FLORA.

70. Jahrgang.

No. 23, 24. Regensburg, 11. u. 21. August 1887.

Inhalt. E. Lietzmann: Ueber die Permeabilität vegetabilischer Zellmembranen in Bezug auf atmosphärische Luft. (Fortsetzung und Schluss.)

Ueber die Permeabilität vegetabilischer Zellmembranen in Bezug auf atmosphärische Luft.

Von **E. Lietzmann.**

(Fortsetzung und Schluss.)

Versuche mit Holz.

Bei allen Versuchen mit Holz beschränkte ich mich auf das der Coniferen, da dies durch das Fehlen der Gefässe für Versuche der vorliegenden Art bedeutend geeigneter erscheint, als Laubholz.

Um direkt den Durchgang der Luft zu beobachten, wurde 16.
eine Tangential-Lamelle von *Pinus Laricio* hergestellt und in den durch Fig. 1 erläuterten Apparat in gewöhnlicher Weise eingekittet. Auf letztere Manipulation muss hier noch grössere Sorgfalt verwendet werden wie früher, da sich die Zinkplättchen dem harten Holz nicht so innig anschmiegen wie dem weichen Blattgewebe. Die Luft wurde komprimirt auf 1,5 Atm. Ueberdruck. Es fand sogleich ein Austreten feinster, staubartiger Luftbläschen statt, die springbrunnenartig emporgeschleudert wurden. Der Druck der sich selbst überlassenen Pumpe sank in 1^h 48′ von 1,5 Atm. auf 1 Atm.

In gleicher Weise wurde eine in radialer Richtung heraus- 17.
geschnittene Lamelle behandelt. Ueberdruck 1,5 Atm. Der Druck sank in 4^h von 1,5 Atm. auf 0,25 Atm.

Vergleichen wir beide Resultate mit einander: Wenn in No. 16 der Druck von 1,5 Atm. auf 1 Atm. in 1^h 48′ sinkt, so ergiebt das auf 0,25 Atm. 54′, also würde es 5.54′ dauern, bis

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0357-2

der Druck von 1,5 auf 0,25 Atm. gesunken sein würde, das heisst 270′ = 4h 30′, wobei noch nicht berücksichtigt ist, dass mit sinkendem Druck die Schnelligkeit des Durchgangs beständig abnimmt, diese Zeitangabe also noch eine nicht unbedeutende Erhöhung erfahren müsste. Daraus folgt, dass die Luft die Lamelle in radialer Richtung langsamer passirt als in tangentialer, ein Resultat, das von vornherein zu erwarten ist, da sich in tangentialer Richtung die Poren der Radialwände als leichter passirbare Wege darbieten.

18. Eine Lamelle wurde aus einem Zweige von *Pinus Laricio* so herausgelöst, dass sie das Cambium mit den angrenzenden Gewebeschichten enthielt. Dicke der Lamelle durchschnittlich 1,2 mm.; Apparat etc. durch Fig. 2 gekennzeichnet. Der Druck wurde während des Versuches konstant auf 1,5 Atm. gehalten. In 2h 8′ traten aus 44 ccm.

19. Derselbe Versuch wiederholt bei nur einer Atmosphäre Druck. Es traten aus in 3h 6′ 44 ccm.

Berechnet man die Werte für die Schnelligkeit des Durchganges, S, so sind sie 220 und 227,096, geben also eine ganz befriedigende Uebereinstimmung. Lassen sich diese Resultate auch nicht direkt und genau mit den unter 16 und 17 erhaltenen vergleichen, so zeigen sie doch, dass die Luft das Cambium schwerer passirt als die übrigen Gewebe, denn die unter 18—19 angegebenen Zahlen bedeuten bei den Dimensionen der Kompressionspumpe ein langsameres Sinken des Druckes als dies bei 16—17 der Fall ist.

20. In späterer Zeit wurde auch ein Versuch mit einer tangential aus dem Holz herausgeschnittenen Lamelle von *Pinus silvestris* angestellt, den ich hier gleich anreihen will. Apparat der durch Fig. 5 dargestellte; Quecksilber von b—b_1. Unter dem Recipienten der Luftpumpe bei $^1/_4$ Atm. Druck fand der Ausgleich in 2′—3′ statt. Der Schnitt hatte eine Dicke von 0,6 mm.

Es wurden nun verschiedene Versuche gemacht, die Luft durch längere Holzpfrope hindurchzupressen.

21. So wurde z. B. in die Oeffnung c des Rohres M (Fig. 5) ein 5,5 cm. langer lufttrockener Pfropf von *Pinus silvestris*, dessen Längsrichtung mit der Baumaxe übereinstimmte, genau eingepasst und derart verkittet, dass nur die Querschnittsflächen frei blieben. Im Recipienten wurde eine Luftverdünnung von 20—24 mm. Quecksilberdruck hergestellt (also circa $^1/_{38}$ Atm.). Das

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0358-8

Quecksilber im Schenkel s fiel augenblicklich. Um Sicherheit darüber zu erlangen, ob etwa im Verschluss ein Mangel wäre, wurde nun auch die obere Querschnittsfläche mit Kitt überzogen und das Experiment wiederholt. In 20′ der Beobachtung trat jetzt keine Veränderung ein. Aus der Schnelligkeit, mit der das Quecksilber fiel, ist zu schliessen, dass offene Tracheidenstränge im Holze vorhanden waren.

Um diese zu vermeiden, wurden die Pfropfe grösser gewählt. 22.
Zwei gleichzeitig benutzte bildeten Parallelepipeden von 11,25 : 1,3 : 0,66 cm. Seitenlänge; ihre Längsrichtung war wieder die axiale. Der eine wurde im Trockenkasten bei 100° C., der andere in einem mit Wasserdunst gesättigten Raum behandelt, bis die Wägungen ergaben, dass der erstere absolut trocken, der letztere absolut feucht war. Die Enden zweier dünner Glasröhren von 2 mm. innerem Durchmesser (c der Fig. 6) wurden zu feinen Spitzen ausgezogen, deren kapillare Endigungen aber entfernt wurden. Diese Spitzen wurden in die beiden Pfropfe (d) circa 3 mm. weit eingeführt. Darauf wurde mit dem heissen Kolophonium-Wachs-Kitt alles sorgfältig verkittet bis auf die gegenüberliegenden Querschnittsflächen (q). Die feineren Glasröhren selbst wurden in weitere (b) eingeführt und luftdicht mit diesen verbunden. In beiden Fällen stand das Quecksilber von $a—a_1$. Im Recipienten der Luftpumpe wurde circa $^1/_5$ Atm. Druck erzeugt. In beiden Fällen aber folgte das Querksilber unmittelbar von dem Augenblick an, da der Druck im Recipienten dem der Quecksilbersäule $a—a_2$ gleichgekommen war. Beide Pfropfe, sowohl der absolut trockene als der absolut feuchte, verhielten sich wie zwei offene Glasröhren. Um auch hier über die Güte des Verschlusses Sicherheit zu erlangen, wurden beide Querschnittsflächen verkittet und das Experiment wiederholt. Beim gleichen Druck zeigte sich durch 1^h 30′ keine Wirkung. Nachdem nun wieder gleiche Stücke (circa 4 mm.) abgesägt waren, folgte das Quecksilber bei der Versuchswiederholung sofort in das Rohr c nach. Es bleibt also auch hier nichts weiter übrig, als offene Tracheidenstränge von 1 dcm. Länge anzunehmen.

Zwei cylindrische Pfropfe von je 22,5 cm. Länge und 0,75 23.
cm. Durchmesser wurden wie die des vorigen Versuches behandelt. Die Cylinderflächen wurden verkittet, aber beide Querschnittsflächen blieben frei. Das eine Ende wurde dann einer U-förmigen Glasröhre (G_1, Fig. 7) eingepasst, deren einer Schenkel AA_1 110 cm., deren anderer BB_1 80 cm. Länge hatte.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0359-6

Auf das andere Ende wurde ein Glasrohr (G_2) aufgepasst, dessen Biegung aus der Figur ersichtlich ist und das bei E zugeschmolzen war. Die Verbindungsstellen wurden sorgfältig verkittet. In G_2 stand Quecksilber von b—b_1. Dann wurde vermittelst eines aufgekitteten Trichters in G_1 Quecksilber gegossen. Der geringste durch die Säule a—a_1 erzeugte Ueberdruck äusserte sich im selben Augenblick durch eine entsprechende Niveauveränderung c—c_1 im Rohre G_2. Um auch hier die Güte des Verschlusses zu prüfen, wurde der Apparat bei einem Ueberdrucke von 0,75 Atm. sich durch 17^h selbst überlassen und zeigte danach keine Veränderung, ein Beweis der überall guten Verkittung. Der absolut feuchte und der absolut trockene Pfropf zeigten auch hier keinen Unterschied in ihrem Verhalten. Man ist also auch hier zu der Annahme genötigt, dass offene Tracheidenstränge vorhanden sind, die dann also 22,5 cm. Länge haben.

24. Die Länge des Pfropfes wurde noch mehr vergrössert und zwar wurde er bei einem Radius von 0,3 cm. 44,5 cm. lang gemacht. Der Pfropf wurde ringsum mit Ausschluss der Querschnittsflächen verkittet. In ein kurzes vertikales Ansatzrohr der Pumpe (M, Fig. 8) wurde ein ebenfalls kurzes Glasrohr und in dieses der Propf gekittet, auf dessen anderes Ende wurde das Glasrohr G_2 luftdicht aufgesetzt. Ursprünglicher Stand des Quecksilbers a—a_1. In drei Versuchen ergab sich der Ausgleich bei einem angewendeten Ueberdrucke von $^1/_2$ Atm. in circa 3'. Dies lässt darauf schliessen, dass hier durchgehende offene Tracheidenstränge nicht mehr vorhanden sind, dass aber die Zahl der etwa passirten Membranen sehr gering sein muss.

