

Beitrag zur Widerlegung der „Imbibitionstheorie“.

Von

Dr. Max Scheit.

Bereits zu wiederholten Malen ist der „Imbibitionstheorie“, eine eingehende Besprechung zu Theil geworden, namentlich von Seiten BÖHM'S und R. HARTIG'S. Besonders den Bemühungen des letzteren Forschers ist es zu danken, wenn man in letzter Zeit mehr und mehr von der Unhaltbarkeit der genannten Theorie überzeugt und zur Anerkennung des von BÖHM aufgestellten Satzes geführt wurde, dass der Transpirationsstrom innerhalb der Lumina und nicht der Holzwandung der trachealen Elemente sich bewegt. Zwar haben die Anhänger der so heftig bekämpften Imbibitionstheorie noch nicht vollständig das Feld geräumt, da auch die ihr entgegengestellten Theorien noch der Vollständigkeit entbehren, im Ernste glaubt jedoch wohl niemand mehr an ihre Rettung.

In meiner letzten Arbeit (Bd. XVIII, N. F. XI dieser Zschr.), welche die Frage nach dem Luftgehalte des wasserleitenden Holzes zu beantworten versuchte, hoffe ich nachgewiesen zu haben, dass die Annahme von Luftblasen innerhalb der Wasserleitungsorgane, welche hauptsächlich zur Aufstellung der Imbibitionstheorie geführt hat, eine unbegründete, auf Irrthum beruhende ist.

So lange aber die Imbibitionstheorie noch Stützen zu haben scheint, gilt es, deren Haltbarkeit gewissenhaft zu prüfen.

Je eingehender man sich mit der Imbibitionstheorie sowie überhaupt mit dem Problem der Wasserleitung beschäftigt, um so grössere Gewissheit erlangt man von den Widersprüchen, die sie in sich schliesst, es zeigt sich, dass ihre theoretischen For-

derungen im Experiment und der Beobachtung nicht nur keine Stütze, sondern ihre Widerlegung finden.

Die Imbibitionstheorie nimmt beispielsweise an, dass die Holzmembran durch aufgenommenes Wasser ihr Volumen zu vergrössern im Stande ist. Direkte Beobachtungen über die Grösse dieser Quellung fehlen jedoch, denn bisher sind nur solche über die Volumenzunahme des Gesamtholzkörpers durch Quellung veröffentlicht worden.

Im Folgenden soll nun versucht werden, an der Hand der Beobachtung die Frage nach der Quellungsfähigkeit der Holzmembran zu beantworten.

Um diese Fähigkeit der Holzmembran zu erweisen, wäre einmal nöthig, die Quantität des Imbibitionswassers für eine bestimmte Menge reiner Holzmembran festzustellen, zweitens müsste sich ermitteln lassen, um wieviel sich ein bestimmtes Raummaass trockner Holzwandmasse, wenn es sich mit Wasser imbibirt hat, vergrössert.

SACHS¹⁾ und weiterhin DUFOUR²⁾ unternahmen es, den ersten Theil dieser Aufgabe zu behandeln, ohne jedoch ein befriedigendes Ergebniss zu liefern. Die Versuche, welche beide Forscher zur Ermittlung des Imbibitionswassers seiner Quantität nach anstellten, sind keineswegs beweiskräftig für die Imbibitionsfähigkeit der verholzten Membran, denn in ihnen ist unmöglich zu vermeiden, dass vermittelt der im Holze vorhandenen Poren Wasserdampf zu flüssigem Wasser condensirt wird, so dass im Holze eine beträchtliche Menge Wasser sich ansammeln kann, ohne dass die Holzwandung sich damit zu imbibiren brauchte. Selbst in feinem Sägemehl, welches SACHS zu seinen Untersuchungen benutzte, sind durch Tüpfelräume und Verdickungsleisten auf der zerrissenen Membran immer noch in reichem Maasse Bedingungen für Wasserdampfcondensation gegeben, ausserdem sind ja auch die parenchymatischen Elemente nicht von den Holzwandtheilchen zu sondern, also wirklich imbibitionsfähige Körper vorhanden.

Der zweite Theil der Aufgabe hat ebenfalls noch keine befriedigende Lösung gefunden, es liegen keine Angaben über direkte Messungen der Volumenzunahme der Holzmembran durch aufgenommenes Wasser vor. SACHS bemerkt in dieser Hinsicht, dass durch Wasseraufnahme die verholzte Membran nur unmerk-

1) Poros. d. H. p. 308.

