

Der Einfluß des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut.

Von

A. Tröndle.

Mit 4 Textfiguren.

Einleitung.

Wohl allgemein sind die Pflanzenphysiologen der Ansicht, daß die Plasmahaut, als Organ, das über den diosmotischen Ein- und Ausgang der gelösten Stoffe entscheidet, befähigt ist, ihre Durchlässigkeit regulativ zu ändern, so daß zu gewissen Zeiten ein bestimmter Körper leichter, zu andern schwerer oder auch gar nicht permeiert. Hinweise auf die Notwendigkeit solcher Regulationen der Permeabilität finden sich an manchen Stellen in der Literatur verstreut. So schreibt z. B. Pfeffer (V, 1. Bd., S. 86/87): „Es ist wohl zu beachten, daß die Plasmahaut ein lebendiges und vom Organismus abhängiges Organ ist, dessen sich der Protoplast zur Regelung des Verkehrs mit der Außenwelt bedient. Im Zusammenhang mit dieser Aufgabe besitzen die Plasmahäute verschiedener Pflanzen gewisse Unterschiede und voraussichtlich werden transitorische oder bleibende Variationen der Plasmahaut häufig dazu benutzt, um die Aufnahme (oder Ausgabe) eines bestimmten Körpers zeitweilig einzuleiten oder zu unterdrücken. Ohne Frage ist die lebendige Grenzschicht des Protoplasten in weit höherem Maße zur Veränderung der Eigenschaften befähigt, als die Zellhaut, und das umsomehr, als die aufbauenden Teile leicht verschoben und in das Innere des Protoplasmas zurückgeführt werden können. Mannigfache Erfahrungen sprechen in der Tat dafür, daß in der Pflanze vielfach mit Modifikation der diosmotischen Qualität operiert wird, doch lassen sich freilich ganz einwandfreie Beweise zurzeit nicht beibringen.“

Und ferner (IV, S. 282): „So dürfte z. B. die Plasmahaut, resp. der ganze Protoplast, abgesehen von spezifischen Eigenschaften, mit zeitlicher Entwicklung oder mit der jeweiligen Tätigkeit in seinen Eigenschaften sich ändern und in dieser Hinsicht kann natürlich ein von dem Außenmedium ausgehender Reiz unter Umständen mitspielen.“

Seitdem sind mehrere Arbeiten erschienen, die das Studium der Regulation der Permeabilität zum Gegenstand haben.

Nathansohn (I, II, III) und nach ihm Meurer versuchten nachzuweisen, daß permeierende Salze aus der Außenlösung nicht bis zum Konzentrationsgleichgewicht aufgenommen würden, sondern nur bis ein bestimmtes Verhältnis der Konzentration in der Zelle zur Außenkonzentration hergestellt wäre. Wurden nachher die Objekte in verdünntere Lösungen übertragen, so sollte das betreffende Salz so lange exosmieren, bis wieder das gleiche Verhältnis der Innen- zur Außenkonzentration hergestellt wäre. Das alles wäre natürlich nur verständlich gewesen, wenn das Plasma selbst regulativ durch Änderung der Permeabilität in den Vorgang der Endo- und der Exosmose eingegriffen hätte. Nun hat aber Ruhland durch sehr sorgfältige Untersuchungen überzeugend nachgewiesen, daß diese Resultate lediglich die Folge der gewählten Versuchsanordnung sind, und daß bei geeigneter Versuchsanstellung das Salz bis annähernd zum Konzentrationsgleichgewicht eindringt. Es ist deshalb bis jetzt nicht erwiesen, ob eine Regulation der Permeabilität im Nathansohnschen Sinne wirklich vorkommt.

Eine Änderung (Erhöhung) der Permeabilität unter dem Einfluß bestimmter Salze konnte Fluri nachweisen. Die Plasmahaut der Spirogyren erwies sich nach dreitägigem Aufenthalt in 0,01 % Aluminiumsulfat bei nachheriger Plasmolyse völlig permeabel für Kaliumnitrat, Glycerin, Rohrzucker, Traubenzucker, Natriumsulfat, Ammoniumchlorid, Ammoniumsulfat, Kaliumacetat, Kaliumtartrat. Wurden die Spirogyren aus dem Aluminiumsulfat wieder in Leitungs- oder Regenwasser zurückgebracht, so trat in den genannten Stoffen wieder normale Plasmolyse ein. Gleich wie Aluminiumsulfat wirkten einige andere Aluminiumsalze und ebenso salpetersaures Yttrium und Lantan. Ob nun allerdings diese Permeabilitätsänderung eine Reaktion des Protoplasmas ist, oder ob sie bloß chemisch-physikalisch, durch vorübergehende Bindung des Aluminiums in der Plasmahaut zustande kommt, ist vorläufig noch unentschieden.

Mit dem Einfluß der Temperatur auf die Permeabilität befaßten sich Krabbe und Rysselberghe. Der erstere legte entsprechende Hälften jugendlicher Markgewebezylinder von *Helianthus annuus* in plasmolisierende Zuckerlösungen, deren Temperatur einerseits 0 bis 1 ° C, anderseits 20 ° C betrug, und wobei die Kontraktionsgrößen der Markstücke sich verhielten wie 1 : 3—5. Die endlich erreichte Kontraktionsgröße war in beiden Temperaturen annähernd die gleiche, wurde aber bei 20 ° viel schneller erreicht als bei 0 °. Bei Versuchen in reinem Wasser von 0 ° und von 20 ° verhielten sich die Verlängerungen der entsprechenden Hälften im Mittel wie 1 : 4,22 (nach den ersten 10—30 Min.)

Krabbe berechnet nun auf Grund der Pfefferschen Versuche, daß die Geschwindigkeit der Wasserbewegung durch eine Ferrocyanokupfermembran bei einer Steigerung der Temperatur von 0—20 ° von 1 auf 1,68 bis 1,88 steigt. Er macht ferner darauf aufmerksam, daß die Geschwindigkeit der Bewegung des Wassers in Kapillaren bei 20 ° etwa doppelt so groß ist wie bei 0 ° und daß W. Schmidt für die Wasserbewegung durch tierische Häute ein ähnliches Resultat erhalten hat.

Daraus schließt Krabbe (S. 482): „Es ist nun nicht anzunehmen, daß die Temperatur auf die wasserdurchtränkte Plasmahaut eine ganz andere physikalische Wirkung ausübt, als auf irgend welche andere Membranen, z. B. Ferrocyanokupfermembran. Die Qualitätsänderungen des Plasmaschlauches infolge Temperaturschwankungen sind daher nicht rein physikalischer Natur, sondern sie resultieren zum Teil aus Vorgängen, die von der Lebenstätigkeit des Plasmas abhängen.“ Dieser Schluß ist, wie leicht einzusehen, nicht zwingend, denn es ist absolut nicht bewiesen, daß für die Plasmahaut der gleiche Temperaturkoeffizient gelten muß wie für eine Ferrocyanokupfermembran.

Die ausgedehnteren Untersuchungen Rysselberghe's ergaben, daß die Permeabilität für Wasser, Kaliumnitrat, Glyzerin und Harnstoff bei 0 ° 6 ° 12 ° 16 ° 20 ° 25 ° und 30 ° sich verhält

wie 1	2	4,5	6	7	7,5	8.
-------	---	-----	---	---	-----	----

Es nimmt also die Permeabilität von 0—6 ° langsam, von 6 bis gegen 20 ° rascher und über 20 ° wieder langsamer zu. Als Versuchsobjekte dienten *Tradescantia discolor* und *Spirogyra*. Die Methode war zum Teil die von Krabbe angewandte, zum Teil wurde aber auch die Zeit bestimmt, die nötig war, bis Plasmolyse eintrat oder die umgekehrt verstrich, bis plasmolysierte Zellen, nachdem sie in

Wasser übergeführt waren, wieder deplasmolysiert waren. Rysselberghe neigt der Ansicht zu, daß seine Versuchsergebnisse sich rein physikalisch erklären lassen; er fügt aber bei (S. 235): „Cependant, même après tout cela, on serait mal venu à vouloir nier toute action vitale du protoplasme dans le but de faciliter ou d'entraver partiellement, suivant la température le passage de l'eau“. Darin wird man Rysselberghe ohne weiteres beistimmen, aber man wird auch mit ihm einig gehen, wenn er sagt, daß aus seinen Versuchen, ebensowenig wie aus denen Krabbes, ein vitales Eingreifen sich nicht mit Notwendigkeit ableiten läßt. Ob die Temperatur bei der Permeabilitätsänderung als Reiz oder bloß rein physikalisch wirkt, ist somit noch unentschieden.

Lepeschkin (II, III, IV) untersuchte hauptsächlich die Permeabilität der Zellen in den Gelenkpolstern von *Phaseolus* und *Mimosa*. Es fand im Lichte die Permeabilität in der oberen Gelenkhälfte etwas höher als in der unteren. Nach Verdunkelung trat eine Permeabilitätsabnahme ein, und zwar oben stärker als unten. Allgemein war die Permeabilität im Hellen 1,2—1,5 mal so groß als im Dunkeln.

Die Untersuchung geschah mit Hilfe dreier verschiedener Methoden. Nach der einen, der sogenannten chemischen Methode, wurden die aus den abgeschnittenen Gelenken ins umgebende Wasser exosmierten Stoffmengen abgewogen und aus einer Vermehrung der exosmierten Menge auf eine Erhöhung der Permeabilität geschlossen. Die Methode der Konzentrationsverminderung besteht darin, daß die Turgorabnahme bestimmt wird, wenn die Gelenkschnitte einige Zeit in Wasser gelegen haben. Am einwandfreiesten und am anwendungsfähigsten ist aber die Methode der isotonischen Koeffizienten, wobei Lepeschkin so vorging, daß er die plasmolytischen Grenzkonzentrationen eines permeierenden Stoffes (Salpeter) und eines nicht permeierenden (Rohrzucker) bestimmte und daraus den isotonischen Koeffizienten des permeierenden Körpers berechnete. Der so gefundene Koeffizient ist natürlich kleiner als der theoretisch zu fordernde und Lepeschkin hat eine besondere Formel abgeleitet (I), womit man aus dem gefundenen und dem theoretischen Koeffizienten die Permeabilität berechnen kann.

Diese Methode habe ich in den folgenden Untersuchungen auch benutzt. Wie ein Vergleich mit Lepeschkin (I) lehrt, habe ich aber die Formel in einfacherer Weise abgeleitet, wobei ich nicht

von den isotonischen Koeffizienten, sondern von den Dissoziationsfaktoren ausgehe. Im übrigen ist das Resultat das gleiche, ob man mit Lepeschkins oder mit meiner Formel rechnet.

Auch bei *Tradescantia discolor* und *Spirogyra* konnte Lepeschkin (IV) Abnahme der Permeabilität nach Verdunkelung feststellen.

Aus der Lepeschkinschen Untersuchung geht mit Sicherheit hervor, daß er Permeabilitätsänderungen feststellte und daß das Licht dabei von Einfluß ist.

Als die Lepeschkinsche vorläufige Mitteilung (III) erschien, hatte ich bereits am Linden- und Buxbaumblatt eine größere Reihe Permeabilitätsbestimmungen gemacht, aus denen hervorging, daß hier das Licht ebenfalls von Einfluß ist, worüber ich in einer vorläufigen Mitteilung berichtet habe.

Im Interesse der Sache schien es mir geboten, meine Untersuchungen weiterzuführen und den Einfluß des Lichtes auf die Änderung der Permeabilität genauer zu analysieren. Die Untersuchungen, die ich zu dem Zwecke anstellte, lege ich nun hier vor.

In einem ersten, größeren Teil sollen die experimentellen Untersuchungen vorgeführt werden, während der zweite kleinere Teil die im Freien unter den natürlichen Vegetationsbedingungen gemachten Beobachtungen enthält.

A. Physiologischer Teil.

I. Methode zur Bestimmung der Permeabilität der Plasmahaut.

Im Sommer 1908 machte ich die überraschende Beobachtung, daß Palisaden- und Schwammparenchymzellen in den Schnitten eines Lindenblattes, die am Abend des 3. August in Kochsalzlösungen von 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1, 2, 3, 4 und 5 Mol gelegt wurden, am nächsten Morgen nicht plasmolysiert waren.

Daß der Grund dieses Verhaltens in einem besonders hohen osmotischen Drucke zu suchen sei, war von vornherein wenig wahrscheinlich, denn der Druck der Zellen hätte in dem Falle den Druck einer 5-moligen Kochsalzlösung übersteigen, also größer als 150 at sein müssen. Eher schien es möglich, daß die betreffenden Zellen für NaCl in hohem Grade permeabel waren, trotzdem nach der herrschenden Auffassung Salze nur in ganz geringem Maße in

die Zelle einzudringen vermögen. Um die Frage zu entscheiden, stellte ich die folgenden Versuche an mit Blättern von *Tilia cordata* Mill.

Versuch 1 (*Tilia cordata*).

5. August. 8³⁰ vorm. (sonniges Wetter): Blatt abgeschnitten.

9⁰⁰ vorm.: Ein Schnitt wurde auf den Objektträger in 1 Mol NaCl gelegt. Es trat zum Teil gleich Plasmolyse ein, im Palisaden- wie im Schwammparenchym. Viele Palisaden- und Schwammparenchymzellen ließen aber keine Abhebung erkennen. Eine Stelle mit deutlich plasmolysierten Zellen wurde im Mikroskop eingestellt und weiter beobachtet.

10³⁰ vorm.: In einer Schwammparenchymzelle ist die Plasmolyse ganz, in einer anderen fast ganz zurückgegangen.

12³⁵ nachm.: Die Plasmolyse ist in den beobachteten Zellen fast völlig zurückgegangen.

2⁰⁰ nachm.: Die Zellen sind völlig deplasmolysiert.

Versuch 2 (*Tilia cordata*).

5. August. Gleiches Blatt wie in Versuch 1.

4⁰⁰ nachm.: Ein Schnitt kam in 1 Mol NaCl auf den Objektträger.

4¹⁰ nachm.: In fast allen Zellen des Schnittes ist schwache Plasmolyse eingetreten. Eine Stelle mit plasmolysierten Zellen wurde weiter beobachtet.

4³⁰ nachm.: In zwei Parenchymzellen Plasmolyse völlig zurück.

5²⁰ nachm.: Eine stärker plasmolysierte Zelle ist deplasmolysiert.

5³⁰ nachm.: In zwei weiteren Parenchymzellen Plasmolyse ganz zurück.

5⁴⁵ nachm.: In einer Parenchymzelle Plasmolyse zurück.

6⁰⁰ nachm.: An der beobachteten Stelle sind alle Zellen mit Ausnahme von zweien völlig deplasmolysiert.

6³⁰ nachm.: Auch in den zwei stärker plasmolysierten Palisadenzellen ist die Plasmolyse völlig verschwunden. Im ganzen Schnitt, der nun durchgemustert wurde, waren keine plasmolysierten Zellen mehr. Während der ganzen Dauer der Beobachtung wurde mit Fließpapier immer wieder NaCl 1 Mol durchgesaugt, um eine Erhöhung der Konzentration durch Verdunsten des Wassers zu verhindern.

Aus diesen beiden, miteinander übereinstimmenden Versuchen ist zu schließen, daß Palisaden- und Schwammparenchymzellen des Lindenblattes in beträchtlichem Maße für NaCl permeabel sind. Es interessierte mich nun auch, das Verhalten eines Nichtelektrolyten zu prüfen, und ich wählte dazu Rohrzucker.

Versuch 3 (*Tilia cordata*).

6. August 8⁴⁰ vorm. (Regen): Blatt abgeschnitten. Ein Schnitt wurde direkt in 1 Mol NaCl gelegt. Nach 1—2 Min. waren alle Zellen schwach plasmolysiert. Ein neuer Schnitt kam in Rohrzucker 0,3 Mol., 9⁰⁰ vorm. Während der bis 9³⁰ dauernden direkten mikroskopischen Beobachtung ist keine Plasmolyse eingetreten.

Ein Schnitt in Saccharose 0,6 Mol. 9⁴⁰ vorm.: Bis 10¹⁰ keine Plasmolyse. Rohr- zucker 0,9 Mol verhielt sich gleich. Ein Schnitt in 1,2 Mol 11⁰⁰ vorm.

11¹⁵ vorm.: In manchen Zellen eben wahrnehmbare Plasmolyse.

11²⁵ vorm.: In allen Zellen schwache Plasmolyse.

11⁴⁵ vorm.: Die Plasmolyse ist stärker geworden (besonders an den Palisadenenden deutlich), stärker als in NaCl 1 Mol.

6⁰⁰ nachm.: Die Plasmolyse ist noch gleich, nicht zurückgegangen.

Die zwei beobachteten Schnitte wurden nun in eine Schale mit Saccharose 1,2 Mol gelegt und über Nacht darin gelassen.

7. August 8³⁰ vorm.: Die Plasmolyse ist unverändert, nicht zurückgegangen.

Versuch 4 (*Tilia cordata*).

6. August 7⁰⁰ nachm.: Vier Querschnitte aus dem gleichen Blatt wie in Versuch 3 wurden in Saccharose 1,2 Mol gelegt. Nach etwa 30 Min., als überall Plasmolyse eingetreten war, übertrug ich die Schnitte vom Objekträger in eine Schale mit 1,2 Mol Rohrzucker und ließ sie über Nacht darin.

7. August 8⁴⁵ vorm.: Die Plasmolyse ist unverändert, die Schnitte wurden wieder in die Lösung zurückgebracht.

2⁴⁵ nachm.: Plasmolyse noch gleich, Schnitte wieder in die Schale.

6⁵⁰ nachm.: Plasmolyse immer noch vorhanden.

8. Aug. 8²⁰ vorm.: Die Zellen sind an manchen Stellen ganz, an anderen fast ganz deplasmolysiert.

Versuch 3 und 4 ließen also erkennen, daß Rohrzucker zwar auch eindringt, aber nur äußerst langsam, denn während die Plasmolyse in NaCl in 2 $\frac{1}{2}$ —5 Stunden völlig zurückgegangen war, dauerte der gleiche Vorgang bei einer annähernd gleich starken Plasmolyse in Saccharose mehr als 1 $\frac{1}{2}$ Tage.

Um noch sicherere Vergleichswerte zu bekommen, stellte ich einige Parallelversuche an, wobei in einem Mikroskop die Plasmolyse in NaCl und in einem zweiten Mikroskop die Plasmolyse in Rohrzucker bei gleicher Vergrößerung beobachtet wurde. Die Konzentrationen der beiden Lösungen wurden so gewählt, daß anfänglich darin annähernd gleich starke Plasmolyse eintrat und während der Versuchsdauer wurde immer wieder frische Lösung durchgesaugt, damit die Konzentration die gleiche blieb.

Versuch 5 (*Tilia cordata*).

7. August 9⁰⁰ vorm. (etwas Sonne, gestern trübe): Blatt abgeschnitten.

Die Schnitte kamen in:

NaCl 1 Mol:	9 ⁴⁵ vorm.	Saccharose 1,2 Mol:
Protoplasten deutlich von d. Wand abgehoben.	9 ⁵⁰ "	Protoplasten eben sichtbar von der Wand abgehoben.
Plasmolyse sehr deutlich. Palisaden um schätzungsweise $\frac{1}{6}$ verkürzt.	10 ⁰⁰ "	Plasmolyse schwächer als in NaCl, besonders in den Palisaden, wo der Protoplast an den Enden nur wenig abgehoben ist.

An der beobachteten Stelle ist eine Parenchymzelle gänzlich deplasmolysiert.	10 ³⁰ vorm.	Die Plasmolyse hat ein wenig zugenommen.
In einer Parenchymzelle Plasmolyse zurück.	10 ⁴⁵ „	
In zwei Parenchymzellen Plasmolyse zurück.	11 ²⁶ „	Die Plasmolyse ist allmählich etwas stärker geworden. In den Palisaden ist der Protoplast an den Enden deutlich abgehob.
In vier Parenchymzellen Plasmolyse völlig zurück.	11 ³⁰ „	
Die Plasmolyse ist in den meisten der beobachteten Zellen ganz, in den anderen fast ganz zurück.	12 ³⁰ nachm.	Die Plasmolyse hat zugenommen und sieht nun etwa so aus wie in NaCl um 10 ⁰⁰ .
In keiner Zelle des Schnittes ist mehr Plasmolyse sichtbar.	2 ⁰⁰ „	Plasmolyse unverändert

Um sicher zu sein, daß der Rückgang der Plasmolyse in NaCl nicht etwa durch das allmähliche Absterben der Protoplasten verursacht wurde, saugte ich jetzt eine 2-molige NaCl-Lösung durch. Nach etwa 30 Min. waren an der beobachteten Stelle alle Zellen, in denen die Plasmolyse in NaCl 1 Mol vorher völlig zurückgegangen war, mit Ausnahme von einer, wieder plasmolysiert.

Die Plasmolyse im Rohrzucker wurde allein weiter beobachtet.

2⁵⁰ nachm.: Plasmolyse unverändert. Schnitte in eine geschlossene Schale mit 1,2-moliger Saccharoselösung gelegt.

7⁰⁰ nachm.: Plasmolyse noch vorhanden.

8. August 8³⁰ vorm.: Plasmolyse merklich zurückgegangen.

Versuch 6 (*Tilia cordata*).

7. August 3 ⁰⁰ nachm. (bewölkt): Blatt abgeschnitten. Die Schnitte kamen in NaCl 1 Mol:	3 ²⁵ nachm.	Saccharose 1,2 Mol:
Deutliche, schwache Plasmolyse.	3 ³⁰ „	Eben sichtbares Abheben der Protoplasten.
Die meisten Zellen fast völlig deplasmolysiert.	4 ⁰⁰ „	In den meisten Zellen keine Plasmolyse, in den anderen leichte Abhebung.
Von vereinzelt Ausnahmen abgesehen ist die Plasmolyse im ganzen Schnitt wieder völlig verschwunden.	4 ³⁰ „	Plasmolyse gleich geblieben.

Die Plasmolyse im Rohrzucker wurde weiter beobachtet.

5⁰⁰ nachm.: Keine Änderung. In einem zweiten Schnitte sind viele nichtplasmolysierte Zellen, die anderen aber sind stärker plasmolysiert als im ersten Schnitt. Die beiden Schnitte wurden in eine Schale mit Saccharose 1,2 Mol gelegt.

7⁰⁰ nachm.: Keine auffallende Veränderung.

8. August 8⁴⁵ vorm.: Im einen Schnitt ist nur vereinzelt Plasmolyse sichtbar, im anderen sind die meisten Zellen leicht plasmolysiert.

Versuch 7 (*Tilia cordata*).

8. August 9 ⁰⁵ vorm. (trübe): Blatt abgeschnitten. Die Schnitte kamen in		
NaCl 1 Mol:	9 ²⁵ vorm.	Saccharose 1,2 Mol:
Plasmolyse deutlich sichtbar.	9 ³⁰ "	Eben sichtbares Abheben der Protoplasten.
Plasmolyse stärker. Palisaden um schätzungsweise $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{6}$ verkürzt.	9 ⁴⁰ "	Die Plasmolyse hat etwas zugenommen, ist aber immer noch schwach.
	10 ⁰⁰ "	Plasmolyse stärker.
In einer der beobachteten Parenchymzellen ist die Plasmolyse völlig zurück.	10 ¹⁵ "	
In einer Parenchymzelle Plasmolyse zurück.	10 ³⁰ "	Die Plasmolyse hat zugenommen.
Eine Palisaden- und eine Parenchymzelle deplasmolysiert.	10 ⁴⁰ "	
	10 ⁴⁵ "	Die Plasmolyse ist etwa so stark wie in NaCl 1 Mol um 9 ⁴⁰ .
Die meisten der beobachteten Zellen sind ganz, die übrigen fast ganz deplasmolysiert.	11 ⁰⁰ "	Unverändert.
Die Plasmolyse ist, von vereinzelt Ausnahmen abgesehen, im ganzen Schnitt völlig zurück.	11 ³⁰ "	Unverändert.
	12 ¹⁰ nachm.	Unverändert.

Die Versuche 5, 6 und 7 ergaben übereinstimmend, daß zu der Zeit, wo die Plasmolyse in Kochsalz wieder vollständig zurückgegangen ist, eine anfänglich annähernd gleich starke Plasmolyse in Rohrzucker immer noch unverändert ist.

Dieser Satz gilt aber nicht nur für das Palisaden- und Schwammparenchym des Lindenblattes, denn ich fand ihn auch bestätigt für die entsprechenden Gewebe beim Blatt von *Buxus sempervirens*, so daß wir es vermutlich nicht mit einer bloß vereinzelt Erscheinung zu tun haben.

Die Versuchsanordnung bei *Buxus* war die gleiche wie bei *Tilia*, bloß wurden die Versuche mit NaCl und mit Rohrzucker nicht parallel, sondern nacheinander angestellt. Die Konzentrationen der beiden Lösungen wurden wieder so gewählt, daß darin anfänglich annähernd gleich starke Plasmolyse eintrat, deren weiterer Verlauf ebenfalls direkt im Mikroskop beobachtet wurde. Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle summarisch zusammengestellt.

Versuch 8 (*Buxus sempervirens rotundif.*).

a) Verhalten gegen NaCl:

Datum	plasmolysiert mit	Plasmolyse	deplasmolysiert nach	wieder plasmolysiert mit	Plasmolyse
27. Oktober	0,794 Mol	schwach	2 Std. 15 Min.		
29. "	0,617 "	"	50 "	NaCl 0,838 Mol	schwach
29. "	0,661 "	"	25 "	" 1,014 "	"
30. "	0,661 "	"	1 Std. 35 "	" 0,882 "	"
30. "	0,661 "	"	1 "	" 0,926 "	"
30. "	0,705 "	"	1 " 25 "	" 1,237 "	stark

b) Verhalten gegen Saccharose:

Datum	plasmolysiert mit	Plasmolyse	Plasmolyse noch unveränd. nach	Bemerkungen
31. Oktober	0,975 Mol	schwach	3 Std. 45 Min.	(Versuch hierauf abgebroch.)
2. November	0,975 "	"	5 " 30 "	(" " ")
3. "	0,975 "	"	3 "	hierauf ausgewaschen mit Leitungswasser, Plasmolyse nach 3 Min. zurück. Neu plasmolys. mit Saccharose 0,975 Mol = nach 10 Min. schwache Plasmolyse.

Die Tabelle zeigt, daß schwache Plasmolyse in Kochsalz im Mittel nach 1 Std. 15 Min. völlig zurückgegangen war, während eine gleich starke Plasmolyse in Rohrzucker im Mittel auch nach 4 Std. 5 Min. noch unverändert war. Wurden die Schnitte, deren NaCl-Plasmolyse völlig zurückgegangen war, in eine höhere Kochsalzkonzentration übertragen, so trat wieder Plasmolyse ein, ein Zeichen dafür, daß das Eindringen des NaCl nicht durch das Absterben des Protoplasten verursacht wurde. Im Rohrzucker trat nach Auswaschen mit Wasser, wobei die Plasmolyse in 3 Min. zurück war, aufs neue schwache Plasmolyse ein in derselben Saccharosekonzentration wie zu Anfang. Wir dürfen daraus entnehmen, daß die Menge Rohrzucker, die während der Zeit von 3 Std. in die Zellen eindrang, praktisch gleich Null zu setzen ist.

Der Rückgang der Plasmolyse wurde ferner noch beobachtet bei *Hedera helix*.

Versuch 9 (*Hedra helix*).

2. November.	Ein Schnitt kam in	
NaCl 0,617 Mol	3 ⁰⁵ nachm.:	Sofort leichte Plasmolyse,
	3 ³⁵ „	: Plasmolyse in zwei Zellen zurück,
	3 ⁴⁰ „	: Plasmolyse in einer Zelle zurück,
	4 ⁰⁰ „	: Plasmolyse an der beobachteten Stelle in allen Zellen zurück.

Aus den Versuchen 1—9 läßt sich, wohl ziemlich allgemein, schließen:

Palisaden- und Schwammparenchymzellen des Laubblattes sind für Kochsalz relativ stark permeabel, für Rohrzucker nur in ganz geringem Maße. Wenn die Plasmolyse in NaCl schon völlig zurückgegangen ist, so ist eine gleichstarke Plasmolyse in Rohrzucker immer noch unverändert. Die während dieser Zeit eindringende Menge Rohrzucker ist praktisch gleich Null.

Daß der Rohrzucker nicht eindringt, ist unabhängig von der Beleuchtung, unter der das Blatt vor dem Versuche gestanden hatte, denn die Rohrzuckerversuche sind an Tagen mit verschiedener Witterung, am gleichen Tage zu verschiedener Zeit, also bei verschiedenen Lichtintensitäten ausgeführt und das Resultat war doch das gleiche.

Die beiden Stoffe Rohrzucker und Kochsalz können uns deshalb dazu dienen, eine allfällige Veränderung der Permeabilität für NaCl unter dem Einfluß der Belichtung festzustellen.

Wir gehen dabei von folgenden Überlegungen aus¹⁾. Legen wir einen Schnitt, in dessen Zellen der osmotische Druck P herrscht, in eine Kochsalzlösung, deren osmotischer Druck ebenfalls $P^2)$ ist, so tritt keine Plasmolyse ein, denn während der Versuchszeit dringt eine gewisse Menge NaCl in die Zellen ein, wodurch ein Teil des Außendruckes annulliert wird. Durch Ausprobieren finden wir eine osmotisch höherwertige NaCl-Lösung, in der eben Plasmolyse eintritt. Ihr Druck sei P' . Diese Lösung hält, da sie eben Plasmolyse bewirkt, dem Zelldruck P das Gleichgewicht, sie übt also nur den Druck P aus, trotzdem sie theoretisch den höheren Druck P' erzeugen müßte. Sie hat gewissermaßen einen Druckverlust $P' - P$ erlitten.

1) Man vergleiche hierzu die theoretischen Ausführungen bei Lepeschkin (I).

2) In Wirklichkeit würde man natürlich, Impermeabilität der Plasmahaut für NaCl vorausgesetzt, Plasmolyse nur erhalten, wenn der Außendruck etwas größer wäre als P . Der Einfachheit halber sei er hier gleich P gesetzt.

Dieser Druckverlust, den die permeierende Lösung erleidet, erlaubt uns die Permeabilität zu messen, ein doppelt so hoher Druckverlust bedeutet eine doppelt so hohe Permeabilität.

Zu Vergleichszwecken können wir diesen, wenn man so will, absoluten Druckverlust nicht brauchen, denn der Druck P der Zellen ist ja nicht konstant, sondern wir müssen an dessen Stelle den relativen Druckverlust verwenden, den wir dadurch ausdrücken, daß wir angeben, den wievielten Teil ihres theoretischen Druckes die NaCl-Lösung verloren hat, also $P' - P = \mu P'$, worin P' der theoretische Druck der NaCl-Lösung, $P' - P$ ihr Druckverlust und μ der Druckverlustkoeffizient, oder, da wir die Permeabilität nach dem Druckverlust bemessen, der Permeabilitätskoeffizient ist. Für die Berechnung von μ ergibt sich somit: $\mu = 1 - \frac{P}{P'} \dots (1)$

Um μ experimentell zu bestimmen, müssen wir also kennen den theoretischen Druck P' der eben plasmolysierenden NaCl-Lösung und den osmotischen Druck P der Zellen, der gleich ist dem Druck der eben plasmolysierenden, nicht eindringenden Rohrzuckerlösung. Es ist also nötig, parallel mit NaCl und mit Saccharose zu plasmolysieren und aus diesem Grunde empfiehlt es sich, den Permeabilitätskoeffizienten μ auf andere Art zu berechnen.

Wir ermitteln dazu die plasmolytischen Grenzkonzentrationen des Rohrzuckers und des Kochsalzes. Da die beiden Konzentrationen isotonisch sind, so ist, wenn Kochsalz nicht permeiert, das Verhältnis der Konzentration des Rohrzuckers zur Konzentration des Kochsalzes gleich dem Dissoziationsfaktor des Kochsalzes, also:

$$\frac{C\text{-Rohrzucker}}{C\text{-NaCl}} = i \dots \dots \dots (2),$$

worin i der Dissoziationsfaktor des NaCl ist.