Mit Rücksicht auf die ungünstigen Erfahrungen anderer Experimentatoren, wie auch veranlasst durch die eigenen negativen Resultate der Versuche 21—24, wurde von nun an sowohl darauf verzichtet, Lamellen zu benutzen, wie auch überhaupt Luft durch grössere oder kleinere Pfropfe hindurchzupressen. Denn bei dem Vochandensein von offenen Tracheidensträngen, Intercellularräumen[1]) und Harzgängen ist man bei diesem Verfahren nie sicher, ein brauchbares, einwandfreies Resultat zu erhalten, wenn man sich auch noch so sehr bemüht, alle störenden Einflüsse durch sinnreiche Anstellung der Versuche und durch scharfsinnige Betrachtung und Abwägung der Resultate

[1]) „Es sind nämlich Intercellulargänge im Holz der Coniferen sehr weit verbreitet, nicht nur zwischen Tracheiden und Markstrahlen (in horizontaler Richtung), sondern auch zwischen Tracheiden (in vertikaler Richtung)." Russow, l. c. p. 102.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0360-7

zu eliminiren. Ich griff daher auf Anraten des Herrn Prof. Schwendener zu einer anderen Methode, die mich von dem Vorhandensein störender Einflüsse der angegebenen Art vollständig unabhängig machte. Sie bestand eigentlich nur in einer kleinen Modification: statt Luft durch die Pfropfe hindurchzupressen, wurde Luft hinein- resp. herausgepresst, das heisst, die Luft im Innern der Pfropfe wurde entweder komprimirt oder verdünnt. Selbstverständlich wird bei der Schätzung oder Berechnung des Grades dieser Verdichtung oder Verdünnung auch jenes Quantum Luft mitgerechnet, welches auf eventuell vorhandene offene Tracheidenstränge, Intercellularräume, Harzgänge entfällt, und welches dennoch Membranen nicht passirt hat. Aber im Vergleich zu allen Räumen eines Propfes ist der Inhalt der oben angeführten so verschwindend klein, dass wir, wenn sonst nur das aus- resp. eingetretene Luftquantum von Bedeutung ist, jene ruhig ausser Berücksichtigung lassen dürfen. Diese Versuche wurden teils mit Hülfe der Kompressions- teils mit der Luftpumpe ausgeführt.

Das vertikale Ansatzrohr der Kompressionspumpe wurde 25.
luftdicht verschlossen, indem statt der durchbohrten Metall- und Lederscheiben volle in Anwendung kamen. In das Rohr hinein kam ein lufttrockener, cylindrischer Pfropf aus dem Holze von *Pinus silvestris*, mit welchem überhaupt von nun an beständig gearbeitet wird. Der Ueberdruck wurde konstant auf 2 Atm. erhalten. Nach 2 Tagen wurde der Pfropf herausgenommen und in einem mit Wasser gefüllten und umgestürzt in solchem stehenden Glascylinder eingeführt (Fig. 9). War nun Luft in den Pfropf eingetreten, so muss dieselbe darin verdichtet sein und muss sich nun mit der atmosphärischen ausgleichen. In der That fand ein lebhafter Austritt von Gasbläschen statt. In der Fig. giebt a den Pfropf an, oben hat sich schon etwas Luft angesammelt.

Statt eines Pfropfes wurden deren drei in das Ansatzrohr 26.
gebracht. Zwei derselben waren von gleicher Grösse, circa 3 ccm. bei ungefähr 8 cm. Länge, und aus demselben Stück Holz hergestellt. Der eine von ihnen war lufttrocken, der andere feucht gemacht durch $^1/_2$ stündiges Liegen im Wasser. Der dritte war grösser als diese und ebenfalls feucht gemacht. Der Ueberdruck wurde konstant auf 2,5 Atm. erhalten und die Kompresion dauerte zwei Tage. Danach wurden sie mit möglichster Schnelligkeit herausgenommen und in je einem Cylinder der Probe unterworfen. Aus dem feuchten Pfropf fand ein leb-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0361-3

hafterer, schneller eintretender, länger anhaltender Austritt von Luftblasen statt als aus dem trockenen. Aus dem grösseren feuchten Pfropf trat das grösste Quantum Luft aus.

27. Wiederholung des vorigen Versuches. Der Ueberdruck war anfangs 4 Atm., sank aber in den 67h der Kompression auf schliesslich 3 Atm., betrug also im Mittel 3,5 Atm. Was die beiden gleichen Pfropfe anbetrifft, so waren ausgetreten:

nach	6′	aus dem	trockenen	Pfropf	0,25	ccm.,	aus dem	feuchten	1	ccm.
„	25′	„	„	„	„ 0,25	„	„	„	„ 1,5	„
„	1h	„	„	„	„ ca. 0,37	„	„	„	„ 2,4	„
„	4h	„	„	„	„ knapp 0,5	„	„	„	„ 2,5	„

Der stärkere ebenfalls feuchte Pfropf wurde unmittelbar nach der Herausnahme aus dem Rohre in der Mitte durchgeschnitten und so geprüft. Es fand allenthalben ein lebhafter Austritt von Gasblasen statt. Derselbe liess zuerst an den Halbirungsflächen nach, während die Endflächen, wie auch die Cylinderflächen noch etwas länger thätig waren. Dieser Versuch lässt darauf schliessen, dass im Centrum des Pfropfes ein vollständiger Ausgleich der Luft mit der umgebenden der Kompressionspumpe noch nicht stattgefunden hatte, sonst würde dort nicht der Austritt der Bläschen früher aufgehört haben als an den anderen Flächen.

Es erhellt aber ferner aus diesen Versuchen, dass viel mehr Luft in die feuchten Pfropfe eintritt als in die trockenen, dass also auch die Membranen der feuchten Pfropfe viel permeabler sein müssen als die der trockenen. Dazu kommt ferner, dass sich hier nicht absolut trocken und absolut feucht gegenüberstehen, sondern nur lufttrocken und angefeuchtet.

Bei allen diesen Versuchen ist zu beachten, dass der stärkste Austritt der Luft anfangs statt hat, dass also in der Zeit von der Herausnahme des Pfropfes aus dem Rohre bis zur Unterbringung in den Cylinder ein erhebliches Quantum Luft verloren geht. Uebrigens wurde stets der trockene Pfropf zuerst in den Cylinder gebracht, und dadurch das Resultat etwas zu seinen Gunsten verändert und beeinflusst.

Mit diesen Versuchen parallel gingen die, die eine Luftverdünnung herbeiführten.

28. Ein Pfropf, von 3,5 ccm. Volumen, der durch diese Grössenbestimmung in Wasser etwas feucht war, wurde unter dem Recipienten der Luftpumpe einem Druck von 20 mm. Quecksilber ausgesetzt (das heisst, die Luft war auf $^1/_{38}$ Atm. verdünnt). Dauer des Experimentes nur 1h. Darauf kam er (c, Fig. 10)

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0362-9

in ein passendes Glasrohr, das an seinem oberen Ende ausgezogen und zugeschmolzen war. In dieser Verengung wurde er festgeklemmt, und nun vermittelst eines Statives das Glasrohr mit der offenen Seite nach unten genau vertikal in Wasser getaucht, das mit Eosin rot gefärbt war. Die Luft in der Röhre verhinderte den Eintritt der Flüssigkeit, die also anfangs bei a steht. Die Festklemmung des Pfropfes an der Spitze geschah in der Absicht, das Aufsaugen von Wasser durch den Pfropf zu verhindern. War nun aber unter dem Einfluss der Druckdifferenz unter dem Recipienten Luft aus dem Pfropf ausgetreten, so musste sie nun wieder aufgenommen, das Volumen der Luft in der Glasröhre musste also gemindert werden. Dann aber musste auch das Wasser in dem Rohre steigen. In der That stieg dasselbe im Verlauf eines Tages bis zur Marke b, und Messungen ergaben, dass der Pfropf 0,33 ccm. Luft aufgenommen hatte. Rechnet man auf die Lumina die Hälfte des gesammten Volumens, so sind also circa 20 % des Volumens der Lumina aufgenommen worden, die also vorher ausgetreten sein mussten, derart, dass die Luft auf $^4/_5$ Atm. verdünnt gewesen sein muss, und dies bei einer Dauer des Experimentes von nur 1h.

Dasselbe Experiment. Der auch etwas feuchte Pfropf hatte 29.
ein Volumen von 3,75 ccm. und befand sich während eines Tages unter dem Recipienten. Druck von 20 mm. Quecksilber an, war aber bedeutend gestiegen, so dass die Druckdifferenz sich stetig verminderte. Die Probe wurde wie im vorigen Versuche angestellt. Der Pfropf nahm auf 0,8 ccm. Luft oder 44 % der Lumina, so dass die Luft im Pfropf auf 0,56 Atm. verdünnt gewesen sein muss.

Wiederholung dieser Versuche. Pfropfvolumen 3 ccm. 30.
Da aber diesmal die Volumbestimmung in trockenem Quecksilber vorgenommen wurde, so war der Pfropf lufttrocken. Druck anfänglich 26 mm. Quecksilber, hält sich aber bedeutend konstanter als in Nr. 24—25. Dauer des Experimentes 19h. In der Probe nahm der Pfropf auf während eines Tages 0,37 ccm., das ist 25 %, die Luft im Pfropf muss also auf 0,75 Atm. verdünnt gewesen sein. Das ist zwar mehr als in Nr. 28, aber dort ist die Zeitdauer nur 1h, hier 19h. Er ist aber auffallend weniger als in Nr. 29, wo allerdings das Experiment 5h länger dauerte, dafür aber die Druckdifferenz bedeutend abgenommen hatte. Ausserdem ist auch in diesem Falle der

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0363-5

Unterschied nicht absolut trocken und absolut feucht, sondern nur lufttrocken und angefeuchtet.

31. Ein Pfropf, der circa eine halbe Stunde in Wasser gekocht war und ein lufttrockener wurden zugleich unter den Recipienten gebracht. Dauer des Experimentes einen Tag. Druck von 22 auf 134 mm. Quecksilber, im Mittel also 78 mm., das ist ungefähr $^1/_{10}$ Atm. Alsdann wurde jeder besonders der Prüfung unterzogen: In zwei Tagen nahm der nasse Pfropf auf 1,1 ccm., der trockene 0,55 ccm. Luft. Dabei war das Volumen des ersteren 3 ccm., das des letzteren 3,5 ccm. Wäre das des letzteren auch nur 3 ccm. gewesen, so wären nur 0,47 ccm. Luft eingetreten. Das ergiebt für den feuchten Pfropf 73 % der Lumina, für den trockenen 31 %. Die Luft muss also im ersteren auf 0,27 Atm., im letzteren auf 0,69 Atm. verdünnt gewesen sein, bei einer mittleren Luftdichtigkeit im Recipienten von 0,1 Atm.

32. Ein Pfropf, der lange Zeit in unmittelbarer Berührung mit der heissen Ofenwand gelegen hatte, sich also in seinem Wassergehalte dem absolut trockenen Zustande nähern musste, wurde in der Luftpumpe durch 19h einem Druck von 30 mm. Quecksilber ausgesetzt. In der Probe nahm der Pfropf auf 0,47 ccm. Luft, bei einem Eigenvolumen von 2,5 ccm., Zelllumina also etwa 1,25 ccm. Daraus berechnet sich der Wert der Dichtigkeit im Pfropf am Schluss des Experimentes auf 0,62 Atm., bei 0,04 Atm. im Recipienten!

