Band XLIX. No. 2. XIII. Jahrgang.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Botanisches Centralblatt.

REFERIRENDES ORGAN

für das Gesammtgebiet der Botanik des In- und Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. G. Kohl**

in Cassel. in Marburg.

Zugleich Organ

des

Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der botanischen Section des naturwissenschaftlichen Vereins zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau, der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala, der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, des Botanischen Vereins in Lund und der **Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors.**

Nr. 2.	Abonnement für das halbe Jahr (2 Bände) mit 14 M. durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.	1892.

Wissenschaftliche Original-Mittheilungen.

Eine Methode zur Bestimmung der Gasspannung im Splinte der Nadelbäume.

Von

Karl Pappenheim.

Mit 1 Tafel.

(Fortsetzung.)

Bei der Prüfung der Methode auf ihre Anwendbarkeit zeigte sich aber ein grosser Uebelstand. In den hydromechanischen Sätzen habe ich mehrfach auf den Einfluss des Widerstandes der Filterwände auf die Wasservertheilung hingewiesen. Die Methode setzt nun voraus, dass der durch die Atmosphäre ausgeübte Druck so bedeutend sei, dass im Verhältnisse zu diesem die Widerstände, welche das Wasser zu überwinden hat,

*) Die Tafel liegt dieser Nummer bei.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gänzlich vernachlässigt werden dürfen. Das liquide Wasser im Holze müsste eine solche Beweglichkeit besitzen, dass es mit Leichtigkeit jede Spannungsverschiedenheit der Auftblasen auszugleichen und infolge dessen dem von der Atmosphäre eingepressten Wasser schnell Platz zu machen im Stande wäre. Dass diese Forderung nicht erfüllt ist, hat Schwendener*) durch den Versuch gezeigt, indem er eine durchbohrte Metallspitze in einen Kiefernstamm luftdicht einsetzte und trotz der Anwendung einer Quecksilbersäule von 600 mm in einer Stunde nur 4—6 ccm Wasser in den Stamm zu pressen vermochte. Auch eine Reihe von Versuchen, bei denen ich die Wasseraufnahme des frischen Holzes, also den Vorgang der Saugung, genauer beobachtete, führte zu dem Ergebnisse, dass die vollständige Sättigung selbst kleiner Holzstücke eine so lange Zeit erfordert, dass dadurch aus andern Gründen diese Methode unbrauchbar wird. Es gelang aber, die Schwierigkeit zu umgehen.

Gemäss der oben (Satz 2, Folg. 2) ausgesprochenen Betrachtungen bleibt in frischem Holze, dessen Binnenluft verdünnt ist, nach einer durch Wassereinpressung ausgeführten Compression derselben nur soviel Wasser zurück, als erforderlich ist, die Binnenluft auf Atmosphärenspannung zu comprimiren. Experimentell liese sich dies nun in der Weise ausführen, dass frisches Holz nach der Bestimmung seines absoluten Gewichtes in ein Gefäss mit Wasser gebracht und auf dieses eine gewisse Zeit hindurch ein Ueberdruck von mehreren Atmosphären ausgeübt wird. Nach Aufhebung dieses Druckes würde man nun abzuwarten haben, bis die comprimirte Binnenluft sich wieder auf Atmosphärenspannung ausgedehnt und dabei alles überschüssige Wasser aus dem Holze getrieben hätte. Durch eine zweite Wägung liesse sich nun die im Holze verbliebene Wassermenge bestimmen. Es gelang nun, diese zur Erzielung der Sättigung des Holzes ausgeführte Compression seiner Binnenluft in der Weise auszunutzen, dass die Anwendung des Sachs'schen Dörrverfahrens, dessen Umständlichkeit und Kostspieligkeit R. Hartig in seinen „Untersuchungen II" (p. 13) beklagt, gänzlich vermieden wurde. Ich erreichte dies durch die Messung der Wassermenge, die nach Aufhebung des Ueberdruckes das Holz verliess; dass dieses Wasservolumen eine Funktion des Volumens der Binnenluft und des Grades der angewandten Compression sei, habe ich bereits in den einleitenden Betrachtungen in dem Satze 2 Folg. 2 auseinander gesetzt.