Wenn nun das Plasma für NaCl permeabel ist, so erhalten wir mit der Konzentration C -NaCl keine Plasmolyse, sondern erst mit der höheren Konzentration C' -NaCl, d. h. die Konzentration C' -NaCl übt nicht ihren wirklichen Druck P' , sondern nur den Druck P aus. Die Lösung von der Konzentration C' -NaCl hat also einen Druckverlust $\mu P'$, oder was auf dasselbe hinauskommt, einen Konzentrationsverlust $\mu C'$ -NaCl erlitten, da der Druck der Konzentration proportional geht.

$$\text{Also: } C'\text{-NaCl} - C\text{-NaCl} = \mu C'\text{-NaCl}$$

$$\text{Daraus: } C\text{-NaCl} = C'\text{-NaCl} (1 - \mu)$$

Setzen wir diesen Wert in (2), so erhalten wir

$$\frac{C\text{-Rohrzucker}}{C' \cdot \text{NaCl} (1 - \mu)} = i$$

Daraus

$$\frac{C\text{-Rohrzucker}}{C' \cdot \text{NaCl}} = i (1 - \mu) = i' \dots \dots (3)$$

d. h.: ist die Plasmahaut für NaCl permeabel, so ist der aus den plasmolytischen Grenzkonzentrationen von Rohrzucker und Kochsalz für das letztere ermittelte Dissoziationsfaktor i' gleich dem theoretischen Dissoziationsfaktor mal $1 - \mu$.

Aus (3) ergibt sich für den Permeabilitätskoeffizienten der Wert:

$$\mu = 1 - \frac{i'}{i} \dots \dots \dots (4) 1)$$

Diese Ableitung gilt streng genommen nur, wenn wir den Dissoziationsfaktor als konstant annehmen, also mit den isotonischen Koeffizienten rechnen, oder wenn die Schwankungen in der Konzentration des Kochsalzes sich nur innerhalb solcher Grenzen bewegen, daß dadurch der Wert für i nicht wesentlich geändert wird.

Sämtliche im folgenden angegebenen Werte für μ sind nach der Formel (4) berechnet, wobei $\mu = 1,70$ gesetzt wurde²⁾.

Die experimentelle Bestimmung von μ geschah folgendermaßen. Frisch hergestellte Schnitte von derselben Stelle des gleichen Blattes wurden in kleine Nöpfe gebracht, die einerseits Kochsalz- andererseits Rohrzuckerlösungen enthielten, und 25 Min. lang darin gelassen. Hierauf übertrug ich die Schnitte auf Objektträger in die gleichen Lösungen und kontrollierte die Plasmolyse mit dem Mikroskop, immer in derselben Reihenfolge, indem ich erst die Kochsalzpräparate von der schwächsten bis zur stärksten angewendeten Konzentration durchmusterte und alsdann in gleicher Reihenfolge die Zuckerpräparate. Für jede Messung wurden die Nöpfe aus den Stammflaschen frisch gefüllt, nachdem sie vorher mit Wasser ausgewaschen waren. Es gelangten gewöhnlich fünf verschiedene aufeinanderfolgende Kochsalzkonzentrationen zur Verwendung und

1) Man vergleiche Lepeschkin (1). Die dort abgeleitete Formel $\mu_2 = 1 - \frac{K'_2}{k_2}$ ist natürlich mit der obigen identisch, da die isotonischen Koeffizienten (K'_2 u. k_2) den Dissoziationsfaktoren proportional gehen.

2) Die Konzentrationen des NaCl schwankten in meinen Versuchen innerhalb 0,6—1,1 Mol. Nach der Formel von Arrhenius $i = 1 + (k-1)\alpha$ berechnet sich i für 0,5 Mol NaCl zu 1,742, für 1 Mol zu 1,681. Wenn wir statt dessen einen mittleren Wert von 1,70 nehmen, so ist das für physiologische Zwecke durchaus genügend.

ebensoviele Zuckerkonzentrationen. Der Konzentrationsunterschied zwischen den einzelnen Lösungen betrug beim Rohrzucker 0,075 Mol = 2,565 % und 0,044 Mol beim Kochsalz = 0,257 %. Diese beiden Unterschiede sind isotonisch, weil i gleich 1,7 genommen wurde. Sie wurden gewählt, weil die Plasmolyse, die bei einer dieser Konzentrationen eintrat, in der nächstunteren deutlich schwächer, in der nächsthöheren deutlich stärker war. Die Lösungen wurden von Zeit zu Zeit immer wieder frisch hergestellt, die Zuckerpflösungen alle 4—5 Tage, die NaCl-Lösungen in größeren Zeitabschnitten.

Als plasmolytische Grenzkonzentration wurde die genommen, bei der in den meisten Zellen eben leichte Plasmolyse eintrat und wobei in der nächstunteren Konzentration die Zellen nicht, in der nächsthöheren aber deutlich stärker plasmolysiert waren. In jeder Konzentration wurden immer mehrere Schnitte durchgesehen. Die Zellen der verwendeten Objekte reagierten bei dem angewandten Konzentrationsunterschied der plasmolysierenden Lösungen sehr gleichmäßig und ließen schon die geringste Abhebung des Protoplasten deutlich erkennen, so daß sich die Grenzkonzentrationen sehr deutlich feststellen ließen.

Trat in einer Konzentration bloß vereinzelt, nur etwa in dem Fünftel der Zellen eben leichte Plasmolyse ein, während in der folgenden alle Zellen leicht plasmolysiert waren, so wurde als Grenzkonzentration das Mittel dieser beiden Konzentrationen genommen. Die angewendeten plasmolysierenden Lösungen gestatteten also eine Bestimmung der Grenzkonzentrationen mit einer Genauigkeit von 0,037 Mol Saccharose = 1,282 % und von 0,022 Mol NaCl = 0,128 % (= 0,22 % Salpeter).

Da sämtliche plasmolytischen Messungen immer in genau gleicher Weise vorgenommen wurden, so möge hier als Beispiel nur eine einzige vollständig angeführt werden:

Buxus sempervirens:

5. Dez. 08. Blatt abgeschnitten 11,50 vormitt. Trübe, 1,5° C.
Temperatur der verwendeten Lösungen: 17,5° C.

NaCl		Saccharose	
Mol 0,75	keine Plasmolyse	Mol 1,05	keine Plasmolyse
„ 0,794	„ „	„ 1,125	„ „
„ 0,838	schwache „	„ 1,2	schwache „
„ 0,882	etwas stärkere Plasm.	„ 1,275	etwas stärkere Plasm.

Plasmolyt. Grenzkonzentrationen: NaCl 0,838 Mol.

Sacch. 1,125 „

$$i' = 1,125 : 0,838 = 1,43$$

$$\mu = 1 - \frac{1,43}{1,70} = 0,159 = 0,160$$

Es dürfte vielleicht für die Erleichterung des Verständnisses von Vorteil sein, wenn wir nun noch versuchen, uns den Permeabilitätskoeffizienten μ in Salpeterwerten vorzustellen, was ja allerdings nicht völlig korrekt ist. Wir bestimmen zu dem Zwecke, was für eine Änderung von μ eingetreten ist, wenn während des Versuches nur die plasmolytische Grenzkonzentration des NaCl um einen bestimmten Betrag sich änderte, die des Rohrzuckers hingegen gleich blieb. Wir finden so z. B., daß einer Änderung von 0,022 Mol NaCl eine mittlere Änderung von $\mu = 0,0236$ entspricht (die Angaben für diese Berechnung sind entnommen: Versuch 24e, 7. Febr.; 24f, 15. Dez. und 16. Dez.; 29c, 21. Dez.; 30b, 18. Jan.). Da wir 0,022 Mol NaCl isotonisch setzen dürfen mit 0,022 Mol Salpeter (= 0,22 %), so entspricht einem Wert von $\mu = 0,0236$ ein Salpeterwert von 0,22 %. Daraus berechnet sich für $\mu = 0,010$ ein Salpeterwert von 0,093 % = ca. $\frac{1}{10}$ %. Das heißt also, wenn sich bei gleich bleibendem osmotischem Druck der Permeabilitätskoeffizient für NaCl im Laufe des Versuches um den Wert 0,01 erhöht hat, so muß ich, um mit NaCl-Plasmolyse zu bekommen, eine Konzentration nehmen, deren osmotischer Wert den der anfänglichen Grenzkonzentration des NaCl um $\frac{1}{10}$ % Salpeter übersteigt.

II. Abhängigkeit der Permeabilität vom Licht.

Die Permeabilitätsbestimmungen, die ich im Sept. 08 an den Blättern von *Tilia cordata*, und im Nov.—Dez. 08 von *Buxus sempervirens*, die beide unter den natürlichen Vegetationsbedingungen standen, vornahm, ergaben übereinstimmend, daß die Permeabilität sich nach den Beleuchtungsverhältnissen änderte. Bei Sonnenschein war sie größer als bei trübem Wetter.

Um einen genaueren Einblick in diese Verhältnisse zu bekommen, war es nötig, die Beziehungen zwischen Permeabilitätsänderung und Licht experimentell zu studieren, wobei die Lichtstärke, die Belichtungsdauer und die Stimmung der Zellen zu berücksichtigen waren. Ich versuchte also die folgenden Fragen zu beantworten:

1. Wie ändert sich die Permeabilität in verschiedenen Intensitäten bei gleich langer Belichtungszeit?

2. Was für Permeabilitätsänderungen treten ein in ein und derselben Intensität bei verschieden langer Belichtung?

3. Besteht eine direkte Beziehung zwischen der zugeführten Lichtmenge und der Größe der Permeabilitätsänderung, so daß einer bestimmten Lichtmenge immer eine bestimmte Permeabilitätsänderung entspricht?

4. Ist die Permeabilitätsänderung, die in bestimmter Intensität bei bestimmter Belichtungsdauer eintritt, immer gleich, oder ändert sie sich nach dem inneren Zustand, der Stimmung der Zellen?

Als Versuchsobjekt dienten vorzüglich abgeschnittene Zweige von *Buxus sempervirens rotundif.*, die sich zu solchen Versuchen ganz gut eignen, da die Blätter meistens in annähernd der gleichen Ebene ausgebreitet sind, so daß sie bequem senkrecht zur Lichtrichtung orientiert werden können. Einige Versuche wurden direkt am Strauche ausgeführt und in einigen anderen verwendete ich Blätter der Linde (*Tilia cordata*).

Sämtliche Versuche mit abgeschnittenen Zweigen, die mit Watte auf mittelgroßen Erlenmayerkolben befestigt waren, führte ich im Dunkelzimmer des Institutes aus, die plasmolytischen Messungen an meinem gewöhnlichen Arbeitsplatz im diffusen Tageslicht.

Als Lichtquelle benutzte ich eine elektrische Lampe von 32 Kerzen, mit mattgeschliffener Birne, die so aufgestellt wurde, daß ihre Längsachse in die Horizontalebene fiel. Die montierten Zweige wurden immer so orientiert, daß die zur Untersuchung kommenden Blätter unmittelbar in der Nähe der verlängerten Birnenachse möglichst senkrecht zur Lichtrichtung standen.

Bei der Bestimmung der Permeabilitätsänderung benutzte ich die Blatthälftenmethode. Der montierte Zweig wurde in der gewünschten Entfernung von der Lichtquelle aufgestellt, sofort eine Hälfte eines Blattes abgeschnitten und deren Permeabilität bestimmt. Nach Ablauf der zu studierenden Belichtungszeit wurde die zweite Hälfte in gleicher Weise geprüft. Um die individuellen Verschiedenheiten einigermaßen zu kompensieren, war es natürlich nötig, immer mehrere Blätter unter den gleichen Versuchsbedingungen zu untersuchen, und als für den betreffenden Versuch gültigen Reaktionswert das Mittel der Einzelreaktionen zu nehmen, eine Methode, die ja in der Physiologie nicht zu umgehen ist.

Da, wie in der Literaturübersicht erwähnt, die Temperatur ebenfalls von Einfluß auf die Permeabilität ist, so bestrebe ich mich, die einzelnen Versuche in möglichst gleicher Temperatur durchzuführen und die in verschiedener Entfernung von der Lampe verschieden hohe Temperatur mit Hilfe der Heizung möglichst gleichmäßig zu machen. Absolut gelang das zwar nicht, doch praktisch so, daß meine Versuche kaum gestört wurden. In den mitgeteilten Versuchsprotokollen ist immer die während des Versuches herrschende Temperatur angegeben. Gemessen wurde sie durch ein neben dem Zweig frei aufgehängtes Thermometer.

1. Abhängigkeit der Permeabilität von der Lichtintensität.

In diesen Versuchen wurde bei wechselnder Intensität die Beleuchtungsdauer konstant gehalten. Sie betrug immer annähernd 24 Std. Im einzelnen ist zu der Versuchsanordnung noch folgendes zu bemerken. Nach Aufstellung des Zweiges in der gewollten Entfernung von der Lampe wurde sogleich in der abgeschnittenen Hälfte eines 1. Blattes und hierauf in der eines 2. und eines 3. die Permeabilität bestimmt. Den Zweig ließ ich in der betreffenden Lichtintensität stehen und untersuchte am folgenden Tage die drei stehen gelassenen Blatthälften zur gleichen Zeit wie die drei entsprechenden Hälften am vorigen Tag. Aus den drei Messungen des ersten und den dreien des zweiten Tages wurde der Mittelwert der Anfangs- und der Endpermeabilität und daraus der Größe der eingetretenen Reaktion bestimmt. Da die Anfangspermeabilität in den einzelnen Versuchen verschieden groß war, so war es nötig, die Permeabilitätsänderung auf eine bestimmte Anfangspermeabilität zu reduzieren, und ich rechnete sie deshalb in Prozente der Anfangspermeabilität um.

Die vier ersten Versuche wurden insofern etwas anders angestellt, als dabei an jedem Tage je vier Permeabilitätsbestimmungen gemacht wurden, wobei ich aber die Blatthälftenmethode nicht so genau anwandte.

Es sollen nun nach diesen Vorbemerkungen die einzelnen Versuche mitgeteilt werden.

Versuch 10.

Ohne Licht, völlig verdunkelt. — Zweig abgeschnitt. 6. Jan. 09 8⁴⁵ vorm., sonnig, — 6° C.
Beginn der Verdunkelung 9⁰⁰ vorm.

Datum	Temperatur ¹⁾		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
6. Jan. 8 ⁴⁵ vm.			1	0,926	1,2	1,28	0,247	0,219 = 100
11 ⁰⁰ „	20	19	1	0,882	1,2	1,36	0,200	
12 ⁰⁰ „	19	18	2	0,860	1,125	1,30	0,236	
6 ⁵⁰ nm.	19	18,25	2	0,816	1,125	1,37	0,194	
7. Jan. 9 ²⁵ vm.	20	16	3	0,750	1,05	1,40	0,177	0,176 = 80,36
2 ⁰⁰ nm.	20	17	3	0,750	1,05	1,40	0,177	
4 ⁴⁰ „	20	17	4	0,794	1,087	1,37	0,194	
6 ⁰⁵ „	20	17,75	5	0,705	1,012	1,43	0,159	

Versuch 11.

Entfern. von der Lampe 50 cm. — Zweig abgeschn. 18. Jan. 09 9¹⁵ vorm., Sonne, 0° C.
Beginn der Beleuchtung 10⁰⁰ vorm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar			
18. Jan. 9 ¹⁵ vm.			1	0,816	1,162	1,42	0,165	0,191 = 100
1 ⁴⁵ nm.	20,5	18	1	0,816	1,087	1,33	0,218	
4 ⁴⁵ „	20,5	18	2	0,816	1,125	1,37	0,194	
5 ⁵⁵ „	20,25	18	3	0,838	1,162	1,38	0,189	
19. Jan. 9 ¹⁰ vm.	20	17,5	2	0,838	1,125	1,34	0,212	0,240 = 125,65
10 ²⁵ „	21	18	3	0,860	1,162	1,35	0,206	
5 ⁰⁰ nm.	21	18	4	0,860	1,050	1,22	0,283	
6 ¹⁵ „	21	19	5	0,860	1,087	1,26	0,259	

Versuch 12.

Entfern. von der Lampe 35 cm. — Zweig abgeschn. 8. Febr. 09, 8⁴⁵ vorm., hell, — 4° C.
Beginn der Beleuchtung 9⁰⁰ vorm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
8. Febr. 8 ⁴⁵ vm.			1	0,926	1,237	1,23	0,218	0,219 = 100
1 ³⁰ nm.	19,5	19	1	0,904	1,162	1,28	0,247	
2 ²⁰ „	19,75	19	2	0,860	1,162	1,35	0,206	
5 ⁰⁰ „	19,75	18,3	3	0,860	1,162	1,35	0,206	
9. Febr. 8 ²⁰ vm.	19	17	2	0,860	1,125	1,30	0,236	0,201 = 91,78
10 ⁴⁰ „	19	17	3	0,816	1,125	1,37	0,194	
1 ³⁵ nm.	20,5	17	4	0,838	1,125	1,34	0,212	
2 ³¹ „	19,5	17,6	5	0,816	1,162	1,42	0,165	

1) Die Temperaturen verstehen sich in allen Versuchen in C°.

Versuch 13.

Entfernung von der Lampe 10 cm. — Zweig abgeschnitten 1. Febr. 09, 2²⁵ nachm., es schneit, trübe, + 1° C. — Beginn der Beleuchtung 2²⁵ nachm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		$\bar{\nu}$	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
1. Febr. 3 ²⁵ nm.	22,3	16,5	1	0,992	1,237	1,24	0,271	0,261 = 100
4 ⁵⁰ "	22	17	2	1,058	1,350	1,27	0,253	
5 ⁵⁰ "	22,75	17,25	3	1,036	1,312	1,26	0,259	
2. Febr. 8 ⁵⁵ vm.	22	17	1	1,036	1,312	1,26	0,259	0,219 = 83,90
9 ⁵⁵ "	22	17	2	0,948	1,275	1,34	0,212	
11 ⁵⁵ "	22	17	4	0,948	1,237	1,30	0,234	
2 ¹⁰ nm.	22	17	5	0,904	1,275	1,41	0,171	

Die Abhängigkeit der Permeabilität von der Lichtstärke ist in ihren Grundzügen durch die vorliegenden vier Versuche bereits bestimmt. Sie gaben ein Resultat, das mich überraschte: Bei Abwesenheit von Licht nahm die Permeabilität ab, in einer gewissen Lichtintensität zu, in einer stärkeren Intensität wieder ab und in noch stärkerer Intensität noch stärker ab.

Damit dieses Resultat noch besser gestützt und weiter ausgebaut würde, waren neue Versuche nötig. Dabei war zu berücksichtigen, daß die bisherigen Versuche zeitlich nacheinander durchgeführt wurden und es schien mir deshalb notwendig, Versuche bei verschiedener Intensität gleichzeitig vorzunehmen. Da die Messungen viel Zeit in Anspruch nehmen, war mir nur möglich, je zwei Versuche gleichzeitig auszuführen, doch genügte das völlig, wie aus dem folgenden hervorgeht. Der leichteren Übersicht wegen mögen die Resultate der Versuche 10—17 in einer besonderen Tabelle zusammengestellt werden. Die Protokolle der Versuche 14—17 finden sich im Anhang.

Abhängigkeit der Reaktion von der Lichtstärke.

Versuchsobjekt: *Burax scarpervirens rotundif.*, abgeschn. Zweige.

Versuchsort: Dunkelzimmer.

Lichtquelle: Elektrische Lampe von 32 Kerzen.

Temperatur (während der Versuche): 19—22° C.

Nr. des Vers.	Datum	Temperatur im Dunkelzimmer	Anfangs-permeabil. $\mu =$	End-permeabil. $\mu =$	Größe u. Richtung der Reaktion = Änderg. von μ	Entfern. von der Lichtquelle
13	1./2. Febr.	22—22,75, meist 22	0,26	0,22	-16 % } -14,5 %	10 cm
14 a	25./26. "	21,75—22 "	0,29	0,24		

Fortsetzung der Tabelle.

Nr. des Vers.	Datum	Temperatur im Dunkelzimmer		Anfangs-	End-	Größe u. Richtung der Reaktion = Änderg. von μ	Entfern. von der Lichtquelle
				permeabil. μ	permeabil. μ		
12	8./9. Febr.	19—20,5	meist 19,5	0,22	0,20	- 8 %	35 cm
15 a	16./17. "	20,5—21,25	" 21	0,20	0,19	- 5,5 %	
14 b	25./26. "	18,75—19	" 19	0,30	0,28	- 5 %	
11	18./19. Jan.	20—21	meist 21	0,19	0,24	+ 26 %	50 cm
15 b	16./17. Febr.	20,25—21		0,22	0,25	+ 14 %	
16 a	18./19. "	20—20,5	" 20	0,20	0,26	+ 26 %	
16 b	18./19. Febr.	20—20,5	meist 20,5	0,22	0,26	+ 18 %	60 cm
17 a	22./23. "	19—20	" 20	0,23	0,26	+ 14 %	
17 b	22./23. Febr.	19—20		0,23	0,23	0 %	90 cm
10	6./7. Jan.	19—20	meist 20	0,22	0,18	- 20 %	∞

Stellen wir dieses Resultat graphisch dar, indem wir die Entfernungen von der Lichtquelle als Abszissen, die zugehörigen Änderungen des Permeabilitätskoeffizienten μ als Ordinaten auftragen, so erhalten wir eine Kurve, deren Ähnlichkeit mit der Kurve sofort auffällt, die beim Heliotropismus den Zusammenhang zwischen Lichtstärke und Stärke der Krümmung ausdrückt, also

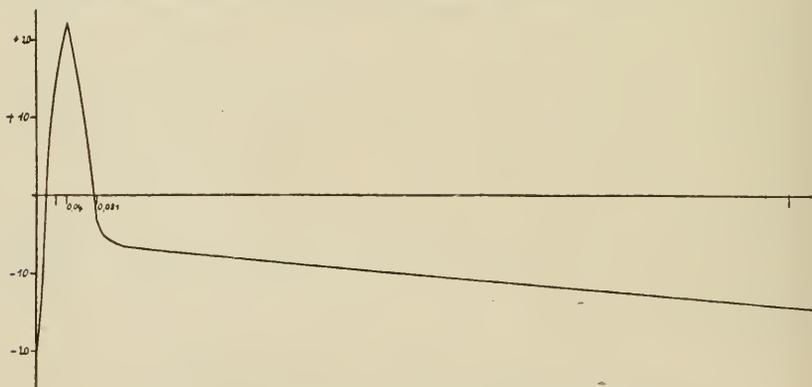


Fig. 1. Kurve der Reaktion bei 24-stündiger Belichtung.

Die Änderungen des Permeabilitätskoeffizienten μ (in %) sind als Ordinaten aufgetragen, während auf der Abszisse die Lichtintensitäten verzeichnet sind, wobei 1 = ca. 3000 Meterkerzen ist. Die Kurve ist konstruiert nach den Angaben der obigen Tabelle.

in der Nähe der Lichtquelle Abnahme der Permeabilität, weiter weg geringere Abnahme, Indifferenz, immer stärker werdende Zunahme, bis ein Optimum erreicht ist, Schwächerwerden der Zunahme, Indifferenz und immer stärker werdende Abnahme.

Während in der Tabelle der Zusammenhang zwischen Lichtintensität und Größe der Permeabilitätsänderung klar hervortritt, ist ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen dieser und der Anfangspermeabilität nicht zu erkennen. Bei gleicher Anfangspermeabilität kann die Permeabilitätsänderung, je nach der Lichtintensität ganz verschieden sein (man vergleiche in der Tabelle die Versuche 12, 15*b*, 16*b* und 10; 15*a* und 16*a*; 17*a* und 17*b*) und umgekehrt kann bei gleicher oder fast gleicher Permeabilitätsänderung die Anfangspermeabilität verschieden sein (man vergleiche in der Tabelle 15*a* und 14*b*, 11 und 16*a*). Ebensowenig läßt sich eine bestimmte Gesetzmäßigkeit erkennen zwischen der erreichten Endpermeabilität und der Lichtintensität. Es darf deshalb wohl geschlossen werden, daß es sich bei der Permeabilitätsänderung nicht darum handelt, daß die Permeabilität sich in einer bestimmten Lichtintensität auf eine bestimmte Höhe einstellt, sondern in einer bestimmten Lichtintensität erfolgt eine bestimmte Änderung der Anfangspermeabilität unabhängig von deren Höhe.

Da zwischen der Temperatur im Freien, unter der die Versuchsweige gestanden hatten, und der Temperatur im Dunkelmzimmer eine beträchtliche, in den einzelnen Versuchen verschieden starke Differenz war, so ist nun noch zu untersuchen, ob diese Differenz auf die Permeabilitätsänderung einen Einfluß hatte. Dies scheint nicht der Fall gewesen zu sein, denn aus der folgenden Tabelle geht hervor, daß bei gleicher Differenz zwischen Außen- und Innentemperatur die Permeabilitätsänderung ganz verschieden ausfiel, je nach der Intensität des Lichtes, und daß gleich starke Permeabilitätsänderung in derselben Lichtstärke eintrat, auch wenn die Temperaturdifferenz verschieden war.

Nr. des Versuchs	Temperatur im Freien	Temperatur i. Dunkelmzim.	Temperaturdifferenz	Änderung der Permeabilität	Entfernung von der Lampe
13	+ 1	22	21	- 16 %	10 cm
15 a	0	21	21	- 5,5 %	35 "
11	0	21	21	+ 26 %	50 "
16 b	- 1	20,5	21,5	+ 18 %	60 "
17 b	- 2	19,5	21,5	0 %	90 "
11	0	21	21	+ 26 %	50 cm
16	- 5	20	25	+ 26 %	50 "
15 a	0	21	21	- 5,5 %	35 "
14 b	- 9,5	19	28,5	- 5 %	35 "

Die bisher mitgeteilten Versuche waren alle in der relativ hohen Temperatur 19—20° C ausgeführt werden. Aber auch in tieferer Temperatur macht sich die Wirkung des Lichtes geltend, wie aus dem folgenden Versuch hervorgeht.

Versuch 18.

19. Dez. 08, 8⁴⁵ vorm., trübe, 5° C. Zweig abgeschnitten, eine Blatthälfte sofort untersucht. Der Zweig wurde auf einem Erlenmayer montiert und vor dem Fenster aufgestellt, während auf der inneren Seite des Fensters, im Zimmer eine Auerlampe aufgestellt wurde, so daß die Blätter hell beleuchtet waren. Die Temperatur, neben den Blättern gemessen, betrug 9° C.

Datum	Temp. i. Freien	Temp. d. Lösung	Blatt- hälfte	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
19. Dez. 8 ⁴⁵ vm.	5	18	1	0,794	1,200	1,51	0,112	= 100
11 ⁰⁰ „	9	18	2	0,838	1,200	1,43	0,159	= 141

Von Interesse ist es ferner noch, zu sehen, daß die Wirkung des Lichtes nicht nur in Blättern abgeschnittener Zweige zutage tritt, sondern auch in solchen, die am Strauch belassen wurden. Die betreffenden Versuche wurden folgendermaßen angestellt:

1. Die Permeabilität wurde bestimmt vor Erscheinen der Sonne und zum zweiten Mal nachdem die Blätter eine Zeitlang von der Sonne beschienen waren. Die Permeabilität nahm zu.

2. Die Blätter befanden sich während einer gewissen Zeit in trübem Tageslicht. Die Permeabilität nahm in dieser Zeit ab.

3. Die Blätter wurden während einer gewissen Zeit am Strauch mit Stanniol verdunkelt. Die Permeabilität nahm während dieser Zeit ab, unabhängig ob währenddem trübes Tageslicht, teilweise Sonnenschein, oder fortwährend Sonnenschein herrschte.

Die Einzelheiten der Resultate dieser drei Versuche sind im folgenden zusammengestellt. Es wurde immer die Blatthälftenmethode angewendet, so daß also nur Hälften des gleichen Blattes miteinander verglichen sind.

Versuch 19.

30. Nov. 08, 8 ⁵⁵ vm.	Hell, noch keine Sonne, hierauf Sonne.	— 1°	μ 0,159 = 100
11 ⁰⁰ „	Sonne.	0°	0,212 = 133
2 Std. 5 Min.		1	+ 33%
1. Dez. 08, 8 ³⁰ vm.	Hell, noch keine Sonne, hierauf Sonne.	— 3°	μ 0,130 = 100
11 ⁰⁰ „	Sonne.	0°	0,189 = 145
2 Std. 30 Min.		3	+ 45%

3. Dez. 08, 9 ⁴⁰ vm.	Leicht bewölkt, hierauf teilweise Sonnenschein.	3,5 ⁰	μ 0,159 = 100
<u>1²⁶ nm.</u>		<u>5,5⁰</u>	<u>0,189 = 119</u>
3 Std. 45 Min.		2 ⁰	+ 19%

Versuch 20.

2. Dez. 08, 8 ¹⁵ vm.	} Leicht bewölkt.	- 0,5 ⁰	μ 0,200 = 100
<u>11¹⁰ „</u>		<u>2⁰</u>	<u>0,171 = 85</u>
2 Std. 55 Min.		2,5 ⁰	- 15%
4. Dez. 08, 8 ¹⁵ vm.	} Nebel, trübe.	1 ⁰	μ 0,200 = 100
<u>11⁴⁶ „</u>		<u>2⁰</u>	<u>0,183 = 91</u>
3 Std. 30 Min.		1 ⁰	- 9%
15. Dez. 08, 8 ⁴⁶ vm.	} Trübe, schwacher Regen.	5 ⁰	μ 0,165 = 100
<u>11⁴⁶ „</u>		<u>5⁰</u>	<u>0,159 = 96</u>
3 Std.		0	- 4%

Versuch 21.

14. Dez. 08, 9 ⁰⁶ vm.	Hell, Sonne. 9 ⁰⁶ —11 ⁵⁶ : Verdunkelung mit Stanniol, während dieser Zeit Sonnenschein.	5 ⁰	μ 0,194 = 100
<u>11⁵⁶ „</u>		<u>8⁰</u>	<u>0,147 = 76</u>
2 Std. 50 Min.		3 ⁰	- 24%
18. Dez. 08, 8 ⁵⁰ vm.	Ziemlich bewölkt. 8 ⁵⁰ —5 ²⁵ nm.: Verdunkelg. mit Stanniol, während dem teils Sonnenschein, teils bewölkt.	2 ⁰	μ 0,106 = 100
<u>5²⁵ nm.</u>		<u>5⁰</u>	<u>0,059 = 55</u>
8 Std. 35 Min.		3 ⁰	- 45%
19. Dez. 08, 8 ²⁵ vm.	Trübe, reguerisch. 8 ²⁵ —5 ²⁵ nm.: Verdunkelg. mit Stanniol, während dem trübe und Regen.	4,5 ⁰	μ 0,089 = 100
<u>5²⁵ nm.</u>		<u>7⁰</u>	<u>0,030 = 34</u>
9 Std.		2,5 ⁰	- 66%

Vergleichen wir in Versuch 19 die zwei ersten Permeabilitätsänderungen mit dem in der Tabelle S. 190 für die optimale Lichtintensität gefundenen Werte (50 cm Entfernung), so fällt auf, daß im ersten Fall die Änderung der Permeabilität größer war, trotzdem sie sich auf eine kürzere Zeit bezieht. Ebenso sind die in Versuch 21 mitgeteilten Permeabilitätsänderungen in zwei Fällen ziemlich größer als der in der Tabelle S. 190 für den Verdunkelungsversuch angegebene Wert, trotzdem auch hier die Versuchszeit im letzten Fall größer war als im ersten. Man wird geneigt sein,

daraus zu schließen, daß die Reaktionsfähigkeit in den abgeschnittenen Zweigen vermindert war. Dieser Schluß ist aber nicht ohne weiteres zwingend, denn wir dürfen Mittelwerte nur mit Mittelwerten, nicht mit Einzelwerten, und auch nicht Einzelwerte unter sich vergleichen, da ziemlich starke individuelle Verschiedenheiten vorkommen können. So waren z. B. in Versuch 16a die Permeabilitätsänderungen: 1. Blatt + 50 %, 2. Blatt + 12 %, 3. Blatt + 22 %. Immerhin aber soll nicht behauptet werden, daß durch das Abschneiden nicht eine Verminderung der Reaktionsfähigkeit möglich ist. Da wir aber auch keinen Grund haben anzunehmen, daß diese Verminderung in den einzelnen Versuchen sehr verschieden stark ausfiel, so würden die erhaltenen Werte, auf unverminderte Reaktionsfähigkeit korrigiert, nur relativ geändert werden müssen.