Also auch aus der Versuchsreihe 28—32 geht wiederum mit Evidenz hervor, dass Membranen um so mehr permeabel sind, je höher der Grad ihrer Imbibition mit Wasser ist.

33. Zwei gleiche Pfropfe, deren einer 4h in Wasser gelegen hatte, deren anderer lufttrocken war, wurden wie früher in der Kompressionspumpe behandelt. Uebrdruck durch 7 Tage 19h von 5 Atm. herab auf 2,5 Atm., darauf durch weitere 6 Tage von 4,7 Atm. auf 2,9 Atm., im Ganzen also 14 Tage bei einem mittleren Ueberdruck von 3,8 Atm. Da die Pfropfe sich bei der Herausnahme im Rohre festgeklemmt zeigten, so dauerte die Uebertragung in die Cylinder ziemlich lange, und ein bedeutendes Quantum Luft muss vor der Pfrüfung ausgetreten sein. Dieselbe ergab daher auch ungewöhnlich kleine Quanta. In den ersten 40′ waren je 0,5 ccm., in 1h 52′ je 1 ccm. ausgetreten; also beide Pfropfe hatten gleiche Volumina austreten lassen. Das würde ein Resultat sein, welches mit den bisherigen nicht

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0364-0

übereinstimmt, welches also deren Sicherheit abschwächen würde. Aber nur scheinbar. In Wirklichkeit klärt sich diese Erscheinung mit Leichtigkeit auf. Denn, ganz abgesehen davon, dass in vierzehn Tagen der feuchte Pfropf viel von seinem Wassergehalt verloren, der luftrockene aber gemäss des sich daraus ergebenden hohen Wassergehaltes der Luft in dem ja nur engen Rohre vieles Wasser aufgenommen haben muss, beide also schliesslich sich in ihrem Wassergehalte bedeutend näher kommen mussten als die früheren Pfropfe, sind die Bedingungen auch sonst nicht mit den früheren gleichartigen Experimenten übereinstimmend. In Experiment 27 ist der Thatsache Erwähnung gethan, dass der stärkere Pfropf, nachdem er durch 67h einem Ueberdruck von 3,5 Atm. ausgesetzt war, beim Halbiren Luftbläschen allenthalben austreten liess. Der Druckausgleich hatte also bis in das Centrum hinein sich geltend zu machen begonnen, war aber noch nicht vollendet, denn der Austritt hörte hier bereits auf, während er an den übrigen Flächen noch andauerte. Daraus ist zu schliessen, dass bei den dünneren Pfropfen, die einem höheren Ueberdrucke 331h, der fünffachen Zeit also, ausgesetzt waren, der Ausgleich im trockenen wie im feuchten Zustaude vollständig beendet war. Nun aber waren sie ausserdem in ihrem Wassergehalte einander näher gerückt, und wenn sie nun in das Wasser der Cylinder kamen, so dürfte ein namhafter Unterschied zwischen beiden kaum bestanden haben, und so erklärt es sich mit Leichtigkeit, dass beide Pfropfe gleiche Quanta Luft in gleichen Zeiten austreten liessen.

Zwei Pfropfe wurden wieder aus demselben Stück Holz 34.
geschnitten, dieselben waren je 8 cm. lang und wurden durch genaue Wägungen auf gleiches Gewicht gebracht. Der eine kam bei 98—100° C. in den Trockenkasten, der andere in die Feuchtkammer, wo sie blieben bis sie Verluste resp. Zunahmen an Gewicht nicht mehr aufwiesen. Der trockene wog dann 1,12 gr., der feuchte 1,5 gr. Darauf kamen sie zugleich in das Rohr der Kompressionspumpe. Durch 2 Tage verschiedenen Ueberdrucken, im Durchschnitt 2 Atm., ausgesetzt, gab darauf der trockene 0,3 ccm., der feuchte 1 ccm. Luft ab. Dieser Unterschied wird noch grösser, wenn man in Erwägung zieht, dass beim feuchten Pfropf die Lumina durch die Imbibition der Membranen kleiner sind als beim trockenen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0365-6

Wenn nun auch die bisher angeführten Experimente keinen Zweifel mehr daran liessen, dass einmal die Membranen der Tracheiden für Luft permeabel sind, und dass sie zweitens im imbibirten Zustande einen höheren Grad der Permeabilität besitzen als im trockenen, so war es doch wünschenswert, eine Methode ausfindig zu machen, die gestattete, die Volumina der in den Pfropf hinein-, resp. aus demselben herausgetretenen Luftmengen direkt abzulesen oder wenigstens genau zu berechnen. Dieser Anforderung glaube ich mit folgender Art der Versuchsanstellung Genüge zu leisten:

Ein Glasrohr mit sehr starken Wänden wurde, wie die Fig. 11, G, erläutert, viermal rechtwinklig gebogen. In den Schenkel s desselben wurde ein cylindrischer Holzpfropf von solchem Querschnitt eingeführt, dass er bequem hin und her gleiten konnte. Zuerst wird er bei g festgehalten und darauf die Spitze z zugeschmolzen. Nach der Abkühlung lässt man ihn nach z hin gleiten, wo er für die Dauer des Versuches festgehalten werden muss.[1]) Nun wird in das Rohr eine Flüssigkeit gegossen und dadurch im Schenkel s ein bestimmtes Volumen Luft abgeschlossen. Lässt man nun auf das Niveau a einen Ueberdruck wirken, so wird die Flüssigkeit in s steigen und die Luft in diesem Schenkel wird komprimirt werden. Nun nimmt der Pfropf ein gewisses Quantum Luft auf, um die Druckdifferenz auszugleichen. In Folge davon steigt die Flüssigkeit in s wiederum. Ist der Schenkel s mit einer Skala versehen, so hat man nur die betreffenden Ablesungen zu machen, und es gelingt mit Hülfe einiger Rechnungen, wie ich sie unten durchgeführt habe, unter Berücksichtigung der vorhandenen Luftdichtigkeit das genaue Luftquantum, welches in den Pfropf eingetreten ist, zu ermitteln.

35. Der benutzte Propf P war lufttrocken, war aber, da als abschliessende Flüssigkeit Wasser benutzt war, feucht geworden, wie er denn überhaupt während des ganzen Versuches von einem dünnen Flüssigkeitsmantel umgeben war. Das

---

[1]) Zu diesem Zwecke hatte ich das Rohr hier beim Zuschmelzen etwas verengert. Ein kleines Bleigewicht, das bequem in der Röhre hin und her glitt und so kurz war, dass es auch die Biegungen passiren konnte, wurde an einem langen Faden befestigt und von dem offenen Ende aus in den Schenkel s eingeführt. Wird nun g nach oben, z nach unten gehalten, so kann man durch häufiges Niederfallenlassen des Gewichtchens den Pfropf bei z festklemmen. Danach natürlich entfernt man das Gewichtchen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0366-2

offene Ende der Glasröhre G wurde mittelst feinen Siegellackes in das vertikale Ansatzrohr M der Kompressionspumpe eingekittet. Volumen des Pfropfes 1,75 ccm. Ueberdruck $2^1/_8$ Atm. Unter dessen Wirkung nahm die Wassersäule, die ursprünglich von $a—a_1$ reichte, die Stellung $b—b_1$ ein. Nach Verlauf von 2,5 Tagen ist das Niveau $c—c_1$; nach den Notirungen ist der Cylinder mit der Höhe $\overline{b_1\ c_1} = 0{,}5$ ccm., also hat der Pfropf 0,5 ccm. Luft von einer Dichtigkeit, die grösser ist als 1 (ungefähr 3 Atm.) aufgenommen. Rechnet man auf die Lumina des Pfropfes die Hälfte seines Gesammtvolumens, also 0,9 ccm., dann war nach diesen 2,5 Tagen, vorausgesetzt, dass das Gas im Pfropf überall gleiche Dichtigkeit hatte, in diesem der Druck grösser als 1,6 Atm., um ihn herum $3^1/_8$ Atm. Wird dann das Glasrohr abgenommen, so sinkt das Wasser bis zu einer Marke d_1, um nach einigen Tagen wieder die Marke a_1 zu erreichen.

Der Pfropf, der noch vom vorigen Experiment feucht war, 36.
gab während dieses Versuches reichlich Wasserdampf ab, der sich am Glasrohr niederschlug. Ueberdruck $2^1/_4$ Atm. In 100h stieg das nun benutzte Quecksilber um 1,2 cm. Nach Abnahme des Rohres, wenn also aussen normaler Druck herrscht, sank das Quecksilber bis zu der Marke d_1, sodass $a_1\ d_1 =$ 1,9 cm., um im Verlauf einiger Tage nach a_1 zurückzukehren. In den Pfropf eingetreten waren 0,15 ccm. von einer Dichtigkeit, die circa 3 Atm. betrug, das wären als ungefähr 0,45 ccm. von der Dichtigkeit 1. Bei 0,9 ccm. der Lumina gäbe das eine Dichtigkeit von 1,5 Atm. innerhalb derselben bei ungefähr 3 Atm. um den Pfropf. Dass der Cylinder $b_1\ c_1 < a_1\ d_1$ ist, erklärt sich daraus, dass bei dem Stande d_1 die Dichtigkeit der Luft geringer war, als bei c_1. Auffallen könnte es, dass das bei diesem Versuche aufgenommene Luftquantum bei günstigen Umständen dennoch kleiner war als im vorigen Versuche. Doch findet dies seine Erklärung darin, dass der vorige Versuch begonnen wurde kurz nachdem der Pfropf befeuchtet war, die Membranen imbibirten sich wohl, aber die Lumina füllten sich nicht so bald mit Wasser an. Zwischen beiden Versuchen lag nun ein Zeitraum von 14 Tagen, während dessen der Flüssigkeitsmantel um den Pfropf nicht verschwand. In dieser Zeit füllten sich wenigstens die Lumina der peripherischen Zellen mit Wasser an und bei dem neuen Versuche waren eine Reihe Zellen weniger für die Aufnahme der Luft bereit. Da sich nun das

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0367-8

eingetretene Luftquantum nur auf den Rest verteilte, musste sich in diesen die Dicktigkeit der Luft beträchtlich höher stellen als 1,5 Atm. Ferner wirkt auch noch das Wasser in den Zellen hemmend auf den Gasdurchgang ein, was bei Luft nicht der Fall gewesen wäre.

Diese beiden Versuche waren mehr vorbereitender Art und dienten dazu, überhaupt einen Einblick zu bekommen, in welcher Weise die Methode sich bewährte, und wie sie am praktischsten gehandhabt würde.