Wie nun die so ermittelten Werthe mit Hilfe der von Sachs und R. Hartig mitgetheilten Rechenmethoden verwerthet wurden, wird sich am besten an einem Beispiele verdeutlichen lassen.

Am 15. August 1890, Morgens 9 Uhr, wurde eine 17 m hohe Tanne gefällt und ein etwa 2 m vom Gipfel entferntes Stammstück zum Versuche gewählt.

---

*) Untersuchungen über das Saftsteigen, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1886, p. 580.

A. Die Höhe des Holzcylinders betrug etwa 6 cm, sein Durchmesser nach der Schälung 2,5 cm. In diesem Falle musste das Holz mitten durch gespalten und mit dem Hohlmeisel von der Markröhre befreit werden.

B. Sein Frischgewicht betrug $b = 28{,}297$ gr.

C. Darauf wurde das Holz in Wasser gebracht und auf dieses eine Minute lang ein Ueberdruck von 2 Atm. ausgeübt. Infolge dessen trat eine zunächst unbestimmte Wassermenge in das Holz und comprimirte die Binnenluft.

D. Nach Aufhebung des Druckes strömte aus dem Holze die Wassermenge $a = 1{,}374$ gr.

E. Nachdem das Holz aus dem Wasser genommen und von adhaerirendem Wasser befreit war, wog es 31,405 gr. Mithin hatte es zurückbehalten die Wassermenge $e = 3{,}108$ gr.

F. Zur Compression der unbekannten Binnenluftmenge v (gemessen bei Atmosphärendruck) durch den Ueberdruck von 2 Atm., also auf $^1/_3$ ihres Volumens, war erforderlich die Wassermenge $d = 1{,}374$ gr, mithin ist:

$$v = 1{,}374 \,.\, {}^3/_2 \text{ ccm} = 2{,}061 \text{ ccm.}$$

G. Nach dem Gesetze von Boyle (Mariotte) verhält sich das Volumen der in frischem Holze befindlichen Binnenluft $(e + v)$ zum Volumen der auf Atmosphärendruck comprimirten Binnenluft (v) umgekehrt wie die entsprechenden Drucke.

$$\text{Also } \frac{e+v}{v} = \frac{5{,}169}{2{,}061} = \frac{700}{y}, \text{ woraus sich ergibt}$$

$y = 278{,}97$ mm Quecksilber oder 0,398 Atm. bei einem Barometerstande von 700 mm.

H. Das Volumen des Holzes betrug $h = 29{,}30$ ccm.

I. Da das Luftvolumen im frischen Holze $(e + v)$ 5,169 ccm betrug, so nahm es 17,64 % des Gesammtvolumens ein.

K. Das Gesammtvolumen (h) vermindert um das Volumen der Binnenluft $(e + v)$ ergibt das vom Wasser und von der Holzsubstanz eingenommene Volumen V. Das Volumen des Wassers sei X, das des Holzes = Y, die dazu gehörigen specifischen Gewichte $m = 1$ und $n = 1{,}56$; dann ergeben sich die Gleichungen

$$X + Y = V = 24{,}121 \text{ ccm Wasser} \;.\;.\;.\;.\; 1)$$
$$mX + nY = b = 28{,}297 \text{ gr oder ccm Wasser} \;\; 2)$$

$$X = \frac{nV - b}{n - m} = \frac{37{,}63 - 28{,}30}{0{,}56} = 16{,}67 \text{ ccm Wasser;}$$

$$Y = \frac{b - mV}{n - m} = \frac{28{,}30 - 24{,}13}{0{,}56} = 7{,}45 \text{ ccm Holz; oder}$$

letzteres Resultat einfacher durch Einsetzen von X in die erste Gleichung

$$Y = V - X = 7{,}45 \text{ ccm.}$$

Diese Mengen von Holz und Wasser werden nun als

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Volumenprocente des frischen Holzes berechnet und ergeben:

$$X = \frac{16{,}67 \,.\, 100}{29{,}30} = 56{,}87\,\%\ \text{Wasser.}$$

$$Y = \frac{7{,}45 \,.\, 100}{29{,}30} = 25{,}41\,\%\ \text{Holz.}$$

L. Nach den Berechnungen von Sachs und R. Hartig imbibirt die Holzsubstanz der Tanne genau 0,5 ihres Volumens. Mithin waren von obiger Wassermenge

$$\frac{25{,}41\,\%}{2} = 12{,}70\,\%\ \text{imbibirt.}$$

M. Die Binnenluft des untersuchten Stammstückes aus dem Gipfel besass also eine Spannung von

278,97 mm Qu. oder 0,398 Atm.