Es sollen nun noch einige Verdunkelungsversuche mit *Tilia cordata* mitgeteilt werden, die das gleiche Resultat hatten, wie die Verdunkelung bei *Buxus*.

Versuch 22.

30. Sept. 08, 3 ⁰⁰ nm.	Sonne, 24° C.	μ 0,31.
	Der Zweig mit der stehengelassenen Blatthälfte wurde im Dunkelzimmer ohne Beleuchtung aufgestellt von 3 ¹⁵ —5 ¹⁵ nm. Temp. 18—19° C.	
5 ¹⁵ nm.		μ 0,22.

Versuch 23¹⁾.

21. Juli 09, 4 ⁰⁰ nm.	Sonne, 26° C.	μ 0,17.
	Die stehengelassene Blatthälfte wurde mit Stanniol verdunkelt von 4—6 Uhr.	
6 ⁰⁰ nm.	23° C.	μ 0,07.
22. Juli 09, 4 ⁰⁰ nm.	Sonne, 27° C.	μ 0,125.
	Die am Baum stehengelassene Blatthälfte mit Stanniol verdunkelt von 4—6 Uhr.	
6 ⁰⁰ nm.	24° C.	μ 0,091.

Auf Grund der Versuche, die in diesem Abschnitte mitgeteilt sind, können wir zusammenfassend die Beziehungen zwischen Permeabilitätsänderung und Lichtstärke so ausdrücken:

Werden Blätter während einer bestimmten Zeit verschiedenen Lichtintensitäten ausgesetzt, so sind nach Ablauf dieser Zeit in den einzelnen Intensitäten für diese charakteristische, nach Größe und Richtung bestimmte Permeabilitätsänderungen eingetreten.

1) Die Permeabilitätsbestimmungen in Versuch 23 wurden mit Glukose und Saccharose ausgeführt. Sie sind im 2. Teil ausführlich mitgeteilt.

2. Abhängigkeit der Permeabilität von der Belichtungsdauer.

Nach dem Ergebnis des vorigen Abschnittes, daß in höheren Intensitäten negative Reaktion (Permeabilitätsabnahme) eintritt, lag es nahe, zu untersuchen, ob das bei Beleuchtungszeiten, die kleiner sind als 24 Std. auch noch der Fall ist, oder ob nicht etwa bei kurzer Belichtung erst positive Reaktion eintritt und erst später negative.

Zur Entscheidung dieser Frage mußten die Versuche in einer Lichtintensität durchgeführt werden, in der bei 24-stündiger Belichtung starke negative Reaktion eintritt. Dazu war geeignet die relative Intensität 1, in 10 cm Entfernung von meiner Lampe.

Da ich, schon bevor ich diese Versuche anstellte, die im 4. Abschnitt mitgeteilte Stimmungsänderung studiert hatte, so suchte ich mein Material möglichst gleichmäßig und tief zu stimmen, indem ich die abgeschnittenen Zweige vor Versuchsbeginn jeweils ungefähr 24 Std. unter einem schwarzen Zylinder verdunkelte.

Im folgenden sei die ausgeführte Versuchsreihe vollständig mitgeteilt.

Versuch 24.

Entfernung von der Lampe: 10 cm.

a) Belichtungsdauer 7,5 Min.

Datum	Temp. i. Dunkelz.	Temp. d. Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
26. Nov. 10 ²⁵ vm.	22,5	18,5	0,772	1,050	1,360	0,200	0,200
10 ^{32,5} "							
26. Nov. 11 ²⁵ vm.	21,5	18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	0,177
11 ^{32,5} "							
27. Nov. 9 ²⁵ vm.	21,5	18,5	0,683	1,050	1,537	0,096	0,096
9 ^{32,5} "							
7. Dez. 8 ⁵⁰ vm.	22	19	0,727	1,050	1,444	0,151	0,151
8 ^{57,5} "							
7. Dez. 11 ⁵⁵ vm.	22	19	0,705	1,050	1,489	0,124	0,124
12 ^{02,5} nm.							
7. Dez. 4 ¹⁰ nm.	22	19	0,727	1,050	1,444	0,151	0,151
4 ^{17,5} "							

Mittelwert der Permeabilität (μ).

Anfang: 0,149

Ende:

0,149

Änderung der Permeabilität 0%

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

b) Belichtungsdauer 11 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
15. Jan. 9 ⁰⁹ vm.			0,772	1,050	1,360	0,200	
9 ²⁰ n	21,5	18	0,772	1,050	1,360		0,200
15. Jan. 9 ⁵⁷ vm.	23	18	0,772	1,050	1,360	0,200	
10 ⁰⁸ n			0,772	1,050	1,360		0,200
15. Jan. 10 ^{41,5} vm.	23	18	0,750	1,050	1,400	0,177	
10 ^{52,5} n			0,750	1,050	1,400		0,177
15. Jan. 11 ^{24,5} vm.	23,5	18	0,772	1,050	1,360	0,200	
11 ^{35,5} n			0,772	1,050	1,360		0,200
15. Jan. 1 ²⁷ nm.			0,772	1,050	1,360	0,200	
1 ³⁸ n	23	18,5	0,750	1,012	1,349		0,207
15. Jan. 2 ⁰⁹ nm.	23,5	18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
2 ²⁰ n			0,750	1,050	1,400		0,177

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,192 = 100

Ende:

0,193

Änderung der Permeabilität + 0,5 %

= 100,52

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 5 0, 1 +.

c) Belichtungsdauer 13 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
8. Feb. 10 ^{54,5} vm.		18,5	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ^{07,5} n			0,727	1,012	1,392		0,182
8. Feb. 2 ³⁴ nm.	23	19	0,772	1,087	1,408	0,172	
2 ⁴⁷ n			0,772	1,050	1,360		0,200
8. Feb. 3 ¹⁴ nm.	23	19	0,772	1,050	1,360	0,200	
3 ²⁷ n			0,772	1,050	1,360		0,200
9. Feb. 10 ²¹ vm.			0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ³⁴ n	22	18	0,750	1,012	1,349		0,207
10. Feb. 9 ³⁶ vm.			0,705	0,937	1,329	0,219	
9 ⁴⁹ n	23	18	0,705	0,937	1,329		0,219
10. Feb. 10 ¹⁴ n			0,772	1,050	1,360	0,200	
10 ²¹ n	23	18	0,772	1,050	1,360		0,200

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,192 = 100

Ende:

0,201

Änderung der Permeabilität + 4,5 %

= 104,68

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 2 +, 4 0.

d) Beleuchtungsdauer 15 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
24. Nov. 9 ¹⁰ vm.		18	0,683	1,050	1,537	0,096	
9 ²⁵ "			0,661	1,012	1,531		0,100
24. Nov. 10 ²⁰ vm.	22		0,683	1,012	1,481	0,129	
10 ³⁵ "			0,683	1,012	1,481		0,129
26. Nov. 9 ¹⁵ vm.		18	0,772	1,087	1,408	0,172	
9 ³⁰ "	22,5		0,750	1,050	1,400		0,177
1. Dez. 9 ⁴⁵ vm.			0,705	1,012	1,435	0,156	
10 ⁰⁰ "	22	19	0,750	1,012	1,349		0,207
1. Dez. 11 ¹⁰ vm.			0,750	1,050	1,400	0,177	
11 ²⁵ "	22,5	19,5	0,750	1,050	1,400		0,177
1. Dez. 1 ⁴⁰ nm.			0,750	1,012	1,349	0,207	
1 ⁵⁵ "	22	19	0,727	0,975	1,341		0,212

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,156 = 100

Ende: 0,167

Änderung der Permeabilität \uparrow 7 % = 107,05Reaktion der einzelnen Blätter 3 \uparrow , 3 0.

e) Beleuchtungsdauer 20 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
5. Feb. 2 ³⁰ nm.	23,5	18,5	0,772	1,050	1,360	0,200	
2 ⁵⁰ "			0,772	1,050	1,360		0,200
5. Feb. 3 ³⁴ "	24	18,5	0,772	1,087	1,408	0,172	
3 ⁴⁴ "			0,772	1,012	1,310		0,230
7. Feb. 11 ⁰⁵ vm.			0,750	1,012	1,349	0,207	
11 ²⁵ "	22,5	18	0,772	1,012	1,310		0,230
7. Feb. 3 ¹⁵ nm.	22,5	18,5	0,772	1,050	1,360	0,200	
3 ³⁵ "			0,750	0,975	1,300		0,236
7. Feb. 3 ^{37,5} nm.	22,5	18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
4 ^{17,5} "			0,727	1,012	1,392		0,182
8. Feb. 9 ²⁰ vm.	22	18,2	0,772	1,089	1,408	0,172	
9 ⁴⁰ "	22	18,2	0,750	1,012	1,349		0,207

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,188 = 100

Ende: 0,214

Änderung der Permeabilität \uparrow 14 % = 113,82Reaktion der einzelnen Blätter 5 \uparrow , 1 0.

f) Beleuchtungsdauer 22 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
4. Dez. 9 ⁴⁵ vm.			0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ⁰⁷ "	22,5	20	0,727	0,975	1,342		0,211
4. Dez. 11 ⁰⁰ vm.			0,705	1,012	1,435	0,156	
11 ²² "			0,683	0,975	1,427		0,161
11. Dez. 11 ¹⁵ vm.			0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ³⁷ "	22		0,727	0,937	1,288		0,243
14. Dez. 2 ¹⁰ nm.			0,750	1,050	1,400	0,177	
2 ³² "	21	19	0,750	1,012	1,349		0,207
15. Dez. 10 ⁰² vm.	20,5	19.	0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ²⁴ "			0,750	1,012	1,349		0,207
16. Dez. 10 ⁰³ vm.	23	20	0,727	1,050	1,444	0,151	
10 ²⁵ "			0,750	1,050	1,400		0,177

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,171 = 100

Ende:

0,201

Änderung der Permeabilität + 17,5 %

= 117,54

Reaktion der einzelnen Blätter . . . alle 6 +.

g) Beleuchtungsdauer 30 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
23. Nov. 8 ⁴⁵ vm.		18	0,705	1,050	1,489	0,124	
9 ¹⁵ "	22	18	0,705	1,050	1,489		0,124
23. Nov. 10 ²⁵ vm.		18,5	0,705	1,050	1,489	0,124	
10 ⁵⁵ "	23	18,5	0,705	1,050	1,489		0,124
23. Nov. 11 ³⁵ vm.		18,5	0,705	1,050	1,489	0,124	
12 ⁰⁵ nm.	22,5	19	0,705	1,050	1,489		0,124
8. Dez. 8 ⁴⁵ vm.		18	0,727	1,012	1,392	0,182	
9 ¹⁵ "	23		0,727	1,012	1,392		0,182
8. Dez. 11 ⁰⁵ vm.		18,5	0,705	1,012	1,435	0,156	
11 ³⁵ "	23	19	0,705	0,975	1,382		0,187
9. Dez. 8 ⁴⁰ vm.			0,772	1,125	1,457	0,143	
9 ¹⁰ "	21,5	19	0,772	1,125	1,457		1,143

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,142 = 100

Ende:

0,147

Änderung der Permeabilität + 3,5 %

= 103,52

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 1 +, 5 0.

h) Beleuchtungsdauer 1 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
16. Nov. 4 ¹⁶ vm.	21,3	19	0,727	1,050	1,444	0,151	
5 ⁰⁶ "	21,3	19,5	0,727	1,050	1,444		0,151
16. Nov. 2 ⁸⁰ nm.	21,3	19	0,683	0,937	1,372	0,193	
3 ⁸⁰ "	21,3	19	0,683	0,937	1,372		0,193
18. Nov. 2 ³⁰ nm.			0,727	1,125	1,547	0,090	
3 ⁸⁰ "	21,3	18,5	0,727	1,125	1,547		0,090
9. Dez. 10 ⁵⁰ vm.		18,5	0,727	0,975	1,341	0,212	
11 ⁵⁰ "	22	18,5	0,727	0,975	1,341		0,212
9. Dez. 1 ⁸⁰ nm.		18,5	0,727	0,975	1,341	0,212	
2 ⁸⁰ "	23	18,5	0,727	0,975	1,341		0,212
11. Dez. 9 ⁰⁰ vm.		18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
10 ⁰⁰ "	22	18,5	0,750	1,050	1,400		0,177

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,172 = 100

Ende:

0,172

Änderung der Permeabilität 0%

= 100

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

i) Beleuchtungsdauer 1 1/2 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
4. Feb. 10 ²⁸ vm.		19,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
11 ⁵⁸ "	24		0,750	1,050	1,400		0,177
4. Feb. 1 ⁵² nm.	23	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
3 ²² "	24	19	0,750	1,050	1,400		0,177
4. Feb. 2 ²⁴ nm.	23	19	0,750	1,050	1,400	0,177	
3 ⁴⁴ "	24	19,5	0,772	1,087	1,408		0,172
5. Feb. 9 ⁰⁰ vm.	23	18	0,794	1,087	1,369	0,195	
10 ⁸⁰ "	24	18	0,794	1,087	1,369		0,195
5. Feb. 9 ⁸⁰ vm.	23	18	0,772	1,050	1,360	0,200	
11 ⁰⁰ "	24	18	0,794	1,087	1,369		0,195
5. Feb. 10 ⁰⁰ vm.	23	18	0,750	1,050	1,400	0,177	
11 ⁸⁰ "	24	18	0,772	1,087	1,408		0,172

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,184 = 100

Ende:

0,181

Änderung der Permeabilität - 1,5%

= 98,36

Reaktion der einzelnen Blätter 4 -, 2 0.

k) Beleuchtungsdauer 2 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
16. Nov. 11 ³⁰ vm.	21,5		0,683	0,937	1,372	0,193	
1 ³⁰ nm.	21,3	19	0,683	0,975	1,427		0,161
18. Nov. 8 ⁴⁵ vm.		18	0,683	1,012	1,481	0,129	
10 ⁴⁵ n	21,3	18,5	0,683	1,012	1,481		0,129
18. Nov. 11 ⁴⁵ vm.		18,3	0,683	1,012	1,481	0,129	
1 ⁴⁵ nm.	21,3	18,3	0,661	0,975	1,475		0,133
14. Dez. 8 ⁴⁵ vm.		18,5	0,750	1,087	1,449	0,148	
10 ⁴⁵ n	21,5	19	0,727	1,050	1,444		0,151
14. Dez. 11 ³⁰ vm.		19	0,750	1,012	1,349	0,207	
1 ³⁰ nm.	21,5	19	0,750	1,050	1,400		0,177
15. Dez. 9 ¹⁵ vm.		19	0,705	1,050	1,489	0,124	
11 ¹⁵ n	21	19	0,705	1,050	1,489		0,124

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,155 = 100

Ende:

0,145

Änderung der Permeabilität - 6,5 %

= 93,54

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 4 0.

l) Beleuchtungsdauer 3 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
5. Feb. 1 ³⁰ nm.	24	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
4 ³⁰ n	24	19	0,750	1,050	1,400		0,177
5. Feb. 2 ⁰⁰ nm.	24	18,5	0,750	1,012	1,349	0,207	
5 ⁰⁰ n	24	18,8	0,750	1,050	1,400		0,177
8. Feb. 8 ⁵⁵ vm.			0,772	1,087	1,408	0,172	
11 ⁵⁵ n	22	19	0,772	1,087	1,408		0,172
8. Feb. 1 ³⁰ nm.	23		0,794	1,012	1,274	0,251	
4 ³⁰ n	23	19	0,750	1,012	1,349		0,207
8. Feb. 2 ⁰⁰ nm.		19	0,750	1,050	1,400	0,177	
5 ⁰⁰ n	23	19	0,727	1,050	1,444		0,151
10. Feb. 8 ⁴⁴ vm.		17,5	0,727	1,050	1,444	0,151	
11 ⁴⁴ n	23	18	0,727	1,050	1,444		0,151

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,190 = 100

Ende:

0,172

Änderung der Permeabilität - 9,5 %

= 90,52

Reaktion der einzelnen Blätter 4 —, 2 0.

m) Beleuchtungsdauer 4 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
19. Nov. 9 ⁴⁰ vm.		18,5	0,683	0,975	1,427	0,161	
1 ⁴⁰ nm.	21	18,3	0,705	1,012	1,435		0,156
19. Nov. 10 ³⁰ vm.	21,5	18	0,683	0,975	1,427	0,161	
2 ³⁰ nm.	21	18,5	0,683	1,050	1,537		0,096
20. Nov. 9 ³⁰ vm.		18,5	0,683	1,012	1,481	0,129	
1 ³⁰ nm.	20	19	0,683	1,050	1,537		0,096
16. Dez. 9 ³⁰ vm.		19	0,727	1,012	1,392	0,182	
1 ³⁰ nm.	23	19	0,683	0,975	1,427		0,161
17. Dez. 10 ⁴⁰ vm.		19,5	0,727	1,012	1,392	0,182	
2 ⁴⁰ nm.	24,5	20	0,727	1,012	1,392		0,182
18. Dez. 9 ³⁰ vm.		23	0,794	1,050	1,322	0,223	
1 ³⁰ nm.	23	19	0,750	1,012	1,349		0,207

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,173 = 100

Ende:

0,149

Änderung der Permeabilität — 14 %

= 86,12

Reaktion der einzelnen Blätter 5 —, 1 0.

n) Beleuchtungsdauer 24 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
16. Nov. 8 ⁵⁵ vm.		18,5	0,727	1,050	1,440	0,153	
17. Nov. 8 ⁴⁵ „	21	19	0,727	1,050	1,440		0,153
16. Nov. 9 ³⁵ „	21	19	0,683	0,975	1,420	0,165	
17. Nov. 9 ⁴⁵ „	21	19	0,661	1,012	1,530		0,100
16. Nov. 10 ¹⁵ „	21	19	0,683	0,975	1,420	0,165	
17. Nov. 10 ³⁰ „	21	19	0,705	1,087	1,510		0,112
17. Dez. 11 ¹³ „	24,5	20	0,705	0,975	1,382	0,187	
18. Dez. 8 ⁴⁵ „	23	19,5	0,727	1,012	1,392		0,182
17. Dez. 11 ³⁷ „	25	19,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
18. Dez. 10 ³⁰ „	23	19	0,772	1,125	1,457		0,143
17. Dez. 12 ³⁵ „	25	20	0,750	1,012	1,349	0,207	
18. Dez. 11 ²⁰ „	23	19	0,727	1,050	1,444		0,151

Mittelwerte der Permeabilität (μ)

Anfang: 0,175 = 100

Ende:

0,140 = 80

Änderung der Permeabilität — 20 %

Reaktion der einzelnen Blätter 5 —, 1 0.

Stellen wir nun die Resultate dieses Versuches noch in einer besonderen Tabelle zusammen, um die Übersicht zu erleichtern, so finden wir:

Abhängigkeit der Reaktion von der Beleuchtungszeit.

Objekt: *Buxus semp. rotund.*

Lichtquelle: Elektr. Lampe 32 Kerzen.

Entfernung v. d. Lampe: 10 cm.

Versuchsort: Dunkelzimmer.

Temperatur (während d. Versuch.): 21—24° C.

Beleuchtungs- dauer	Minuten						Stunden						
	7,5	11	13	15	20	22	30	1	1½	2	3	4	24
Reaktion in %	0	+ 0,5	+ 4,5	+ 7	+ 14	+ 17,5	+ 3,5	0	- 1,5	- 6,5	- 9,5	- 14	- 20

Damit ist die eingangs dieses Abschnittes ausgesprochene Vermutung bestätigt. Belichten wir mit einer hohen Intensität, die bei längerer Einwirkung negative Reaktion auslöst, nur kurze Zeit, so erhalten wir positive Reaktion. Das gilt nicht nur für die eine, hier geprüfte Intensität, sondern auch in 20 und 30 cm von der Lampe verhalten sich die Blätter gleich, und ich bin überzeugt, daß auch in noch höheren Intensitäten, als ich sie prüfen konnte, sofern sie überhaupt nur ertragen werden, zuerst positive und erst nachher negative Reaktion eintritt.

Ich halte mich für berechtigt, verallgemeinernd zu sagen: In allen Intensitäten, die Reaktion auslösen, tritt zuerst positive Reaktion ein, die in den höheren Intensitäten später einer negativen Platz macht.

Damit wissen wir nun aber nicht, ob auch in den schwächeren Intensitäten, die bei 24-stündiger Belichtung positiv reagieren, später auch noch negative Reaktion auftritt, oder ob die positive, immer mehr und mehr anwachsend, bestehen bleibt. Es wird deshalb von Interesse sein, hier einen Versuch anzuführen, in dem die Beleuchtungszeit auf eine ganze Anzahl Tage ausgedehnt wurde. In diesem Versuche wurden die Zweige vorher nicht verdunkelt, und jeden Tag 3—4 Messungen gemacht und daraus die Tagesmittel bestimmt.

Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt, das Protokoll befindet sich im Anhang (Versuch 25):

Änderung der Permeabilität in Licht mittlerer Intensität bei längerer als 24stündiger Beleuchtung.

Objekt: *Buxus semp. rot.*

Entfernung v. d. Lampe: 50 cm.

Dauer der Beleuchtung	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag
Tagesmittel von μ	0,191 = 100	0,240 = 125,5	0,242 = 126,5	0,209 = 109,5	0,198 = 103,5	0,185 = 97

Aus diesem Versuch geht klar hervor, daß auch in schwächeren Lichtintensitäten auf die anfängliche Permeabilitätszunahme später eine Abnahme folgt, mit dem Unterschied, daß der Wechsel in den geringeren Intensitäten viel später eintritt als in den höheren. Es interessierte mich nun auch, das Schicksal der negativen Reaktion, die in hohen Intensitäten, schon vor 24 Stunden Belichtung beginnt, weiter zu verfolgen, denn man hat sich zu fragen, ob diese negative Reaktion bei längerer als 24stündiger Belichtung einen Stillstand erreicht, oder ob sie eventuell nochmals umwendet.

Wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist, ist das letztere der Fall. In einem Versuch nahm die Permeabilität vom 1.—3. Tage ab, von da bis zum 5. Tage wieder zu, ohne die frühere Höhe zu erreichen, und sank hierauf nochmals. Der andere Versuch zeigt das gleiche, auch hier bis zum 3. Tage Sinken und von da an wieder Ansteigen.

Änderung der Permeabilität in Licht höherer Intensität bei längerer als 24stündiger Belichtung.

Objekt: *Buxus semp. rotund.*

a) Entfernung v. d. Lampe: 10 cm.

Dauer der Beleuchtung	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag
Tagesmittel von μ	0,261 = 100	0,219 = 83,9	0,179 = 68,5	0,238 = 91	0,249 = 95,5	0,198 = 76

b) Entfernung von der Lampe: 35 cm.

Dauer der Beleuchtung	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
Tagesmittel von μ	0,219 = 100	0,201 = 92	0,187 = 85,5	0,198 = 90,5	0,202 = 92

Ein Versuch, in dem die Verdunkelung auf mehr als 24 Std. ausgedehnt wurde, verhielt sich im Prinzip gleich, die negative Re-

1) Protokoll im Anhang, Versuch 26.

2) Protokoll im Anhang, Versuch 27.

aktion, die dabei eintritt, wendet nämlich um und zwar auch zweimal wie im ersten der obigen Versuche. Der erste Wendepunkt liegt am 4., der zweite am 8. Verdunkelungstage.

Änderung der Permeabilität bei längerer als 24 stündiger Verdunkelung.
Objekt: *Burus semp. rotund.*¹⁾

Dauer der Beleuchtung	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag
Tagesmittel	0,219	0,176	0,125	0,143		0,150	0,159	0,175	0,163	0,152
von μ	= 100	= 80	= 57	= 65		= 68,5	= 72,5	= 80	= 74,5	= 69,5

Die Untersuchungen dieses Abschnittes haben ergeben:

1. In allen reizenden Intensitäten tritt erst positive Reaktion ein, die erst später, in den höheren Intensitäten nach kürzerer, in den geringeren nach längerer Einwirkung, einer negativen Reaktion Platz macht.

2. Ein Reiz löst nicht bloß eine Schwingung aus (Zunahme und wieder Abnahme der Permeabilität), sondern es treten jeweilen mehrere Schwingungen auf.

Eine Klärung der Beziehungen zwischen positiver und negativer Reaktion und des Auftretens mehrerer Schwingungen soll erst im theoretischen Abschnitt versucht werden. Hier sei bloß das tatsächlich im Experiment gefundene konstatiert.

3. Abhängigkeit der Permeabilität von der Lichtmenge.

Es handelt sich hier im wesentlichen um die Frage, ob das photochemische Grundgesetz, wonach gleichen Produkten aus Belichtungszeit \times Lichtstärke gleiche photochemische Reaktion entspricht, für die Permeabilitätsänderung ebenfalls gültig ist. Die Entscheidung dieser Frage erscheint wichtig, nicht nur im Hinblick auf die Untersuchungen Fröschels und Blaauws, die die Gültigkeit dieses Gesetzes für den Heliotropismus nachwiesen, sondern sie ist auch mit von wesentlicher Bedeutung für unsere Auffassung der Permeabilitätsänderung. Das Licht könnte einmal direkt in der Plasmahaut als solches wirken, so daß durch photochemische Änderungen der Plasmahaut oder mindestens eines in ihr vorhandenen photochemischen Systems die Permeabilität entsprechend geändert würde und in dem Fall müßte das Gesetz

1) Protokoll im Anhang, Versuch 28.

gültig sein. Oder aber das Licht wirkt als Reiz und die lebendige Plasmahaut reagiert darauf mit Änderung der Permeabilität, womit natürlich die Gültigkeit des Gesetzes nicht ausgeschlossen ist. Gilt es aber nicht, so trifft die erste Möglichkeit sicher nicht zu.

Für die experimentelle Prüfung ergibt sich eine gewisse Schwierigkeit. Fröschel und Blaauw haben in ihren heliotropischen Untersuchungen den Pflanzen die bestimmte Lichtmenge zugeführt, hierauf verdunkelt und die Reaktion als Nachwirkung beobachtet. Bei unserem Objekt ist diese Methode nicht anwendbar, da Dunkelheit als solche ebenfalls und zwar negative Reaktion auslöst. Wir können deshalb nur so vorgehen, daß wir erst die Anfangspermeabilität bestimmen, hierauf eine bestimmte Lichtmenge zuführen und dann sofort die Endpermeabilität feststellen, gerade wie wir den Grad der Schwärzung, die nach Zufuhr einer bestimmten Lichtmenge auf dem Chlorsilberpapier entsteht, unmittelbar, nachdem die Zufuhr aufgehört hat, feststellen.

Ich mache deshalb noch besonders darauf aufmerksam, daß die im folgenden bestimmten Zeitminima, während denen die Blätter den betreffenden Intensitäten ausgesetzt werden mußten, um eben Reaktion zu bekommen, im physiologischen Sinne nicht Präsentations- sondern Reaktionszeiten vorstellen. Für die photochemische Deutung der Permeabilitätsänderung fällt das nicht ins Gewicht, denn wenn die Permeabilitätsänderung ein rein photochemischer Prozeß ist, so müßte die Lichtwirkung sofort nach dem Beleuchtungsbeginn anfangen und nach beendeter Zufuhr der Lichtmenge gerade die dieser entsprechende Permeabilitätsänderung bewirkt haben.

Die Resultate dieser Versuche sind in der umstehenden Tabelle zusammengefaßt (Protokolle im Anhang, Versuche 29—33, sowie Versuch 24 im vorigen Abschnitt S. 195 ff.).

Wenden wir uns nun zur Besprechung des Resultates. Die Reaktionszeiten wurden für sechs verschiedene Intensitäten bestimmt, von denen die schwächste 100mal kleiner war als die stärkste und annähernd 30—32 Meterkerzen betrug. Daß nicht mehr Reaktionszeiten bestimmt wurden, hat seinen Grund darin, daß diese Bestimmungen sehr viel Zeit beanspruchen. Allein schon für die in der Tabelle enthaltenen Bestimmungen mußten 744 plasmolytische Grenzkonzentrationen ermittelt werden.

Bestimmung der Reaktionszeit.

Objekt: *Buxus semp. rotund.*

Vorbehandlung: ca. 24 Std. verdunkelt.

Versuchsort: Dunkelzimmer.

Temperatur: 20—23° C.

Lichtquelle: Elektr. Lampe 32 Kerzen.

Entfern. v. d. Lampe in cm	Inten- sität, re- lativ	Belichtungsdauer:																Re- akti- ons- zeit	
		Minuten										Stunden							
		7,5	10	11	12	13	15	20	22	30	50	1	1½	2	3	¾	4		24
		Reaktion in Prozent:																	
10	1	0	0,5	4,5	7	14	17,5	3,5		0	-1,5	-6,5	-9,5		-14	-20	11 Min.		
20	0,25		0,5	4				10			0						10 Min.		
30	0,11			1		4				-1,5				-1,5			12 Min.		
50	0,04					0	0	3	4				10				21 Min.		
70	0,02							0	1		8						30 Min.		
100	0,01								0,5	4							50 Min.		

Wie ersichtlich, nimmt die Reaktionszeit mit neigender Lichtintensität ab und zwar in immer schwächerem Maße, so daß die Abnahme in den schwächeren Intensitäten viel rascher erfolgt als in den stärkeren. Wenn wir nun die Lichtmengen bestimmen, die in den verschiedenen Entfernungen von der Lampe zugeführt wurden, bis eben Reaktion eintrat, so zeigt sich, daß sie untereinander nicht gleich sind, wie aus der folgenden Tabelle zu entnehmen ist.

Entfernung von der Lampe	Relative Intensität	Reaktions- zeit	Lichtmenge (= R.zeit × Intensität)
10 cm	1	11 Min.	11,00
20 cm	0,25	10 Min.	2,50
30 cm	0,11	12 Min.	1,32
50 cm	0,04	21 Min.	0,84
70 cm	0,02	30 Min.	0,60
100 cm	0,01	50 Min.	0,50

Damit ist zugleich ausgedrückt, daß das Licht nicht einzig und allein durch eine photochemische Änderung in der Plasmahaut eine Änderung der Permeabilität bewirkt, sondern es müssen noch andere Faktoren eingreifen und es ist unsere Aufgabe, diese Faktoren zu bestimmen. Dies kann geschehen, wenn es uns gelingt, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Intensität, Reaktionszeit und Lichtmenge aufzufinden. Und das ist in der Tat möglich.

Den Schlüssel zur Lösung gibt uns die in der obigen Tabelle enthaltene Tatsache, daß die Lichtmenge mit steigender Intensität auch steigt, aber ohne daß sie einander parallel gingen. Eine einfache Beziehung besteht hier also nicht, wohl aber gibt sich eine solche zu erkennen, wenn wir die Differenzen der Intensitäten mit den entsprechenden Differenzen der Lichtmengen vergleichen: sie sind einander proportional, so daß das Verhältnis Differenz der Lichtmengen : Differenz der Intensitäten eine konstante Größe ist. In der folgenden Tabelle ist die Berechnung ausgeführt.