In der Folge wurden je zwei Pfropfe aus dem gleichen Holz von gleichem Volumen und Gewicht hergestellt. Beide kamen dann in den Trockenkasten, wo sie bei einer Temperatur von 98—100° C. bis zur absoluten Trockenheit verblieben. Dann kam der eine in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum und blieb hier bis zur vollen Imbibition. Ueber die Erreichung dieser Zustände unterrichteten häufig vorgenommene genaue Wägungen. Dieselbe Methode ist schon vorher bei einigen Experimenten angewendet worden. Zwei gleiche Pfropfe wurden, um sie von den übrigen zu unterscheiden, mit einem gemeinsamen Buchstaben versehen, dem, zur Unterscheidung von einander, die Indices 1 oder 2 angehängt wurden, wobei 1 den feuchten, 2 den trockenen Pfropf bedeutete. So sind zum Beispiel A_1 und A_2 zwei im lufttrockenen Zustande gleich grosse und schwere Pfropfe, die nach der oben angegebenen Art behandelt sind, und von denen A_1 absolut feucht, A_2 absolut trocken ist. Der Bequemlichkeit wegen werde ich in der Folge diese Bezeichnungen auch hier anwenden. Die Beobachtungen in den folgenden Experimenten wurden mit grösster Genauigkeit angestellt, ebenso die sich anschliessenden Rechnungen, um zu zeigen, wie man bei dieser Methode zu einem ganz exakten Resultat gelangen kann, das dann auch sichere Schlüsse auf die Vorgänge im Pfropf erlaubt.

Apparat wie in 35 und 36. Pfropf A_1, derselbe wog 1,365 gr.
37. musste aber, um in das Rohr hineingebracht werden zu können, verkleinert werden; in diesem Zustande wog er 1,14 gr. Auch hier bedeutet $a—a_1$ den ursprünglichen und schliesslichen Stand des Quecksilbers, $b—b_1$ den, zu welchem es in Folge des Ueberdruckes gelangt, $c—c_1$ den, welchen es in Folge der Luftaufnahme seitens des Pfropfes einnimmt, und $d—d_1$ denjenigen, auf den es bei wiederhergestelltem äusseren normalen Druck zurücksinkt. Es bedeutet ferner P das Volumen des Pfropfes, T die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0368-3

Dauer des Experimentes, G das Gewicht des Pfropfes und r den inneren Radius der Glasröhre. Schon bei dem Stande $a—a_1$ des Quecksilbers ist der Druck im Schenkel s nicht mehr normal, die Luft ist schon ein wenig verdichtet. Es braucht dies aber nicht weiter berücksichtigt werden, da sofort nach Auffüllung des Quecksilbers auch ein Ueberdruck mittelst der Pumpe erzeugt wird. Nun aber ist $b—b_1$ der Stand des Quecksilbers. Die Dichtigkeit der Luft ist natürlich wieder grösser geworden, sie möge im Folgenden mit x bezeichnet sein. Die Dichtigkeit sodann, die beim Stande $c—c_1$ da ist, werde x_1 genannt. Ferner sei M der Stand des Manometers, das heisst die Anzahl der wirksamen Atmosphären Ueberdruck und B der des Barometers in cm., den ich hier allerdings immer = 76 annehme. Dann sind die Gleichungen des Gleichgewichtes

beim Stande $b—b_1$:

$$1 + M + \frac{b\,g}{B} = x + \frac{b_1\,g}{B}$$

beim Stande $c—c_1$:

$$1 + M + \frac{c\,g}{B} = x_1 + \frac{c_1\,g}{B}$$

und es berechnet sich

$$x = 1 + M - \frac{1}{B}\,(b_1\,g - b\,g)$$

$$x_1 = 1 + M - \frac{1}{B}\,(c_1\,g - c\,g)$$

Für diesen speciellen Fall waren folgende Beobachtungen gemacht:

M = 2,17 Atm.	P = 2 ccm.	b g = 10 cm.
T = 3 Tage	r = 0,35 cm.	c_1 g = 23 cm.
G = 1,14 gr.	b_1 g = 21,5 cm.	c g = 8,5 cm.

Diese Werte eingesetzt folgen

$$x = 3{,}01868 \qquad x_1 = 2{,}9792$$

Wenn nun beobachtet worden war, dass das Quecksilber von b_1 auf c_1 gestiegen war, so musste ein Quantum Luft

$$= \overline{b_1\,c_1}\,r^2\,\pi = 0{,}5773 \text{ ccm.}$$

verdrängt worden sein. Beim Beginn dieser Verdrängung war die Dichtigkeit dieser Luft = x, bei der Marke $c_1 = x_1$. Man wird also für diese Luft am besten die mittlere Dichtigkeit $\frac{x + x_1}{2}$ anzunehmen haben, besonders da x sich nur wenig von x_1 unterscheidet. Es ist aber

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0369-2

$$\frac{x + x_1}{2} = 2{,}99894.$$

Danach also waren eingetreten

$$0{,}5773 \text{ ccm. von der Dichtigkeit } \frac{x + x_1}{2}$$

$$= 0{,}5773 \frac{x + x_1}{2} \text{ ccm. von der Dichtigkeit 1.}$$

$$= 1{,}7312 \text{ ccm. von der Dichtigheit 1.}$$

Da nun, nachdem die Marke c_1 erreicht war, ein merkliches Steigen des Quecksilbers nicht mehr wahrgenommen werden konnte, so wird die Marke, bei der die Spannung der Luft im Pfropf gleich der der umgebenden Luft gewesen sein würde, nur unwesentlich höher als c_1 gelegen haben. Ohne grossen Fehler kann man also annehmen, c_1 wäre selbst dieser höchste Stand gewesen. Dann würde x_1 die Dichtigkeit beim Spannungsgleichgewicht sein, und es gälte Folgendes: Anfangs war im Pfropf Luft von der Dichtigkeit 1, ausserhalb von der Dichtigkeit x. Um innen die Dichtigkeit x_1 zu erzeugen müssen $\frac{P}{2}$ Volumina — wobei wieder das halbe Pfropfvolumen auf die Lumina gerechnet wird — von der Dichtigkeit $x_1 = 1$ eintreten, oder $\frac{P}{2}$ $(x_1 - 1)$ Volumina von der Dichtigkeit $1 = 1{,}9792$ ccm. Da 1,7312 ccm. eingetreten sind, so folgt in der That, dass der Ausgleich nicht mehr ferne lag.

Was die Spannung der Luft im Pfropfe anbelangt, so ist darüber Folgendes zn sagen: Da die Lumina $\frac{P}{2} = 1$ ccm. betrugen, so war

im Pfropf enthalten	1	ccm.	Luft von der Dichtigkeit 1
von aussen traten ein	1,7312	„	„ „ „ „ „
also sind in $\frac{P}{2}$ =			
1 ccm. Zellräumen enthalten	2,7312	„	„ „ „ „ „

Es sind aber

$$p \text{ ccm. von der Dichtigkeit } 1 = \frac{p}{q} \text{ ccm. von der Dichtigkeit } q$$

$$\text{also } 5{,}7312 \text{ ccm. von der Dichtigkeit } 1 = \frac{2{,}7312}{q} \text{ ccm. von der Dichtigkeit } q.$$

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0370-3

Sollen diese $\frac{2,7312}{q} = \frac{P}{2} = 1$ sein, so ist $q = 2,7312$. Also herrschte in den Zellräumen des Pfropfes durchschnittlich ein Druck von

$$q = 2,7312 \text{ Atm.},$$

während um ihn herum die Dichtigkeit

$$x_1 = 2,9792$$

beträgt.

Dabei war das Gewicht des Pfropfes 1,14 gr., dasselbe betrug aber ursprünglich, vor der Verkleinerung, vor der er ja nur mit A_2 verglichen werden kann, 1,365 gr. Wäre er in diesem Gewicht verwendet worden, so würden wohl, wenn wir das Verhältnis der Gewichte gleich dem der Volumina, und dieses gleich dem der eingetretenen Luftquanta setzen, 2,0729 ccm. Luft von der Dichtigkeit 1 eingetreten sein.

Das Experiment wurde unter denselben Verhältnissen mit 38.
dem Pfropf A_2 vorgenommen, der ein Gewicht $G = 1,08$ gr. aufweist, die Höhe $b_1\ c_1$ wurde gemessen $= 0,7$ cm. und ceteris paribus ergiebt sich

$$1,5 : 0,7 = 1,7312 : y$$
$$y = 0,8079 \text{ ccm.}$$

Hieraus folgt, dass der trockene Pfropf 1,265 ccm. Luft weniger aufgenommen hat als der feuchte. Die Dichtigkeit der Luft im trockenen Pfropf berechnet sich auf

$$q = 1,8079$$
$$\text{gegen oben } 2,7312$$

Da in derselben Zeit, beim selben Druck und Pfropfvolumen der feuchte Pfropf bedeutend mehr Luft aufgenommen hat, so müssen seine Membranen für Luft permeabler sein.

Dasselbe Experiment mit dem Pfropf B_1. Da der ganze 39.
Modus des Experimentes derselbe bleibt, also auch die Betrachtung ihre Gültigkeit bewahrt, so fasse ich mich im Folgenden kurz und verweise für die Einzelheiten auf Nr. 37.

Beobachtungen:

$M = 2$ Atm.	$P = 1,5$ ccm.	$b\ g = 23,5$ cm.
$T = 3$ Tage	$r = 0,35$ cm.	$c_1\ g = 24,3$ cm.
$G = 0,84$ gr.	$b_1\ g = 23,5$ cm.	$c\ g = 22,7$ cm.

Es ergiebt sich

$$x = 3. \qquad x_1 = 2,9789$$
$$\frac{x + x_1}{2} = 2,98947$$

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0371-9

In den Pfropf eingetreten sind

$$\overline{b_1\ c_1}\ r^2\ \pi = 0{,}30788 \text{ ccm. von der Dichtigkeit } \frac{x + x_1}{2}$$

$$= 0{,}9204 \quad \text{„ „ „ „ } 1.$$

Pfropfvolumen = 1,5 ccm., also

in den Zellräumen 0,75 ccm. Luft von der Dichtigkeit 1

von aussen treten ein 0,9204 „ „ „ „ „ „

also sind in $\frac{P}{2} = 0{,}75$

ccm. Zellräumen enthalten 1,6704 „ „ „ „ „ „

das heisst, die Dichtigkeit im Pfropf zum Schluss ist

$$q = 2{,}22272$$

die Dichtigkeit ausserhalb des Pfropfes aber ist

$$x_1 = 2{,}978947.$$

40. Dasselbe Experiment mit B_2 wiederholt. Die Beobachtungen waren wie folgt:

M = 2 Atm.	P = 1,4 ccm.	b g = 20,5 cm.
T = 3 Tage	r = 0,35 cm.	c_1 g = 25,5 cm.
G = 0,685 gr.	b_1 g = 25, cm.	c g = 20, cm.