2) Beitr. zur Imbth. Arb. d. bot. Inst. in Wrzb. III, H. 1.

lich ihr Volumen verändere, womit freilich die von diesem Forscher aus seinen auf das Imbibitionswasser bezüglichen Wägungen gemachte Folgerung im Widerspruche steht, dass die Holzmembran ca. ihr halbes Volumen Wasser aufnehme¹⁾. Die „Imbibitionstheorie“ verwirft Capillaren als Bewegungsbahnen des Wassers; nähme nun die Holzmembran wirklich ihr halbes Volumen Wasser in die von diesem erst durch Auseinanderdrängen der Holzwandmoleküle geschaffenen Bahnen auf, dann müsste offenbar die Holzwandmasse ihr Volumen verdoppeln, sei es auch auf Kosten der Gefäss- und Tracheidenlumina, wie SACHS geneigt ist anzunehmen.

Da die Bewegung des Imbibitionswassers eine molekulare sein soll, so ist die mikroskopische Beobachtung derselben an und für sich schon ausgeschlossen.

Wie steht es nun aber mit der Beobachtung der Wirkung, welche die Einschiebung von Wassermolekülen zwischen die Holzwandmoleküle haben muss, d. h. mit der Volumenvergrößerung der Holzmembran durch aufgenommenes Wasser?

Ist die Volumenänderung nach Ansicht von SACHS auch eine geringe, so muss sie doch mikroskopisch bei starker Vergrößerung eines kleinen Holzschnittes sowie makroskopisch an grösseren Holzmassen messbar sein.

Ausgedehnte mikroskopische Messungen bestätigten diese Vermuthung auf keine Weise. Es gelangten zur Untersuchung in allen drei Richtungen des Raumes hergestellte Schnitte sowohl von ausgetrocknetem, als von frischem Holze und zwar von Thuja, Taxus, Pinus, Abies, Aristolochia, Ampelopsis, Clematis, Quercus, Vitis, Bittneria, Tilia, Cornus und Buxus.

Eine Vergleichung des unter Benutzung des Zeichenprismas hergestellten Bildes des imbibirten mit dem des trockenen Schnittes ergab, dass nur die parenchymatischen Elemente des Holzes Wasser aufnahmen und dabei ihr Volumen vergrösserten. Zugleich erlitten die mit ihnen fest verwachsenen eigentlichen Holzelemente oft bedeutende Verzerrungen, die besonders an den grossen Gefässlumina auffielen und um so bedeutender waren, je breiter und inhaltsreicher die Markstrahlen, und je frischer der Schnitt war. Eine Vergrößerung des Membranareals auf Kosten des Lumenareals konnte trotz sorgfältigster Beobachtung an keinem der untersuchten Schnitte festgestellt werden.

¹⁾ Poros. d. H. p. 312.

Dass Austrocknung resp. Wasserzuführung zum Holze in erster Linie die Markstrahlen beeinflusst und nur indirekt durch Zerrung die Hohlmembran, geht auch aus NÖRDLINGERS¹⁾ Beobachtungen hervor, nach welchen die Risse auf einem Baumquerschnitt fast immer neben den Markstrahlen verlaufen, öfters sogar durch sie hindurchgehen. Nach Angabe desselben Forschers ziehen sich die Markstrahlen stärker zusammen als das angrenzende Holz.

Wohl kann ein Baumstamm durch Wasseraufnahme seinen Umfang vergrößern, wie HALES und DUHAMEL nach einem Regen mit Hilfe eines um den Baum gelegten Metalldrahtes constatirten²⁾, doch ohne dass sich dabei das Volumen der verholzten Elemente selbst vergrößert; die Volumenzunahme ist in diesem Falle vor Allem dem Rindenparenchym und weiter den parenchymatischen Elementen des Holzes zuzuschreiben.

Nach den Untersuchungen von GR. KRAUS³⁾ vermehrt in der That Wasserzufuhr zum Holze nicht den Holz-, aber den Rinden-Durchmesser.