Die Analyse von 100 Raumtheilen des frischen Holzes ergab:

An imbibirter Holzsubstanz	38,11
an flüssigem Wasser in den Zelllumina	44,17
an verdünnter Luft	17,64
	99,92.

Diese Mittheilung sollte nur den Zweck haben, den Gang der Methode in grossen Zügen zu veranschaulichen, während ich eine eingehende Besprechung der einzelnen Phasen der Methode und eine Prüfung auf Fehlerquellen in einzelnen Zusätzen später anfügen werde, um sogleich auf die Resultate, die ich auf diesem Wege erzielt habe, eingehen zu können.

Im soeben mitgetheilten Falle betrug die Spannung der Binnenluft etwa 0,4 Atm., ein Werth, den ich öfters bei Gipfelholz beobachtete. Doch lege ich auf derartige Untersuchungsergebnisse kein Gewicht, da bekanntlich an den Orten der Transpiration der Wasserverbrauch oft ein so rapider ist, dass dadurch nahezu luftleere Räume in der Pflanze entstehen können. Solche Bestimmungen erhalten erst dann einen Werth, wenn zugleich Angaben über die Spannungsverhältnisse der Binnenluft aus andern Höhen desselben Stammes vorliegen. Derartige Zahlenreihen, welche sich auf die Verschiedenheiten der Gasspannung in senkrecht übereinander gelegenen Holzpartien beziehen, würden jedenfalls ein brauchbares Material für den Aufbau einer Theorie des Saftsteigens abgeben. Betreffs der Consequenzen einer gründlichen Kenntniss der Binnenluftspannung möchte ich mich zunächst mit dem Hinweis begnügen, dass dadurch die Tragweite der von der Krone ausgehenden Saugung erkannt wird; es würde dadurch entschieden werden, ob dieser Kraftquelle die Bedeutung zukommt, welche ihr eine Reihe von Forschern zuerkannt haben.

Auf Grund dieser Erwägungen wählte ich zum Versuche eine 19,5 m hohe Edeltanne (*Abies pectinata* D. C.). Sie stand in moorigem Waldboden, 540 m über dem Meeresspiegel, beim Kochelfall im Riesengebirge. Gefällt wurde sie am 28. August 1890, 7 Uhr

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

30 Min. früh. Dem Wetterberichte*) dieses und der vorhergehenden Tage entnehme ich folgende Angaben:

1890.	Barometer auf 0 red.			Temp. Cels.			Feuchtigkeit rel.	
August	7a	2p	9p	7a	2p	9p		
25.	697.7	697.4	697.4	13.4	15.9	10.3	83,3%	Bewölkt.
26.	697.5	698.3	699.0	7.4	9.5	10.8	89,0%	„
27.	700.6	699.9	697.9	10.2	16.9	16.5	66,0%	„
28.	701.6	703.6	704.7	11.0	15.4	8.8	70,0%	Schw.Bew.

Nach der Fällung wurde der Stamm zum Transport in 4 m lange Stücke zersägt, aus denen nach 45 Min. mit der Kreissäge Meterholz geschnitten wurde. Von allen diesen Stücken wurde das unterste Decimeter abgesägt und aus dessen jüngstem Splinte der zur Spannungsbestimmung erforderliche Holzcylinder herausgespalten; die übrigbleibenden 90 cm langen Stammtheile wurden zu einer andern Untersuchung verwandt. Bei der Herstellung der Cylinder wurde sorgsam darauf geachtet, dass alle im lebenden Stamme senkrecht übereinander orientirt waren. Die numerischen Resultate habe ich in nachstehender Tabelle zusammen gestellt, welche sich in ihrer Anordnung völlig an das oben mitgetheilte Beispiel anschliesst und daher ohne weiteres verständlich sein wird.