Intensität	Lichtmenge	Differenz der Intensität = d_i	Differenz der Lichtmengen = d_m	$\frac{d_m}{d_i} = k$
1	11,00	0,75	8,50	11,33
0,25	2,50	0,14	1,18	8,43
0,11	1,32	0,07	0,48	6,85
0,04	0,84	0,02	0,24	12,00
0,02	0,60	0,01	0,10	10,00
0,01	0,50			

Daß die Werte der letzten Kolumne zum Teil ziemlich differieren, ist natürlich, doch ist die Schwankung ganz ohne Gesetz.

Aus der Formel $\frac{d_m}{d_i} = k$ können wir das Gewünschte entnehmen. Schreiben wir sie in anderer Form, so erhalten wir:

$$\frac{i't' - it}{i' - i} = k,$$

worin i' und i zwei Intensitäten, t' und t die dazugehörigen Reaktionszeiten sind. Wir schreiben die Formel anders und finden:

$$i't' - it = i'k - ik,$$

woraus sich ergibt:

$$i'(t' - k) = i(t - k) \dots \dots \dots (1)$$

d. h. das Produkt aus Intensität mal Reaktionszeit minus einer Konstanten k ist eine konstante Größe, oder anders ausgedrückt: die Lichtwirkung ist proportional der Intensität und proportional der Reaktionszeit minus k .

Die Reaktionszeit verhält sich also so, wie wenn sie aus zwei Teilen bestehen würde, einem unwirksamen k , und einem wirksamen $t - k$, dem die Lichtwirkung proportional ginge.

Wir haben nun die Richtigkeit unserer Formel zu prüfen, indem wir mit ihrer Hilfe die Reaktionszeiten berechnen und zusehen,

ob sie mit den wirklich gefundenen übereinstimmen. Zu dem Zwecke stellen wir die Formel nochmals um, so daß wir erhalten:

$$t' = \frac{it + (i' - i)k}{i'} \dots \dots \dots (2)$$

worin t' die gesuchte Reaktionszeit ist, it eine zugeführte Lichtmenge und i' die zu t' gehörige Intensität. Die Werte für k , i und it entnehmen wir aus der vorhergehenden Tabelle. k berechnet sich dort im Mittel zu 9,722. Wir runden auf und setzen $k = 10$. Für i können wir natürlich jede beliebige Intensität nehmen, für die wir die zugehörige Reaktionszeit t bestimmt haben. Wir wählen die kleinste geprüfte Intensität und setzen $i = 0,01$ und $it = 0,5$. Setzen wir diese Werte in die Formel (2), so erhalten wir:

$$t' = \frac{0,5 + (i' - 0,01) 10}{i'}$$

In der folgenden Tabelle sind die nach dieser Formel berechneten Reaktionszeiten angeführt und zum Vergleich die wirklich gefundenen daneben gesetzt.

Intensität	Reaktionszeit		Differenz
	berechnet	gefunden	
1	10,4 Min.	11 Min.	- 0,6 Min.
0,25	11,6 Min.	10 Min.	+ 1,6 Min.
0,11	13,63 Min.	12 Min.	+ 1,63 Min.
0,04	21,25 Min.	21 Min.	+ 0,25 Min.
0,02	30,00 Min.	30 Min.	0
0,01	50,00 Min.	50 Min.	0

Man wird nicht verkennen können, daß die Übereinstimmung zwischen den wirklich gefundenen und den theoretischen Reaktionszeiten ganz gut ist, womit bewiesen ist, daß die Formel $i(t-k) = i'(t'-k)$ die tatsächlichen Verhältnisse richtig wiedergibt.

Konstruieren wir die Kurven der Reaktionszeiten (Fig. 2), so sind daraus die Beziehungen zwischen Reaktionszeit und Intensität so leicht ersichtlich, daß wir auf jede weitere Beschreibung verzichten können.

Wenden wir uns nun zur Größe k . Sie ist als Konstante unabhängig von der Intensität und von der Belichtungszeit, die beide variabel sind. Sie muß deshalb durch das Objekt selbst bedingt sein, ihre Ursache ist im lebenden Protoplasma zu suchen.

Aus dem Mitgeteilten schließen wir: die Permeabilitätsänderung ist nicht ein rein photochemischer Prozeß, sondern das lebendige Plasma greift dabei ebenfalls ein.

Die Richtigkeit dieses Schlusses läßt sich auch noch auf andere Weise prüfen, nämlich mit Hilfe der Narkose. Kommt das lebende Protoplasma mit in Frage, so darf in der Narkose keine oder bloß beschränkte Reaktion eintreten, und es müssen die Blätter, nachdem sie sich erholt haben, wieder normal reagieren. Wie aus den folgenden Versuchen hervorgeht, trifft das zu.

In diesen Versuchen wurden die Zweige in einer großen Cuvette mit Blechdeckel so aufgestellt, daß sie in 10 cm von der Lampe standen. In die Cuvette stellte ich neben den Zweig zu Beginn des Versuches einen Napf mit dem Narkotikum, den ich am Ende des Versuches wieder herausnahm. Die erste Hälfte des Blattes wurde zu Beginn, die zweite am Schluß des Versuches auf ihre Permeabilität untersucht. Vor dem Versuch waren die Zweige 24 Std. verdunkelt. Belichtet wurde 22 Min. lang, da nicht narkotisierte Blätter unter diesen Bedingungen optimal positiv reagieren.

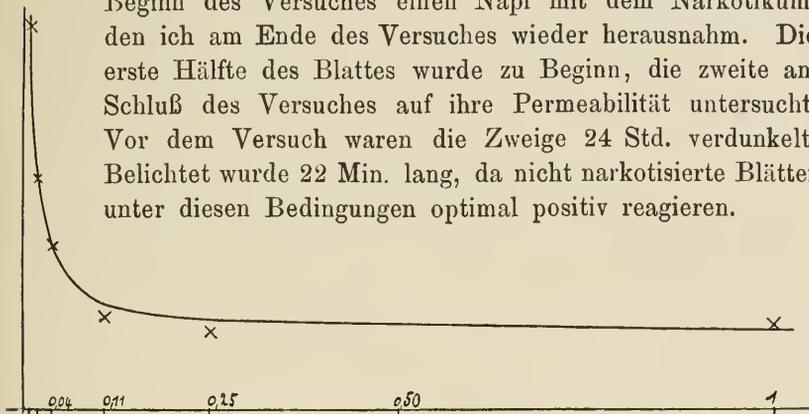


Fig. 2. Kurve der Reaktionszeiten, konstruiert nach den Angaben der Tabelle S. 208. Die Reaktionszeiten sind als Ordinaten aufgetragen. Auf der Abszisse sind die Lichtintensitäten verzeichnet. Die Kurve entspricht der Formel $t' = \frac{it + (i' - i)k}{i'}$, worin $it = 0,5$, $i = 0,01$ und $k = 10$ gesetzt sind (vgl. S. 208). \times = experimentell bestimmte Kurvenpunkte. Die Kurve zeigt, daß in den schwächeren Lichtintensitäten eine geringe Erhöhung der Intensität eine starke Verminderung der Reaktionszeit zur Folge hat, während in den höheren Intensitäten einer eben so großen Intensitätszunahme eine nur schwache Verkürzung der Reaktionszeit entspricht.

Stellen wir das Resultat dieser Versuche zusammen, so ergibt sich:

Reaktion narkotisierter und nicht narkotisierter Blätter¹⁾:

Entfernung von der Lampe: 10 cm.

Objekt: *Burus*.

Belichtungs- und Narkotisierungsdauer: 22 Min.

	Permeabil.-Änder.
narkotisiert mit Chloroform	0 %
narkotisiert mit Äther	0 "
nach 24-stündiger Erholung von der Äthernarkose . . .	+ 17 "
normale Zweige, die nicht narkotisiert waren . . .	+ 17,5 "
narkotisiert mit Amylalkohol	+ 9 "

1) Protokolle siehe im Anhang, Versuche 34 a u. b, 35 u. 36.

In diesem Abschnitt hat sich, wenn wir kurz zusammenfassen, als wichtigstes Ergebnis herausgestellt, daß eine Änderung der Permeabilität unter dem Einfluß des Lichtes nur möglich ist, wenn das lebende Protoplasma eingreift. Die Lichtpermeabilitätsänderung ist nicht ein einfacher photochemischer Prozeß, sondern viel komplizierter. Sie ist ein Reizprozeß.

4. Änderung der Stimmung.

Als ich weitere Versuche vornahm, um die Abhängigkeit der Permeabilitätsänderung von der Lichtintensität zu prüfen, machte ich die Beobachtung, daß die Reaktion, die bei einer bestimmten Intensität eintritt, nicht immer gleich, sondern je nach der Jahreszeit verschieden ausfällt. Es stellte sich bald heraus, daß diese

Buxus sempervirens rotundifolia.

Änderung der Reaktion bei gleicher Lichtstärke.

Entfernung von der Lichtquelle	10	20	30	35	40	50	60	90	∞
6./7. Januar 09									-20%
18./19. " 09						+ 26			
1./2. Februar 09	- 16								
8./9. " 09				- 8		.			
16./17. " 09				- 5,5		+ 14			
18./19. " 09						+ 26	+ 18		
22./23. " 09							+ 16	0	
25./26. " 09	- 13			- 5					
15./16. März 09	- 12,5			- 7					
17./18. " 09						+ 4,5			
19./20. " 09									- 21
23./24. " 09						- 8			
25./26. " 09				+ 7	- 1 0				
30./31. " 09	+ 24			+ 10					
1./2. April 09						- 28,5		- 36	
26./27. " 09	+ 11								
28./29. " 09				- 10		- 20			
30./1. " 09		- 4							
3./4. Mai 09									- 48
5./6. " 09	- 15								
10./11. " 09		- 36							
12./13. " 09						- 17			
18./19. " 09									- 30
6./7. Juli 09									- 48
22./23. " 09				- 8		- 21			

Änderung der Permeabilität in %

Änderungen der Reaktion nicht willkürlich, sondern gesetzmäßig erfolgen, so daß die Kardinalpunkte der im zweiten Abschnitt ermittelten Kurve allmählich in höhere Lichtintensitäten verlegt wurden, wodurch sich die ganze Kurve immer mehr gegen die Lichtquelle hin verschob.

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie im ersten Abschnitt und als Versuchsobjekt wurden ebenfalls abgeschnittene Zweige von *Buxus sempervirens rotundif.* verwendet. Bevor ich in eine weitere Diskussion des Resultates eintrete, soll erst (S. 210 unten) eine

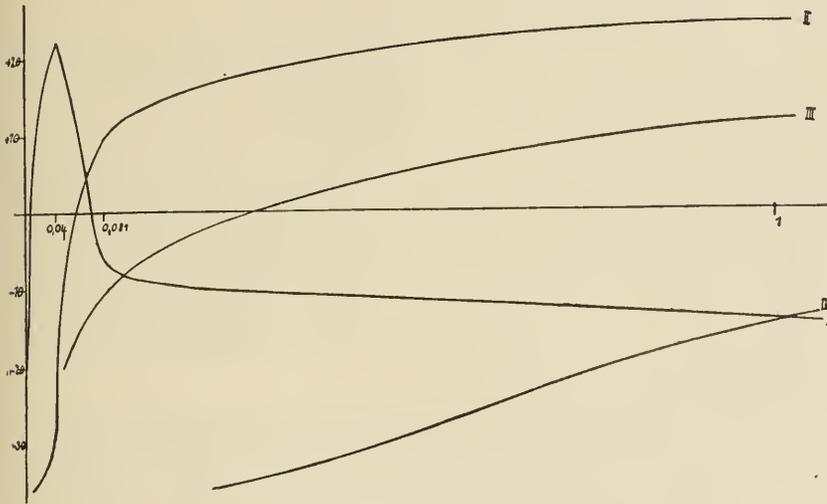


Fig. 3. Änderung der Stimmung vom Winter gegen den Sommer hin.

Die Änderungen des Permeabilitätskoeffizienten sind als Ordinaten aufgezeichnet. Auf der Abszisse sind die Lichtintensitäten verzeichnet (1 = ca. 3000 Meterkerzen). Die Angaben für die Konstruktion der Kurven sind der Tabelle S. 210 entnommen.

- | | |
|------|-------------------------------------|
| I. | Kurve der Permeabilität im Februar, |
| II. | " " " Ende März — Anfang April, |
| III. | " " " Ende April, |
| IV. | " " " Anfang Mai. |

Aus der Konstruktion ist ersichtlich, wie die Kardinalpunkte vom Winter gegen den Sommer zu in immer höhere Lichtintensitäten verschoben werden.

Übersicht der einzelnen Versuche mitgeteilt werden. Die Einzelheiten der Versuche sind im Anhang mitgeteilt (siehe diesen, Versuch 37—43). In der Tabelle sind zusammengefaßt die Versuche 10—17 und 37—43.

Es geht daraus hervor, daß bei gleich langer Wirkungsdauer ein und derselben Lichtintensität die Reaktion sowohl positiv wie negativ ausfallen kann und zwar so, daß im Laufe der Vegetations-

periode z. B. in 50 cm Entfernung vom Licht die anfängliche positive Reaktion in die negative überging, und in 10 cm Entfernung die anfängliche negative Reaktion einer positiven und diese später wieder einer negativen Platz machte. Ein Blatt reagiert bei 24-stündiger Belichtung auf eine bestimmte Lichtstärke nicht regellos, beliebig positiv oder negativ, sondern es besteht zwischen positiv und negativ Reagieren ein bestimmter Zusammenhang.

Um diese Gesetzmäßigkeit noch besser hervortreten zu lassen, als in der Tabelle, habe ich nach deren Angaben einige Kurven konstruiert (Fig. 3, S. 211).

1. Kurve der Permeabilität im Februar,
2. " " " " Ende März — Anfang April,
3. " " " " Ende April,
4. " " " " Anfang Mai.

Aus dieser Konstruktion ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Kardinalpunkte, z. B. die Intensitätsschwelle oder das Optimum der positiven Reaktion (beide bezogen auf 24-stündige Belichtung) vom Winter gegen den Sommer hin in immer höhere Lichtintensitäten verlegt werden, was wir auch so ausdrücken können, daß wir sagen, die Blattzellen werden gegen Licht weniger empfindlich, ihre Lichtempfindlichkeit stumpft sich ab.

Das Wesentliche dieser Erscheinung liegt darin, daß die Zellen auf die gleichen äußeren Bedingungen im Frühling anders reagieren als im Sommer. Daraus läßt sich schließen, daß in den Zellen selbst irgend etwas verändert worden ist, das zur Folge hat, daß die Reaktion auf dieselben Reizbedingungen anders ausfällt. Änderungen solcher Art pflegt man in der Physiologie als Stimmungsänderungen zu bezeichnen. Die Lichtempfindlichkeit der Zellen nimmt gegen den Sommer hin ab, weil die Stimmung anders, höher geworden ist.

Warum aber ändert sich die Stimmung? Das könnte aus zwei Gründen geschehen. Einmal ließe sich an eine gewisse innere Periodizität denken, andererseits aber ist nach dem, was wir über Stimmungsänderungen bei photischen Reizprozessen bis jetzt wissen (Oltmanns III, Pringsheim) von vornherein wahrscheinlich, daß das Licht selbst als stimmungsändernder Faktor in Frage kommt. Diese Annahme hat sich denn auch bestätigt, wie aus den folgenden Versuchen hervorgeht.

Versuch 44.

*Buxus sempervirens rotundifolia.*8. Nov. 09 11⁰⁰ vm.:

a) Zweig in 50 cm von der Lampe,

b) Zweig in 70 cm von der Lampe.

9. Nov. 09 9³⁰ vm.:

Beide Zweige in 35 cm von der Lampe.

a)

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
9. Nov. 8 ⁴⁰ vm.	19	19	0,705	0,975	1,38	0,189	
10. " 8 ⁴⁵ "	19	18	0,705	0,937	1,32		0,224
9. Nov. 10 ¹⁵ vm.	20	19	0,705	0,975	1,38	0,189	
10. " 10 ⁰⁰ "	19,5		0,727	0,975	1,34		0,212
9. Nov. 11 ³⁵ vm.	20	19	0,705	0,937	1,32	0,224	
10. " 11 ²⁵ "	20	18,5	0,727	0,975	1,34		0,212

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,200 = 100

Ende: 0,216

Änderung der Permeabilität $\pm 8\%$ = 108Reaktion der einzelnen Blätter $2 \frac{+}{-}, 1 -$.

b)

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
9. Nov. 9 ⁴⁰ vm.		19	0,727	1,012	1,39	0,183	
10. " 9 ³⁰ "	19,5	18	0,683	0,975	1,42		0,165
9. Nov. 10 ⁵⁰ vm.	20	19	0,705	0,975	1,38	0,189	
10. " 10 ⁴⁰ "	19,5	18,5	0,705	1,012	1,43		0,159
9. Nov. 12 ⁰⁰ vm.	20	19	0,750	1,050	1,40	0,177	
10. " 12 ⁰⁰ "	20	18,5	0,750	0,975	1,30		0,236

Mittelwert der Permeabilität (μ) Anfang: 0,183 = 100

Ende: 0,186

Änderung der Permeabilität $\pm 2\%$ = 101,63Reaktion der einzelnen Blätter $2 -, 1 +$.

In diesem Versuch reagierte der höher gestimmte Zweig *a* auf eine relativ starke Intensität stärker positiv, als der tiefer gestimmte Zweig *b*, für den die zur Reizung verwendete Intensität schon zu hoch ist. Wäre *b* noch tiefer gestimmt gewesen, so würde negative

Reaktion eingetreten sein. Wie der folgende Versuch beweist, gelang es bei geeigneter Kombination der Intensitäten beim höher gestimmten Zweig *a* positive, beim tiefer gestimmten *b* aber negative Reaktion zu erzielen.

Versuch 45.

Buxus sempervirens rotundifolia.

11. Nov. 09 9¹⁵ vm.:

a) Zweig in 50 cm von der Lampe.

b) Zweig in 90 cm von der Lampe.

12. Nov. 09 9³⁰ vm.:

Beide Zweige in 40 cm von der Lampe.

a)

Datum	Temp. in Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		<i>i'</i>	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
12. Nov. 8 ³⁵ vm.	21	19	0,705	1,012	1,43	0,159	
13. " 8 ³⁵ "	19,5	18,5	0,750	1,012	1,34		0,212
12. Nov. 10 ⁰⁰ vm.	21	19	0,750	1,012	1,34	0,212	
13. " 10 ⁰⁰ "	19,5	18,5	0,772	1,050	1,36		0,200
12. Nov. 11 ²⁰ vm.	20,5	18,5	0,727	1,012	1,39	0,183	
13. " 11 ²⁰ "	19,5	19	0,727	0,975	1,34		0,212

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,184 = 100

Ende: 0,208

Änderung der Permeabilität + 13 % = 113,04

Reaktion der einzelnen Blätter 2 +, 1 -.

b)

Datum	Temp. in Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		<i>i'</i>	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
12. Nov. 9 ²⁰ vm.	21	19	0,727	1,012	1,39	0,183	
13. " 9 ¹⁵ "	19,5	18,5	0,683	1,012	1,48		0,130
12. Nov. 10 ⁴⁰ vm.	20,5	19	0,683	0,937	1,37	0,194	
13. " 10 ⁴⁰ "	19,5	19	0,683	1,012	1,48		0,130
12. Nov. 12 ⁰⁰ vm.	20	18,5	0,727	0,975	1,34	0,212	
11 ⁵⁵ "	19,5	19	0,750	1,050	1,40		0,177

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,196 = 100

Ende: 0,145

Änderung der Permeabilität - 26 % = 73,98

Reaktion der einzelnen Blätter alle 3 -.

Beide Versuche führten übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß die Reaktion, die in einer bestimmten Intensität bei 24stündiger Reizung eintritt, abhängt von der vorgängigen Belichtung. Im besonderen läßt sich aus unseren Versuchen noch entnehmen, daß, wenn ein Zweig *a*, der in einer bestimmten Lichtintensität vorbelichtet war, in einer höheren Intensität *J* positiv reagiert, ein in niedrigerer Intensität vorbelichteter Zweig *b* schwächer positiv oder negativ reagiert, weil bei seiner niedrigeren Stimmung, also größeren Lichtempfindlichkeit, die zur Reizung verwendete Intensität *J* höher ist als die optimal positive Reaktion auslösende Intensität. Oder anders ausgedrückt: niedrig gestimmte Zellen reagieren bei gleicher Belichtungszeit in höheren Intensitäten schwächer positiv als höher gestimmte, oder sogar negativ. Ein analoges Resultat bekam Pringsheim (I), für den Heliotropismus. Niedrig gestimmte Keimlinge reagierten in hohen Intensitäten langsamer als hochgestimmte.

Die in der Tabelle S. 210 angeführten Stimmungsänderungen lassen sich alle damit begreifen, daß es auch hier das Licht war, das die Stimmung änderte, denn je nach der Intensität der Beleuchtung unter der die Zweige im Freien standen, war ja ihre Stimmung anders. So reagierten z. B. die aus niedrigen Intensitäten im Februar geholten Blätter, die also niedrig gestimmt waren, in der hohen Intensität (10 cm von der Lampe) negativ, Ende März, wo sie aus höheren Intensitäten kamen, also höher gestimmt waren, positiv, und im Mai, bei noch höherer Stimmung wieder negativ, denn in dem Fall war die Lichtintensität, womit gereizt wurde, zu gering, um nach der gegebenen Belichtungszeit noch positive Reaktion auszulösen. Ich erinnere an den ersten Abschnitt, worin gezeigt wurde, daß sowohl zu hohe wie zu geringe Intensität negative Reaktion auslösen.

In einer geringeren Intensität, 50 cm von der Lampe, wo anfänglich optimale positive Reaktion auftrat, muß später bei höherer Stimmung schwächere positive und noch später negative Reaktion eintreten. In gleicher Weise sind die übrigen Angaben der Tabelle zu erklären.

Der Einfluß der Vorbelichtung geht auch hervor aus zwei Versuchen, die mit Lindenblättern im September 08 angestellt wurden.

Versuch 46. (*Tilia cordata*.)

Datum	Witterung	Experim. Behandlung	μ	Plasm. Grenzkonz.	
				Mol NaCl	Mol Sacch.
28. Sept. 9 ¹⁰ vm.	trübe, 15°	1. Blatthälfte: direkt untersucht	0,12 = 100	0,625	0,937
		2. Blatthälfte: 2 Std. im Dunkelz. in 30 cm v. Auerlampe. 19—20°	0,27 = 224	0,750	0,937
28. Sept. 2 ⁰⁰ nm.	bewölkt, 20°	1. Blatthälfte: direkt untersucht	0,21 = 100	0,750	1,012
		2. Blatthälfte: 2 Std. im Dunkelz. in 30 cm v. Auerlampe. 20°	0,26 = 124	0,800	1,012

Zunahme der Permeabilität (30 cm v. d. Auerlampe, 2 Std.):

9¹⁰ vorm.. + 124 %

2⁰⁰ nachm.: + 24 %

Versuch 47. (*Tilia cordata*.)

Datum	Witterung	Experim. Behandlung	μ	Plasm. Grenzkonz.	
				Mol NaCl	Mol Sacch.
29. Sept. 8 ³⁰ vm.	Sonne, vorh., Nebel, 13°	1. Blatthälfte: direkt untersucht	0,12 = 100	0,600	0,900
		2. Blatthälfte: 2 Std. im Dunkelz. in 30 cm v. Auerlampe. 19—21°	0,22 = 183	0,675	0,900
29. Sept. 3 ⁰⁰ nm.	Sonne, 24°	1. Blatthälfte: direkt untersucht	0,25 = 100	0,875	1,125
		2. Blatthälfte: 2 Std. im Dunkelz. in 30 cm v. Auerlampe. 20—21°	0,26 = 104	0,950	1,200

Zunahme der Permeabilität (30 cm v. d. Auerlampe, 2 Std.):

8³⁰ vorm.: + 83 %

3⁰⁰ nachm.: + 4 %

Beide Versuche stimmen überein. Am Morgen, wo die Lichtintensität im Freien und damit die Stimmung geringer ist, ist die Änderung der Permeabilität viel größer, als nachmittags, wo die Stimmung viel höher ist, weil die Lichtintensität im Freien viel höher ist als morgens.

Aber auch die Größe der Reaktion die bei Verdunkelung (= Lichtintensität 0) eintritt, ist abhängig von der Stimmung. Sehen wir nämlich in der Tabelle S. 210 die Reaktionen durch, die

auf Verdunkelung erfolgen, so zeigt sich, daß sie im Mai und Juli über doppelt so groß waren, als im Januar oder März, also bei niedriger Stimmung geringere, bei höherer größere Permeabilitätsabnahme. Das gleiche geht aus dem folgenden Versuch hervor, in dem zwei gleichzeitig abgeschnittene, gegenständige Zweige, auf Erlenmeyer montiert, 24 Std. am Fenster standen, der eine mit Seidenpapier umhüllt, der andere frei. Die beiden Zweige wurden hierauf verdunkelt und die Permeabilitätsabnahme war im ersten Fall, also bei dem niedriger gestimmten geringer als beim zweiten, höher gestimmten.

Versuch 48. (*Buxus*.)

Zwei gegenständige Zweige abgeschnitten 12. Juli 09 vorm., auf Erlenmeyer montiert, am Fenster im Zimmer nebeneinander aufgestellt.

a) frei,

b) mit Seidenpapier umhüllt.

13. Juli: die zwei Zweige wurden unter den gleichen schwarzen Zylinder gestellt.

a) Beginn der Verdunkelung 13. Juli, 8²⁰ vorm.:

Datum	Temp. im Zimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
13. Juli 8 ²⁰ vm.	15,5	16,3	1	0,794	0,975	1,22	0,283	0,286 = 100
9 ⁵⁵ „	15	16,3	2	0,750	0,937	1,24	0,271	
2 ⁰⁰ nm.	17	17	3	0,727	0,862	1,18	0,306	
14. Juli 8 ¹⁵ vm.	14	16,6	1	0,727	1,012	1,39	0,183	0,208 = 72,72
10 ⁰⁰ „	15,3	17	2	0,705	0,937	1,31	0,230	
2 ⁰⁰ nm.	18	17,5	3	0,639	0,862	1,34	0,212	

b) Beginn der Verdunkelung 13. Juli 9⁰⁰ vorm.:

Datum	Temp. im Zimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
13. Juli 9 ⁰⁰ vm.	15	16,3	1	0,794	1,012	1,27	0,253	0,249 = 100
10 ⁴⁰ „	15,6	16,5	2	0,727	0,937	1,28	0,247	
2 ⁴⁰ nm.	16,5	17	3	0,727	0,937	1,28	0,247	
14. Juli 9 ⁰⁵ vm.	15	17	1	0,705	0,975	1,38	0,189	0,204 = 81,92
10 ⁴⁵ „	16	17,3	2	0,661	0,862	1,32	0,224	
2 ⁴⁵ nm.	17,6	18	3	0,661	0,900	1,36	0,200	

Permeabilitätsänderung nach Verdunkelung:

a) normaler Zweig — 27%

b) vorher mit Seidenpapier umhüllter Zweig — 18%

Wie schon gesagt, sind die beobachteten Stimmungsänderungen erklärlich, auch wenn bloß das Licht stimmungsändernder Faktor ist. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß daneben noch eine periodische Stimmungsänderung aus inneren Gründen mit im Spiel sein könnte. Nähere Untersuchungen hierüber habe ich nicht angestellt, denn es kam mir hier bloß darauf an, daß das Licht bei der Permeabilitätsänderung gleich wie bei einem anderen Lichtreizprozeß, dem Heliotropismus, in doppelter Weise wirksam ist, reizend und stimmungsändernd.

Fassen wir die Untersuchungen dieses Abschnittes zusammen, so ergibt sich:

1. Die Reaktion, die in einer bestimmten Intensität eintritt, hängt ab von der Stärke der vorgängigen Belichtung.

2. Ist die vorgängige Lichtintensität geringer, so ist die Stimmung tiefer, die Lichtempfindlichkeit damit höher und die Dunkelempfindlichkeit geringer.

3. Ist hingegen die vorgängige Lichtintensität höher, so ist die Stimmung höher, die Lichtempfindlichkeit damit geringer und die Dunkelempfindlichkeit höher.

4. Licht- und Dunkelempfindlichkeit verhalten sich also bei Änderung der Stimmung gerade entgegengesetzt:

	Lichtempfindlichkeit	Dunkelempfindlichkeit
Stimmung erniedrigt . .	erhöht	herabgesetzt
Stimmung erhöht . . .	herabgesetzt	erhöht

III. Theoretisches.

Während ich bis jetzt nur das tatsächlich Beobachtete und die Schlüsse, die sich unmittelbar daraus ziehen lassen, vorgeführt habe, soll nun hier versucht werden, auf theoretischem Wege etwas tiefer in das Wesen der Permeabilitätsänderung einzudringen, wobei besonders auch andere Reizprozesse zum Vergleich heranzuziehen sind.

1. Das Reaktionszeitgesetz.

Als Ausdruck der Beziehungen zwischen Lichtintensität und Reaktionszeit haben wir die Formel gefunden (S. 207):

$$i(t - k) = i'(t' - k),$$

worin i und i' zwei Intensitäten, t und t' die dazu gehörigen Reaktionszeiten sind, während k eine Konstante vorstellt.

Wir haben nun den Versuch zu machen, diese Formel physiologisch zu begreifen. Wie schon erwähnt, können wir uns vorstellen, daß die Reaktionszeit t aus zwei Teilen zusammengesetzt ist, einem wirksamen $t - k$ und einem unwirksamen k . Die Folge davon wäre, daß wir nach der Zeit t ebenfalls gerade den Eintritt der Reaktion beobachten würden, auch wenn wir nicht während der ganzen Zeit t , sondern bloß während der Zeit $t - k$ belichtet hätten. Da die Zeit $t - k$ der Intensität i umgekehrt proportional, das Produkt $i(t - k)$ eine konstante Größe ist, so würde sich weiter ergeben, daß wir, um eben Reaktion zu bekommen, eine bestimmte Lichtmenge zuführen müßten und weiterhin, daß nach beendeter Zufuhr dieser Lichtmenge die Reaktion nicht sofort, sondern erst nach der Zeit k eintreten würde. Damit wäre auch erklärt, daß die Zeit k konstant sein muß, da es ja bei der Reizung nicht auf die Intensität, sondern allein auf die Zufuhr einer bestimmten Energiemenge ankäme.

Nach dieser Auffassung wäre das Reaktionszeitgesetz nur eine erweiterte Form des Präsentationszeitgesetzes $it = i't'$, dessen Gültigkeit für Geo- und Heliotropismus erwiesen ist. Der direkte Weg, die Richtigkeit unserer Anschauung zu prüfen, wäre natürlich der, daß wir ein Blatt während der Zeit $t - k$ belichteten und hierauf ins Dunkle stellten. Dann müßte nach der Zeit t , vom Beginn der Reizung an gerechnet, eben Reaktion eingetreten sein. Praktisch läßt sich das nicht ausführen, denn wie wir gesehen haben (S. 190, 210) ist die Dunkelheit nicht indifferent, sondern verursacht eine Herabsetzung der Permeabilität. Man könnte nun einwenden, daß es sich bei den erwähnten Versuchen um 24-stündige Verdunkelung handelte, und daß vielleicht kürzere Verdunkelung noch keine Wirkung ausübte. Um diesen Einwand zu prüfen, habe ich einen besonderen Versuch angestellt, aus dem hervorgeht, daß auch kurze Verdunkelung die Permeabilität herabsetzt. Ich ging dabei folgendermaßen vor: Die Konstante k beträgt nach unserer Ableitung ungefähr 10 Min. (S. 208). Bei einer Belichtungszeit von 22 Min. hatte ich in 10 cm von der Lampe optimale positive Reaktion erhalten (+ 17,5 %, S. 202). Ich belichtete deshalb die Zweige, die vorher 24 Stunden verdunkelt waren, in 10 cm von der Lampe während 12 Min. und setzte sie hierauf 10 Min. ins Dunkle. Zu Beginn und zu Ende des Versuches wurde in den entsprechenden Blatthälften die Permeabilität bestimmt.

