressen.



Meinung ausgesprochen, dass die Druckdifferenzen in den Zellen und Gefässen der saftleitenden Holzzellen sich fortpflanzen bis zu den äussersten Wurzelspitzen, durch welche das Wasser von aussen aufgesaugt wird.

Der einzige Einwand, welcher gegen diese Ansicht, und zwar zunächst von ZIMMERMANN (diese Berichte, I. Bd., pag. 183, 1883) gemacht wurde, war der, dass durch Luftdrucksdifferenz das Wasser in der Pflanze nur einige Meter hoch gehoben werden könne und dass sich somit die dadurch bewirkte Saugung kaum bis unter die transpirirende Krone erstrecke. SCHWENDENER sagt: Ein voller Atmosphärendruck hält nur einer Wassersäule von etwa 10 *m* das Gleichgewicht, und daran wird nichts geändert, wenn dieselbe durch permeable Membranen in zahlreichere kleinere Stücke getheilt wird. Es kann daher ein die Tracheiden durchsetzender, in Gestalt einer Schlangenlinie kontinuierlich verlaufenden Wasserfaden weder durch die rechts und links liegenden Luftblasen, noch durch die Filtrationswiderstände der Membranen gleichsam der Schwere beraubt und zu sinken verhindert werden.¹⁾

Die Forderung der Continuität der Wasserfäden in den benachbarten Zellen und Gefässen im saftleitenden Holze transpirirender Pflanzen ist aber unerlässlich; der hydrostatische Druck dieser Fäden muss daher aufgehoben sein. Es wird dies dadurch bewirkt, dass der Reibungswiderstand der Wasserfäden schneller wächst als ihr Gewicht, und dies umsomehr, da dieselben schlangenförmig gewunden sind. In Folge der durch die JAMIN'schen Ketten bedingten Umwege sind auch mehr Membranen zu passiren. Wenn aber die Reibung schneller wächst als der hydrostatische Druck, so wird für das Aufheben des letzteren das Verhältniss immer günstiger und bei einer bestimmten Höhe wird das Gewicht der Wasserfäden vollständig aufgehoben.

Ich habe mir den Sphin¹⁾ als ein System neben und über einander stehender Pumpen vorgestellt, welche sich längs eines jeden Gefässes in verschiedenen Phasen der Saugung befinden, in welchen somit bei verhältnissmässig geringer Druckdifferenz der Saft von Stufe zu Stufe bis in die Gipfel der höchsten Bäume gehoben werde. Würde ein solches System in beliebiger Höhe unter Quecksilber durchschnitten, so würde dies in den benachbarten Gefässen verschieden hoch, resp. gar nicht steigen, ganz so wie dies bei VON HÖHNEL's Versuchen der Fall ist.²⁾ Damit das Saftsteigen nach dieser Vorstellung möglich

1) SCHWENDENER. Sitzb. d. k. Preuss. A. d. W. XXXIV, pag. 596, 1886.

2) Aus der schon von VON HÖHNEL hervorgehobenen Thatsache, dass beim Durchschneiden transpirirender Sprosse unter Quecksilber dieses blos in die Gefässe des äusseren Holzes eingesaugt wird, ergiebt sich mit Nothwendigkeit, dass das Saftsteigen nur in den letzteren erfolgt. Direkt nachgewiesen wurde dies durch Ringelungsversuche bei *Robinia* (BOEHM, Bot. Ztg. 1881) und in anderer Weise und bei anderen Bäumen von WIELER und R. HARTIG. (Diese Berichte, 5. u. 6. B.)

wäre, müssten nicht nur die Gefässe gleichsam in selbstständige übereinanderstehende Steigröhren getheilt sein, sondern es müsste auch die Tension der Luftblasen der JAMIN'schen Kette nach einem ganz bestimmten Rhythmus variiren.