	B	H	E	D	F	G	K		J
Aus der Stammhöhe. m	Abs. Gewicht des frischen Holzes	Volumen des gesättigten Holzes.	Gewichtszunahme in Folge der Sättigung.	Corrigirte Ausflussmenge a	Volumen der Tracheidenluft unter 700 mm.	Tension der Tracheidenluft in mm.	100 Teile Splintholz enthalten		
							imbib. Subst.	Wasser	Luft
18	33,745	32,60	1,580	0,950	1,425	331,9	34,1	56,7	9,22
17	25,540	25,20	0,810	1,265	1,897	490,5	32,4	56,9	10,74
16	25,410	25 35	0,725	1,340	2,010	514,4	29,5	59.7	10,79
15	30.705	29,90	0,445	1,185	1,777	559,8	27,1	65,5	7,43
14	29,020	27,55	0,365	1,235	1,852	584,7	35,8	56,1	8,05
13	26,370	25,30	0,290	1,110	1,665	595,6	32,0	60,3	7,73
12	24,560	23,10	0,375	0,840	1,260	539,4	35,7	57,2	7,08
11	27,185	25,57	0,430	0,785	1,177	512,7	33,7	60 0	6,28
10	29,575	27,95	0,430	0,930	1,395	535,1	33,2	60,3	6,52
Krone									
9	26,835	25,60	0,360	0,920	1,380	555,2	31,0	62,2	6,80
8	29,665	28,50	0,490	1,015	1,522	529.5	29,8	63,1	7,06
7	30,140	28,90	0,525	1,070	1,605	527,5	31,2	61,5	7,34
6	31,470	30,35	0,440	1,255	1,882	567,4	30,4	62,0	7,65
5	29,735	28,25	0,470	1,010	1,515	534,3	32,8	60,2	7,03
4	29,220	27,70	0,325	0,845	1,267	557,1	30,0	64,3	5,75
3	28,605	27,00	0,425	0,770	1,155	511,7	31,5	62,7	5,84
2	31,490	29,50	0,370	0,950	1,425	555,7	34,3	59,6	6,08
1	26,875	24,65	0,405	0,725	1,087	510,0	40,3	53,7	6,05
0	25,080	23,60	0,575	0,930	1,395	495,7	39,0	62,7	8,35

Um zunächst diese Resultate mit einigen der sogenannten Wasserleitungstheorien zu vergleichen, möchte ich auf Spalte G hinweisen. Die dort mitgetheilten Luftdrucke liegen, wenn wir vom ersten absehen, zwischen den Grössen 49,05 und 59,56, ohne

*) Die meteorologischen Beobachtungen verdanke ich Herrn Hauptlehrer Winkler in Schreibershau (650 m ü. d. M.).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dass irgend eine Beziehung zu den Stammhöhen, in welchen die einzelnen Werthe beobachtet sind, existirt. Es sprechen also die Beobachtungen gegen die Richtigkeit der Vorstellungen, auf denen R. Hartig seine Saugtheorie aufzubauen versuchte. Ihre Unzulänglichkeit ist nun zwar auf Grund physikalischer Betrachtungen schon durch mehrere kritische Arbeiten dargelegt worden; doch hat Godlewski den Versuch gemacht, durch Combination des R. Hartig'schen Grundgedankens mit Vorstellungen von Nägeli und Schwendener*) und Russow**) betreffs einer saug- und druckpumpenartigen Markstrahlfunction die Wasserhebung in den Gipfel höherer Bäume zu erklären, indem nämlich die Markstrahlen das Wasser infolge eines nach oben abnehmenden Gasdruckes aus tiefergelegenen Tracheïden schöpfen und in höhergelegene abgeben sollen. Auf die Unwahrscheinlichkeit dieser Vorstellung hat bereits Schwendener hingewiesen, da ein Markstrahlturgor von 12 Atmosphären wohl unempfindlich sein möchte gegen so äusserst geringe Druckunterschiede, wie sie gemäss der R. Hartig'schen Vorstellung in zwei übereinander gelegenen Tracheïden vorhanden sein sollen; nach meinen Spannungsbeobachtungen scheint diese von Godlewski benutzte Hilfsquelle sich als illusorisch zu erweisen.