Versuch 49.

Datum	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
	Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
9. März 1 ³⁶ vm.	0,794	1,012	1,274	0,251	
1 ⁵⁸ n	0,727	0,937	1,288		0,243
9. März 2 ^{28,5} nm.	0,727	0,937	1,288	0,243	
2 ^{50,5} n	0,727	1,012	1,392		0,182
9. März 3 ^{24,5} nm.	0,772	1,012	1,310	0,230	
3 ^{46,5} n	0,727	1,012	1,392		0,182

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,241 = 100

Ende:

0,202 = 83,81

Änderung der Permeabilität — 16 %

Reaktion der einzelnen Blätter alle 3 —.

Der Versuch ergibt mit aller Deutlichkeit, daß auch schon eine Verdunkelung während 10 Min. (= k) nicht indifferent ist, sondern die Permeabilität beträchtlich herabsetzt.

Auf diese Weise kommen wir nicht zum Ziel, und wir müssen deshalb versuchen, den indirekten Weg zu gehen auf Grund folgender Überlegung.

Beim Helio- und Geotropismus gilt das Präsentationszeitgesetz. Beim Geotropismus ist ferner bekannt (Bach), daß die Reaktionszeit gleich groß ist, ob die Zentrifugalkraft nur während der Dauer der Präsentationszeit oder während der ganzen Dauer der Reaktionszeit einwirkt, was darauf schließen läßt, daß beim Geotropismus sich die Reaktionszeit aus einem wirksamen Teil, Präsentationszeit ($t - k$), und einem unwirksamen (k) zusammensetzt. Zur Gewißheit wird das, wenn wir hier die Gültigkeit des Reaktionszeitgesetzes ebenfalls nachweisen können. Dann aber ist es sicher, daß das Reaktionszeitgesetz wirklich nur der erweiterte Ausdruck des Präsentationszeitgesetzes ist, und es muß in den Fällen, wo wir nur das Reaktionszeitgesetz konstatieren können, wie bei der Permeabilitätsänderung, das Präsentationszeitgesetz ebenfalls gültig sein.

Es ist also nun unsere Aufgabe, zu suchen, ob sich aus den in der Literatur vorhandenen Angaben die Richtigkeit des Reaktionszeitgesetzes für Helio- und Geotropismus ableiten läßt.

Wenden wir uns zuerst zum Heliotropismus. Hier ist bekannt, daß die Reaktionszeit abnimmt mit zunehmender Intensität, aber nur bis zu einer bestimmten optimalen Intensität. Wird diese überschritten, so nimmt die Reaktionszeit wieder zu. Damit läßt

sich also nichts anfangen, denn bei der Permeabilitätsänderung nimmt die Reaktionszeit gegen die höheren Intensitäten zu immer mehr und mehr ab, erst schneller, dann immer langsamer, um schließlich annähernd konstant zu werden.

Es hat nun Pringsheim (I) eine zweite heliotropische Reaktionszeit festgestellt für die am Orte auf dem Klinostaten vorbelichteten Objekte. Durch die Vorbelichtung schaltete er die störende Stimmungsänderung aus, die eintritt, wenn die Objekte einfach aus dem Dunkeln in die betreffenden Intensitäten gestellt werden, in denen sie zur Bestimmung der Reaktionszeit längere Zeit verweilen müssen.

Ein Blick auf die Pringsheimsche Tabelle (I, S. 282) lehrt, daß sich die Reaktionszeit der so adaptierten Pflanzen ähnlich verhält, wie die Reaktionszeit für die Permeabilitätsänderung: von den niederen gegen die hohen Intensitäten Abnahme, erst schneller und dann immer langsamer. Wie die im folgenden mitgeteilte genauere Berechnung zeigt, geht die Übereinstimmung so weit, daß unser Reaktionszeitgesetz auch für die heliotropische Reaktionszeit der am Orte vorbelichteten Keimlinge gilt.

Als Basis der Berechnung dienten die Pringsheimschen Messungen, die in seiner Tabelle (I, S. 282) zusammengestellt sind. Ich setzte dabei die Intensität in 100 cm von der Lampe = 1, woraus sich die Intensitäten in den übrigen Entfernungen berechneten.

Am Orte vorbelichtete Keimlinge.

Avena.

Reaktionszeit bestimmt durch Pringsheim.

Lichtquelle: Nernstlampe, 30 Kerzen.

Vorbehandlung: Keiml. aus d. Dunkeln, 2 Std. in der betreff. Intensität rotiert.

Entfern. v. d. Lampe	Relat. Intensität	Reaktions- zeit	Licht- menge	Differenz der Mengen = \bar{d}_m	Diff. d. In- tensitäten = d_i	$\frac{d_m}{d_i} = k$
30 cm	11,08	28 Min.	310,24	227,74	8,33	27,33
60 "	2,75	30 "	82,50	43,14	1,52	28,37
90 "	1,23	32 "	39,36	17,28	0,54	32,00
120 "	0,69	32 "	22,08	8,00	0,25	32,00
150 "	0,44	32 "	14,68	5,08	0,19	26,73
200 "	0,25	36 "	9,00	5,04	0,14	36,00
300 "	0,11	36 "	3,96	1,50	0,05	30,00
400 "	0,06	41 "	2,46	0,66	0,02	33,00
500 "	0,04	45 "	1,80	0,45	0,013	34,61
600 "	0,027	50 "	1,35	0,15	0,007	21,42
700 "	0,020	60 "	1,20	0,15	0,005	30,00
800 "	0,015	70 "	1,05			

Es gehen also auch hier die Differenzen der Lichtmengen, die zugeführt wurden bis eben Reaktion eintrat, proportional den Differenzen der entsprechenden Intensitäten (vergl. S. 207).

Die Konstante k berechnet sich aus der Tabelle im Mittel zu 30,13, abgerundet = 30.

Es ist also klar, daß hier auch unsere Reaktionszeitformel $i(t - k) = i'(t' - k)$ gilt, und es stimmen, wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist, die mit der Formel berechneten Reaktionszeiten sehr gut mit den experimentell festgestellten. Um die Berechnung auszuführen bringen wir die Formel wieder in die Form: $t' = \frac{it + (i' - i)k}{i'}$ (vgl. S. 208) und setzen $i = 0,015$ (die niedrigste verwendete Intensität), $it = 1,05$ und $k = 30$.

Reaktionszeit:	
Berechnet nach der Formel	Gefunden
$t' = \frac{1,05 + (i' - 0,015) 30}{i'}$	
30,1 Min.	28 Min.
30,2 "	30 "
30,4 "	32 "
30,8 "	32 "
31,3 "	32 "
32,4 "	36 "
35,4 "	36 "
40,0 "	41 "
45,0 "	45 "
52,2 "	50 "
60,0 "	60 "
70,0 "	70 "

Damit ist der exakte Beweis geleistet, daß unser Reaktionszeitgesetz für den Heliotropismus ebenfalls gültig ist, allerdings nur dann, wenn während der Belichtungszeit keine Stimmungsänderung mehr eintreten kann.

Für den Geotropismus liegen vor die Reaktionszeitbestimmungen von Bach, die gesondert in mehreren Tabellen zusammengestellt sind. Zum Zwecke der Berechnung habe ich diese Tabellen nicht in eine zusammengezogen, da sie verschiedenen Versuchsreihen angehören, die wohl mit verschiedenwertigem Material ausgeführt wurden (*Vicia Faba*). Aus der folgenden Zusammenstellung sind die nötigen Berechnungen ersichtlich.

Tabelle 33 Bachs.

<i>g</i>	Reaktionszeit Min.	Energiemenge g Min.	Differenz d. Mengen = d_m	Diff. d. In- tensitäten = d_i	$\frac{d_m}{d_i} = k$
0,014	277	3,87	7,66	0,042	182,3
0,056	206	11,53	6,29	0,043	146,2
0,099	180	17,82	7,18	0,101	71,0
0,20	125	25,00	10,65	0,110	96,8
0,31	115	35,65	54,75	0,490	111,7
0,80	113	90,40			

Der Mittelwert der Konstanten k ist 121,6, abgerundet 120. Berechnen wir die Reaktionszeiten wieder nach der Formel und setzen

$$i = 0,014 \text{ g}$$

$$i t = 3,87 \text{ g sec}$$

$$k = 120.$$

Reaktionszeit:

Berechnet nach der Formel	Gefunden
$t' = \frac{3,87 + (i' - 0,014) 120}{i'}$	
277 Min.	277
159 „	206
142 „	180
130 „	125
127 „	115
122 „	113

Daß die Werte nicht besser übereinstimmen, erklärt sich aus der nicht großen Zahl der Versuchspflanzen. Bach selbst äußert sich über diesen Punkt (S. 84): „. . . so ist zunächst zu bemerken, daß es hier viel schwerer hält, die Reaktionszeiten für die einzelnen kleinen Zentrifugalkräfte sicher zu bestimmen. Denn der Einwirkung so kleiner Kräfte gegenüber kommen die individuellen Verschiedenheiten und alle möglichen anderen störenden Faktoren auch schon wegen der viel längeren Dauer der Versuche viel mehr zur Geltung, als bei größeren Zentrifugalkräften.“ Man wird also erwarten dürfen, daß die Übereinstimmung zwischen gefundenen und berechneten Reaktionszeiten besser ist, wenn die Zahl der Versuchspflanzen höher ist. Das ist nun der Fall, wie die Tabelle 34 Bachs beweist, wo die Zahl der Pflanzen wesentlich höher war als in der Tabelle 33.

Tabelle 34 Bachs.

g	Reaktionszeit Min.	Energiemenge g Min.	Differenz d. Mengen = d_m	Diff. d. In- tensitäten = d_i	$\frac{d_m}{d_i} = k$
0,13—0,15 = 0,14	128	17,92			
0,4	100	40,00	22,08	0,26	84,9
0,6	95	57,00	170,00	0,20	85,0
0,7	91	63,70	6,70	0,10	67,0
1	87	87,00	23,30	0,30	77,7

k im Mittel = 78,6, abgerundet = 80. Für die Berechnung der Reaktionszeiten setzen wir:

$$i = 0,14$$

$$it = 17,92$$

$$k = 80.$$

Reaktionszeit:

Berechnet nach der Formel	Gefunden
$t' = \frac{17,92 + (i' - 0,14) 80}{i'}$	
128 Min.	128
96,8 "	100
91,2 "	95
89,6 "	91
86,7 "	87

Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ist hier so gut, daß man wohl nicht mehr verlangen kann. Ebenso verhält es sich mit der Tabelle 32 Bachs, in der die Wirkungen der Zentrifugalkräfte über 1 g zusammengestellt sind.

Tabelle 32 Bachs.

g	Reaktions- zeit i. Min.	Energiemenge g sec.	Differenz d. Mengen = d_m	Diff. d. In- tensitäten = d_i	$\frac{d_m}{d_i} = k$
6.5—10 = 8,25	72,5	598,12			
10—20 = 15	64,8	972,00	373,88	6,75	57,2
20—30 = 25	61,5	1537,50	565,50	10,00	56,5
30—40 = 35	68,2	2387,00	849,50	10,00	84,9
40—50 = 45	70,4	3168,00	781,00	10,00	78,1
50—60 = 55	63,0	3465,00	297,00	10,00	29,7
60—70 = 65	80,0	5200,00	1735,00	10,00	173,5
70—80 = 75	62,5	(4687,50)	1260,00	20,00	63,0
80—90 = 85	76,0	6460,00			
100—110 = 105	68,7	7213,50	753,00	20,00	37,6

Mittelwert für $k = 72,5$, abgerundet = 70.

Für die Berechnung der Reaktionszeiten setzen wir:

$$\begin{aligned} i &= 8,25 \\ it &= 598,12 \\ k &= 70,00 \end{aligned}$$

und erhalten:

Reaktionszeit:

Berechnet nach der Formel $t' = \frac{598,12 + (i' - 8,25) 70}{i'}$	Gefunden	Berechnet nach der Formel $t' = \frac{598,12 + (i' - 8,25) 70}{i'}$	Gefunden
72,5	72,5	70,3	63
71,3	64,8	70,3	80
70,8	64,5	70,2	62,5
70,6	68,2	70,2	76
70,4	70,4	70,1	68,7

Die theoretischen Reaktionszeiten nehmen gegen die höheren Intensitäten zu in so geringem Grade ab, daß diese Differenzen im Experiment nicht herauskommen können. Praktisch mußte die Reaktionszeit hier, wie es der Fall ist, in allen Intensitäten annähernd gleich groß gefunden werden.

In jüngster Zeit hat auch Pekelharing (S. 55) eine Anzahl geotropischer Reaktionszeiten in verschiedenen Zentrifugalkraftintensitäten bestimmt und dabei Bachs Angaben bestätigt. Ich habe diese neuen Messungen¹⁾ ebenfalls der Berechnung unterzogen und dabei das folgende gefunden:

Avena sativa. Tabelle XVII Pekelharings.

mg	Reaktionszeit Min.	Energiemenge mg Min.	Differenz d. Mengen d_m	Differenz d. Intensität d_i	$\frac{d_m}{d_i} = k$
0,03	+ 150	4,5	1,50	0,01	(150)
0,04	+ 150	6,0	0,90	0,02	45
0,06	+ 115	6,9	} 0,10	0,04	(25)
0,08	+ 70	(5,6)		0,18	38,8
0,10	+ 70	7,0	7,00	0,17	36,7
0,28	+ 50	14,0	6,25	0,13	45
0,45	+ 45	20,25	5,85	0,35	45
0,58	+ 45	26,10	15,75	4,87	45
0,93	+ 45	41,85	219,15	3,20	45
5,80	+ 45	261,00	144,00	2,00	45
9,00	+ 45	405,00	90,00	3,80	45
11,00	+ 45	495,00	171,00	22,00	45
14,80	+ 45	666,00	990,00	19,80	45
36,80	+ 45	1656,00	891,00		
56,60	+ 45	2547,00			

1) Pekelharing, S. 55, Tabelle XXVII.

Mittelwert für k (unter Weglassung der eingeklammerten, aus dem Rahmen der übrigen völlig herausfallenden Werte) = 43,6, abgerundet = 45. Für die Berechnung der Reaktionszeiten setzen wir:

$$i = 0,03$$

$$it = 4,5$$

$$k = 45$$

und erhalten

Reaktionszeit:

Berechnet nach der Formel $t' = \frac{4,5 + (i' - 0,03) 45}{i'}$		Gefunden	Berechnet nach der Formel $t' = \frac{4,5 + (i' - 0,03) 45}{i'}$		Gefunden
150	Min.	150	48,4	Min.	45
123,7	"	150	46,9	"	45
97,5	"	115	45,3	"	45
84,3	"	70	45,2	"	45
76,3	"	70	45,2	"	45
56,2	"	50	45,0	"	45
52,0	"	45	45,0	"	45
50,4	"	45			

Im großen und ganzen herrscht auch hier Übereinstimmung zwischen dem Verlauf der theoretischen und der empirischen Kurve. Wesentliche Abweichungen finden sich nur bei den Zentrifugalkräften 0,04—0,08 mg. Darauf dürfen wir aber keinen Wert legen, denn die Reaktionszeit wurde in 0,04 mg gleich hoch gefunden wie in 0,03 und in 0,08 wie in 0,10, was nach dem Verhalten der übrigen Zahlen nicht richtig sein kann. Es ist auch zu bemerken, daß Pekelharing wohl nicht die Absicht hatte, die Reaktionszeiten sehr genau zu bestimmen, worauf das Zeichen \pm , das sie ihren Zahlen voraussetzt, hinzudeuten scheint. Vielleicht war auch die Zahl der Versuchspflanzen zu klein. Angaben darüber finden sich nicht. Doch kann das alles die wirklich vorhandene Übereinstimmung nicht verwischen.

Auf Grund unserer Ableitungen müssen wir schließen, daß das Reaktionszeitgesetz nicht nur beim Helio- sondern auch beim Geotropismus gültig ist.

So ist denn unsere Auffassung bestätigt, daß das Reaktionszeitgesetz weiter nichts ist als eine erweiterte Form des Präsentationszeitgesetzes und wir dürfen daraus schließen, daß auch bei der Permeabilitätsänderung das Präsentationszeitgesetz gültig ist, daß also auch hier, um eben Reaktion zu bekommen, eine bestimmte Lichtmenge zugeführt werden muß.

Permeabilitätsänderung durch das Licht, Helio- und Geotropismus verhalten sich also im Prinzip gleich. In allen drei Fällen muß eine bestimmte Energiemenge zugeführt werden, damit eben Reaktion eintritt und in allen drei Fällen setzt die Reaktion nicht sofort nach Zufuhr dieser Energiemenge ein, sondern erst nach einer bestimmten konstanten Zeit. Diese Zeit, die vergeht, bis, ganz allgemein ausgedrückt, die Induktion zur Reaktion geworden ist, können wir als Überführungs- oder Transmissionszeit bezeichnen. Es setzt sich demgemäß die Reaktionszeit zusammen aus dem für die Induktion wirksamen Teil, der Präsentationszeit, die der Intensität umgekehrt proportional geht und dem für die Induktion unwirksamen Teil, der Transmissionszeit, die konstant ist.

Das prinzipiell gleiche Verhalten der drei Reizprozesse läßt uns natürlich die Frage nach der Ursache dieser Übereinstimmung stellen.

Verschiedene Möglichkeiten ließen sich denken, doch ist es müßig, sich in Spekulationen zu verlieren, und ich will deshalb nur auf einen Punkt aufmerksam machen.

Es könnte nämlich sein, daß bei den geo- und heliotropischen Krümmungen eine Permeabilitätsänderung im Spiele wäre, die eine Turgoränderung verursachte, denn einerseits hat de Vries (II) gezeigt, daß schwache Krümmungen in plasmolysierenden Lösungen wieder zurückgehen und andererseits konnte Lepeschkin (IV) bei den photonastischen Bewegungen der Gelenke nachweisen, daß bei der Turgoränderung Permeabilitätsänderungen ursächlich mit in Frage kommen, und bei der Umkehrung von *Phaseolus*-Pflanzen fand er in der morphologisch oberen, nun unteren Seite des Gelenkes Permeabilitätsab- und Turgorzunahme, in der morphologisch unteren, nun oberen Seite aber Zunahme der Permeabilität und damit Turgorabnahme (Lepeschkin, IV).

Zum Schluß noch eine Bemerkung. Fröschel bezeichnet das Präsentationszeitgesetz als Hyperbelgesetz. Demgegenüber möchte ich darauf hinweisen, daß der geometrische Ausdruck des Reaktionszeitgesetzes ebenfalls eine Hyperbel ist, allerdings eine solche, deren x -Achse auf der y -Achse um die Strecke $-k$ nach x' verschoben ist. Es wird also besser sein, den Ausdruck Hyperbelgesetz im Fröschelschen Sinne fallen zu lassen und dafür Präsentationszeitgesetz zu setzen.

Und nun noch ein Wort über die Formel der Reaktionszeit. Maillefer (S. 290 ff.) hat sich bestrebt, eine mathematische Beziehung zwischen Reaktionszeit und Intensität der reizenden Kraft zu finden

und teilt als angenähertes Gesetz mit, daß das Produkt aus Reaktionszeit mal 5. Wurzel aus der Zentrifugalkraft eine konstante Größe ist, daß also die Reaktionszeit umgekehrt proportional ist der 5. Wurzel aus der Zentrifugalkraft. Daß durch diese Formel unsere physiologische Einsicht in den Reizprozeß vertieft wird, glaube ich nicht. Für meine, oben abgeleitete Formel gilt dieser Vorwurf kaum, denn da es bei der Reizung auf die Zufuhr einer bestimmten Energiemenge ankommt, so ist es nur ein logisches Postulat, daß die Zeit, die nach Zufuhr dieser Energiemenge, also nach Auslösung des Erregungsminimums, bis zum Reaktionseintritt vergeht, von der Intensität unabhängig, konstant sein muß. Gerade das aber wird durch meine Formel zum Ausdruck gebracht, durch die von Maillefer hingegen nicht.

2. Reaktion und Gegenreaktion.

Unsere Versuche ergaben, daß in allen Intensitäten zuerst positive und später negative Reaktion eintrat.

Zur Erklärung dieser Erscheinung können wir annehmen, daß zwei Erregungen vorhanden sind, eine positive und eine negative, wobei die negative die positive schließlich ganz überwindet.

Das Vorhandensein dieser Erregungen können wir nicht direkt nachweisen, sondern nur indirekt erschließen, aus der Art der eingetretenen Reaktion. Ein Blick auf die Tabelle S. 202 lehrt nun aber, daß die positive Reaktion bis zu einem Optimum ansteigt, hierauf fällt und schließlich negativ wird. Es muß also die negative Erregung schon wirksam sein, bevor negative Reaktion eintritt und zwar mindestens vom positiven Optimum weg. Wir dürfen deshalb aus dem Verlauf des negativen Teiles der Reaktionskurve nicht direkt auf den Verlauf der negativen Erregung zurückschließen, denn dieser Teil, ebenso wie der absteigende Ast des positiven Kurventeils, ist nicht ein einheitliches Kurvenstück, sondern eine Resultante, die verursacht wird durch das Zusammenwirken positiver und negativer Erregung.

Einen Schluß auf den Gang der Erregungen könnten wir nur ziehen, wenn wir entweder nur positive oder nur negative Reaktion bekämen und wir müssen deshalb versuchen, die Kurven der beiden Reaktionen, jede für sich zu rekonstruieren.

Wenden wir uns zuerst zur positiven Reaktion. Wir fassen das Kurvenstück vom Reaktionsbeginn bis zum positiven Optimum auf als nur durch positive Erregung verursacht. Mit Hilfe dieses

Kurvenstückes versuchen wir die positive Reaktion zu rekonstruieren, die in den supraoptimalen Belichtungszeiten auftreten würde, wenn keine negative Erregung entgegenarbeitete. Wir suchen deshalb nach einem gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Reaktionsgröße und Dauer der Belichtung und finden ihn darin, daß zwar nicht die Reaktion der Belichtungszeit proportional ist, daß aber Proportionalität besteht zwischen den Differenzen der Reaktionen und den Differenzen der entsprechenden Belichtungszeiten, wie aus der folgenden Berechnung ersichtlich ist.

Anstieg der positiven Reaktion (10 cm v. d. Lampe), vgl. S. 202.

Belichtungszeit	Reaktion	Differenzen		Diff. d. Reakt. Diff. d. Bel.zeit = f
		d. Belicht.zeit	d. Reaktion	
7,5 Min.	0 ‰			
11 "	0,5 "			
13 "	4,5 "	2	4	2
15 "	7 "	2	2,5	1,25
20 "	14 "	5	7	1,40
22 "	17,5 "	2	3,5	1,75

f berechnet sich im Mittel zu 1,60. Setzen wir für die Reaktion $= r$, für die Belichtungszeit $= t$, für die Differenzen der Reaktionen also $r' - r$ und für die Differenzen der Belichtungszeiten $t' - t$, so erhalten wir nach dem obigen:

$$r' - r = (t' - t) f,$$

und daraus

$$r' = r + (t' - t) f.$$

Damit haben wir eine Formel gefunden, mit deren Hilfe wir die positive Reaktion für jede Belichtungszeit berechnen können. Prüfen wir nun noch die Übereinstimmung der wirklich gefundenen und der mit der Formel berechneten Reaktionen. Wir setzen dabei

$$r = 0,5$$

$$t = 11$$

$$f = 1,6$$

und finden:

Positive Reaktion:

Berechnet nach der Formel $r' = 0,5 + (t' - 11) 1,6$	Gefunden
0,5 ‰	0,5 ‰
3,7 "	4,5 "
6,9 "	7,0 "
14,9 "	14,0 "
18,1 "	17,5 "

Die empirischen und theoretischen Werte stimmen gut überein, so daß wir annehmen müssen, daß die Formel den Sachverhalt richtig wiedergibt.

Nun gehen wir weiter und suchen die negative Reaktion zu bestimmen, die eintreten würde, wenn die negative Erregung allein vorhanden wäre. Wir nehmen dabei an, daß die wirklich beobachtete Reaktion die Resultante ist aus der positiven Reaktion, die bei alleinigem Vorhandensein der positiven Erregung, und der negativen, die bei alleinigem Vorkommen der negativen Erregung in der betreffenden Belichtungszeit eintreten würde. Das Verhältnis zwischen theoretischer positiver, theoretischer negativer und wirklich eingetretener Reaktion ist als das folgende:

Positive theoret. Reaktion + negative theoret. Reakt. = wirklich eingetretene Reaktion.

In dieser Gleichung kennen wir zwei Größen, die positive theoretische Reaktion, die wir mit unserer oben abgeleiteten Formel berechnen können, und die wirklich eingetretene Reaktion. Daraus ist die negative theoretische Reaktion zu berechnen, wie es in der folgenden Zusammenstellung geschehen ist. Die Belichtungszeiten, die niedriger sind als die das Optimum auslösende Zeit, sind nicht berücksichtigt, da nach unserer oben gemachten Annahme hier noch keine Wirkung der negativen Erregung eintritt.

Theoretisch negative Reaktion (in 10 cm v. d. Lampe).

Belichtungszeit in Min.	Theoret. posit. Reaktion berechn. nach der Formel $r' = 0,5 + (t' - 11) 1,6^1$	Empirisch gefund. Reakt.	Theoretische negat. Reaktion = gefund. Reaktion - posit. theoret. Reaktion
30	30,9 %	3,5 %	3,5 - 30,9 = - 27,4
60	78,9 "	0 "	0 - 78,9 = - 78,9
90	126,9 "	- 1,5 "	- 1,5 - 126,9 = - 128,4
120	174,9 "	- 6,5 "	- 6,5 - 174,9 = - 181,4
180	270,9 "	- 9,5 "	- 9,5 - 270,9 = - 280,4
240	366,9 "	- 14,0 "	- 14,0 - 366,9 = - 380,9

Da wir nun die negative theoretische Reaktion für eine Anzahl Belichtungszeiten konstruiert haben, so wollen wir untersuchen, welche Beziehung hier besteht zwischen Dauer der Belichtung und Größe der Reaktion. Die folgende Tabelle zeigt, daß hier, wie bei

1) Vgl. S. 229.

der positiven Reaktion, die Differenzen der Reaktionen proportional gehen den Differenzen der Belichtungszeiten.

Theoretische negative Reaktion:

Belichtungszeit in Min.	Negat. theor. Reaktion	Diff. d. Belicht.zeiten	Differenz d. Reaktionen	Diff. d. Reakt. / Diff. d. Zeit = $-f$
30	— 27,4	30	— 51,5	— 1,71
60	— 78,9	30	— 49,5	— 1,65
90	— 128,4	30	— 53,0	— 1,76
120	— 181,4	60	— 99,0	— 1,65
180	— 280,4	60	— 100,5	— 1,67
240	— 380,9			

Mittelwert für $-f = -1,68$.

Für die theoretische negative Reaktion bekommen wir also:

$$-\frac{r' + r}{t' - t} = -f$$

und daraus

$$-r' = -r - (t' - t)f.$$

Wenn wir nun die Resultanten der theoretischen positiven und der entsprechenden theoretischen negativen Reaktionen bestimmen, so müssen die auf diese Weise erhaltenen Reaktionswerte mit den experimentell gefundenen übereinstimmen. In der folgenden Tabelle ist diese Berechnung ausgeführt, wobei für die negative Reaktion gesetzt wurde:

$$\begin{aligned} -r &= -380,9 \\ t &= 240 \\ f &= 1,68. \end{aligned}$$

Die Werte für die positive Reaktion sind der Tabelle S. 230 entnommen.

Berechnung der eingetretenen Reaktion

als Resultante der theoret. positiven und der theoret. negativen Reaktion.

Belichtungszeit in Min.	+ Reaktion, ber. n. d. Formel	- Reaktion, ber. n. d. Formel	Resultante:		Gefundene Reaktion
	$r' = 0,5 + (t' - 11)1,60$	$-r' = -380,9 - (t' - 240)1,68$	pos. Reakt.	+ neg. Reakt.	
30	30,9 ‰	— 28,1 ‰	+ 2,8 ‰		+ 3,5 ‰
60	78,9 ‰	— 78,5 ‰	+ 0,4 ‰		0
90	126,9 ‰	— 128,9 ‰	— 2,0 ‰		— 1,5 ‰
120	174,9 ‰	— 179,3 ‰	— 4,4 ‰		— 6,5 ‰
180	270,9 ‰	— 280,1 ‰	— 9,2 ‰		— 9,5 ‰
240	366,9 ‰	— 380,9 ‰	— 14,0 ‰		— 14,0 ‰

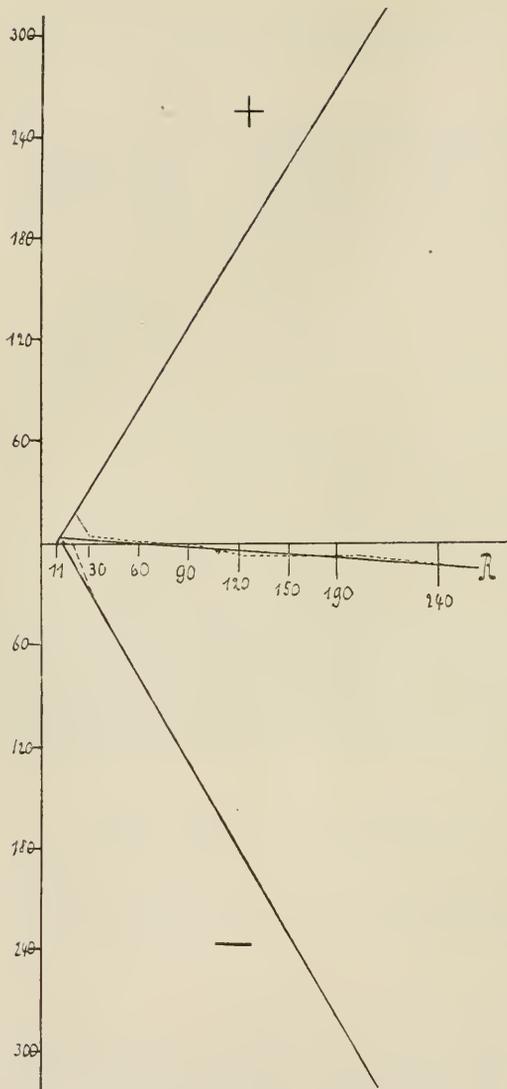


Fig. 4. Verhältnis der positiven und negativen Reaktion in 10 cm v. d. Lampe (ca. 3000 Meterkerzen).

- + = positive theoretische Reaktion,
 - = negative theoretische Reaktion,
 R = resultierende Reaktion,
 ---- = wirklich eingetretene Reaktion.

Auf der Abszisse sind die Belichtungszeiten verzeichnet. Die Ordinaten stellen die Permeabilitätsänderung vor. Für die nähere Erläuterung muß auf den Text (S. 232—233) verwiesen werden.

Die Übereinstimmung zwischen berechneten und gefundenen Reaktionswerten ist recht gut, so daß unsere Konstruktion also mit den Tatsachen im Einklang ist.

Um die Übersicht zu erleichtern ist in der Fig. 4 das Ergebnis unserer bisherigen Auseinandersetzungen graphisch dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß sowohl positive wie negative theoretische Reaktion geradlinig, also mit konstanter Geschwindigkeit verlaufen. Der Winkel, den die positive Gerade mit der Abszisse bildet, ist etwas kleiner, als der entsprechende Winkel der negativen Geraden. Die Tangenten dieser beiden Winkel (= den Faktoren f und $-f$ in unseren Tabellen) betragen 1,60 bzw. 1,68. Die Geschwindigkeit der negativen theoretischen Reaktion ist also etwas größer als die der positiven.