Es ergiebt sich

$$x = 2{,}94079 \qquad x_1 = 2{,}92763$$

$$\frac{x + x_1}{2} = 2{,}93421.$$

In den Pfropf eingetreten sind

$$\overline{b_1\ c_1}\ r^2\ \pi = 0{,}19242 \text{ ccm. von der Dichtigkeit } \frac{x + x_1}{2}$$

$$= 0{,}56461 \quad \text{„ „ „ „ } 1.$$

Pfropfvolumen 1,4 ccm., also

in den Zellräumen 0,7 ccm. Luft von der Dichtigkeit 1

von aussen traten ein 0,56461 „ „ „ „ „ „

also in $\frac{P}{2} = 0{,}7$ ccm.

Raum sind enthalten 1,26461 „ „ „ „ „ „

oder 0,7 „ „ „ „ „ 1,8065

Also die Dichtigkeit im Pfropf zum Schluss ist

$$q = 1{,}8065$$

aussen herum aber ist sie

$$x_1 = 2{,}92763.$$

Aus diesen beiden Experimenten, wie aus der ganzen Versuchsreihe 37—40 folgt ebenfalls die grössere Permeabilität der imbibirten Membran.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0372-4

An diesen Experimenten lässt sich mit Hülfe der erhaltenen genauen Werte auch der Nutzen der hier allgemein verwendeten Methode darlegen. Es war nämlich oben hingewiesen auf die Fehlerquellen, denen man beim Durchpressen von Luft durch Holzpfropfe ausgesetzt ist, und es war behauptet worden, dass die schädlichen Räume, wie offene Tracheidenstränge, Intercellularräume etc. bei der hier verwendeten Methode des Luft Hinein- resp. Herauspressens nicht ins Gewicht fielen, da sie gegenüber den Gesammthohlräumen eines Pfropfes verschwindend klein seien. Trotzdem wollen wir hier einmal annehmen, sie betrügen insgesammt das halbe Volumen aller Hohlräume, also ein Viertel des Pfropfvolumens; wir wollen ferner, gemäss dem dortigen Stand der Untersuchung von der Permeabilität der Membranen absehen und sie im Gegenteil als impermeabel annehmen. In den vorausgegangenen Versuchen 37—40 wären dann die eingetretenen Luftquanta nicht auf die gesammten Hohlräume, also nicht auf die Hälfte des Pfropfes, sondern nur auf die schädlichen Räume, die wir zu ein Viertel des Pfropfvolumens angenommen haben zu verteilen. Die Dichtigkeit in diesen letzteren würde also doppelt so gross werden, als sie für die Gesammthohlräume berechnet war. So ergeben sich die Werte der nebenstehenden kleinen Tabelle. Aus dieser ist ersichtlich, dass bei den gemachten Voraussetzungen die Dichtigkeit der Luft ausserhalb des Pfropfes noch geringer sein müsste, als die in den schädlichen Räumen. Es wäre nicht nur Ausgleich erfolgt, sondern das Dichtigkeitsverhältnis in sein Gegenteil umgeschlagen. Das aber ist eine Unmöglichkeit, in den schädlichen Räumen kann mit der Umgebung nur Ausgleich erfolgen. Allerdings wird dieser auch mit grosser Schnelligkeit eintreten. Also selbst bei der oben angenommenen grossen Ausdehnung der offenen Tracheidenstränge und Intercellularräume müssten bedeutende Quanta, in 37 fast die Hälfte, in die Lumina der Tracheidenzellen eingetreten sein. Nun aber ist diese Annahme an sich übertrieben, und so kann man sagen, dass der bei weitem grösste Theil der Luft in die Tracheiden-

Nr. des Versuches	Dichtigkeit		Gleichzeitige Dichtigkeit um den Pfropf herum
	für die Gesammthohlräume	für die schädlichen Räume allein	
37	2,731	5,462	2,979
38	1,808	3,616	2,979
39	2,223	4,446	2,979
40	1,807	3,613	2.928

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0373-0

hohlräume gelangt sein, also die Membranen durchsetzt haben wird.

Wie in den Experimenten 35—40 Luftverdichtungen, so werden in den folgenden Luftverdünnungen erzeugt. Das Princip ist daselbe wie oben, auch der Apparat und der Modus des Experimentes: Ein Glasrohr wird U-förmig gebogen, der Pfropf alsdann eingeführt, und nun das Rohr zugeschmolzen. Auch hier wird der Pfropf festgeklemmt. Der ganze Apparat kommt unter den Recipienten der Luftpumpe. Das Quecksilber (Fig. 12) steht anfangs von $a—a_1$. Nun wird die Luft im Recipienten verdünnt, das Quecksilber nimmt in Folge dessen den Stand $b—b_1$ ein. Um den Propf ist nun auch ein luftverdünnter Raum, und es wird in Folge dessen ein Druckausgleich vor sich gehen, der natürlich ein weiteres Sinken des Quecksilbers im Schenkel s nach sich zieht, $c—c_1$. Wird schliesslich im Recipienten der normale Druck wieder hergestellt, so geht das Quecksilber nur bis zur Marke $d—d_1$ zurück. Ein neuer Gasausgleich tritt ein, und nach einiger Zeit stehen die Niveaus wieder auf $a—a_1$. Sei nun Va das Quantum Luft, das beim Stande $a—a_1$ des Quecksilbers sich oben im Schenkel s befindet; seine Spannung werde mit x bezeichnet. Vd sei entsprechend das Quantum Luft gleich nach Beendigung des Versuches, bei der Marke $d—d_1$, die Spannung sei hier x_1. Nun sind

Va ccm. von der Spannung $x = Va \,.\, x$ ccm. von der Spannung 1
Vd „ „ „ „ $x_1 = Vd \,.\, x_1$ „ „ „ „ 1

Es werde definirt:

$$a_1 \, d_1 = q$$
$$Vq = Vd - Va$$

Dann ist

Vd von der Spannung $x_1 = Va \,.\, x_1 + Vq \,.\, x_1$ von der Spannung 1

Aus dem Pfropf müssen also ausgetreten sein

$$V = Va \,.\, x_1 - Va \,.\, x + Vq \,.\, x_1 \text{ von der Spannung } 1$$
$$= Va \,(x_1 - x) + Vq \,.\, x_1 \quad \text{„ „ „ „}$$

Bedeutet B wiederum den Barometerstand, so sind die Gleichungen des Gleichgewichtes in beiden betrachteten Momenten:

$$1) \quad x + \frac{a\,g}{B} = 1 + \frac{a_1\,g}{B}$$

$$2) \quad x_1 + \frac{d\,g}{B} = 1 + \frac{d_1\,g}{B}$$

$$x_1 - x = \frac{d_1\,g - a_1\,g}{B} + \frac{a\,g - d\,g}{B}$$

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0374-6

Nun ist

$$3)\quad a\,g + a_1\,g = d\,g + d_1\,g = p$$

weil ja die Länge der Quecksilbersäule konstant ist.

$$a\,g - d\,g = d_1\,g - a_1\,g = q$$

also folgt

$$x_1 - x = \frac{2\,q}{B}$$

da ferner

$$\begin{array}{r|l} d\,g + d_1\,g = p & \\ d\,g + a_1\,g + q = p & +1 \\ \text{und, s definirend, identisch} & \\ -2\,d_1\,g = -2\,a_1\,g - 2\,q = -2\,s - 2\,q & +1 \\ \hline \end{array}$$

so ist

$$d\,g - d_1\,g = p - 2\,s - 2\,q$$

und da aus 2) folgt

$$x_1 = 1 + \frac{d_1\,g - d\,g}{B}$$

so geht dies über in

$$x_1 = 1 + \frac{2\,s + 2\,q - p}{B}$$

also wird

$$V = \frac{2\,Va\,.\,q}{B} + Vq + Vq\,\frac{2\,s + 2\,q - p}{B}$$

$$= \frac{2\,Va\,.\,q + Vq\,(B + 2\,s + 2\,q - p)}{B}$$

Wie gross war nun schliesslich die Spannung x_2 um den Pfropf? Bei dem beobachteten Stand $c - c_1$ ist die Gleichung des Gleichgewichtes:

$$x_2 + \frac{c\,g}{B} = \frac{c_1\,g}{B} + A$$

$$x_2 = A + \frac{c_1\,g - c\,g}{B}$$

wo A die Dichtigkeit im Recipienten bedeutet.

Alle diese Grössen sind sämmtlich durch Messung zu erhalten, und es lässt sich daraus die Dichtigkeit innerhalb wie ausserhalb des Pfropfes herleiten.

Zuerst wurde in dieser Weise Pfropf C_1 geprüft. Bei diesem 41.
und dem nächstfolgenden Versuche stand das Quecksilber so hoch, dass es den Pfropf umspülte. Die Beobachtungen, bei denen die hier nicht definirten Bezeichnungen dieselbe Bedeutung wie in den vorigen Versuchen haben, waren folgendermassen gemacht:

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0375-2

A = 0,06 Atm.	r = 0,5 cm.	Va = 0,33 ccm.
T = 4 Tage	q = 1, cm.	Vq = 0,7854 ccm.
G = 1,37 gr.	p = 22, cm.	c_1 g = 15, cm.
P = 2,33 ccm.	s = 4,33 cm.	c g = 7, cm.

Setzt man diese Werte in die oben erhaltenen Gleichungen ein so wird

$$V = 0{,}677.$$

Es waren 0,677 ccm. Luft aus dem Propf ausgetreten; da das Volumen des Pfropfes 2,33 ccm., das der Lumina also circa 1,16 ccm. betrug, so waren 0,48 ccm. in dem Pfropf verblieben, 0,48 ccm. von der Spannung 1 = 1,16 ccm. von der Spannung z wo also

$$z = 0{,}4138$$

wird; dies ist also der Grad der im Pfropf erreichten Verdünnung. Ausserhalb des Pfropfes war die Dichtigkeit

$$x_2 = 0,\ 1645.$$

Ein voller Ausgleich hatte also noch nicht stattgefunden, doch war die Verdünnung schon beträchtlich vorgeschritten.