Das erste Auftreten verdünnter Luft in den, ihre Funktion eben antretenden Zellen und Gefässen des saftleitenden Holzes kann nur dadurch bedingt sein, dass bei theilweiser Entleerung derselben in Folge der Transpiration, die Luft, welche in dem flüssigem Inhalte (der nun des schwierigen Wasserersatzes wegen unter einem geringen Drucke steht) gelöst war, ausgesaugt wird. Viel weniger leicht einzusehen aber ist, wie es kommt, dass der „negative“ Druck sich während der ganzen Vegetationsperiode und bei manchen Pflanzen, z. B. *Syringa* und den *Pomaceen* (besonders *Crataegus*) sogar auch während des Winters erhält. Mit dem Bodenwasser wird verhältnissmässig sehr viel Luft aufgenommen, so dass man es a priori für gar nicht anders möglich halten würde, als dass die in den Pflanzen enthaltene Luft unter gewöhnlichem Drucke stehe. Nun ist aber die geringe Tension derselben eine Thatsache, welche die Physiologie ursächlich zu erklären wenigstens versuchen muss.

Auf Wasser schwimmendes Holz sinkt endlich unter. Der Sauerstoff der Zell- und Gefässluft wird zur Oxydation verwendet, die gebildete Kohlensäure vom Wasser gelöst und der Stickstoff diffundirt gegen den Sauerstoff; so dass sich endlich alle Lufträume mit Wasser füllen. In ähnlicher Weise wird sicher auch im saftleitenden Holze der Sauerstoff der „Holzluft“ bei der Athmung verbraucht, und die Kohlensäure diffundirt nach Aussen. Wegen seiner geringen Löslichkeit in Wasser diffundirt aber der Stickstoff nur sehr langsam, und für die sich hieraus ergebende Schwierigkeit weiss ich keine Erklärung. Wie dem aber auch sei, so viel ist gewiss, dass die Tension der Luft in den Zellen und Gefässen des saftleitenden Holzes beständigen Schwankungen unterworfen ist. Damit durch Luftdruckdifferenzen jedoch das Saftsteigen bewirkt werden könnte, müssten diese Schwankungen, da das Saftsteigen bisweilen ungemein rasch erfolgt, nicht nur sehr bedeutend sein, sondern auch mit derselben Regelmässigkeit wechseln, wie im Stiefel einer ziemlich rasch arbeitenden Pumpe, was selbstverständlich unmöglich ist. Dass in Folge der thatsächlichen Druckdifferenzen im Splinte Wasserverschiebungen stattfinden, ist selbstverständlich; die Wasseraufsaugung durch die Wurzeln und das Saftsteigen müssen aber, wenigstens theilweise, durch eine andere Ursache bedingt sein.

3. Capillaritaet.

Werden Stecklinge der Bruchweide (*Salix fragilis*) von ca. 50 cm Länge zeitig im Frühjahr in die eine Oeffnung eines doppelt durchbohrten Kautschukstöpfels gesteckt und in verdunkelten Halbliter-