Wie bedeutend das Quellungsvermögen der Markstrahlen, resp. des Inhaltes derselben ist, wird erst an mikroskopischen frischen Schnitten deutlich, deren Austrocknung man unter dem Mikroskope verfolgt. In manchen Fällen schwinden die Markstrahlen in der Richtung der Sehne bis zur Hälfte ihres Volumens, während auf ringsgeschlossenen Holzscheiben sich oft nur ein Schwinden um 1⁰/₁₀ der Sehnenlänge bemerkbar macht; an einem der Länge nach halbirteten, berindeten, ausgetrockneten Stück *Quercus Robur* von 20,2 Ctm. Länge, 14,2 Ctm. Durchmesser liefen durch 9 primäre Markstrahlen klaffende Risse, beim Durchnässen des Stückes schlossen sie sich vollständig, ohne dass zugleich eine Veränderung in den mitgetheilten Dimensionen eingetreten wäre.

Da sich in keiner Weise eine Volumenänderung der Holzmembran durch Veränderung des Wassergehaltes nachweisen lässt, so kann die Dimensionsänderung des Gesammtholzkörpers, sowie die Lagenveränderung der verholzten Elemente nur auf einer Volumenänderung des quellungsfähigen Inhaltes der parenchymatischen Elemente des Holzkörpers beruhen, der zum grössten Theil aus Stärke gebildet wird. Diese Ansicht wird bestätigt

1) Forstbot. p. 263 u. 264.

2) Cf. Pfeffer Physiol. II. p. 42.

3) Ueber die Wasservertheilung etc. Halle 1879.

durch die Thatsache, dass sich an Stärkekörnern bei Veränderung des Wassergehaltes unter dem Mikroskope eine entsprechende Volumenveränderung nachweisen lässt. So verkürzte sich nach NÄGEL¹⁾ ein Stärkekorn aus dem Wurzelstocke von *Canna* beim Austrocknen im langen Durchmesser um 10%, im Querdurchmesser um 11%.

Als weiterer Beleg für die entwickelte Ansicht sei der Process des Auslangens oder Dämpfens angeführt, durch welchen alle löslichen, sowie die quellbaren Theile aus dem Holze entfernt werden, so vor Allem die Stärke, in Folge dessen das so behandelte Holz vor dem Ziehen und Verwerfen, sowie vor dem Reissen geschützt ist.

Bereits NÖRDLINGER²⁾ weist darauf hin, dass gedämpftes Holz merklich weniger quillt als altes, und dieses weniger als frisches, es geht also wahrscheinlich durch das Alter die Stärke ihrer Quellungsfähigkeit verlustig. NÖRDLINGER ist es auch, welcher bereits früher den Zusammenhang des Holzschwindens mit der Masse der Markstrahlen erkannt hat.

Was der Grad des Schwindens anbelangt, so hängt er nach unseren Erörterungen von dem Grade des Widerstandes ab, welchen die Holzmembran dem Zuge entgegensetzt. Letzterer entsteht dadurch, dass die passivgespannte Markstrahl- oder Holzparenchym-Zellmembran vermöge ihrer Elasticität nach erfolgter Wasserabgabe des von ihr umschlossenen Inhaltes in den ungespannten Zustand zurückkehrt.

Die Angaben, welche R. HARTIG³⁾ in Bezug auf das Schwinden beim Trocknen pro 100 Frischvolumina (Durchm.) macht, müssen nach dem Mitgetheilten auf das Schwinden der parenchymatischen Elemente des Holzes zurückgeführt werden. Aus HARTIG's Tabellen scheint sogar hervorzugehen, dass das Schwinden von der Masse der parenchymatischen Bestandtheile des Stauungsquerschnittes abhängig ist, sie zeigen nämlich, dass 1—2jährige Zweige, bei denen die parenchymatischen Bestandtheile relativ stark auftreten, im Vergleich zu dem Holze des Stammes doppelt, ja fast dreimal so grosse Schwindprocente besitzen.

Wir sind nach den im Vorigen angestellten Erörterungen wohl berechtigt, anzunehmen, dass die Holzmembran unfähig ist, Wasser von aussen aufzunehmen. Es kann daher nicht die Rede

¹⁾ Die Stärke.

²⁾ Forstbot. p. 338 u. 382 sowie p. 261 u. 263.