42. Wiederholung mit Pfropf C_2. Beobachtungen:

A = 0,07 Atm.	r = 0,5 cm.	Va = 0,33 ccm.
T = 4 Tage	q = 0,2 cm.	Vq = 0,157 ccm.
G = 1,06 gr.	p = 23, cm.	c_1 g ÷
P = 2 ccm.	s = 4,33 cm.	c g ÷

Ausgetreten waren

$$V = 0{,}13 \text{ ccm.}$$

Da das Volumen des Pfropfes 2 ccm., das der Lumina also 1 ccm. betrug, so blieben im Pfropf

0,87 ccm. von der Spannung 1 = 1 ccm. von der Spannung 0,87

Also die Dichtigkeit im Pfropf war

$$z = 0{,}87$$

gegen 0,414 beim Propf C_1.

43. Wie in den vorigen Versuchen. Pfropf A_1. In diesem und dem folgenden Versuche bleiben die Pfropfe von vornherein frei von Quecksilber. Beobachtungen:

A = 0,05 Atm.	r = 0,5 cm.	Va = 0,6 ccm.
T = 3 Tage	q = 1, cm.	Vq = 0,785 ccm.
G = 1,14 gr.	p = 15, cm.	c_1 g = 11,2 cm.
P = 2 ccm.	s = 1, cm.	c g = 3,8 cm.

Es traten aus dem Pfropf aus

$$V = 0{,}6875 \text{ ccm.}$$

Es verblieben in demselben bei 1 ccm. Zellräumen 0,3125 ccm.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0376-8

Die Dichtigkeit der Luft im Propf war also

$$z = 0{,}3125$$

Die Dichtigkeit der Luft um den Pfropf am Schluss des Experimentes war

$$x_2 = 0{,}1473$$

Hätte nun A_1 noch seine volle Grösse gehabt (siehe bei Nr. 37), so gälte:

$$0{,}6875 : y = 1{,}15 : 1{,}365$$

und es wären

$$y = 0{,}816 \text{ ccm.}$$

Luft ausgetreten; doch wäre die Dichtigkeit im Pfropf wenig beeinflusst worden, da mit Zunahme von G auch P wächst.

44. Wiederholung mit A_2. Beobachtungen:

A = 0,05 Atm.	r = 0,5 cm.	Va = 1,5 ccm.
T = 3 Tage	q = 0,41 cm.	Vq = 0,322 ccm.
G = 1,08 gr.	p = 15, cm.	c_1 g = 13,417 cm.
P = 2 ccm.	s = 1, cm.	c g = 1,517 cm.

Aus dem Pfropf traten aus

$$V = 0{,}2839 \text{ ccm.}$$

und es verblieben in demselben bei 1 ccm. Zellräumen 0,7161 ccm. Das heisst, die Dichtigkeit der Zellluft war gesunken auf

$$z = 0{,}716$$

während die Dichtigkeit um den Pfropf zum Schluss des Experimentes betrug:

$$x_2 = 0{,}2057.$$

Also auch in diesen beiden Experimenten war der Unterschied zwischen dem feuchten und trockenen Pfropf bedeutend.

Als Resultat der letzten Versuchsreihe 41—44 erhalteu wir wieder: Feuchte Membranen sind für Luft permeabler als trockene.

Hiermit bin ich am Schlusse meiner Untersuchungen an pflanzlichen Membranen gelangt. Fassen wir noch einmal die Ergebnisse zusammen.

Untersucht wurden Kork, Lamellen aus den Geweben des Blattes von *Peperomia magnifolia* und Holz in Lamellen von *Pinus Laricio* und Pfropfen von *Pinus silvestris*.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0377-3

1) Es zeigte sich der Kork bei den angegebenen Druckverhältnissen und für die betreffende Zeitdauer in axialer Richtung als impermeabel.

2) Dagegen erwiesen sich die Cuticula von *Peperomia* wie auch die Membranen aller Zellgattungen als permeabel.

3) Ein gleiches Resultat ergab sich für die Membranen der Tracheidenzellen von *Pinus*.

Da nichts dagegen spricht, so nehme ich keinen Anstand, diese Resultate zu verallgemeinern und auf Cuticula, Parenchym- und Holzzellmembranen überhaupt anzuwenden.

4) Es ergab sich ferner, dass alle Membranen, die einer Untersuchung unterzogen worden waren, im imbibirten Zustande mehr Luft passiren liessen, als im trockenen, sei es nun luft- oder absolut-trockenen, Zustande.

Als nebensächliches Resultat fand sich,

1) dass das Holz von *Pinus Laricio* die Luft leichter in tangentialer als in radialer Richtung durchtreten lässt,
2) dass bei *Pinus silvestris* offene Tracheidenstränge in einer Länge von 22 cm., vielleicht auch noch längere, vorkommen,
3) dass der lebende Primordialschlauch gar nicht, oder in nur sehr geringem Grade permeabel ist.

Es lässt sich denken, dass bei der Behandlung der Frage, wie sich pflanzliche Membranen als Medien zwischen verschieden dichten Luftmengen verhalten, auch andere Membranen mein Interesse erregen mussten. Vorzugsweise gilt dies von den tierischen Häuten. Ich weiss sehr wohl, dass diese ohne Weiteres nicht mit pflanzlichen verglichen werden können, denn die pflanzliche Membran zeigt ein homogenes Gefüge, die tierische nur ein wirres Durcheinander von Fibrillen, zwischen denen Luftblasen grösserer und kleinerer Art in Menge vorhanden sind. Man könnte sie aber vergleichen mit quergeschnittenen Lamellen ans Holz, mit Blattgeweben, die Intercellularräume und Spaltöffnungen haben. In beiden Fällen sind gröbliche Räume vorhanden, die, wasserfrei der Luft einen Widerstand nicht bieten, mit Wasser gefüllt aber den Durchtritt nur verzögern. Zeigt sich dann in beiden Fällen dennoch ein beschleunigter Durchtritt, so ist er der das Gewebe bildenden Substanz zuzuschreiben. Ich gestatte mir deshalb zwei Versuche mitzuteilen, die ich mit Schweinsblase angestellt habe.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0378-9

Der Apparat durch Fig. 13 erklärt. a g = 30 cm., a_1 g = 4,5 cm. 45.

1) Die Blase hat durch eine Woche in Wasser gelegen. In diesem Zustande wurde sie aufgekittet. In zwei Versuchen unter dem Recipienten der Luftpumpe stieg das Quecksilber im Schenkel s_1 unmittelbar, der Luftverdünnung entsprechend.

2) Danach war der Apparat, ohne dass eine Aenderung vorgenommen wäre, stehen geblieben, die Membran war hart, also lufttrocken geworden. Es wurden wieder zwei Versuche damit vorgenommen, in beiden beginnt das Quecksilber erst nach Beendigung des Auspumpens zu steigen. Im ersten wurden Zeitbestimmungen nicht vorgenommen, im zweiten ist der Druck im Recipienten = 19 cm. Quecksilber. 1',5 nach dem Auspumpen beginnt das Quecksilber zu steigen; nach 15' sind in s_1 noch 22 cm. Quecksilberdrnck.

3) Dieselbe Membran wurde wieder feucht gemacht, dadurch dass sie mehrere Tage nass erhalten wurde. Das Quecksilber folgt unmittelbar.

4) Nun wurde sie wiederum lufttrocken gemacht. Druck im Recipienten 18 cm. Quecksilber. Durch 5' kein Steigen beobachtet. Nach ferneren 10' sind es 0,25 cm., nach ferneren 15' 1,7 cm., nach ferneren 15' 2,3 cm., nach ferneren 20' noch eben so viel. Also ist nach 1^h 5' noch 20,9 cm. Quecksilberdruck im Rohre s_1 bei 18 cm. im Recipienten.

Apparat derselbe wie in Nr. 9 (Fig. 4). Quecksilber von $a-a_1$. a g = 14 cm., a_1 g = 2,7 cm. Membran absolut trocken. Im Schenkel b stieg das Quecksilber langsam. In den ersten 24^h : a_1-a_2 = 1,35 cm., in den folgenden 24^h : a_2-a_3 = 0,45 cm. und in den folgenden 48^h : a_3-a_4 = 0,4 cm. 46.

Dieselbe Membran vollständig durchnässt, der Apparat wurde in einem mit Wasserdampf gesättigten Raum aufgestellt. Ursprünglicher Stand des Quecksilbers derselbe. In den ersten 24^h : a_1-a_2 = 1,4 cm., in den folgenden 24^h : $a-a_3$ = 0,6 cm. und in den letzten 24^h : a_3-a_4 = 0,2 cm. 47.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0379-7

Zeitraum der Beobachtung.	In diesem Zeitraum: ist die Luftdichtigkeit im Rohre gestiegen von	auf	ist der Wert der Luftdichtigkeit im Mittel:	beträgt die wirksame Druckdifferenz im Mittel:	beträgt die im Rohre verdrängte Quecksilbermenge = Vol. ausgetretener Luft mittlerer Dichtigkeit in ccm. = $r^2 \pi h$:	Dasselbe Luftquantum von der Dichtigkeit 1 beträgt ccm.:	Grösse der Durchtrittsfläche in ccm.:	S	
erste 24h	$\frac{64.7}{76}$	$\frac{67.2}{76}$	$\frac{65.95}{76}$	$\frac{10.05}{76}$	$1{,}25 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}157$	0,136	0,64	0,067113	trocken
folg. 24h	$\frac{67.2}{76}$	$\frac{68.1}{76}$	$\frac{67.65}{76}$	$\frac{8.35}{76}$	$0{,}45 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}057$	0,051	0,64	0,02996	trocken
folg. 48h	$\frac{68.1}{76}$	$\frac{68.9}{76}$	$\frac{68.5}{76}$	$\frac{7.5}{76}$	$0{,}4 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}05$	0,0451	0,64	0,023722	trocken
in den 96h zusammen	$\frac{64.7}{76}$	$\frac{68.9}{76}$	$\frac{66.8}{76}$	$\frac{9.2}{76}$	$2{,}1 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}264$	0,232	0,64	0,03118	trocken
erste 24h	$\frac{64.7}{76}$	$\frac{67.5}{76}$	$\frac{66.1}{76}$	$\frac{9.9}{76}$	$1{,}4 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}177$	0,1539	0,64	0,076936	feucht
folg. 24h	$\frac{67.5}{76}$	$\frac{68.7}{76}$	$\frac{68.1}{76}$	$\frac{7.9}{76}$	$0{,}6 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}0754$	0,676	0,64	0,04221	feucht
folg. 24h	$\frac{68.7}{76}$	$\frac{69.1}{76}$	$\frac{68.9}{76}$	$\frac{7.1}{76}$	$0{,}2 . 0^2{,}2\,\pi = 0{,}0252$	0,0228	0,64	0,015922	feucht
in den 72h zusammen	$\frac{64.7}{76}$	$\frac{69.1}{76}$	$\frac{66.9}{76}$	$\frac{9.1}{76}$	$2{,}2 . 0{,}^2 2\,\pi = 0{,}2776$	0,24437	0,64	0,04429	feucht

Membran

urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0380-9
Universitätsbibliothek Regensburg

Auch die Versuche 45—47 zeigen deutlich, dass feuchte tierische Membran permeabler ist als trockene. Dies ist allerdings eine bekannte Thatsache. So giebt Naumann[1]) ein Citat aus Graham: „Eine feuchte mit Steinkohlengas oder Luft zu $^2/_3$ gefüllte Harnblase schwillt in Kohlensäure auf und platzt endlich. Hierbei können sich gegen 40 % Kohlensäure dem Steinkohlengas beimengen, während von diesem nur sehr wenig in die Kohlensäureatmosphäre austritt. Mithin absorbirt das Wasser der feuchten Blase Kohlensäure und haucht sie auf der inneren Seite wieder aus. — Eine Luft enthaltende ganz trockene Harnblase schwillt in Kohlensäure nicht an, eine mässig feuchte stärker als eine ganz durchnässte, denn je dünner die Wasserschicht ist, welche die Kohlensäure absorbirt, desto schneller gelangt diese auf die entgegengesetzte Fläche."