Flaschen in sehr verdünnter Nährstofflösung kultivirt und die sich entfaltenden Knospen, mit Ausnahme der obersten, zerdrückt, so entwickeln sich dieselben binnen 3 Monaten zu prächtigen Pflanzen, deren durchschnittene Gefässenden vollständig mit Thyllen verschlossen sind. Bei Manometer-Versuchen (Fig. 2) wird von solchen Pflanzen, wie schon bemerkt, das Quecksilber gehoben und, nachdem dies mehr oder minder hoch gestiegen ist, gleichzeitig (und zwar sichtlich aus den Lenticellen des unteren Zweigendes und der Wurzeln) Luft ausgeschieden. Diese Luftausscheidung wird zunächst wohl verzögert und vermindert, wenn der Apparat mit Ausnahme des äusseren Manometerschenkels (in einem geeignet hohen) Cylinder unter Wasser eingesenkt wird, unterbleibt aber auch dann nicht, wenn der Stengel vorher über den Kautschukstöpsel geringelt und in einer Entfernung von ca. 5 cm gegenseitig bis über das Mark eingeschnitten und die Schnittwunde verlackt wurde. Höher als 64 cm stieg das Quecksilber niemals, und es blieb experimentell unentschieden, ob dasselbe durch endosmotische Saugung oder in Folge der geringen Tension der Luft in den Zellen und Gefässen des saftleitenden Holzes gehoben wurde. Davon jedoch, dass weder das Eine noch das Andere der Fall ist, überzeugte ich mich durch Transpirationsversuche mit gewogenen Pflanzen, deren Wurzeln in kochendem Wasser getötet wurden und dann nur mit ihren Spitzen in Wasser tauchten. Bei diesen Versuchen befand sich die Luft in den Kulturgefässen theils unter gewöhnlichem Drucke, theils wurde dieselbe mittelst der Pumpe fast bis zur Tension des Wasserdampfes verdünnt. Parallelversuche mit unversehrten Pflanzen lehrten, dass durch das Töten der Wurzeln zunächst (und zwar bei gleichbleibendem Gewichte der Versuchspflanzen) die Transpirationsintensität im Schatten weder bei gewöhnlichem Drucke noch nach dem Auspumpen der Luft aus der Flasche (vergl. Fig. 2) wesentlich vermindert wurde.¹⁾ Würde die Wasseraufnahme durch endosmotische Saugung und das Saftsteigen durch Luftdruck bewirkt werden, so könnte bei den beschriebenen Versuchen selbst nur ein theilweiser Ersatz des transpirirten Wassers nicht stattfinden: Die Wasserbewegung intranspirirender Pflanzen kann daher nur durch Kapillarität bewirkt werden.

Noch schlagender als durch die angeführten, wird dies durch folgende Versuche bewiesen.

Wir haben gesehen, dass von transpirirenden Weiden das Quecksilber bisweilen 64 cm hoch gehoben wird (Fig. 2). Dass eine solche

1) Die Versuche mit der Luftpumpe sind ziemlich umständlich; die Beschreibung derselben hätte aber, wie wir gleich sehen werden, kein Interesse. Bemerken will ich nur, dass bei meinen Versuchen 3 tubulirte, je 95 cm hohe und 15 cm weite Recipienten luftdicht an einander gekittet waren und dass das von der ausgesaugten Luft mitgeführte Wasser selbstverständlich von Schwefelsäure und Chlorcalcium zurückgehalten und in Rechnung gebracht werden muss.

Höhe nur ausnahmsweise erreicht wird, ist offenbar durch den Austritt von Luft aus den Pflanzen in das Kulturgefäss bedingt.

Nachdem ich wusste, dass auch von gekochten Wurzeln transpirirender Pflanzen Wasser aufgenommen wird, und in Erwägung des Umstandes, dass durch wasserreiche Zweige mit engeren Gefässen selbst bei einem Ueberdrucke von mehreren Atmosphären Luft nicht gepresst werden kann, lag es nahe, die Versuche mit ausgekochtem Wasser und mit Pflanzen zu machen, deren untere Hälfte früher luftfrei gekocht wurde.¹⁾ Unabhängig von der Höhe, bis zu welcher früher von einer unversehrten Pflanze das Quecksilber gehoben wird, steigt dieses nun, und zwar mit einer der Transpirationsintensität und der Weite des Steigrohres entsprechenden Schnelligkeit, stets bis zur Höhe des jeweiligen Barometerstandes.²⁾ Dann entsteht ein Torricellischer Raum (in der Regel bei *t*, Fig. 2),³⁾ welcher sich, da die Pflanze ungehindert forttranspirirt, immer vergrößert und vollständig verschwindet, wenn der Apparat unter luftfreiem Wasser geöffnet wird.

Durch diesen Versuch wird also gleichzeitig und zwar ad oculos bewiesen, dass bei transpirirenden Pflanzen die Wasseraufnahme sowohl als das Saftsteigen nicht durch Endosmose und nicht durch Luftdruckdifferenzen, sondern durch Capillarität bewirkt wird.