³⁾ „Zur Lehre v. d. Wben. i. d. Pfl.“ Unters. aus d. forstbot. Inst. z. München p. 87 u. ff.

sein von einer Aufnahmefähigkeit der Holzmembran für Wasser, die in peripherischer Richtung am stärksten, schwächer in radialer und am schwächsten in longitudinaler Richtung sein soll, wie SACHS annimmt, wohl aber muss von einer nach den Richtungen verschiedenen Leitungsfähigkeit des Holzkörpers gesprochen werden, die, wie man wohl jetzt allgemein annimmt, mit der Stellung der Tüpfel zusammenhängt. Gerade die Stellung der Hoftüpfel ist es, welche uns neben anderen anatomischen Verhältnissen, wie bereits RUSROW ¹⁾ betont hat, davon zu überzeugen vermag, dass die Holzmembran nicht als Bahn der Wasserbewegung dient.

Auf keine Weise lässt sich die Annahme der grossen Leitungsfähigkeit der Holzmembran mit der Thatsache in Einklang bringen, dass wirklich imbibitionsfähige Körper, wie *Laminariastämme*, Flechten u. s. w. nur an den Stellen quellen, die unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen, während das über das Wasserniveau emporragende Stück trocken bleibt.

Wenn DUFOUR ²⁾ durch Bestimmung des Verhältnisses des Lumen- und Membranquerschnitt-Areals fand, dass bei den in einem heissen Klima lebenden *Sapotaceen*, *Ebenaceen* sowie bei der eine bedeutende Höhe erreichenden *Tectonia grandis* etc. die Tracheiden fast des Hohlraumes entbehren, und wenn er dann glaubt, dass nur die so mächtig entwickelte Membran der Wasserleitung dienen könne, so meinen wir, dass innerhalb des wirklich vorhandenen, wenn auch sehr engen Tracheidenlumens, doch noch eher eine Wasserbewegung denkbar ist, als in den problematischen Molekularbahnen der Membran. Ausserdem lassen sich ebenso viel Beispiele anführen, in denen das Querschnittareal des Tracheidenlumens das der Membran übertrifft, was bei den meisten Hölzern in Bezug auf die Gefässe der Fall ist, von denen SACHS ³⁾ berechnet, dass sich der von den Wänden eingenommene Raum zu dem Hohlraum wie 1 : 1,68 verhält. Die Gefässe sind aber keineswegs von der Bethätigung an der Wasserleitung auszuschliessen, wie es DUFOUR (l. c.) auf Grund der Thatsache thut, dass die Coniferen bloss Tracheiden besitzen, sowie auf Grund der Annahme, dass die Gefässe zur Zeit der stärksten Transpiration verdünnte Luft enthielten.

¹⁾ „Zur Kenntniss des Holzes“ etc. Bot. Centralbl. Bd. XIII No. 1—5 p. 98.

²⁾ Sur l'Asc. „Du Courant de Transp. dans les Plantes.“ Archives des Sciences Physiques et Naturelles, Troisième Pér. T. XI. No. 1. Genève 1884.

³⁾ Vorl. V.

Zum Schluss dieser Arbeit sei noch auf den Widerspruch hingewiesen, in welchem die Annahme der leichten Verschiebbarkeit des Imbibitionswassers im Holze zu der Thatsache steht, dass selbst unter hohem Druck bei verstopftem Lumen kein Wasser durch die Membran hindurchfiltrirt, wie die Versuche DUFOURS¹⁾, ELFVINGS²⁾ sowie eigene³⁾ auf letztere bezügliche Controlversuche ergaben.

Der diesen Filtrationsversuchen gemachte Einwurf, dass zu ihnen nur Pflanzentheile benutzt worden wären, die dem Verbande des lebenden Organismus entnommen waren und an der Luft irreparabel, für Druckfiltration hinderliche Veränderungen erfahren haben konnten, wird hinfällig, wenn man berücksichtigt, dass die verholzte Membran einem abgestorbenen Gewebe angehört, welches, aus dem Verbande des lebenden Körpers gelöst, dieselben physikalischen Eigenschaften beibehält, die es in letzterem besass. Die Erscheinung des Welkens abgeschnittener und dann in Wasser gestellter Sprosse ist wohl die Veranlassung zu diesem Einwand gewesen, der jedoch wegfallen muss, nachdem jene Erscheinung auf ihre wahre Ursache zurückgeführt worden ist⁴⁾.