Trotzdem diese Resultate lange bekannt sind, herrscht in der botanischen Wissenschaft von jeher bis auf den heutigen Tag die Meinung, dass die trockene pflanzliche Membran allein permeabel sei, die imbibirte nicht oder nur in sehr geringem Umfange. Pfeffer[2]) zieht auch die tierischen Membranen zum Vergleiche heran, führt aber diesen Vergleich nicht konsequent durch, wenn er, wie folgt, schreibt: „Soweit die übrigens in vielfacher Hinsicht lückenhaften Erfahrungen reichen, besteht hinsichtlich des Gasdurchganges zwischen imbibirten und trockenen Zellwandungen ein ähnlicher Unterschied wie ihn Thierblase oder ein poröser Gypspfropf im imbibirten resp. trockenen Zustande darbieten. Sind diese Körper mit Wasser injicirt, so werden an diesem anprallende Gastheile ähnlich wie in einer Wasserschicht absorbirt, um nun gelöst, wie ein anderer gelöster Körper, die Wandungen zu durchsetzen und dann im gelösten Zustande weiter in das Innere einer turgescenten Zelle einzudringen oder an der anderen Seite der Wandung wieder in Gasform in einen luftführenden Raum überzutreten. Die Gase verhalten sich also in diesem Falle analog wie gelöste Körper, und dieser Modus des Austausches, welchen Graham Gasdialyse nannte, soll deshalb auch als osmotischer Austausch bezeichnet werden. Beim Durchgang durch eine ausgetrocknete Zellhaut strömen hingegen die Gastheile, in analoger Weise wie in einer Graphitplatte, in Gasform durch enge Poren, und

---

[1]) Naumann, Allgemeine und physikalische Chemie. 1877. p. 259.
[2]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. I. p. 87.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0381-4

wir nennen deshalb diesen Vorgang Filtration, sofern ein Gas in Folge einseitigen Ueberdruckes durch eine Membran gepresst wird, oder Interdiffusion, wenn ungleiche partiäre Pressung zu beiden Seiten einer Scheidewand ein Ineinanderströmen von Gasen herbeiführt.“ „Durchgehends scheint nun ein Gas schneller durch eine ausgetrocknete als durch eine mit Wasser imbibirte Haut zu bewegen und ausserdem wird die Durchgangsfähigkeit verschiedener Gase in ungleichem Masse durch Austrocknen resp. Anfeuchten der Häute beeinflusst.“ Aehnliche Ansichten findet man hier und da in der botanischen Literatur zerstreut. Nur einmal fand ich eine Bemerkung, die mit den von mir erhaltenen Resultaten in Uebereinstimmung zu sein scheint, nämlich in einem Briefwechsel zwischen Sachs und Sanio.[1]) Sachs schreibt da: „„Auf eine von mir brieflich gemachte Einwendung, die, wenn ich mich recht erinnere, darauf hinaus lief, dass die Molekularporen der Häutchen mit Wasser gefüllt sind und, wenn dieses entfernt sei, keine Molekularporen für Luftdurchtritt mehr da seien, erhielt ich (vom 30. III. 1877) die Entgegnung: „Für trockene Häute gebe ich Ihren Schluss unbedingt zu. Anders verhält es sich aber wohl, wenn die Membranen aufgeweicht sind. Es dürfte dann auch wohl ein hinreichend starker Druck im Stande sein, die Adhäsion zwischen den Molekülen der Haut und des Wassers zu überwinden. Ich bemerke, dass beim Kochen durch thierische Haut sowohl Wassergas als auch Luft hindurch geht, da nach der Abkühlung die Haut konkav wird.““ Wie aber schon bemerkt, ist dies der einzige mir aufgestossene Fall, und sonst neigt man sich allgemein der Ansicht zu, dass der höhere Grad der Permeabilität der trockenen Membran zukomme. Befestigt wurde diese Ansicht besonders durch die unter „Historisches“ citirte Wiesner'sche Abhandlung. Dieser Autor gelangt nach einer Reihe sehr sorgfältig ausgeführter Experimente zu dem Resultat: „Je stärker eine Parenchym- oder Holzzelle mit Wasser imbibirt ist, desto langsamer erfolgt der Druckausgleich.“ Da seine Ansicht neben der meinigen nicht bestehen kann, ich auch nicht im Stande bin bei meinen Versuchen wesentliche Fehlerquellen zu entdecken, trotzdem ich sie daraufhin aufmerksam und mit um so grösserer Sorgfalt durchgegangen bin, als meine Ansicht der herrschenden Lehre

[1]) Sachs, Arbeiten des botanischen Instituts zu Würzburg II, 2 p. 325.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0382-0

widerspricht, so muss ich diese Fehlerquellen in den Wiesner'schen Experimenten suchen. Ich habe letztere nicht wiederholt, da ich die Resultate bei der angewendeten Methode für richtig halte. Aber gerade in dieser Methode des Durchpressens der Luft finde ich eine Fehlerquelle, denn sie macht den Experimentator abhängig von allerlei Eigenschaften seines Materials, von deren Vorhandensein er nicht immer unterrichtet ist, oder, wenn dies der Fall ist, deren Einwirkung er nicht immer genau zu berechnen im Stande sein dürfte. So arbeitete Wiesner mit drei Würfeln aus frischem Fichtenholz, durch die er Luft in radialer, tangentialer und axialer Richtung hindurchpresste; er beobachtete, dass die Luft um so schneller hindurchging, je lufttrockener das Holz wurde. Er fand bei der Untersuchung zwar Intercellularräume, leugnet aber, dass sie ein kommunicirendes Kapillarsystem zwischen den Zellen bilden. Im Gegensatz dazu, dass andere Autoren das Vorhandensein eines solchen Systems gezeigt haben, wie z. B. Russow (l. c. p. 102), stützt er sich dabei auf folgendes Experiment. Von zwei gleichartigen frischen Holzwürfeln injicirt er den einen mit Asphaltlack und schneidet die Querschnittsflächen frisch an, der andere wird entsprechend verkürzt. In gewöhnlicher Weise wird Luft hindurchgepresst und es zeigt sich, dass die Luft durch den injicirten Pfropf womöglich noch schneller geht, als durch den nicht injicirten: Beweis dafür, dass die Intercellulargänge nicht kommuniciren. Mit demselben Recht möchte ich behaupten, es sei Beweis dafür, dass die Injektion nicht gelungen ist. Denn mit der Luftpumpe können einmal nicht zwei opponirte Flächen injicirt werden, wäre es aber der Fall, so wären die Intercellulargänge höchstens an den Injektionsflächen verstopft. Wird aber nur von einer Fläche aus mit der Pumpe injicirt, so dringt im günstigsten Falle der Lack nur eine kleine Strecke weit vor. Werden nun die Querschnittsflächen frisch angeschnitten, so werden in jedem Falle vor allem die etwa injicirten Stellen der Gänge mit abgeschnitten, und es liegt kein Grund vor anzunehmen, dass nun noch irgend welche Gänge verstopft sind. Und selbst, wenn dies der Fall wäre, so weiss man nicht, wie Wiesner selbst (l. c. p. 24) hervorhebt, ob nicht dünne Schichten des flüssigen Lackes permeabel sind. Im allergünstigsten Falle bleiben noch einige Mündungen der Gänge verstopft, diese selbst sind frei, und dann dürfte doch wohl die Luft nicht blos immer aus einer

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0383-6

Tracheide in die andere übertreten, sondern sie wird auch von den Tracheiden in die benachbarten Intercellulargänge hineingehen und diese, soweit sie passirbar sind, bequem durchmessen. Ausser den Intercellularräumen kommen nach Russow (l. c. p. 104) Harzgänge vor, die nach der Ansicht dieses Autors das Holz sowohl von *Picea excelsa* als auch von *Pinus silvestris* für derartige Versuche als ungeeignet erscheinen lassen. Wie diese Momente auf den Verlauf der Versuche einwirken mögen, ist schwer zu sagen; jedenfalls lassen sie das Resultat der Wiesner'schen Versuche mit Holzwürfeln zweifelhaft erscheinen.