Weiter sehen wir, daß die Resultante der theoretischen entgegengesetzten Reaktionen

in der Zeit von 30—240 Min. mit der experimentell bestimmten Kurve völlig zusammenfällt, daß das aber für die Belichtungszeit 10 (Reaktionsbeginn) — 30 Min. nicht mehr zutrifft. Das hierher gehörige Kurvenstück setzt sich aus zwei Teilen zusammen, dem positiven Anstieg und dem größeren Teil des positiven Abstieges. Während des Anstieges fällt die gefundene Kurve zusammen mit der theoretischen positiven Kurve, und wir können deshalb die Abweichung so erklären, daß die theoretische negative Reaktion erst beim positiven Optimum beginnt (22 Min.), erst schneller, dann langsamer verläuft und schon bei 30 Min. konstante Geschwindigkeit erreicht.

Wenn wir nun auf unsere Hauptfrage nach dem Verlauf und der gegenseitigen Beeinflussung der positiven und negativen Erregung zurückkommen, so können wir uns vorstellen, daß die Rekonstruktion der Reaktionen, wie wir sie in Fig. 4 dargestellt haben, nichts anderes ist als ein Bild der im Plasma sich abspielenden Erregungsvorgänge. Dabei ist, als einfachste Beziehung, vorausgesetzt, daß zwischen Reaktion und Erregung Proportionalität besteht, so daß also einer doppelt so hohen positiven oder negativen Erregung eine doppelt so hohe positive oder negative Reaktion entsprechen würde.

Wir können uns das Zustandekommen von positiver und negativer Reaktion also folgendermaßen vorstellen. Durch die Reizung entsteht eine positive Erregung, die mit konstanter Geschwindigkeit zunimmt. Dadurch wird, ganz allgemein ausgedrückt, das vitale Gleichgewicht der Zelle gestört, und wenn die positive Erregung eine bestimmte Höhe erreicht hat, so verursacht sie die Entstehung einer entgegengesetzt gerichteten, negativen Erregung, die erst schneller, dann langsamer, sehr bald gleichmäßig zunimmt, aber auch dann immer noch schneller verläuft, als die positive Erregung. Die beiden nebeneinander herlaufenden Erregungen können die ihnen entsprechenden Reaktionen nicht auslösen, da sie sich gegenseitig addieren, so daß die wirklich eintretende Reaktion bedingt ist durch die Resultante der beiden Erregungen. Auf diese Weise muß zuerst positive Reaktion eintreten, die bis zu einem Optimum zunimmt, dann muß sie abnehmen bis 0, worauf dann die negative Reaktion einsetzt.

Die Erklärung des Umschlagens von positiver in negative Reaktion ist auch von Blaauw (S. 81 ff.) versucht worden durch die Annahme einer positiven und einer negativen Erregung und er hat nachgewiesen, daß der Eintritt der negativen Reaktion

ebenso von der Zufuhr einer bestimmten Lichtmenge abhängt, wie der der positiven. Ich sehe deshalb auch die Bedeutung meiner obigen theoretischen Ausführungen nicht darin, aufs neue auf das Vorhandensein zweier entgegengesetzter ungleich schnell verlaufender Erregungen hingewiesen zu haben, sondern ich wollte hauptsächlich zeigen, wie man sich in einem speziellen Fall die Wirkung der beiden Erregungen im einzelnen vorstellen kann.

Nach meiner Auffassung würde durch das Licht nur die positive Erregung induziert, die negative aber wäre wieder eine direkte Folge der positiven und würde ausgelöst, sobald die positive Erregung eine bestimmte Höhe erreicht hat. Auf diese Ansicht führen mich die Verdunkelungsversuche, in denen immer, auch bei nur 10 Min. langem Lichtentzug, nur negative Reaktion eintritt. Die betreffenden Blätter hatten im Licht gestanden, es mußte also in ihnen positive und negative Erregung vorhanden sein. Werden sie nun verdunkelt, so hört damit der Reizanlaß für die positive Erregung auf, die deshalb nicht weiter zunehmen wird. Der Reizanlaß für die negative Erregung bleibt aber in der vorhandenen positiven Erregung bestehen. Die negative Erregung wird also weiter zunehmen, aber sie kann sich nicht mehr mit der positiven kombinieren, da diese ja nicht weiter zunimmt. Die Folge davon ist, daß rein negative Reaktion eintritt, die Permeabilität also abnimmt.

Der Sinn der negativen Erregung liegt darin, daß durch sie das gestörte vitale Gleichgewicht wieder zurückreguliert wird. Wenn die negative Erregung gleich schnell verlief wie die positive, so würde ihre Resultante der Abszisse parallel verlaufen, womit ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht wäre. Da nun aber die negative Erregung schneller wächst als die positive, so schneidet die Resultante die Abszisse, womit das ursprüngliche Gleichgewicht nach der entgegengesetzten Richtung wie anfänglich überschritten wird. Dadurch muß von neuem das Bestreben zur Rückregulierung erweckt werden, wobei die Gleichgewichtslage eventuell von neuem überschritten wird. Diesen Prozeß der Überschreitung und Regulierung kann man sich so lange fortgesetzt denken, bis keine Überschreitung mehr eintritt. Die Reaktionskurve, die wir in dem Fall bekommen, muß eine pendelartige Bewegung aufweisen. Das ist in der Tat der Fall, wie aus den Versuchen S. 203 u. 204 ersichtlich ist. Die Pendelbewegungen werden hier immer geringer und es ist anzunehmen, daß sie bei genügend langer Belichtung oder Verdunkelung schließlich ganz aufhören würden.

Einen ähnlichen pendelartigen Verlauf der Reaktionskurve kennt man auch bei photonastischen Bewegungen (Pfeffer, II). Diese Ähnlichkeit ist nicht zufällig, da bei den photonastischen Variationsbewegungen nach Lepeschkins Untersuchungen die Turgoränderung durch eine Änderung der Permeabilität verursacht wird, so daß also die eintretenden Bewegungen nichts anderes als sichtbar gewordene Permeabilitätsänderungen sind.

B. Biologischer Teil.

Es sollen in diesem Teil die Beobachtungen mitgeteilt werden über die Änderung der Permeabilität unter den natürlichen Vegetationsbedingungen und daran anschließend soll versucht werden, diese Änderungen mit Hilfe der im vorigen Teil gewonnenen physiologischen Tatsachen zu erklären und ihre Bedeutung für das Leben der Pflanze festzustellen.

1. Der tägliche Verlauf der Permeabilität unter den natürlichen Vegetationsbedingungen.

Einiges hierhergehörige ist bereits in der vorläufigen Mitteilung (S. 75 und 76) enthalten, doch sollen hier nun die betreffenden Beobachtungen vollständig mitgeteilt werden. Die Untersuchungen wurden ausgeführt an *Tilia cordata* im September und anfangs Oktober 1908 und an *Buxus sempervirens rotundifolia* im November und Dezember 1908.

Die Bestimmung der Permeabilität geschah nach der im physiologischen Teil mitgeteilten Methode. Bei den Messungen an *Tilia* betrug der Konzentrationsunterschied zweier aufeinanderfolgender Kochsalzlösungen nicht 0,044 Mol wie gewöhnlich sondern 0,050 Mol. In der Tabelle sind die Werte für den Permeabilitätskoeffizienten μ auf zwei Stellen ab- resp. aufgerundet, denn da wir hier nur einzelne Blätter miteinander vergleichen können, darf auf kleine Unterschiede wegen der individuellen Abweichungen kein Wert gelegt werden.

Tilia cordata. (September 1908.)

Plasmolyt. Grenzkonz.		Permeabil.- Koeffizient μ	Witterung	Datum
Mol NaCl	Mol Sacch. = Osm. Dr. d. Zellen			
1,000	1,125	0,34	Sonne	5 ⁴⁵ nm. 8. Sept.
0,850	0,900	0,38	Sonne bewölkt	8 ²⁵ vm. 9. Sept. nachmitt.
0,875	0,975	0,35	"	5 ³⁰ nm.
0,800	0,900	0,34	Regen	8 ²⁵ vm. 10. Sept.
0,800	0,900	0,34	"	5 ³⁰ nm.
0,700	0,825	0,31	trübe	8 ³⁰ vm. 11. Sept.
0,750	0,900	0,29	"	1 ⁴⁵ nm.
			Sonne kommt	2 ⁴⁵ "
0,750	0,937	0,27	" "	3 ⁰⁰ "
0,700	0,862	0,28	etwas Sonne	8 ²⁰ vm. 12. Sept.
0,750	0,900	0,29	wenig Sonne, teilw. bewölkt	10 ⁰⁰ "
			Sonne	nachm. 13. Sept.
0,775	0,937	0,29	Sonne	8 ⁴⁰ vm. 14. Sept.
0,775	0,900	0,32	"	10 ³⁵ "
0,925	1,012	0,36	"	5 ³⁰ nm.
0,825	0,937	0,34	Sonne	8 ²⁰ vm. 15. Sept.
0,800	0,900	0,34	"	10 ³⁰ "
0,950	1,050	0,35	"	2 ⁰⁰ nm.
1,025	1,125	0,36	"	4 ³⁰ "
0,900	0,975	0,36	"	5 ³⁰ "
0,725	0,900	0,27	Gewitterregen, trübe	8 ²⁰ vm. 16. Sept.
0,750	0,937	0,27	etwas aufgehellt	10 ³⁰ "
			Sonne	12 ³⁰ "
0,875	1,012	0,32	"	2 ⁰⁰ nm.
0,900	1,050	0,32	"	5 ²⁰ "
			Sonne	17. Sept.
1,000	1,125	0,34	Sonne	4 ³⁰ nm. 18. Sept.
			" geht weg	5 ⁰⁰ "
0,875	1,050	0,29	" weg	5 ³⁰ "
0,800	0,975	0,29	Sonne	8 ³⁰ vm. 19. Sept.
0,800	1,012	0,26	"	11 ⁰⁰ "
0,900	1,050	0,32	"	1 ³⁰ nm.
0,950	1,050	0,35	"	3 ⁰⁰ "
1,025	1,200	0,32	"	4 ³⁰ "
			bewölkt	vorm. 20. Sept.
			Sonne	nachm.

Plasmolyt. Grenzkonz.		Permeabil.- Koeffizient μ	Witterung	Datum
Mol NaCl	Mol Sacch. = Osm. Dr. d. Zellen			
0,875	1,050	0,29	teils Sonne, teils bewölkt	vorm. 21. Sept.
0,900	1,125	0,26	" " " "	4 ⁰⁰ nm.
			bewölkt	5 ³⁰ "
0,800	0,975	0,28	bewölkt, trübe	8 ²⁵ vm. 22. Sept.
0,750	0,975	0,24	" "	11 ⁰⁰ "
0,850	1,050	0,28	" "	1 ³⁵ nm.
0,850	1,050	0,28	" "	3 ³⁰ "
0,800	1,050	0,23	" "	5 ³⁰ "
0,700	0,937	0,22	bewölkt	8 ²⁵ vm. 23. Sept.
0,750	1,012	0,21	"	11 ⁰⁰ "
0,825	1,087	0,23	"	1 ³⁵ nm.
0,825	1,087	0,23	"	5 ⁰⁰ "
0,725	0,975	0,21	bewölkt	8 ³⁰ vm. 24. Sept.
0,825	1,087	0,23	"	1 ⁵⁵ "
0,825	1,087	0,23	"	5 ⁰⁵ "
0,675	0,900	0,22	bewölkt	8 ³⁰ vm. 25. Sept.
			Sonne	9—12 vm.
			etwas Sonne, etwas bewölkt	12— 2 nm.
0,800	1,012	0,26	" " " "	2 ⁰⁰ nm.
0,775	1,087	0,18	bewölkt	5 ⁰⁰ "
0,650	0,937	0,15	Regen	8 ³⁰ vm. 26. Sept.
0,700	1,050	0,12	bewölkt, trübe	11 ⁰⁰ "
0,775	1,087	0,18	weniger bewölkt	1 ⁵⁰ nm.
			bewölkt	27. Sept.
0,625	0,937	0,12	Regen	15 ⁰ 9 ²⁰ vm. 28. Sept.
0,750	1,012	0,21	etwas aufgehellt	20 ⁰ 2 ⁰⁰ nm.
0,600	0,900	0,12	Nebel	13 ⁰ 8 ³⁰ vm. 29. Sept.
			Sonne	20,5 ⁰ 1 ⁵⁰ nm.
0,875	1,125	0,25	"	21,5 ⁰ 3 ⁰⁰ "
0,700	0,937	0,22	Sonne	15 ⁰ 8 ³⁰ vm. 30. Sept.
0,950	1,125	0,31	"	23 ⁰ 3 ⁰⁰ nm.
0,675	0,937	0,19	Sonne	12 ⁰ 8 ⁴⁵ vm. 1. Okt.
0,875	1,162	0,23	"	21 ⁰ 3 ⁰⁰ nm.
0,700	0,900	0,25	Sonne	14 ⁰ 8 ⁵⁰ vm. 2. Okt.
0,775	1,012	0,24	"	21 ⁰ 3 ⁰⁰ vm.

Vergleichen wir in der Tabelle die beiden Kolonnen Permeabilitätskoeffizient und Witterung miteinander, so ist klar ersichtlich, daß sich die Permeabilität nach der Beleuchtung richtet und zwar läßt sich dieser Zusammenhang folgendermaßen ausdrücken:

Folgt auf Sonnenschein trübes Wetter, so wird die Permeabilität geringer, vergleiche in der Tabelle 9.—11. Sept., 15./16. Sept., 19.—22. Sept.

Folgt auf trübes Wetter Sonnenschein, so nimmt die Permeabilität zu, siehe in der Tabelle 16. Sept. vormitt. und nachmitt., 25. Sept., 26.—30. Sept.

Bei länger andauerndem trübem Wetter nimmt die Permeabilität immer mehr und mehr ab, vergleiche in der Tabelle 22. bis 26. Sept.

Allgemein ist die Permeabilität an sonnigen Tagen höher als an trüben. Im Mittel war die Permeabilität in der Zeit vom 8.—30. Sept. 08:

Bei Sonnenschein: $\mu = 0,32^1) = 133$ (22 Messung.)

Bei trübem Wetter: $\mu = 0,24^2) = 100$ (28 „

Mit Hilfe des im physiologischen Teile festgestellten wollen wir nun versuchen, das beschriebene Verhalten zu erklären. Wir haben dort gesehen, daß die Permeabilität immer größer wird, je mehr Licht wir zuführen, vorausgesetzt natürlich, daß die zugeführte Lichtmenge nicht so groß ist, daß negative Reaktion eintritt, was aber eventuell durch Änderung der Stimmung verhindert werden kann.

Im Laufe eines schönen Tages, bei starker Lichtzufuhr wird deshalb die Permeabilität stärker zunehmen als während eines trüben Tages, wo die Zunahme nur schwach oder sogar unmerklich ist (man vergleiche hierzu in der Tabelle die sonnigen Tage 14., 15., 19. und 30. September und die trüben Tage 22., 23. und 24. September). Daraus erklärt es sich, daß wir die mittlere Tagespermeabilität an schönen Tagen höher gefunden haben, als an trüben und ebenso erklärt sich damit das Sinken der Permeabilitätskurve, wenn auf Sonnenschein trübes Wetter folgt und das Ansteigen, wenn das umgekehrte der Fall ist.

Weiter haben wir nun noch zu erklären, warum die mittlere Tagespermeabilität bei anhaltend trübem Wetter immer mehr und mehr abnimmt. Das Zustandekommen dieser Erscheinung können wir uns folgendermaßen vorstellen.

1) Maximum 0,38, Minimum 0,25.

2) Maximum 0,35, Minimum 0,12.

An einem Morgen sei die Permeabilität = p . Im Laufe des Tages nimmt sie zu, so daß die mittlere Tagespermeabilität größer ist als p , nämlich = p^t . Im Laufe der Nacht nimmt die Permeabilität wieder ab. Wenn nun die mittlere tägliche Zunahme gleich ist der mittleren täglichen Abnahme, so kommen wir am nächsten Morgen wieder auf die Ausgangspermeabilität p zurück. Übertrifft hingegen die nächtliche Abnahme die tägliche Zunahme, so wird am nächsten Morgen ein tieferer Stand erreicht als am vorhergehenden. Nimmt jetzt auch im Laufe des Tages die Permeabilität in gleichem Maße zu wie am vorhergehenden Tag, so muß die mittlere Tagespermeabilität doch geringer sein als gestern, denn das Ansteigen erfolgte von einem tieferen Anfangspunkte aus. Es muß somit die mittlere tägliche Permeabilität immer kleiner werden, wenn die mittlere tägliche Zunahme kleiner ist als die mittlere tägliche Abnahme. Im September, wo die Nächte schon wieder länger sind, kann das bei anhaltend trübem Wetter wohl eintreffen, und es ist deshalb gut verständlich, daß die mittlere Tagespermeabilität vom 22.—26. September, bei anhaltend trübem Wetter immer mehr gesunken ist.

Eine Anzahl mehr vereinzelter Messungen, die im Juli 09 am gleichen Objekt ausgeführt wurden, bestätigten das Resultat, daß die Permeabilität bei Sonnenschein im allgemeinen größer ist als bei Bewölkung.

Tilia cordata, Juli 09.

Plasmolyt. Grenzkonz.		Permeabilitätskoeffizient μ		Datum
Mol NaCl	Mol Sacch.	bei Sonnenschein	bei trübem Wetter	
0,772	0,862		0,35	10 ²⁵ vm. 2. Juli
0,727	0,862		0,31	10 ⁰⁰ vm. 3. "
0,882	0,900	0,40		11 ⁰⁵ vm. 5. "
0,772	0,862		0,35	3 ¹⁰ nm. 6. "
0,750	0,900		0,29	3 ²⁰ nm. 8. "
0,816	0,975	0,30		2 ⁴⁵ nm. 15. "
0,750	0,825	0,35		9 ⁰⁰ vm. 16. "
0,838	0,862	0,40		12 ⁰⁰ vm. 16. "
0,816	0,862	0,38		3 ⁰⁰ nm. 16. "
0,816	0,862	0,38		6 ⁰⁰ nm. 16. "
0,639	0,787		0,28	10 ⁰⁰ vm. 17. "
0,750	0,825	0,35		2 ³⁵ nm. 19. "
0,772	0,862	0,35		2 ⁵⁵ nm. 23. "
		0,36 im Mittel 0,31		

Um zu sehen, ob die Resultate, die ich im Sept. 08 bei der Linde erhalten hatte, auch für andere Objekte Gültigkeit hätten, untersuchte ich im November und Dezember 08 die Blätter eines großen Strauches von *Buxus sempervirens rotundifolia*. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Buxus sempervirens rotundifolia.

Temp. der Lösung ° C.	Plasmolyt. Grenzkonz.		μ	Temp. im Freien ° C.	Datum	Witterung	Tagesmittel	
	Mol NaCl	Mol Sacch.					μ	Temp. im Freien
17,75	0,860	1,087	0,259	8,5	1 ³⁵ nm. 19. Nov.	trübe		
18,50	0,816	1,050	0,247	6	5 ²⁵ "	Nacht	0,25	7,25
18	0,794	1,050	0,218	4,5	8 ³⁰ vm. 20. Nov.	trübe		
18,5	0,772	1,050	0,200	6	10 ⁴⁵ "	"		
18,5	0,794	1,050	0,218	6,5	2 ⁴⁵ nm.	etwas Sonne	0,20	5,75
18,5	0,750	1,050	0,177	6	4 ³⁵ "	bewölkt		
18	0,794	1,087	0,194	2,5	8 ²⁵ vm. 21. Nov.	es schneit		
18,5	0,816	1,087	0,218	3,5	11 ²⁰ "	Schnee u. Regen	0,20	3,66
18,75	0,794	1,087	0,194	5	1 ³⁵ nm.	trübe		
					22. Nov.	Regen		
18	0,772	1,087	0,177	7	8 ⁵⁰ vm. 23. Nov.	Regen		
18	0,838	1,125	0,212	7,5	11 ⁰⁵ "	regnerisch	0,18	7,50
18,25	0,772	1,087	0,177	8	4 ²⁰ nm.	"		
18,25	0,772	1,087	0,177	7,5	5 ³⁵ "	Nacht		
17,5	0,772	1,125	0,147	5	8 ²⁵ vm. 24. Nov.	etwas bewölkt		
17,5	0,727	1,050	0,153	5	10 ³⁰ "	" "	0,15	5,40
17,75	0,794	1,125	0,171	7	1 ³⁰ nm.	etwas Sonne		
18	0,772	1,125	0,147	4,5	4 ⁵⁵ "	" "		
17,75	0,794	1,162	0,142	0	8 ²⁵ vm. 25. Nov.	hell		
17,5	0,882	1,200	0,200	1,5	10 ⁰⁰ "	Sonne	0,18	2,10
17,75	0,860	1,162	0,200	2	11 ⁰⁵ "	"		
17,75	0,794	1,125	0,171	5	5 ⁰⁵ nm.	Dämmerung		
18,25	0,882	1,200	0,200	7	1 ³⁵ nm. 26. Nov.	trübe	0,17	7,50
18,5	0,772	1,125	0,147	8	4 ⁴⁵ "	etw. aufgehellt		
18,5	0,816	1,087	0,218	6	1 ²⁵ nm. 27. Nov.	Sonne	0,18	5,50
18	0,794	1,162	0,141	5	5 ²⁵ "	Dämmerung		
18	0,838	1,200	0,159	1	8 ³⁰ vm. 28. Nov.	hell		
18,25	0,838	1,087	0,241	3,5	10 ⁵⁰ "	Sonne	0,20	3,00
18,5	0,838	1,125	0,212	4,5	1 ³⁵ nm.	"		
					29. Nov.	Sonne		

Temp. der Lösung ° C	Plasmolyt. Grenzkonz.		μ	Temp. im Freien ° C	Datum	Witterung	Tagesmittel	
	Mol. NaCl	Mol. Sacch.					μ	Temp. im Freien
17,25	0,838	1,200	0,159	—1	8 ⁵⁵ vm. 30. Nov.	hell	0,18	0,25
17,25	0,838	1,125	0,212	0	11 ⁰⁰ "	Sonne		
17,25	0,860	1,200	0,183	2	1 ⁴⁰ nm.	"		
18	0,838	1,200	0,159	0	5 ²⁵ "	Dämmerung		
16,25	0,816	1,200	0,130	—3	8 ⁸⁰ vm. 1. Dez.	hell	0,17	— 0,12
16,5	0,838	1,162	0,189	0	11 ⁰⁰ "	Sonne		
17,25	0,882	1,200	0,200	1,5	1 ³⁰ nm.	"		
17,75	0,860	1,237	0,159	1	5 ⁰⁰ "	Sonne weg		
17,5	0,882	1,200	0,200	— 0,5	8 ¹⁵ vm. 2. Dez.	leicht bewölkt	0,17	1,00
17,5	0,816	1,162	0,165	0	10 ³⁰ "	" "		
18,25	0,794	1,125	0,171	2	11 ¹⁰ "	" "		
18,25	0,838	1,200	0,159	2,5	5 ¹⁰ nm.	Dämmerung		
18	0,860	1,200	0,183	2	8 ²⁵ vm. 3. Dez.	hell	0,18	4,00
18	0,838	1,200	0,159	3,5	9 ⁴⁰ "	leicht bewölkt		
18	0,838	1,162	0,189	5,5	1 ²⁵ nm.	etwas Sonne		
18	0,882	1,200	0,200	5	5 ²⁵ "	Nacht		
17,75	0,882	1,200	0,200	1	8 ¹⁵ vm. 4. Dez.	Nebel	0,19	1,87
18	0,860	1,200	0,188	2	11 ⁴⁵ "	trübe		
18,5	0,860	1,200	0,183	2,5	1 ²⁵ nm.	"		
18,75	0,860	1,200	0,183	2	5 ¹⁰ "	Dämmerung		
17	0,838	1,162	0,189	0	8 ²⁰ vm. 5. Dez.	trübe	0,18	1,36
17,5	0,838	1,200	0,159	1,5	11 ⁵⁰ "	"		
17,75	0,882	1,237	0,177	2	1 ⁴⁵ nm.	"		
					6. Dez.	bewölkt		
18	0,838	1,200	0,159	5	8 ⁵⁵ vm. 7. Dez.	bewölkt	0,17	7,00
18	0,838	1,200	0,159	8	1 ³⁰ nm.	"		
18,5	0,860	1,200	0,183	8	5 ³⁰ "	Nacht		
18	0,838	1,200	0,159	5	8 ²⁰ vm. 8. Dez.	bewölkt	0,17	6,60
18	0,838	1,200	0,159	8	1 ³⁵ nm.	trübe		
18,75	0,860	1,200	0,183	7	5 ²⁵ "	Nacht		
18	0,838	1,200	0,159	3,5	8 ²⁰ vm. 9. Dez.	hell	0,19	6,10
18	0,838	1,125	0,212	6,5	11 ¹⁰ m.	Sonne		
18	0,816	1,125	0,194	7,5	11 ⁵⁵ "	"		
18	0,838	1,162	0,189	7	5 ¹⁵ nm.	Dämmerung		

Sehen wir jetzt diese Angaben genauer durch, so ergibt sich, daß in der ersten Hälfte der Tabelle, bis zum 29. November der Einfluß der Beleuchtung auf die mittlere Tagespermeabilität deutlich ersichtlich ist. Bei anhaltend trübem Wetter nahm die Permeabilität, wie bei der Linde im September (vergl. S. 237) immer mehr und mehr ab. Die Erklärung dieser Erscheinung ist auch hier die gleiche, der mittlere tägliche Zuwachs ist geringer als die mittlere nächtliche Abnahme (vergl. in der Tabelle S. 240, 19. bis 24. Nov.). Folgt auf trübes Wetter wieder Sonnenschein, so steigt die mittlere Tagespermeabilität (siehe in der Tabelle 24.—28. Nov.).

Buxus verhielt sich also bis gegen Ende November im Freien wie die Linde, von hier weg aber war ein deutlicher Einfluß der Beleuchtung auf die mittlere Tagespermeabilität nicht mehr zu erkennen (siehe in der Tabelle 30. Nov. bis 9. Dez.). In dieser Periode war die mittlere Tagespermeabilität an sonnigen wie an trüben Tagen annähernd gleich. Diese Erscheinung wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Lichtintensität und damit die Lichtzufuhr an sonnigen Tagen vom November gegen den Dezember hin immer geringer wird, so daß damit das tägliche Ansteigen der Permeabilität immer schwächer wird, womit sich die mittleren Tagespermeabilitäten der sonnigen und trüben Tage einander immer mehr nähern. Eine Verschiedenheit würde aber wahrscheinlich doch noch zum Ausdruck kommen, wenn die einzelnen Blätter keine individuellen Verschiedenheiten aufwiesen. So aber verdecken diese die geringen Unterschiede zwischen sonnigen und trüben Tagen, so daß das Tagesmittel in allen Fällen annähernd gleich wird. Damit ist zugleich ausgedrückt, daß dieses Gleichwerden der Tagesmittel in der finstersten Periode des Jahres eine notwendige Folge des Einflusses der Beleuchtung auf die Permeabilitätsänderung ist.

Bei der Linde haben wir gefunden, daß bei Sonnenschein die Permeabilität höher ist als wenn die Sonne nicht scheint. Das gleiche finden wir auch hier, wenn wir aus den entsprechenden Werten in der Tabelle die Mittel berechnen, wie dies in der folgenden Zusammenstellung geschehen ist.

Mittelwerte für μ , Nov. — Dez. 08.

Sonne	$\mu = 0,205$	} 0,200: bei Sonnenschein
Teils Sonne, teils bewölkt	0,193	

Trübe, Regen	0,192	} 0,170: bei fehlender Sonne
Bewölkt	0,168	
Dämmerung (abends)	0,168	
Hell (am Morgen bevor die Sonne erscheint)	0,155	

Aus der folgenden Tabelle, die Messungen zwischen dem 23. April und 7. Mai enthält, geht hervor, daß sich *Buxus* in anderen Jahreszeiten ebenso verhält.

Buxus sempervirens rotund. 23. April—7. Mai 09.

Plasmolyt. Grenzkonz.		Permeabilitätskoeffizient μ		Datum
Mol NaCl	Mol Sacch.	bei Sonnenschein	bei trübem Wetter	
0,794	0,975	0,28		2 ³⁰ nm. 23. April
0,794	1,012		0,25	4 ⁴⁰ " 23. "
0,816	0,975	0,30		9 ³⁵ vm. 24. "
0,727	0,937		0,25	8 ⁴⁵ " 26. "
0,683	0,862		0,26	8 ¹⁵ " 28. "
0,661	0,862		0,24	9 ¹⁰ " 28. "
0,727	0,937		0,25	8 ⁴⁵ " 30. "
0,860	1,012	0,31		9 ¹⁵ " 3. Mai
0,772	1,012		0,23	8 ³⁵ " 5. "
0,750	0,975	0,24		8 ⁵⁵ " 7. "
		0,28 : im Mittel : 0,25		

Bei *Tilia* wie bei *Buxus* ist die Permeabilität bei Sonnenschein immer größer als bei trübem Wetter, das ist das Hauptergebnis der bisherigen Messungen im Freien. Alle diese Messungen beziehen sich aber nur auf den Tag und es war deshalb notwendig, den Verlauf der Permeabilität auch während eines Tages und einer Nacht genau zu verfolgen. Das Ergebnis dieser Untersuchung war zwar nach dem bisherigen vorauszusehen, die Permeabilität mußte, da sie von der Beleuchtung abhängt, nachts tiefer sein als am Tage. Als Versuchsobjekt wurde die Linde gewählt und zur Messung, die alle 3 Std. erfolgte, nur Blätter genommen, die an der gleichen Seite des Baumes in möglichst gleicher Lichtexposition sich befanden. Das Ergebnis der Untersuchung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tilia cordata. 16.—17. Juli 09.

Stärkeprobe, an den Schnitten mit Jod ausgeführt	μ	Datum	Temp. im Freien	Temp. der Lösg.	Plasm. Grenzkonz.	
					Mol NaCl	Mol Sacch.
		16. Juli				
	0,35	Sonne 9 ⁰⁰ vm.	18	17,5	0,750	0,825
Zellen des Palisaden- und Schwammparenchyms meist	0,40	" 12 ⁰⁰ "	22	18	0,838	0,862
ganz schwarz	0,38	" 3 ⁰⁰ nm.	25	18,5	0,816	0,862
	0,38	" 6 ⁰⁰ "	21	20	0,816	0,862
	0,35	noch Tag 9 ⁰⁰ nm.	18	19	0,772	0,862
		17. Juli				
Nur in vereinzelt Komplexen die Zellen ganz schwarz, meist z. T. schwarz, oft wie grob punktiert, in verein- zelten Komplexen gelb	0,31	Nachts 12 ⁰⁰	18	19	0,705	0,825
Nicht wesentlich anders	0,28	" 3 ⁰⁰	18	19	0,639	0,787
Die Zellen meist gelb od. braun, vereinzelt z. T. schwarz	0,31	Trübe 6 ⁰⁰ vm.	14	19	0,639	0,750
	0,28	" 10 ⁰⁰ "	15	17,5	0,639	0,787

Die Tabelle läßt erkennen, daß die Permeabilität von Morgen bis Mittag stieg, hierauf langsam abnahm, abends 9 Uhr wieder so hoch stand wie morgens 9 Uhr und dann weiter in der Nacht noch mehr abnahm. Bestimmen wir den Mittelwert der bei Sonnenschein und der nachts ausgeführten Messungen, so finden wir:

$$\begin{aligned} \text{bei Sonnenschein } & 0,38 = 134,5 \\ \text{nachts } & \dots \dots \dots 0,29 = 100 \end{aligned}$$

Wie im Experiment nach Verdunkelung, so tritt auch im Freien nachts eine Abnahme der Permeabilität ein.