Die „Imbibitionstheorie“ vergleicht das Imbibitionswasser mit dem Krystallwasser, wie letzteres nicht durch Druck verschiebbar sei, so auch das erstere nicht; trotzdem aber soll die Holzmembran die „wunderbare“ Eigenschaft besitzen, das in ihr enthaltene Wasser mit grosser Geschwindigkeit fortzuleiten zu können. Abgesehen davon, dass es keinem Mineralogen einfällt, eine Verschiebbarkeit des Krystallwassers innerhalb des Krystalles durch die Kräfte anzunehmen, welche die Bewegung des Imbibitionswassers veranlassen sollen, ist letzteres gar nicht mit ersterem zu vergleichen, da es ja in molekularen Bahnen verschiebbar angenommen wird, also in physikalischer Beziehung zu den Holzwandmolekülen, während eine solche Verschiebung für die Krystallform verhängnissvoll werden würde, da doch das Krystallwasser ein integrierender Bestandtheil des Krystalles ist und in chemischer Beziehung zu den übrigen Bestandtheilen desselben steht, mit denen es nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen verbunden ist. Dass in Wirklichkeit aber eine derartige Beziehung zwischen

1) Vorl. Mitthl. etc.

2) „Ueber die Wasserl.“ i. H. Bot. Z. 1882 No. 42.

3) „Die Wasserbow.“ i. H. B. Z. 1884. No. 11.

4) Cf. v. Höhncl, Bot. Zeitung 1879. SCHERT, diese Zeitschr. Bd. XVIII, N. XI.

Wasser und Membranmolekül nicht besteht, geht aus der Erwägung hervor, dass sich durch keine der bekannten physikalischen Kräfte eine Wasserbewegung innerhalb der Holzmembran bewirken lässt. Es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass innerhalb molekularer Hohlräume das Wasser anderen Kräften unterworfen sei als in capillaren Hohlräumen. Da nun in diesen durch einen geringen Druck und bei vorhandenem Ersatzwasser eine Verschiebung des capillarfestgehaltenen Wassers stattfindet, bei ebenfalls vorhandenem Ersatzwasser aber selbst bei sehr hohem Druck durch die Holzmembran kein Wasser sich pressen lässt, so scheint der Schluss berechtigt, dass auch in der lebenden Pflanze innerhalb der Holzmembran keine Wasserbewegung stattfindet und dass nur Constitutionswasser in der Membran vorhanden ist, welches allein sich mit dem durch Druck nicht verschiebbaren Krystallwasser vergleichen lässt.

Die „Imbibitionstheorie“ selbst betrachtet als bewegende Kraft die Transpiration, diese würde aber ebensowenig im Verein mit der Molekularattraktion eine ausgiebige Wasserbewegung hervorrufen, wie sie es nach den Untersuchungen von NÄGELI und SCHWENDENER¹⁾ im Verein mit der Capillarattraktion thut. Die Transpiration vermag nur das Gleichgewicht im Wassergehalt des Holzes aufzuheben, nicht aber selbst Wasser von unten zu heben.

Da die „Imbibitionstheorie“ weder durch die Beobachtung, noch durch das Experiment, noch durch bekannte physikalische Gesetze gestützt werden kann, so hört sie auf, eine Theorie zu sein.

Nach Wegräumung der Schwierigkeiten, welche unseres Erachtens bisher der allgemeinen Anerkennung der Ansicht im Wege standen, dass die Wasserbewegung im Lumen und nicht innerhalb der Membran der Wasserleitungselemente erfolge, bleibt jetzt nur die erstere Art der Wasserbewegung übrig, die sich im Gegensatz zu der anderen unter dem Mikroskope direct beobachten lässt, wie VESQUE²⁾ und CAPUS³⁾ gezeigt haben. In einer späteren Arbeit wird sie sich als die einzig naturgemässe ausweisen, nachdem wir zuvor gesehen haben werden, dass uns sowohl die treibende Kraft gegeben ist, die für eine Wasserbewegung innerhalb der Membran fehlt, als auch die haltende, und dass beide bisher zu gering angeschlagen worden sind.

¹⁾ Sitzungsber. d. math. phys. Cl. v. 10. März 1866.

²⁾ Annales des Sciences Nat. Ser. VI. V. 15 p. 1. Ferner Bot. Centrbl. Bd. XV. p. 371.

³⁾ Comptes Rendus. Bd. 97. p. 1087.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: [NF_12](#)

Autor(en)/Author(s): Scheit Max

Artikel/Article: [Beitrag zur Widerlegung der „Jmbibitionstheorie“.
166-173](#)