Die Resultate stehen aber auch in Widerspruch mit den Schlussfolgerungen, welche sich aus der J. Böhm'schen Capillartheorie ergeben würden. Es mag betreffs dieser der Hinweis genügen, dass auch in Capillarsystemen, wie sie sich jener Forscher denkt, ein nach oben abnehmender hydrostatischer Druck vorhanden ist.

Ergiebiger sind die Resultate in einer andern Hinsicht. Bei der Betrachtung je zweier benachbarten Werthe ergeben sich ganz erhebliche Spannungsdifferenzen, deren Höhe noch bedeutend mehr bei der Umrechnung in Wasserdruck hervortritt: so übertraf z. B. der Druck in der Stammeshöhe von 13 m den einen Meter tiefer beobachteten um 76 cm Wasserdruck. Anfangs trug ich kein Bedenken, derartige Beobachtungen ohne Weiteres für falsch zu erklären; sie schienen mit den Erfahrungen, welche von fast allen Forschern, die sich mit der Frage nach der Wasserbewegung beschäftigt haben, aus mannigfaltigen und einwurfsfreien Versuchen gewonnen sind, im Widerspruch zu stehen. Schon im Jahre 1853 hatte Th. Hartig***) durch sein bekanntes Tropfenexperiment die Aufmerksamkeit auf die grosse Filtrationsfähigkeit des frischen, saftreichen Holzes gelenkt. Durch falsche Interpretation des Versuches ist nun aber, wie Godlewski†) überzeugend nachgewiesen hat, jene Fähigkeit des Holzes erheblich überschätzt worden. Die erste annähernd richtige Bestimmung der Grösse des Filtrations-

*) „Das Mikroskop" 1877, 2. Aufl., p. 382.
**) l. c. p. 144.
***) Bot. Zeitung 1853, p. 311.
†) Pringsheims Jahrb. XV. p. 589, vgl. auch Janses-Arbeit in demselben Jahrb. XVIII. p. 45 ff.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

widerstandes wurde von Schwendener*) ausgeführt, indem es ihm mit Hilfe einer 12 cm hohen Wassersäule gelang, das Wassernetz in einem 1 m langen Holzstück zu verschieben.

Dass nun gleichwohl, den bisherigen Annahmen entgegen, zuweilen im Stamme ganz erhebliche Druckdifferenzen in benachbarten Holzpartien zu Stande kommen können, ist mir aus einer Reihe von Versuchen, welche ich jetzt mittheilen will, wahrscheinlich.

III. Ueber die Beweglichkeit des liquiden Wassers im Splintholze.

Die zahlreichen Versuche, welche schon seit geraumer Zeit in der Pflanzenphysiologie zum Studium der Saftbewegung im Holze angestellt worden sind, demonstriren fast durchweg nur die Beweglichkeit oder Filtrationsfähigkeit des in den Tracheïden und Gefässen enthaltenen flüssigen Wassers, während über die Bewegung des von den Holzwänden imbibirten Wassers ausser den Beobachtungen Wiesners nichts bekannt sein dürfte. Die Filtrationsversuche lieferten nun das Resultat, dass bei frischem, jungen und wasserreichem Splintholze nur äusserst geringe Druckkräfte erforderlich sind, um das in ihm enthaltene Wassernetz zu verschieben.

Dennoch könnte man bezweifeln, dass diese Versuche zum Verständniss des Vorganges der Wasserbewegung im lebenden Baume beitragen; es lassen sich folgende Bedenken gegen ihre Beweiskraft geltend machen:

Während in der lebenden Pflanze in den jüngeren Jahresringen möglicher Weise andre quantitative Verhältnisse wirksam sind als im älteren Splintholze,**) üben wir bei Filtrationsversuchen auf die ganze Reihe der verwandten Splintholzringe die gleichen Druckkräfte aus. Ausserdem ist mehrfach darauf hingewiesen worden, dass bei dem Saftsteigen den lebenden Elementen des Holzkörpers auch eine Rolle zufallen müsse; auf diesen Umstand können Filtrationsversuche in keiner Weise Rücksicht nehmen, da der Filtrationsstrom die lebenden Zellen sicherlich umgeht. Ferner ist bekanntlich sehr lufthaltiges Holz wenig geeignet für Filtrationsversuche. Nehmen wir nun an, es habe ein Baum bei lebhafter Transpiration seinem jüngsten Jahresringe grosse Mengen Wasser entzogen, so dass in dieser Zone grössere Lufträume entstanden sind, während die älteren Jahresringe noch sehr wasserreich sind. Filtrationsversuche, welche nun mit diesem Holze angestellt werden, liefern zweifellos das Resultat, dass die älteren Jahresringe filtrationsfähiger sind. Trotzdem waren sie in diesem Falle an der Wasserversorgung der transpirirenden Flächen unbetheiligt. Man ersieht daraus, dass die so ermittelte „Filtrationsfähigkeit“ nur ein physikalischer, aber kein physiologischer Begriff ist.