Wir sehen somit, daß die im Freien unter den natürlichen Vegetationsbedingungen vorkommenden Permeabilitätsänderungen völlig durch die Änderung der Beleuchtung erklärt werden können. Auch wenn im Freien keine andere Ursache wirksam ist, so muß die Permeabilität sich so ändern, wie es festgestellt wurde, weil sie abhängig ist von der Belichtung, die ja im physiologischen Experimente der einzige Faktor war, den wir änderten. Im Freien aber ändert sich mit der Lichtintensität gewöhnlich auch die Temperatur und zwar gleichsinnig, nimmt das Licht zu, so tut die Temperatur dasselbe. Es ist also immer noch die Möglichkeit vorhanden, daß im Freien auch die Temperatur an der Perme-

abilitätsänderung beteiligt ist. Die Frage ließe sich entscheiden, wenn es gelänge, Fälle aufzufinden, in denen Temperatur und Beleuchtung sich ungleichsinnig änderten. Einige Angaben dieser Art finden sich wirklich in der Tabelle S. 240 und mögen hier zusammengestellt sein:

Die Tagesmittel des Permeabilitätskoeffizienten und der Temperatur waren:

21. Nov. trübe, Regen	$\mu = 0,20,$	Temp. $3,66^{\circ}$ C
22. " " "		
23. " " "	$\mu = 0,18,$	" $7,50^{\circ}$ C
24. " bewölkt, teilw. etw. Sonne,	$\mu = 0,15,$	" $5,40^{\circ}$ C
25. " Sonne	$\mu = 0,18,$	" $2,10^{\circ}$ C
26. " trübe, dann etwas heller	$\mu = 0,17,$	" $7,50^{\circ}$ C
27. " Sonne	$\mu = 0,18,$	" $5,50^{\circ}$ C
28. " " "	$\mu = 0,20,$	" $3,00^{\circ}$ C

Hier hat überall, wo die Permeabilität entsprechend der Beleuchtung größer wurde, die Temperatur abgenommen und wo mit der Beleuchtung die Permeabilität abnahm, ist die Temperatur gestiegen. Diesen Angaben ist noch ein Hinweis auf die Tabelle S. 244 beizufügen, wo die Permeabilität bei einer im Freien herrschenden gleichbleibenden Temperatur von 18° C von abends 9 Uhr weg in die Nacht hinein abnahm, entsprechend der Verdunkelung. Ich halte deshalb dafür, daß bei der Permeabilitätsänderung im Freien die Temperatur nicht oder doch nur in geringem Maße als Reizursache in Frage kommt, und daß damit auch im Freien die Permeabilität der Hauptsache nach nur von der Lichtzufuhr abhängt.

2. Der Verlauf der Permeabilität während der ganzen Vegetationsperiode.

Nehmen wir an, wir hätten während des ganzen Jahres immer gleichmäßig schönes Wetter, und fragen wir uns, wie in dem Fall die mittlere Tagespermeabilität ausfallen müßte, bleibt sie konstant oder ändert sie sich und wie? Zur Beantwortung dieser Frage möge das folgende dienen.

Es sei an einem Morgen die Permeabilität $= p_1$. Im Laufe des Tages nimmt sie zu und während der darauffolgenden Nacht wieder ab, so daß sie am folgenden Morgen den Wert p_2 erreicht hat. Die Permeabilität p_2 ist gleich p_1 , wenn die in der 24-Stundenperiode eingetretene Zunahme gleich der Abnahme ist.

Ist aber die Zunahme größer als die Abnahme, so wird $p_2 > p_1$ und in dem Fall ist die Permeabilität zu jeder Stunde des zweiten Tages höher als an den entsprechenden Stunden des ersten Tages, somit das Mittel des zweiten Tages höher als das des ersten. Wenn hingegen die Zunahme hinter der Abnahme zurückbleibt, so tritt das entgegengesetzte ein, das Mittel des zweiten Tages wird kleiner als das des ersten.

Die Zunahme der 24-Stundenperiode wird um so größer, je länger die Lichtzufuhr dauert, und die Abnahme um so geringer, je kürzer die Verdunkelung ist. Beides zugleich tritt ein, wenn die Tage länger und die Nächte kürzer werden. Im umgekehrten Fall ist das Ergebnis umgekehrt. Bei ideal schönem Wetter während des ganzen Jahres müßten also die Tagesmittel der Permeabilität vom Dezember bis gegen Ende Juni zunehmen und von da weg bis wieder zum Dezember immer kleiner und kleiner werden.

Man wird nun nicht erwarten dürfen, daß dieses theoretisch abgeleitete Verhalten unter den wirklichen Verhältnissen so klar zum Ausdruck kommt, wie zu fordern wäre, denn ein ganzes Jahr lang schönes Wetter gibt es ja leider nicht. Es kann ganz gut vorkommen, daß bei schlechtem Wetter in der aufsteigenden Periode statt eines weiteren Ansteigens ein Sinken der Permeabilität eintritt, wenn nämlich die tägliche Zunahme infolge der herabgesetzten Lichtstärke kleiner wird als die Abnahme. Umgekehrt ist in der absteigenden Periode ein Ansteigen statt weiteren Sinkens möglich, wenn auf eine Zeit schlechten Wetters, wo die Abnahme schneller vor sich ging, als theoretisch zu fordern wäre, wieder gutes Wetter eintritt.

Um die Richtigkeit dieser Auseinandersetzungen zu prüfen, habe ich im Laufe des Jahres immer wieder Messungen vorgenommen und zwar an *Buxus sempervirens rotundifolia*. In der Tabelle auf S. 247 sind die Ergebnisse sämtlicher Messungen zusammengestellt, die natürlich sowohl an sonnigen wie an trüben Tagen angestellt wurden. Die Einzelwerte, die zur Aufstellung der Mittelwerte dienten, sind im Anhang S. 277/278 enthalten.

Zu der Tabelle ist nur wenig zu bemerken. Die Permeabilität war am tiefsten im Dezember, am höchsten im Juli. Vom Dezember ab nahm sie nach beiden Seiten zu. Vom Dezember bis März ist die Zunahme deutlich, im April aber ist das Monatsmittel um etwas wenig kleiner als im März, im Mai gleich wie im März, und erst im Juli wieder deutlich höher. Als Gesamteindruck aber

ergibt sich, daß die mittlere Permeabilität von Dezember bis gegen Juli zu- und von da ab wieder abnahm. Die wirklichen Verhältnisse stimmen also innerhalb der zu erwartenden Fehlergrenzen mit den theoretisch zu fordernden überein und damit tritt aufs neue der enge Zusammenhang zwischen Licht und Permeabilitätsänderung klar zutage.

Buxus sempervirens rotundifolia.

Monatsmittel der Permeabilität. Nov. 08 — Oktob. 09.

Monat	μ		
	Maximum	Minimum	Mittel
November 08	0,34	0,14	0,21
Dezember 08	0,21	0,09	0,17
Januar 09	0,25	0,16	(0,20)
Februar 09	0,27	0,16	0,23
März 09	0,34	0,22	0,26
April 09	0,30	0,22	0,25
Mai 09	0,32	0,21	0,26
Juli 09	0,33	0,18	0,28
Oktober 09	0,26	0,13	0,22

Messungen an *Tilia* führten zum gleichen Ergebnis, wie aus der folgenden Zusammenstellung der Mittelwerte für drei verschiedene Perioden des Jahres hervorgeht. Die Berechnung dieser Werte erfolgte mit Hilfe der Tabellen S. 239 und S. 236—237.

Tilia cordata.

Mittelwerte der Permeabilität in verschiedenen Jahreszeiten.

2.—17. Juli 09:

Messungen an 6 Sonnen- und 6 trüben Tagen μ 0,34,

8.—18. September 09:

Messungen an 4,5 Sonnen- und 3 trüben Tagen . . . μ 0,32

24. September — 2. Oktober 09:

Messungen an 4,5 Sonnen- und 3 trüben Tagen . . . μ 0,21.

Auch für *Tilia* ist somit festgestellt, daß sie sich in der absteigenden Periode des Jahres so verhält, wie es theoretisch zu fordern ist, d. h. die mittlere Permeabilität nimmt vom Juli gegen den Oktober hin immer mehr und mehr ab. Für die aufsteigende Periode stehen mir keine Messungen zur Verfügung. Da sich aber die Linde in allen Versuchen immer gleich verhielt wie *Buxus*, so dürfen wir annehmen, daß sie sich auch in der aufsteigenden Periode des Jahres gleich verhält wie *Buxus*, daß also auch bei

ihr in dieser Zeit (Mai-Juli) die mittlere Permeabilität immer größer wird.

Fassen wir das bis jetzt in diesem Abschnitt Mitgeteilte kurz zusammen, so ergibt sich:

1. Auf Grund der experimentell festgestellten Abhängigkeit der Permeabilität von der Belichtung ist theoretisch zu fordern, daß die Permeabilität von Dezember bis gegen Juli zu- und von hier an wieder abnimmt. Der höchste Stand muß Ende Juni, der tiefste im Dezember erreicht sein.

2. Die Bestimmung der Mittelwerte in verschiedenen Zeiten des Jahres ergab:

bei *Buxus*: die Permeabilität nimmt vom Dezember bis zum Juli zu, von da an wieder ab. Der höchste Stand ist im Juli, der tiefste im Dezember erreicht.

bei *Tilia*: vom Juli bis zum Oktober nimmt die Permeabilität ab.

3. Die wirklich vorkommenden Verhältnisse stimmen somit mit dem theoretisch zu fordernden überein und ich sehe darin einen neuen Beweis dafür, daß im Freien unter den natürlichen Vegetationsbedingungen in erster Linie das Licht als permeabilitäts-ändernder Reiz in Frage kommt.

Aus der Tabelle S. 247 sind noch einige Angaben zu entnehmen, die vielleicht nicht ohne Interesse sind. Das Jahresmittel der Permeabilität berechnet sich für *Buxus* auf $\mu = 0,23$. Es sind also die Monate Oktober, November, Dezember, Januar unter dem Mittel geblieben, Februar erreichte das Mittel und März, April, Mai, Juli standen über dem Mittel. In Prozenten ausgedrückt ergeben sich für die einzelnen Monatsmittel folgende Abweichungen vom Jahresmittel:

Dezember:	— 26 %	Mai:	+ 13 %
Januar:	— 13 „	Juli:	+ 22 „
Februar:	0 „	Oktober:	— 4 „
März:	+ 13 „	November:	— 9 „
April:	+ 9 „		

Die größte Abweichung vom Jahresmittel nach der einen Richtung im Dezember, war von der größten Abweichung nach der anderen Richtung im Juli nicht viel verschieden, es liegt das Jahresmittel annähernd in der Mitte zwischen dem Maximum und Minimum der Monatsmittel. Es ließen sich vielleicht ganz interessante Schlüsse ziehen, wenn man Monats- und Jahresmittel bei

verschiedenen immergrünen Gewächsen bestimmte, oder doch bei einjährigen oder laubwerfenden Pflanzen die Monatsmittel feststellte, so daß man verschiedenartige Pflanzen in dieser Hinsicht miteinander vergleichen könnte.

Es mögen nun ferner auch die größten und kleinsten beobachteten Einzelwerte zusammengestellt sein.

Buxus:

18. Dez. 08 μ 0,09 = 100 Monatsmittel (Dezember) μ 0,17 = 100
 15. Juli 09 μ 0,33 = 366 „ (Juli) μ 0,28 = 165

Die Schwankung zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Einzelwert ist mehr als doppelt so groß als zwischen maximalem und minimalem Monatsmittel, was auf Rechnung individueller Verschiedenheiten zu setzen ist.

Tilia:

26. Sept. 08. μ 0,12 = 100 Mittel (24. Sept. bis 2. Okt.)
 μ 0,21 = 100
 5. Juli 09. μ 0,40 = 333 Mittel (2. bis 17. Juli) μ 0,34 = 162

Auffallend ist, daß die Schwankung zwischen größtem und kleinstem Einzelwert und zwischen größtem und kleinstem Mittelwert annähernd die gleiche ist bei der Linde wie bei *Buxus*. Die gleiche Schwankung der Einzelwerte kann Zufall sein, während die gleiche Schwankung der Mittelwerte, wo der Zufall doch mehr oder weniger eliminiert ist, eine bestimmte Ursache haben muß. Aus den obigen Angaben ist zu ersehen, daß während die Linde eine bestimmte Permeabilitätsschwankung in etwa drei Monaten zurücklegt, *Buxus* dazu etwa sechs Monate nötig hat. Das könnte vielleicht daher kommen, daß die Linde an und für sich leichter oder schneller reagiert als *Buxus*. Ob damit aber ein Unterschied zwischen sommer- und immergrünen Gewächsen besteht, ist auf Grund der vorliegenden Angaben natürlich nicht zu entscheiden.

3. Biologische Bedeutung der Permeabilitätsänderung.

Zum Schlusse erhebt sich die Frage, ob die Permeabilitätsänderung in den assimilierenden Zellen des Laubblattes für das Leben der Pflanzen irgend welche Bedeutung besitzt. Es wird dabei unwillkürlich der Gedanke an Beziehungen zur Ableitung der Assimilate auftauchen.

Die Pflanze assimiliert innerhalb gewisser Grenzen um so stärker, je größer die Lichtstärke ist. Je energischer aber die Assimilation vor sich geht, desto mehr Assimilate müssen abgeleitet

werden, und einer der Faktoren, die dabei in Betracht kommen, ist die Durchlässigkeit der Plasmahaut. Je größer sie ist, d. h. je geringer der Widerstand ist, den sie dem Durchtritt gelöster Stoffe entgegensetzt, um so schneller kann die Ableitung vor sich gehen. Es ist deshalb für die Pflanze von Vorteil, wenn die Permeabilität in den assimilierenden Zellen in höherer Lichtintensität größer ist als in schwächerer. Es wird dadurch bei lebhafter Assimilation eine zu starke Ansammlung der Assimilate im Palisaden- und Schwammparenchym verhindert, wodurch die assimilatorische Tätigkeit gehemmt würde, so daß die Pflanze die für die Assimilation günstige hohe Lichtintensität nur ungenügend ausnutzen könnte. Die Erhöhung der Permeabilität in höheren Lichtintensitäten ist für die Pflanze von großem Vorteil, weil dadurch erst eine ökonomischere Ausnutzung des starken Lichtes für die Assimilation möglich ist.

Gegen diese Auffassung ließe sich einwenden, daß die Permeabilitätsänderung für NaCl festgestellt wurde, während das abzuleitende Assimilationsprodukt Glukose ist, von der wir ja noch gar nicht wissen, ob sie auch permeiert. Aus diesem Grunde stellte ich einige Versuche an, deren Ergebnis war, daß Palisaden- und Schwammparenchymzellen für Glukose ebenfalls permeabel sind, und daß diese Permeabilität ebenfalls wie die des NaCl sich nach der Lichtintensität richtet.

Versuch 50 (*Tilia cordata*).

Datum	Temp. im Freien	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ
			Mol Glukose	Mol Sacch.		
19. Juli 5 ³⁵ nm. Sonne	25,5	20,75	1,087	0,937	0,862	0,138
20. " 5 ⁰⁰ " "	22	20	1,087	0,825	0,758	0,242

Glukose permeiert also auch, allerdings langsamer als Kochsalz. Eine Bestimmung der Permeabilität für NaCl am 19. Juli, 2,35 Min. ergab $\mu = 0,35$, was gegenüber dem am gleichen Tage für Glukose erhaltenen Wert $\mu = 0,14$ so stark abweicht, daß dafür kaum bloß individuelle Verschiedenheiten der beiden Blätter verantwortlich gemacht werden können.

Aus Versuch 51 geht hervor, daß nach Verdunkelung die Permeabilität abnimmt, nicht nur für NaCl sondern auch für Glukose. Wir dürfen deshalb annehmen, daß, wenn die Permeabilität für NaCl erhöht wird, sie damit auch für Glukose höher geworden ist, und daß bei Herabsetzung der Permeabilität für NaCl auch die Permeabilität für Glukose geringer geworden ist.

Versuch 51 (*Tilia cordata*).

Experimentelle Behandlung	Datum	Temperatur		Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ
		im Freien	der Lösung	Mol. Glukose	Mol. Sacchar.		
1. Blatthälfte :	20. Juli 4 ⁰⁰ nm. Sonne	26	20	1,125	0,937	0,832	0,186
2. Blatthälfte, mit Stanniol umwickelt, un- tersucht:	6 ⁰⁰ " "	23	21	1,050	0,975	0,928	0,072 = 43
1. Blatthälfte:	22. Juli 4 ¹⁰ nm. Sonne	27	20,5	1,200	1,050	0,875	0,125 = 100
2. Blatthälfte, mit Stanniol umwickelt, un- tersucht:	6 ⁰⁵ " "	24	21	1,237	1,125	0,909	0,091 = 73

Es sind deshalb die obenstehend gemachten Annahmen über die Bedeutung der Permeabilitätsänderung für die Assimilation, die auf Grund der Veränderung der Permeabilität gegen NaCl gewonnen wurden, völlig berechtigt.

Im Sommer ist die Assimilation im allgemeinen größer als im Frühling oder Herbst, oder bei immergrünen Gewächsen im Winter. Für die Pflanze kann es deshalb nur vorteilhaft sein, wenn die Permeabilität im Sommer an und für sich höher ist als im Frühling, Herbst oder Winter, wie wir das für *Buxus* und *Tilia* festgestellt haben.

Ebenso ist die Stimmungsänderung von großer Bedeutung für den ungestörten Gang der Assimilation. Wäre die Stimmung nicht veränderlich, so würde die Zelle in der maximalen Lichtintensität der Sommertage, wo die Assimilation am stärksten ist und deshalb an die Ableitung die größten Anforderungen gestellt werden, mit immer geringerer Erhöhung und schließlich sogar mit Abnahme der Permeabilität reagieren. Dadurch würde die Ableitung und der ungestörte Fortgang der Assimilation gehemmt, so daß die Pflanze die Lichtintensität gar nicht voll ausnutzen könnte.

In der Nacht, wo der in der Zelle deponierte Überschuß abgeleitet wird, sinkt die Permeabilität. Man könnte denken, daß das für die Pflanze ein Nachteil wäre. Dem ist aber nicht so, denn während der Nacht werden an das Ableitungsvermögen geringere Anforderungen gestellt als am Tage, da ja nur die Stärke, der Überschuß der Tagesassimilation, fortzuschaffen ist. Ein Blick

auf die Tabelle S. 244 zeigt, daß trotz Abnahme der Permeabilität die Stärke morgens um 3 Uhr schon zum großen Teil und morgens 6 Uhr ganz abgeleitet war. Da also die Stärkeableitung trotz der nächtlichen Permeabilitätsabnahme ungehindert vor sich gehen kann und bis zum Morgen beendet ist, so wäre es für die Pflanze völlig unnötig, wenn sie die Permeabilität nachts auf der gleichen Höhe erhielte wie am Tage. Stellen wir uns vor, daß die Pflanze um so mehr Energie ausgeben muß, auf je größerer Höhe sie die Permeabilität erhalten muß, so stellt die nächtliche Abnahme der Permeabilität für die Pflanze eine Energieersparnis dar.

Allgemein läßt sich die Bedeutung der Permeabilitätsänderung für die Pflanze dahin beurteilen, daß sie, wie die Stärkebildung, ein rasches Entfernen der löslichen Assimilate bewirkt und dadurch den ungestörten Fortgang der Assimilation, also eine möglichst ökonomische Ausnützung des Lichtes gestattet.

Wir können sagen, daß die Änderung der Permeabilität in den assimilierenden Zellen des Laubblattes, in ihrer Abhängigkeit von der Lichtintensität und der Stimmung, eine Einrichtung darstellt, die für die Pflanze von großem Nutzen ist.

Aber auch zu anderen in der Pflanze sich abspielenden Prozessen könnte die Permeabilitätsänderung in Beziehung stehen. Es ist ja bekannt, daß die Transpiration im Lichte größer ist als im Dunkeln (vergl. Pfeffer V, Bd. I und Burgerstein). Die Ursachen dieser Erscheinung dürften sein: Umsetzung von Licht in Wärme, Änderung der Weite der Spaltöffnungen usw. Mit in Frage kommen könnte aber auch die im Lichte höhere Permeabilität der Plasmahaut. Das Protoplasma bietet ja dem Durchtritt des Wassers einen gewissen Filtrationswiderstand. Je geringer dieser Widerstand ist, desto leichter kann der Zelle Wasser entzogen werden und es müßte deshalb im Lichte die Transpiration größer sein, weil die Permeabilität des Plasmas größer ist. Das setzt natürlich voraus, daß die Permeabilitätserhöhung im Licht, die wir für NaCl feststellten, auch für Wasser als solches gilt. Besondere Versuche hierüber habe ich nicht angestellt, doch möchte ich darauf aufmerksam machen, daß van Rysselberghe in seinen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Permeabilität von der Temperatur feststellte, daß bei zunehmender Temperatur eine gleiche Permeabilitätserhöhung eintrat für in Wasser gelöste Stoffe wie für Wasser allein. Ferner möchte ich noch auf die Untersuchungen von Bonnier und Mangin hinweisen, die bei Pilzen (*Polyporus*

versicolor, *Agaricus campestris*, *Trametes suaveolens*) die Transpiration im Lichte höher fanden als im Dunkeln, aber nur wenn sie lebend waren. Tote Pilze hatten im Licht wie im Dunkeln, bei sonst gleichen äußeren Bedingungen, gleiche Transpiration. Für diesen Unterschied kann man wohl kaum etwas anderes verantwortlich machen als das Protoplasma und darf wohl schließen, daß seine Permeabilität für H_2O im Lichte größer war, als im Dunkeln.

Anhang. Versuchsprotokolle.

Versuche 14—17 und 25—43. Die übrigen Versuche im Text.

Versuch 14.

a)

Entfernung von der Lampe: 10 cm.

Zweig abgeschn. 25. Febr. 09, 9⁵⁰ vm. Etwas Sonne — 8,5° C. Beginn d. Beleucht. 9⁵⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		<i>i'</i>	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
25. Febr. 9 ⁵⁰ vm.		17	1	1,080	1,312	1,21	0,289	0,287 = 100
11 ³⁵ "	22	17,3	2	0,992	1,200	1,21	0,289	
2 ²⁵ nm.	22	17,75	3	0,948	1,162	1,22	0,283	
26. Febr. 9 ²⁵ vm.	22	17	1	0,948	1,200	1,26	0,259	0,239 = 86,75
11 ¹⁰ "	21,75	17	2	0,948	1,237	1,30	0,236	
2 ⁴⁰ nm.		17,5	3	0,904	1,200	1,32	0,224	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: Alle 3 —.

b)

Entfernung von der Lampe: 35 cm.

Zweig abgeschn. 25. Febr. 09, 9³⁰ vm. Etwas trübe — 9,5° C. Beginn d. Beleucht. 9³⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		<i>i'</i>	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
25. Febr. 9 ³⁵ vm.		16,5	1	1,080	1,275	1,18	0,306	0,298 = 100
10 ⁵⁰ "	19	17	2	1,036	1,200	1,16	0,318	
1 ⁴⁰ nm.	18,75	17,5	3	0,992	1,237	1,24	0,271	
26. Febr. 8 ²⁰ vm.	18,75	17	1	0,948	1,162	1,22	0,283	0,284 = 95,30
11 ²⁵ "	19	17,25	2	0,904	1,050	1,16	0,318	
1 ⁰⁵ nm.	19	17,25	3	0,882	1,125	1,27	0,253	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: 2 —, 1 0.

(Die 2 Zweige in a. und b. wurden der gleichen Seite des Strauches entnommen.)

Versuch 15.

a)

Entfernung von der Lampe: 35 cm.

Zweig abgeschn. 16. Febr. 09, 9⁵⁰ vm. Schnee, trübe, 0° C. Beginn der Beleucht. 9⁵⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
16. Febr. 9 ⁵⁵ vm.		17,3	1	0,904	1,237	1,36	0,200	0,200 = 100
11 ⁴⁵ "	21,25	17,75	2	0,904	1,237	1,36	0,200	
2 ⁴⁰ nm.	21	18,5	3	0,904	1,237	1,36	0,200	
17. Febr. 9 ¹⁵ vm.	21	17,25	1	0,904	1,200	1,31	0,230	0,189 = 94,5
11 ²⁰ "	21	18	2	0,882	1,200	1,36	0,200	
6 ⁰⁵ nm.	20,5	19,5	3	0,816	1,200	1,47	0,136	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: 1 —, 1 0, 1 +.

b)

Entfernung von der Lampe: 50 cm.

Zweig abgeschn. 16. Febr. 09, 8⁵⁰ vm. Schnee, trübe, 0° C. Beginn der Beleucht. 8⁵⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
16. Febr. 8 ⁵⁰ vm.		17,3	1	0,904	1,237	1,36	0,200	0,220 = 100
10 ⁵⁵ "	21	17,5	2	0,904	1,200	1,32	0,224	
1 ⁴⁵ nm.	20,3	18,5	3	0,948	1,237	1,30	0,236	
17. Febr. 8 ²⁰ vm.	21	17	1	0,992	1,237	1,24	0,271	0,250 = 113,63
10 ¹⁰ "	20,5	18	2	0,948	1,237	1,30	0,236	
5 ¹⁰ nm.	20,25		3	0,926	1,200	1,29	0,242	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: alle 3 +.

(Die Zweige in a) und b) wurden der gleichen Seite des Strauches entnommen.)

Versuch 16.

a)

Entfernung von der Lampe: 50 cm.

Zweig abgeschn. 18. Febr. 09, 9²⁰ vm., hell, Sonne, — 5° C. Beginn der Beleucht. 9³⁰ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
18. Febr. 9 ²⁰ vm.		17	1	0,948	1,350	1,42	0,165	0,204 = 100
11 ¹⁵ "	20	17,5	2	0,948	1,237	1,30	0,236	
2 ³⁵ nm.	20,5	18,5	3	0,948	1,275	1,34	0,212	
19. Febr. 8 ²⁰ vm.	20	18,25	1	0,904	1,162	1,28	0,247	0,257 = 125,98
10 ¹⁵ "	20,5	18,25	2	0,926	1,162	1,25	0,265	
1 ⁴⁵ nm.	20,5	19	3	0,860	1,087	1,26	0,259	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: alle 3 +.

b)

Entfernung von der Lampe: **60 cm.**Zweig abgeschn. 18. Febr. 09, 10²⁰ vm., hell, Sonne, —1° C. Beginn der Beleucht. 10²⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
18. Febr. 10 ²⁰ vm.		17	1	0,948	1,312	1,38	0,189	0,220 = 100
12 ⁰⁰ „	20	17,75	2	0,992	1,237	1,24	0,271	
3 ²⁰ nm.	20,5	18,5	3	0,904	1,237	1,36	0,200	
19. Febr. 9 ²⁰ vm.	20,5	18,25	1	0,904	1,162	1,28	0,247	0,259 = 117,72
11 ¹⁵ „	20,5	18,5	2	0,904	1,125	1,24	0,271	
2 ³⁵ nm.	20,5	19	3	0,860	1,087	1,26	0,259	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: 2 +, 1 0.
(Die Zweige in a) u. b) stammten von der gleich. Seite des Strauches wie die in Versuch 15 a) u. b).)

Versuch 17.

a)

Entfernung von der Lampe: **60 cm.**Zweig abgeschn. 22. Febr. 09, 9⁰⁰ vm., Nebel — 3° C. Beginn der Beleucht. 9⁰⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
22. Febr. 9 ⁰⁰ vm.		16	1	1,014	1,350	1,33	0,218	0,226 = 100
11 ⁰⁵ „	20	17	2	1,036	1,350	1,30	0,236	
1 ⁴⁵ nm.	20	18	3	0,992	1,312	1,32	0,224	
23. Febr. 8 ³⁰ vm.	19	17,5	1	1,036	1,275	1,23	0,277	0,257 = 113,71
10 ³⁰ „	19	18	2	0,948	1,200	1,26	0,259	
1 ⁴⁵ nm.	19,5	18	3	0,860	1,125	1,30	0,236	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: alle 3 +.

b)

Entfernung von der Lampe: **90 cm.**Zweig abgeschn. 22. Febr. 9, 10⁰⁰ vm., Nebel — 2° C. Beginn der Beleucht 10¹⁵ vm.

Datum	Temperatur		Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
	Dunkelraum	der Lösung		Mol NaCl	Mol Sacchar.			
22. Febr. 10 ¹⁵ vm.		17	1	1,036	1,350	1,30	0,236	0,226 = 100
11 ⁵⁰ „	19,5	17,5	2	1,036	1,350	1,30	0,236	
2 ⁴⁰ nm.	20	18	3	0,948	1,275	1,34	0,212	
23. Febr. 9 ³⁰ vm.	19	17,5	1	0,904	1,200	1,32	0,224	0,226 = 100
11 ²⁰ „	19,25	18	2	0,860	1,162	1,35	0,206	
2 ³⁵ nm.	19,3	18	3	0,904	1,162	1,28	0,247	

(Die 3 Blätter standen am Zweig nebeneinander.) — Reaktion der einzeln. Blätter: 2 +, 1 —.
(Die 2 Zweige in a) u. b) stammten von der gleich. Seite des Strauches wie die in Versuch 15 u. 16.)

Versuch 25.

Entfernung von der Lampe: 50 cm.

Zweig abgeschn. 18. Jan. 09, 9¹⁵ vm., hell, Sonne, 0° C. Beginn der Beleucht. 10⁰⁰ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
18. Jan. 9 ¹⁵ vm.		16	1	0,816	1,162	1,42	0,165	
1 ⁴⁵ nm.	20,5	18	1	0,816	1,087	1,33	0,218	0,191 =
4 ⁴⁵ "	20,5	18	2	0,816	1,125	1,37	0,194	100
5 ⁵⁵ "	20,25	18	3	0,838	1,162	1,38	0,189	
19. Jan. 9 ¹⁰ vm.	20	17,5	2	0,838	1,125	1,34	0,212	
10 ³⁵ "	21	18	3	0,860	1,162	1,35	0,206	0,240 =
5 ⁰⁰ nm.	21	18	4	0,860	1,050	1,22	0,283	125,65
6 ¹⁵ "	21	19	5	0,860	1,087	1,26	0,259	
20. Jan. 9 ³⁵ vm.	20,5	18	4	0,860	1,050	1,22	0,283	
11 ⁰⁵ "	20,5	18	5	0,794	1,012	1,27	0,251	0,242 =
5 ²⁵ nm.	21,5	18	6	0,816	1,087	1,33	0,218	126,70
6 ²⁵ "	21	18,5	7	0,816	1,087	1,33	0,218	
21. Jan. 8 ³⁵ vm.	20,5	17,5	6	0,794	1,087	1,37	0,194	
10 ³⁰ "	21	17,75	7	0,794	1,050	1,32	0,224	0,209 =
2 ³⁰ nm.	21	18	8	0,772	1,050	1,36	0,200	109,42
5 ²⁵ "	19,5	19	9	0,816	1,087	1,33	0,218	
22. Jan. 10 ⁰⁵ vm.	22	18	8	0,772	1,087	1,40	0,177	
11 ¹⁰ "	21,6	18	9	0,816	1,087	1,33	0,218	0,198 =
6 ¹⁰ nm.	22	19,5	10	0,772	1,050	1,36	0,200	103,66
23. Jan. 8 ⁵⁵ vm.	22	18	10	0,794	1,125	1,41	0,171	0,185 =
10 ⁴⁰ "	22	17,75	11	0,772	1,050	1,36	0,200	96,85

Versuch 26.

Entfernung von der Lampe: 10 cm.