Nicht anders steht es mit den Resultaten, die er über die Permeabilität von Parenchymzellmembranen im feuchten und lufttrockenen Zustande erhielt. Zu diesen Versuchen benutzte er Hollundermark, das nach seiner eigenen Angabe ein reich verzweigtes, kommunicirendes Kapillarsystem von verhältnismässig grossen Intercellulargängen besitzt. Er verwendet zu seinen Versuchen eine T-Röhre, deren einer Schenkel in Quecksilber taucht, deren anderer die zu prüfenden Objekte aufgekittet trägt und deren dritter mit einem Aspirator in Verbindung steht, mittelst dessen Quecksilber in die Röhre emporgesaugt und so in dieser eine Luftverdünnung erzeugt werden kann. Es werden immer die Zeiten verglichen, in denen das Quecksilber von 20 auf 19 cm. sinkt. So wurde zum Beispiel gefunden, dass bei einem lufttrockenen Hollundermarkstück diese Zeit 151 Sek. betrug. Wurde ein Wassertropfen auf die Querschnittsfläche gebracht, der rasch verschluckt wurde, so war die Zeit 825 Sek. Wiesner findet auch, dass den Hauptanteil am Gasdurchgang die Kapillaren haben, aber da er sich überzeugt haben will, dass das Wasser aus den Kapillaren in die Membranen übergeht, so schreibt er der Imbibition derselben die Verzögerung des Durchganges zu. Wenn ich nun auch, was ja meine eigenen Versuche lehren, von der Permeabilität der Parenchymzellmembranen überzeugt bin, so meine ich, dass bei einem so stark entwickelten Kapillarsystem die Luft vor allem diese bequemen Wege einschlagen wird, und ein nur geringes Quantum die Membranen durchsetzen dürfte; und wenn nun nach Wiesner durch die Imbibition die Kapillaren nicht merklich enger werden, auch durch das Wasser nicht verstopft waren, dann sehe ich nicht ein, was jenes grössere Luftquantum gehindert haben sollte, nach wie

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0384-2

vor die Intercellulargänge zu passiren. Und wäre dann selbst wie Wiesner annimmt, die imbibirte Membran weniger permeabel als die lufttrockene, so würde doch im Leben nicht bei dem kleinen Quantum Luft, welches dieselbe passiert, eine so grosse Verlangsamung des Durchganges eintreten. Es bleibt nur übrig anzunehmen, dass auch die Kapillaren Wasser führten, und dass dieses Wasser den Durchgang verzögerte. Ob dem so war, ob nicht, konnte Wiesner gar nicht wissen, da er das benutzte Markstück im Augenblick des Versuches natürlich nicht gleichzeitig prüfen konnte. Dadurch werden auch die Deduktionen aus diesem Versuche hinfällig. Nicht anders verhält es sich mit den pag. 23 beschriebenen, die ich der Deutlichkeit wegen hier folgen lasse: „Trockenes Hollundermark wurde mit Asphaltlack injicirt und hierauf nachgesehen, ob durch ein so vorbereitetes Parenchym noch Luft bei einem herrschenden Unterdrucke von 200 mm. Quecksilber ging. Es gelang mir, bei einigen Versuchen mittelst der Luftpumpe die Injektionsmasse eine kleine Strecke tief in das Gewebe hineinzupressen. Ich überzeugte mich nämlich durch Querschnitte, dass alle Intercellularräume der betreffenden Hollundermarkstücke injicirt waren. Trotzdem liess ein solches Hollundermarkstück Luft diffundieren. Vor der Injektion sank der Druck im Inneren der T-Röhre von 20 cm. auf 19 in 33 Sek; nach erfolgter Injektion in 194 Sek. — Wurde die Injektion mit Wasser vorgenommen, so war ein Zeitraum von 547 Sek. erforderlich, damit bei einem anfänglichen Stande des Quecksilbers von 20 cm. dasselbe auf 19 fiel.“ Wiesner folgert nun, dass, da im letzteren Falle die Kapillaren mit Wasser erfüllt und die Membranen damit imbibirt, im ersteren Falle aber davon freigewesen wären, so müsse die grössere Langsamkeit des Durchtrittes im zweiten Falle auf Rechnung der imbibirten Membranen geschrieben werden. Dem ist aber durchaus nicht so. Denn da es ihm nur „bei einigen“ Versuchen gelang, die Injektionsmasse „eine kleine Strecke tief“ in das Gewebe hineinzupressen, so weiss ich nicht, ob es ihm in diesem Falle gelungen war, und wenn, so muss ich folgern, dass die grössere Strecke nicht injicirt war, was ich bei der Zähflüssigkeit des Asphaltlackes auch nur natürlich finde. In der kleinen Strecke, wo die Kapillaren injicirt waren, diffundirte die Luft durch die Membranen von Parenchymzelle zu Parenchymzelle, so wie es aber angängig war, diffundirte sie auch in die freien Kapillaren

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0385-7

und fand hier einen bequemen Weg in's Freie. Anders aber im zweiten Falle. Hier bietet sich auf der ganzen Länge der Kapillaren der Widerstand des Wassers, und es ist nicht möglich, dass in Folge dessen ein grösseres Quantum Luft die imbibirten Membranen passirt. Ja, mir fällt bei der gänzlichen Ausfüllung der Kapillaren mit Wasser im Gegensatz zu den grösstenteils freien, luftführenden Kapillaren des ersten Falles die Thatsache auf, dass die Geschwindigkeit dadurch noch nicht um das Dreifache verlangsamt wird, eine Thatsache, die ich der grösseren Permeabilität der imbibirten Membran zuschreiben möchte; zum mindesten aber wird diese grössere Langsamkeit aus anderen als den Wiesner'schen Gründen erklärlich. Der Unterschied ist eben nicht, wie nach Wiesner, die trockene und die imbibirte Membran, sondern das offene Kapillarsystem einerseits, das verstopfte und die imbibirten Membranen andererseits.

Die angeführten Experimente sind diejenigen, auf deren Resultate Wiesner seine Behauptung stützt. Ich glaube dargelegt zu haben, dass diese Resultate teils unsicher, teils zweideutig sind, da sich daraus das Gegenteil ebenso leicht folgern lässt.

Bei den Ergebnissen, zu denen Wiesner hier gelangt ist, fällt es einigermassen auf, dass er für ein anderes pflanzliches Gewebe den höheren Grad der Permeabilität der feuchten Membran zuschreibt, nämlich für das Periderm. Er schliesst dies daraus, dass sich in den Peridermzellen auch Luft befindet, die nach seiner Ansicht im jugendlichen Stadium, wo die Membranen Flüssigkeit enthielten, eingetreten ist. Das dürfte ganz richtig sein. Wenn er aber fortfährt: (l. c. p. 41) „mit der Eintrocknung der Korkzellenwand geht eine Veränderung im molekularen Bau derselben vor sich, welche schliesslich dahin führt, dass selbst bei grossen Druckunterschieden der Durchtritt der Gase durch die Zellmembran verhindert wird," so kann man die Folgerung wohl zugeben, nicht aber die Prämisse, die gezwungen erscheint, wenn diese molekularen Veränderungen eine Folge des Eintrocknens sein sollen, eine Prämisse, zu der der Autor aber greifen musste, um nicht mit seinen früher aufgestellten Thesen zu kollidiren. Es würde heissen müssen, weil die Membran trocken geworden ist, geht keine Luft mehr hindurch, trockene Membranen sind eben weniger permeabel. Anders aber, wenn die molekularen Ver-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0386-3

änderungen eine Folge der Einlagerung von Suberin zwischen die Cellulosemicellen sind. Dann liegt aber der Unterschied in der werdenden und ausgebildeten Korkzellmembran und ist wohl weniger durch den Gehalt an Wasser, als durch den an Suberin bedingt.

Werfen wir zum Schluss einen Blick auf die möglichen Ursachen der grösseren Permeabilität einer Membran im imbibirten als im trockenen Zustande. Für diesen Erklärungsversuch muss natürlich die Membran als völlig homogen angenommen werden.

Nach der Nägeli'schen Hypothese über die Konstitution der organischen Stoffe setzt sich die Cellulose aus Molekülen zusammen, die in grosser Anzahl zu einem Micell vereinigt sind. Diese Micelle, deren jedes von polyedrischer Gestalt mit abgestumpften Ecken und Kanten ist, legen sich an einander und werden sich daher in trockenem Zustande mit ihren Seitenflächen innig berühren[1]). Dabei aber lassen die abgerundeten Kanten und Ecken zwischen sich kleine Gänge frei, die Micellarinterstitien. Grössere Vereinigungen von Micellen treten dann wieder zu einem Verbande zusammen, wobei natürlich noch weiter Räume entstehen, die aber alle jenseits der Grenzen unserer Wahrnehmung liegen. Diese sind es wohl, die Nägeli meint, wenn er sagt[2]): „Der Pflanzenmembran mangeln zwar solche kapillare Räume, indem die stärksten mikroskopischen Vergrösserungen sie als homogen erscheinen lassen. Dennoch müssen auch in ihnen weitere Kanälchen die Micellarstruktur durchziehen.“ Wird nun eine Membran imbibirt, so umgeben sich die Micelle mit Flüssigkeitsatmosphären, die ungefähr die gleiche Dicke wie die Micelle selbst haben.[2]) Dieses Wasser wird als Adhäsionswasser bezeichnet. Ausserdem aber füllen sich die Micellarinterstitien kapillar mit Wasser an, das als „kapillares Wasser“ von ersterem unterschieden wird. Schliesslich enthalten die Micelle möglicherweise „Konstitutionswasser.“

---

[1]) Pflanzenphisiolog. Untersuchungen. 2. Heft. p. 342.

[2]) Theorie der Gährung p. 147.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0387-9

Für die Betrachtung der Wege, welche bei einer Spannungsdifferenz der Luft zu beiden Seiten einer Cellulosemembran diese Luft einschlagen könnte, scheiden die Micelle selbst von vornherein aus, da sie vollkommen fest, ihre einzelnen Moleküle nicht gegen einander verschiebbar sind, und auch die Moleküle des etwa vorhandenen Konstitutionswassers sich in einem starren unbeweglichen Zustande befinden.[1]) Es verbleiben also als Wege im trockenen Zustande die Micellarinterstitien und die erwähnten weiteren Kanälchen, die beide luftführend sind; im imbibirten Zustande diese selben Wege, die aber nun mit kapillaren Wasser angefüllt sind, welches hier vollkommen leicht beweglich ist, und die erwähnten Flüssigkeitsatmosphären um die Micelle, das Adhäsionswasser, das eine etwas geringere Beweglichkeit aufweist. Im ersteren Fall haben wir demnach einen reinen Diffusionsprocess, im letzteren einen diosmotischen vor uns, und wir können, da eigentlich ein tertium comparationis fehlt, eine Vergleichung beider Durchgangsarten im strengen Sinne nicht vornehmen. Nur wird es wahrscheinlich, dass der Durchgang durch die imbibirten Membranen sich leichter vollzieht als durch die trockenen, da im ersteren Falle die Bahn, die für den Durchtritt der Luft zur Verfügung steht, eine bei weitem grössere ist als im zweiten Falle, grösser nämlich um das gesammte Adhäsionswasser, das ja noch viel beträchtlicher in's Gewicht fällt als die Micellarinterstitien und engen Kanälchen. Dabei bleibt noch unentschieden, ob nicht auch der diosmotische Vorgang in so engen Räumen, wie die letzterwähnten es sind, sich leichter vollzieht als die Diffussion, da bei der Lösung des Gases möglicherweise die immerhin beträchtliche Reibung an den Micellarkanten eliminirt würde.

---

[1]) Theorie der Gährung p. 129.

Redacteur: **Dr. Singer.** Druck der F. H. Neubauer'schen Buchdruckerei (**F. Huber**) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0388-5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: 70

Autor(en)/Author(s): Lietzmann E.

Artikel/Article: Ueber die Permeabilität vegetabilischer Zellmembranen in Bezug auf atmosphärische Luft 355-386