---

*) „Saftsteigen“, l. c., p. 579.

**) von Höhnel, Pringsh. Jahrb. XII, p. 128.
A. Wieler, Pringsh. Jahrb. XVIII, p. 114.
R. Hartig, Ber. d. deutsch. bot. Ges. VI, p. 222.

In dem Bedenken gegen die Beweiskraft der Filtrationsversuche wird man noch durch Beobachtungen bestärkt, welche mit der Lehre von der grossen Beweglichkeit des Wassers im Widerspruch stehen, nämlich durch das Verhalten frischen Holzes im Wasser. Bei der Verdünnung der Binnenluft im Splintholze müsste man doch erwarten, dass es der Atmosphäre ein Leichtes sei, durch Einpressung von Wasser in kurzer Zeit die Binnenluft auf Atmosphärendruck zu comprimiren.

R. Hartig, der bei seinen Holzanalysen ganz erhebliche Mengen von frischem Holze behufs einer Volumetrirung desselben in Wasser brachte, theilt nun zur Rechtfertigung seiner Methode mit, dass der durch Einsaugung verursachte Fehler nur gegen 0,5% betrug.

Ein grosser Theil dieser eingesaugten Wassermenge ist aber sicherlich nicht in das Innere der Holzstücke gelangt, sondern capillar in die angeschnittenen und deshalb*) vor dem Eintauchen in Wasser mit Luft gefüllten Tracheïden eingedrungen, so dass in Wahrheit die zur Compression der Binnenluft verwandte Wassermenge noch geringer ist und vermuthlich nur 0,25% betragen dürfte (cfr. p. 69).

Die Kenntniss jener Zustände, welche die Einsaugung des Wassers in so hohem Grade erschweren, ist jedenfalls für das Verständniss der Wasserbewegung im Holze von Bedeutung. Ich werde daher im Folgenden die hauptsächlichsten Versuche, welche ich zum Studium dieses Phaenomenes angestellt habe, darlegen und dessen vermuthliche Ursachen zu ergründen suchen.

Unter den Versuchen, welche zur Ermittelung der Saugungsintensität lebenden Stammholzes gemacht worden sind, nehmen die zahlreichen und gründlichen Beobachtungen Th. Hartigs die erste Stelle ein. Leider war damals die Fragestellung und daher auch die Beobachtungsweise eine andere, so dass jenes Material für unsere Zwecke wenig zu verwenden ist. Denn einerseits ist die mit Hilfe eines offenen und mit Wasser gefüllten Manometers ermittelte Saugungsintensität von Zufälligkeiten bei der Anfertigung des Bohrloches und der Befestigung des Apparates abhängig und infolge dessen kann eine Vergleichung zweier Manometer keine einwurfsfreien Resultate liefern, anderseits leiden alle manometrischen Beobachtungen an dem Uebelstande, dass wir über die Grösse des Holzvolumens, welches auf das Manometer Einfluss ausübt, gänzlich im Unklaren sind.

Es erschien mir daher zweckmässig, kleine Holzstücke von bestimmtem Volumen in Wasser zu bringen und zu beobachten, wieviel Zeit zur Einsaugung einer bestimmten Wassermenge erforderlich ist und nach welchem Gesetze die Sättigung erfolgt.

(Fortsetzung folgt.)

---

*) cfr. p. 8, Satz. 3.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: 49

Autor(en)/Author(s): Pappenheim Karl

Artikel/Article: Eine Methode zur Bestimmung der Gasspannung im Splinte der Nadelbäume. (Fortsetzung.) 33-40