Bis zur Barometerhöhe wird das Quecksilber auch gehoben und damit der Luftdruck als Ursache des Saftsteigens ausgeschlossen, wenn zu dem Versuche, statt Weidenpflanzen, belaubte Zweige von *Acer*, *Aesculus*, *Betula*, *Syringa*, *Tilia* u. s. w. verwendet werden. Selbstverständlich muss das untere Ende der Zweige vor dem Versuche ebenfalls in der angegebenen Weise, für Luft impermeabel gemacht werden. Wird die Schnittfläche des an seinem unteren Ende gekochten und entrindeten Astes in geeigneter Weise verschlossen, so erfolgt das Steigen des Quecksilbers bei sonst gleichen Bedingungen, und zwar aus begreiflichen Gründen, sichtlich langsamer. Fast bis zur Barometer-

1) Zu diesem Behufe wurde der Kautschukstöpsel bis unter den Spross emporgeschoben und die Pflanze, mit Ausnahme ihres oberen Endes, sammt der früher mit heissem Wasser gefüllten Kulturflasche, in schiefer Lage, ca. 2 Stunden, in einer geräumigen Zinkwanne unter kochendes Wasser eingesenkt. Während des Kochens müssen die in der Luft befindlichen Theile der Pflanze in ein kaltes nasses Tuch eingeschlagen sein, und zwar nicht zum Schutze vor dem Verbrühen, sondern auch deshalb, weil in kochendem Wasser die Gefässe theilweise mit Wasserdampf gefüllt sind und daher, in Folge der Unterbrechung der Saftleitung bei fortdauernder Transpiration, die Blätter welken und vertrocknen.

2) Bei der in Fig. 2 angedeuteten Konstruktion steigt das Quecksilber selbstverständlich um einen der Wassersäule des inneren Manometerschenkels entsprechenden Betrag höher, als in dem daneben stehenden Barometer.

3) Torricellische Räume können selbstverständlich auch in den Gefässen auftreten, wo sie SCHERT thatsächlich beobachtet zu haben scheint. (Jenaische Zeitschrift für Naturw. 1885.)

höhe wird das Quecksilber auch nach dem Blattfalle selbst von frischen, in Luft abgeschnittenen Ahornzweigen gehoben, wenn (um die Verdunstung zu ermöglichen, resp. zu beschleunigen) das Periderm derselben entfernt und die Schnittfläche sorgfältig verschlossen wurde.

Noch viel besser als Aeste von Laubhölzern eignen sich zu diesem Versuche solche von Nadelhölzern. Von selbst in Luft abgeschnittenen Tannenzweigen wird, auch wenn deren unteres Ende nicht gekocht, sondern nur entrindet wurde, das Quecksilber, mag die Schnittfläche verschlossen sein oder nicht, fast bis zur Barometerhöhe gehoben. Dies ist wohl der schlagendste Beweis dafür, dass die Coniferen „Gefäße“ besitzen, in welchen das Saftsteigen erfolgt.

Zur recht anschaulichen Demonstration, dass das Wasser durch die Wurzeln nicht endosmotisch aufgesaugt und dass das Saftsteigen wenigstens in kurzen Stengeln durch Capillarität bewirkt wird, eignen sich Keimpflanzen der Feuerbohne (*Phaseolus multiflorus*), deren Endknospe frühzeitig entfernt wurde.

Wird der Stengel 3 bis 4 Wochen alter Pflanzen (über der Mündung eines Kolbens mit kochendem Wasser) gebrüht, so wird derselbe zunächst intensiv grün und sieht nach einigen Tagen einem bandförmigen Strohalm täuschend ähnlich, während die Blätter ganz straff bleiben. Eine solche Pflanze verdunstete an einem sonnigen Augusttage 15 g und erhielt sich 23 Tage frisch. Bei einer Pflanze mit prallen Cotylen, welche nach 14 tägiger Kultur im Dunkeln vor dem Brühen 3 Tage im Lichte stand, betrug die Länge des bandartig und durchscheinend gewordenen Stengeltheiles 18 cm. Diese Pflanze, deren Wurzeln von den ergrünten Cotylen weiter ernährt wurden, lebte nach der Operation, im Hellschatten, noch volle 3 Wochen.¹⁾ Meist welken aber (was jedoch für unsere Frage ganz irrelevant ist), die Blätter solcher Pflanzen viel früher²⁾ und dies ist zumal der Fall, wenn die Wurzeln der (in Nährstofflösung gezogenen) Pflanzen in heissem Wasser getötet wurden, und zwar offenbar deshalb, weil todt Wurzeln in Wasser bald faulen.

Ein recht instruktiver Versuch ist auch der folgende. Wird der Stamm einer insolirten Sonnenrose (*Helianthus annuus*) unmittelbar über einem der unteren Blätter bis zur Mitte eingeschnitten (und in

1) Die allfällige Annahme einer Vis a tergo wird durch die Thatsache ausgeschlossen, dass die Lebensdauer der Blätter solcher Pflanzen bei fortdauernder Transpiration nicht verkürzt wird, wenn der gebrühte und gebleichte Stengel unter Wasser abgeschnitten und mit seinem unteren Ende in Wasser getaucht wird.

2) Das Welken der Blätter von Pflanzen mit gebrühtem Stengel ist entweder durch Erfüllung der Gefäße mit Gummi, oder (in Folge secundärer Veränderungen) durch Unterbrechung der Wasserfäden im halmförmigen Stengeltheile mit Luft bedingt.

Schienen gelegt), so beginnt das über dem Kerbschnitte stehende (Cyclur-)Blatt schon nach 2 bis 3 Minuten zu welken und nach kurzer Zeit erschlaffen auch meist, aber nur vorübergehend, sämtliche Blätter dieser Orthostiche und im unteren Cyclus die dem Kerbschnitte zugekehrten Blatthälften beider benachbarten Orthostichen.

Es sind diese Erscheinungen ganz analog jenen, welche sich bei *Robinia* nach der Ringelung des jüngsten (diesjährigen) Holzes einstellen. Eine so schnelle Wasserbewegung kann aber weder in Folge osmotischer Saugung, noch durch Luftdrucksdifferenzen, die ja immer wieder neu hergestellt werden müssten, bewirkt werden.

In die Blätter wird das Wasser selbstverständlich ebenfalls in den Gefäßen geleitet, und aus diesen wird dasselbe von den direkt verdunstenden Zellen mittelbar oder unmittelbar durch einfache Saugung geschöpft. Die Zellen (in Folge öfterer Speisung mit Kohlensäure) stärkereicher Primordialblätter von Feuerbohnen, welche (nach Entfernung der Endknospe) bei 20 bis 30° C. unter einer Glocke über Wasser im Lichte gezogen wurden, sind sehr zartwandig. In Folge dessen ist der elastische Widerstand der Wände sehr gering, und dadurch ist es bedingt, dass die Blätter sofort welken, nach dem die Glocke abgehoben wurde. Im feuchten Raume werden sie, auch wenn sie bereits sehr schlaff waren, nach kurzer Zeit wieder straff, und hierbei mag wohl auch endosmotische Saugung im Spiele sein. Die Behauptung aber, dass sich die Parenchymzellen transpirirender Blätter durch endosmotische Saugung mit Wasser versorgen, ist nicht minder irrig als die, dass durch dieselbe Ursache die Wasseraufnahme der Wurzeln transpirirender Pflanzen bewirkt werde.

In vorstehender Abhandlung ist die Frage nach der Ursache der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen, endgiltig beantwortet.

Die Wasseraufsaugung durch die Wurzeln und das Saftsteigen werden durch Capillarität, die Wasserversorgung des Blattparenchyms wird durch den Luftdruck bewirkt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Boehm Josef

Artikel/Article: [Ursache des Saftsteigens 1046-1056](#)