Zweig abgeschn. 1. Febr. 09, 2³⁰ nm., trübe, 1° C. Beginn der Beleucht. 2²⁵ nm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
1. Febr. 3 ²⁰ nm.	22,3	16,5	1	0,992	1,237	1,24	0,271	
4 ⁵⁰ "	22	17	2	1,058	1,350	1,27	0,253	0,261 =
5 ⁵⁰ "	22,75	17,25	3	1,036	1,312	1,26	0,259	100
2. Febr. 8 ³⁵ vm.	22	17	1	1,036	1,312	1,26	0,259	
9 ⁵⁵ "	22	17	2	0,948	1,275	1,34	0,212	0,219 =
11 ²⁵ "	22	17	4	0,948	1,237	1,30	0,234	83,9
2 ⁴⁰ nm.	22	17	5	0,904	1,275	1,41	0,171	

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
3. Febr. 8 ³⁵ vm.	22	16,5	4	0,948	1,350	1,42	0,165	0,179 = 68,58
10 ¹⁰ "	22,25	16,5	5	0,970	1,350	1,39	0,183	
11 ¹⁰ "	22,25	16,75	6	0,948	1,312	1,38	0,189	
4. Febr. 8 ³⁰ vm.	22	17	6	0,970	1,312	1,35	0,206	0,238 = 91,18
10 ⁵⁵ "	22	17,25	7	0,948	1,162	1,22	0,283	
2 ⁰⁵ nm.	22,5	18	8	0,926	1,237	1,33	0,218	
3 ²⁰ "	22,5	18	9	0,904	1,162	1,28	0,247	
5. Febr. 9 ³⁰ vm.	21,75	18,25	7	0,948	1,125	1,18	0,306	0,249 = 95,46
11 ¹⁰ "	22	18	8	0,992	1,312	1,32	0,224	
1 ⁴⁵ nm.	22	18	9	0,970	1,275	1,31	0,230	
4 ³⁰ "	22,25	18,25	10	0,948	1,237	1,30	0,236	
6. Febr. 8 ²⁰ vm.	22,25	18	10	0,948	1,275	1,34	0,212	0,198 = 75,86
10 ¹⁰ "	22,5	18,3	11	0,970	1,350	1,39	0,183	
11 ⁰⁵ "	22,5	18,5	12	0,992	1,350	1,36	0,200	

Versuch 27.

Entfernung von der Lampe: 35 cm.

Zweig abgeschn. 8. Febr. 09, 8⁴⁵ vm., hell, — 4° C. Beginn der Beleuchtung 9⁰⁰ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
8. Febr. 8 ⁴⁵ vm.		17	1	0,926	1,237	1,33	0,218	0,219 = 100
1 ³⁰ nm.	19,5	19	1	0,904	1,162	1,28	0,247	
2 ²⁰ "	19,75	19	2	0,860	1,162	1,35	0,206	
5 ⁰⁰ "	19,5	18,3	3	0,860	1,162	1,35	0,206	
9. Febr. 8 ²⁰ vm.	19	17	2	0,860	1,125	1,30	0,236	0,201 = 91,78
10 ⁴⁰ "	19	17	3	0,816	1,125	1,37	0,194	
1 ³⁵ nm.	20,5	17	4	0,838	1,125	1,34	0,212	
2 ³⁰ "	19,5	17,6	5	0,816	1,162	1,42	0,165	
10. Febr. 8 ²⁰ vm.	21,5	18	4	0,816	1,125	1,37	0,194	0,187 = 85,39
11 ⁰⁰ "	20,3	18	5	0,772	1,087	1,40	0,177	
11 ⁵⁰ "	20	18	6	0,772	1,087	1,40	0,177	
5 ²⁰ nm.	20,3	18	7	0,772	1,050	1,36	0,200	
11. Febr. 8 ²⁵ vm.	20	18	6	0,772	1,050	1,36	0,200	0,198 = 90,41
9 ⁵⁵ "	19,75	18	7	0,816	1,087	1,33	0,218	
11 ⁰⁰ "	20	18	8	0,750	1,050	1,40	0,177	
5 ⁴⁰ nm.	20,5	18,5	9	0,772	1,050	1,36	0,200	
12. Febr. 8 ³⁰ vm.	19,25	17,35	8	0,794	1,050	1,32	0,224	0,202 = 92,23
10 ⁰⁵ "	19	18	9	0,772	1,050	1,36	0,200	
11 ⁰⁵ "	19,25	17,5	10	0,727	1,012	1,39	0,183	

Versuch 28.

Völlige Verdunkelung. Beginn 6. Jan. 09, 9⁰⁰ vorm.Zweig abgeschnitten 6. Jan. 09, 8⁴⁵ vorm. Sonntag, — 6° C.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacchar.			
6. Jan. 8 ⁴⁵ vm.		17	1	0,926	1,200	1,28	0,247	
11 ⁰⁰ "	20	19	1	0,882	1,200	1,36	0,200	0,219 =
12 ⁰⁰ "	19	18	2	0,860	1,125	1,30	0,236	100
6 ⁵⁰ nm.	19	18,25	2	0,816	1,125	1,37	0,194	
7. Jan. 9 ²⁵ vm.	20	16	3	0,750	1,050	1,40	0,177	
2 ⁰⁰ nm.	20	17	3	0,750	1,050	1,40	0,177	0,176 =
4 ⁴⁰ "	20	17	4	0,794	1,087	1,37	0,194	80,36
6 ⁰⁵ "	20	17,75	5	0,705	1,012	1,43	0,159	
8. Jan. 8 ⁵⁵ vm.	20,5	17,5	4	0,705	1,050	1,49	0,124	
11 ⁰⁵ "	21	17,75	5	0,705	1,050	1,49	0,124	0,125 =
1 ⁴⁰ nm.	21	17,75	6	0,727	1,087	1,49	0,124	57,07
5 ⁰⁵ "	20,5	18,5	7	0,683	1,012	1,48	0,130	
9. Jan. 8 ⁵⁰ vm.	20	17,5	6	0,705	1,050	1,49	0,124	
9 ⁵⁰ "	19	17,5	7	0,683	1,012	1,48	0,130	0,143 =
11 ¹⁰ "	20	18	8	0,705	1,012	1,43	0,159	65,29
2 ⁰⁰ nm.	20	17,5	9	0,705	1,012	1,43	0,159	
10. Jan.								
11. Jan. 10 ⁴⁵ vm.	19	16,5	8	0,727	1,050	1,44	0,153	
11 ⁵⁰ "	19	16,5	9	0,705	1,012	1,43	0,159	0,150 =
3 ⁰⁰ nm.	18,5	17	10	0,705	1,050	1,49	0,124	68,49
4 ⁵⁰ "	18,25	17,25	11	0,683	0,975	1,42	0,165	
12. Jan. 8 ⁴⁰ vm.	19,5	18,3	10	0,727	1,050	1,44	0,153	
10 ⁵⁰ "	19	18	11	0,705	0,975	1,38	0,200	0,159 =
1 ⁵⁰ nm.	20	18	12	0,705	1,050	1,49	0,124	72,60
4 ²⁰ "	20	18	13	0,705	1,012	1,43	0,159	
13. Jan. 9 ⁰⁵ vm.	20	18	12	0,727	1,050	1,44	0,153	
10 ⁴⁰ "	19,5	18	13	0,727	1,012	1,39	0,183	0,175 =
5 ¹⁰ nm.	19	18	14	0,727	1,012	1,39	0,183	79,90
6 ²⁰ "	19	18,5	15	0,727	1,012	1,39	0,183	
14. Jan. 8 ⁵⁵ vm.	19	18	14	0,750	1,050	1,40	0,177	
11 ¹⁵ "	19,5	18	15	0,727	1,050	1,44	0,153	0,163 =
1 ⁵⁰ nm.	19,5	18	16	0,683	0,975	1,42	0,165	74,42
3 ³⁰ "	19	18	17	0,705	1,012	1,43	0,159	
15. Jan. 8 ³⁵ vm.	20,5	18,5	16	0,683	1,012	1,48	0,130	
10 ⁴⁵ "	20	18	17	0,705	1,012	1,43	0,159	0,152 =
1 ⁵⁰ nm.	19,75	18	18	0,705	0,975	1,38	0,189	69,40
5 ⁰⁵ "	19	17,5	19	0,683	1,012	1,48	0,130	
16. Jan. 10 ⁰⁰ vm.	19	18	20	0,705	1,050	1,49	0,124	

Der Zweig wurde nun in 50 cm Entfernung von der elektrischen Lampe von 32 Kerzen aufgestellt 3 Std. lang:

20,5	18	20	0,705	0,975	1,38	0,189	
------	----	----	-------	-------	------	-------	--

Zunahme: 0,065 = 54 %.

Die Blattzellen ließen am Schlusse des Versuches keine Schädigung erkennen, auch äußerlich sahen die Blätter noch gleich aus wie anfangs.

Versuch 29.

Entfernung v. d. Lampe: 20 cm.

Relative Intensität: $\frac{1}{4}$.

a) Belichtungsdauer 10 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
3. Feb. 9 ⁰⁴ vm.	22,5	20	0,727	1,050	1,444	0,151	0,151
9 ¹⁴ "			0,727	1,050	1,444		
3. Feb. 9 ⁵⁰ vm.	23	20	0,750	1,050	1,400	0,177	0,177
10 ⁰⁰ "			0,750	1,050	1,400		
3. Feb. 10 ²⁹ vm.	23	20	0,772	1,087	1,408	0,172	0,177
10 ³⁹ "			0,750	1,050	1,400		
3. Feb. 11 ⁰⁵ vm.	23	20,5	0,772	1,087	1,408	0,172	0,172
11 ¹⁵ "			0,772	1,087	1,408		
3. Feb. 1 ³⁵ nm.	23	20,5	0,772	1,087	1,408	0,172	0,172
1 ⁴⁵ "			0,772	1,087	1,408		
3. Feb. 2 ^{11,5} nm.	23	20,5	0,772	1,087	1,408	0,172	0,172
2 ^{21,5} "			0,772	1,087	1,408		

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,169 = 100

Ende: 0,170

Änderung der Permeabilität + 0,5 %

= 100,59

Reaktion der einzelnen Blätter 5 0, 1 +.

b) Belichtungsdauer 12 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
1. Feb. 2 ⁴⁰ nm.	22	18	0,727	1,012	1,392	0,182	0,182
2 ⁵² "			0,727	1,012	1,392		
1. Feb. 3 ²⁴ nm.	22	18	0,727	1,012	1,392	0,182	0,182
3 ³⁶ "			0,727	1,012	1,392		
1. Feb. 4 ⁰⁹ nm.	22,5	18,5	0,727	1,012	1,392	0,182	0,182
4 ²¹ "			0,727	1,012	1,392		
2. Feb. 9 ⁰⁹ vm.	23	19,5	0,750	1,050	1,400	0,177	0,177
9 ²¹ "			0,750	1,050	1,400		
2. Feb. 10 ¹⁵ vm.	22,5	18	0,750	1,012	1,341	0,207	0,212
10 ²⁷ "			0,727	0,975	1,341		
2. Feb. 10 ⁵⁶ vm.	22,5	19,5	0,772	1,087	1,408	0,172	0,207
11 ⁰⁸ "			0,750	1,012	1,349		

Mittelwerte der Permeabilität (μ)

Anfang: 0,183 = 100

Ende: 0,190

Änderung der Permeabilität + 4 %

= 103,82

Reaktion der einzelnen Blätter 4 0, 2 +.

c) Belichtungsdauer 30 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
21. Dez. 11 ²⁴ vm.	21,5		0,750	0,975	1,300	0,236	
11 ⁵⁴ "	21,5		0,772	0,975	1,262		0,258
23. Dez. 9 ⁴⁰ vm.		20	0,750	1,050	1,400	0,177	
10 ¹⁰ "	22,25	20,5	0,727	0,975	1,341		0,212
23. Dez. 10 ³³ vm.	22,5	20	0,816	1,087	1,332	0,217	
11 ⁰⁵ "	22,5	20	0,794	1,050	1,319		0,224
23. Dez. 11 ³³ vm.	23	20	0,750	1,050	1,400	0,177	
12 ⁰³ "	23	20	0,794	1,050	1,319		0,224
4. Jan. 8 ⁴⁴ vm.		19,5	0,705	0,937	1,329	0,219	
9 ¹⁴ "	19	19	0,683	0,900	1,317		0,226
4. Jan. 9 ⁴⁴ vm.	20	19	0,683	0,975	1,427	0,161	
10 ¹⁴ "	20	19	0,683	0,975	1,427		0,161

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,197 = 100

Ende: 0,217

Änderung der Permeabilität + 10% = 110

Reaktion der einzelnen Blätter 5 +, 1 0.

d) Belichtungsdauer 1 Std. 28 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i''	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
21. Dez. 8 ⁴⁰ vm.		18	0,772	1,012	1,310	0,230	
10 ⁰³ "	20,5	18,5	0,772	1,012	1,310		0,230
21. Dez. 9 ¹⁵ vm.	19,5	18,5	0,750	1,012	1,349	0,207	
10 ⁴³ "	20,5	19	0,750	1,012	1,349		0,207
21. Dez. 12 ⁰⁰ m.	21	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
1 ²⁸ nm.	21,5	19	0,727	1,012	1,392		0,182
21. Dez. 2 ⁰⁰ nm.	21,3	19	0,750	1,050	1,400	0,177	
3 ²⁸ "	21		0,750	1,050	1,400		0,177
22. Dez. 9 ⁰⁰ vm.	20	19,5	0,727	0,975	1,341	0,212	
10 ²⁸ "	21,5	19,5	0,727	0,975	1,341		0,212
22. Dez. 9 ³⁰ vm.	21,5	19,5	0,750	0,975	1,300	0,236	
10 ⁵⁸ "	21,5	19,5	0,750	0,975	1,300		0,236

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,207

Ende: 0,207

Änderung der Permeabilität 0%

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

Versuch 30.

Entfernung v. d. Lampe: 30 cm.

Relative Intensität: $\frac{1}{9}$.

a) Belichtungsdauer 12 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
18. Jan. 4 ⁴⁵ nm.	23	19	0,750	1,012	1,349	0,207	0,212
4 ⁵⁷ "			0,727	0,975	1,341		
19. Jan. 9 ¹⁷ vm.	21	18	0,727	1,012	1,392	0,182	0,182
9 ²⁹ "			0,727	1,012	1,392		
19. Jan. 10 ²² vm.	22	18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	0,182
10 ³⁴ "			0,727	1,012	1,392		
19. Jan. 11 ⁰⁵ vm.	22	18,5	0,727	1,012	1,392	0,182	0,182
11 ¹⁷ "			0,727	1,012	1,392		
20. Jan. 10 ⁰⁴ vm.	22	18,5	0,683	0,937	1,371	0,194	0,194
10 ¹⁶ "			0,683	0,937	1,371		
20. Jan. 10 ⁴⁴ vm.	22	18,5	0,683	0,937	1,371	0,194	0,194
10 ⁵⁶ "			0,683	0,937	1,371		

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,189 = 100

Ende: 0,191
= 101,05

Änderung der Permeabilität . . . + 1%

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 2+, 4 0.

b) Belichtungsdauer 15 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
15. Jan. 3 ¹⁵ nm.	21	19	0,772	1,012	1,310	0,230	0,230
3 ³⁰ "			0,772	1,012	1,310		
18. Jan. 10 ⁰⁹ vm.	22	18,5	0,705	1,012	1,435	0,156	0,182
10 ²⁴ "			0,727	1,012	1,392		
18. Jan. 10 ⁵⁵ vm.	22,5	18,5	0,727	1,050	1,444	0,151	0,151
11 ¹⁰ "			0,727	1,050	1,444		
18. Jan. 11 ³⁷ vm.	22,5	19	0,727	1,012	1,392	0,182	0,182
11 ⁵² "			0,727	1,012	1,392		
18. Jan. 1 ³⁵ nm.	23	19	0,727	0,937	1,288	0,243	0,243
1 ⁵⁰ "			0,727	0,937	1,288		
18. Jan. 2 ²¹ nm.	23	19	0,705	0,937	1,329	0,219	0,236
2 ³⁶ "			0,750	0,975	1,300		

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,196 = 100

Ende: 0,204
= 104,08

Änderung der Permeabilität . . . + 4%

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 4 0, 2+.

c) Belichtungsdauer 1 Std. 7½ Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
4. Jan. 11 ¹³ vm.		19,5	0,727	0,975	1,341	0,212	
12 ^{20,5} nm.	20	20	0,683	0,937	1,371		0,194
4. Jan. 1 ³⁷ nm.	21	20	0,727	0,975	1,341	0,212	
2 ^{44,5} "	21	20	0,727	0,975	1,341		0,212
4. Jan. 2 ⁰⁶ nm.	21	20	0,750	1,050	1,400	0,177	
3 ¹³ "	21	20,5	0,750	0,975	1,300		0,236
4. Jan. 3 ⁴¹ nm.	21	20,5	0,750	1,012	1,349	0,207	
4 ^{48,5} "	21	20,5	0,705	0,975	1,382		0,187
4. Jan. 4 ⁰⁵ nm.	21	20,75	0,772	1,012	1,310	0,230	
5 ¹² "	21,5	20,5	0,794	1,087	1,369		0,195
4. Jan. 8 ⁴⁴ nm.		18	0,794	1,050	1,322	0,223	
9 ⁵² "	21	18	0,794	1,050	1,322		0,223

Mittelwerte der Permeabilität (μ)

Anfang: 0,210 = 100

Ende: 0,207

Änderung der Permeabilität - 1,5 %

= 98,57

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 3 -, 1 +, 2 0.

d) Belichtungsdauer 3 Std. 18 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
5. Jan. 11 ¹⁷ vm.	21,75	19	0,772	1,050	1,360	0,200	
2 ³⁵ nm.	21,30	18,5	0,772	1,050	1,360		0,200
5. Jan. 11 ⁴⁷ vm.	22	19	0,772	1,012	1,310	0,230	
3 ⁰⁵ nm.	21,5	18,75	0,750	1,050	1,400		0,177
5. Jan. 12 ⁰⁴ vm.	21,5	19	0,772	1,012	1,310	0,230	
3 ³² nm.	21,5	19	0,727	1,012	1,392		0,182
5. Jan. 1 ³⁰ nm.	21	18,5	0,772	1,050	1,360	0,200	
4 ⁴⁸ "	21,5	19	0,772	1,050	1,360		0,200
5. Jan. 1 ⁵⁸ nm.	21	18,3	0,727	1,050	1,444	0,151	
5 ¹⁴ "	21,5	18,5	0,750	1,050	1,400		0,177
6. Jan. 10 ³⁰ vm.		18	0,727	1,050	1,444	0,151	
1 ⁴⁸ nm.		18,5	0,750	1,012	1,349		0,207

Mittelwerte der Permeabilität (μ)

Anfang: 0,193 = 100

Ende: 0,190

Änderung der Permeabilität - 1,5 %

= 98,44

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 2 -, 2 +, 2 0.

Versuch 31.

Entfernung von der Lampe: 50 cm.

Relative Intensität $\frac{1}{25}$.

a) Beleuchtungsdauer 15 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
12. Jan. 9 ⁴⁵ vm.		18	0,705	0,975	1,382	0,187	
10 ⁰⁰ "	21	18	0,705	0,975	1,382		0,187
12. Jan. 10 ³⁰ vm.	21	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ⁴⁵ "			0,727	1,012	1,392		0,182
12. Jan. 11 ¹⁵ vm.	21	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ³⁰ "		18	0,727	1,012	1,392		0,182
13. Jan. 10 ¹⁵ vm.		18,5	0,727	1,050	1,444	0,151	
10 ³⁰ "	21,3	19	0,727	1,050	1,444		0,151
13. Jan. 11 ⁰⁰ vm.	21,75	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ¹⁵ "		19	0,727	1,012	1,392		0,182
13. Jan. 11 ⁴⁵ vm.	21,5	18,5	0,727	1,050	1,444	0,151	
12 ⁰⁰ "			0,727	1,050	1,444		0,151

Mittelwert der Permeabilität (μ)

Anfang: 0,172

Ende:

0,172

Änderung der Permeabilität 0 %

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

b) Beleuchtungsdauer 20 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
13. Jan. 2 ³⁰ nm.	21,75	18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
2 ⁵⁰ "			0,750	1,050	1,400		0,177
13. Jan. 3 ³⁰ nm.		18,5	0,750	1,012	1,349	0,207	
3 ⁵⁰ "	21,75	18,5	0,750	1,012	1,349		0,207
14. Jan. 9 ⁰⁰ vm.			0,727	1,012	1,392	0,182	
9 ²⁰ "	21	18	0,727	1,012	1,392		0,182
14. Jan. 1 ³⁵ nm.	21,5		0,727	1,012	1,392	0,182	
1 ⁵⁵ "	21	18,75	0,727	1,012	1,392		0,182
14. Jan. 2 ¹⁷ nm.	21,5	18,3	0,727	1,012	1,392	0,182	
2 ³⁷ "			0,727	1,012	1,392		0,182
14. Jan. 3 ⁴⁴ nm.	21,5	19	0,750	1,012	1,349	0,207	
4 ⁰⁴ "		18,5	0,750	1,012	1,349		0,207

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,189

Ende:

0,189

Änderung der Permeabilität 0 %

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

c) Beleuchtungsdauer 22 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
11. Jan. 9 ⁰⁰ vm.		18	0,750	1,050	1,400	0,177	
9 ²² "	20,5	18,3	0,750	1,050	1,400		0,177
11. Jan. 9 ⁵⁰ vm.	20,5	18	0,772	1,050	1,360	0,200	
10 ²¹ "	20,5	18	0,750	1,012	1,349		0,207
11. Jan. 10 ⁴⁸ vm.	21	18	0,705	0,975	1,382	0,187	
11 ¹⁰ "	21	18	0,705	0,975	1,382		0,187
11. Jan. 11 ⁴⁰ vm.	21	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
12 ⁰² "	21		0,750	1,012	1,349		0,207
11. Jan. 1 ³⁴ nm.	21	18,5	0,750	1,012	1,349	0,207	
1 ⁵⁰ "	21	18,5	0,750	1,012	1,349		0,207
11. Jan. 2 ²⁴ nm.	21	18	0,727	1,050	1,444	0,151	
2 ⁴⁶ "	21	18	0,727	1,050	1,444		0,151

Mittelwerte der Permeabilität (μ)

Anfang: 0,183 = 100

Ende:

0,189

Änderung der Permeabilität + 3 %

= 103,22

Reaktion der einzelnen Blätter 2 +, 4 0.

d) Beleuchtungsdauer 30 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
8. Jan. 8 ⁵⁰ vm.		19	0,772	1,050	1,360	0,200	
9 ²⁰ "	21	19	0,772	1,050	1,360		0,200
8. Jan. 9 ⁵² vm.	21	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ²² "	21	19	0,750	1,012	1,349		0,207
8. Jan. 10 ⁵² vm.	21	19	0,750	0,975	1,300	0,306	
11 ²² "	21	19	0,750	0,975	1,300		0,306
8. Jan. 11 ⁵⁰ vm.	21	19	0,772	1,050	1,360	0,200	
12 ²⁰ nm.	21	19	0,772	1,050	1,360		0,200
8. Jan. 1 ²⁹ nm.	21,5	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
1 ⁵⁹ "	21	19	0,727	0,975	1,341		0,212
8. Jan. 2 ²⁷ nm.	21	19	0,727	0,975	1,341	0,212	
2 ⁵⁷ "	20	20	0,727	0,975	1,341		0,212

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,213 = 100

Ende:

0,222

Änderung der Permeabilität + 4 %

= 104,22

Reaktion der einzelnen Blätter 2 +, 4 0.

e) Beleuchtungsdauer 3 Std. 7 1/2 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
6. Jan. 11 ¹¹ vm.		18	0,727	0,937	1,288	0,243	
2 ¹⁸ nm.	20,5	18,3	0,727	0,937	1,288		0,243
6. Jan. 11 ⁴⁴ vm.	20,5	18,5	0,750	1,050	1,400	0,177	
2 ^{51,5} nm.	20,5	18,5	0,750	1,012	1,349		0,207
7. Jan. 8 ⁵⁰ vm.		19	0,772	1,050	1,360	0,200	
11 ^{57,5} "	21		0,816	1,087	1,332		0,217
7. Jan. 10 ⁵³ vm.	21,5	19	0,772	1,050	1,360	0,200	
2 ⁰⁰ nm.	21	19	0,794	1,012	1,270		0,253
7. Jan. 11 ²¹ vm.	21	19	0,750	1,012	1,349	0,207	
2 ²⁸ nm.	21	19	0,750	0,975	1,300		0,236
7. Jan. 1 ²⁵ nm.	21,3	19	0,750	0,937	1,249	0,266	
4 ³² "	20		0,750	0,937	1,249		0,266

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,215 = 100

Ende: 0,237

Änderung der Permeabilität + 10 %

= 110,23

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 4 +, 2 0.

Versuch 32.

Entfernung von der Lampe: 70 cm.

Relative Intensität $\frac{1}{49}$.

a) Belichtungszeit 22 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
22. Jan. 1 ³⁵ nm.	21,5	18	0,750	1,012	1,349	0,207	
1 ⁵⁷ "			0,750	1,012	1,349		0,207
22. Jan. 2 ²¹ nm.	21,2	18	0,683	0,937	1,371	0,194	
2 ⁴³ "	21,5		0,683	0,937	1,371		0,194
22. Jan. 3 ⁰⁷ nm.	21	18	0,683	0,937	1,371	0,194	
3 ²⁹ "			0,683	0,937	1,371		0,194
22. Jan. 3 ⁵² nm.	20,5	18	0,705	0,975	1,382	0,187	
4 ¹⁴ "			0,705	0,975	1,382		0,187
24. Jan. 10 ³² vm.	20	18	0,727	0,937	1,288	0,243	
10 ⁵⁴ "	20		0,727	0,937	1,288		0,243
24. Jan. 11 ^{17,5} "	20	17,75	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ^{39,5} "	20		0,727	1,012	1,392		0,182

Mittlere Permeabilität (μ) Anfang: 0,201

Ende: 0,201

Änderung der Permeabilität 0 %

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

b) Belichtungszeit 30 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
20. Jan. 11 ²⁸ vm.			0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ⁵⁶ "	21,5	19	0,683	0,937	1,371		0,194
20. Jan. 1 ²⁸ "	21,5	19	0,683	0,937	1,371	0,194	
1 ⁵⁸ "		19	0,683	0,937	1,371		0,194
21. Jan. 1 ⁴⁰ m			0,683	0,937	1,371	0,194	
2 ¹⁰ "	19	18	0,683	0,937	1,371		0,194
21. Jan. 9 ⁰⁷ vm.			0,727	1,012	1,392	0,182	
9 ³⁹ "	20,5	18	0,727	1,012	1,392		0,182
21. Jan. 10 ⁰⁵ "	20,5	18	0,750	1,012	1,349	0,207	
10 ³⁵ "	20,5	18	0,750	1,012	1,349		0,207
21. Jan. 11 ⁰³ "	20,5	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ³³ "	20,5	18	0,727	1,012	1,392		0,182

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,190 = 100

Ende:

0,192

Änderung der Permeabilität $+1\%$

= 101,08

Reaktion der einzelnen Blätter 5 0, 1 \pm .

c) Belichtungsdauer 1 Std.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
24. Jan. 1 ⁴³ nm.	20,5	18	0,683	0,937	1,371	0,194	
2 ⁴⁴ "	21	18	0,727	0,975	1,341		0,212
25. Jan. 9 ⁰⁰ vm.	21,5	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ⁰⁰ "	21,5	18,3	0,727	1,012	1,392		0,182
25. Jan. 9 ²⁷ "	21	18	0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ²⁷ "	21	18	0,705	0,937	1,329		0,219
25. Jan. 10 ⁵⁴ "	21	18,5	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ⁵⁰ "	21,3	18,75	0,705	0,975	1,382		0,187
25. Jan. 11 ¹⁹ "	21,5	18,5	0,727	1,012	1,392	0,182	
12 ¹⁵ nm.	21,5	18,75	0,727	0,975	1,341		0,212
25. Jan. 1 ⁴⁵ "	21,5	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
2 ⁴⁵ "	21,5	19	0,727	1,012	1,392		0,182

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,184 = 100

Ende:

0,199

Änderung der Permeabilität: $+8\%$

= 108,15

Reaktion der einzelnen Blätter 4 \pm , 2 0.

Versuch 33.

Entfernung v. d. Lampe: 100 cm.

Relative Intensität: $\frac{1}{100}$.

a) Belichtungszeit 50 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
28. Jan. 10 ¹⁴ vm.	21	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ⁰⁴ "	21,5	19,5	0,727	1,012	1,392		0,182
28. Jan. 10 ³⁵ "	21,5	19,5	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ²⁵ "	21,5	19,5	0,727	1,012	1,392		0,182
28. Jan. 1 ³⁰ nm.	21,5	19,5	0,727	1,012	1,392	0,182	
2 ²⁹ "	21,5	20	0,705	0,975	1,382		0,187
28. Jan. 2 ⁵⁴ "	21,5	20	0,727	0,937	1,288	0,243	
3 ⁴⁴ "	21,5	20	0,727	0,937	1,288		0,243
29. Jan. 9 ⁰⁴ vm.		18	0,772	1,087	1,408	0,172	
9 ⁵⁴ "	21,5	18	0,772	1,087	1,408		0,172
29. Jan. 9 ²⁸ "	21,5	18	0,794	1,125	1,416	0,168	
10 ¹⁶ "	21,5	18,5	0,794	1,125	1,416		0,168

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,188 = 100

Ende:

0,189

= 100,53

Änderung der Permeabilität + 0,5 %

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 1 +, 5 0.

b) Belichtungsdauer 60 Min.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
			Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
25. Jan. 2 ¹¹ nm.			0,727	1,050	1,444	0,151	
3 ¹¹ "	21,5	19	0,727	1,050	1,444		0,151
25. Jan. 3 ³⁶ "	21,5	19	0,750	1,050	1,400	0,177	
4 ³⁶ "	21,5	19	0,727	1,012	1,392		0,182
26. Jan. 10 ⁰⁰ vm.	21,5	18,5	0,705	0,975	1,382	0,187	
11 ⁰⁰ "	21,5	18,5	0,705	0,975	1,382		0,187
26. Jan. 10 ²⁶ "	21,5	18,5	0,705	0,975	1,382	0,187	
11 ²⁶ "	20	18	0,705	0,937	1,329		0,219
27. Jan. 10 ⁰⁷ "	21	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ⁰⁷ "	21	19	0,727	1,012	1,392		0,182
27. Jan. 10 ³² "	21	19	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ³² "	21	19	0,727	1,012	1,392		0,182

Mittlere Permeabilität (μ)

Anfang: 0,177 = 100

Ende:

0,184

= 103,95

Änderung der Permeabilität + 4 %

Reaktion der einzelnen Blätter . . . 2 +, 4 0.

Versuch 34.

Objekt: *Buxus*.

Entfernung v. d. Lampe: 10 cm.

a) Narkose mit Äther.

Datum	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
	Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
22. Feb. 10 ³⁷ vm.	0,772	1,050	1,360	0,200	
10 ⁵⁰ "	0,772	1,050	1,360		0,200
22. Feb. 1 ^{37,5} nm.	0,772	1,087	1,408	0,172	
1 ^{50,5} "	0,772	1,087	1,408		0,172
22. Feb. 2 ²⁵ nm.	0,772	1,050	1,360	0,200	
2 ⁴⁷ "	0,772	1,050	1,360		0,200
24. Feb. 9 ^{00,5} vm.	0,772	1,012	1,310	0,230	
9 ^{22,5} "	0,772	1,012	1,310		0,230
24. Feb. 9 ⁵⁶ vm.	0,772	1,012	1,310	0,230	
10 ¹⁸ "	0,772	1,012	1,310		0,230
24. Feb. 10 ⁴² vm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ⁰⁶ "	0,727	1,012	1,392		0,182

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,202

Ende: 0,202

Änderung der Permeabilität 0%

Reaktion der einzelnen Blätter alle 6 0.

b) Nach Erholung von der Äthernarkose.

Die in a verwendeten Zweige wurden über Nacht in Luft (verdunkelt) stehen gelassen und am folgenden Tag zur Untersuchung verwendet. Versuchsordnung wie in a.

Datum	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
	Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
23. Feb. 10 ²⁴ vm.	0,683	1,012	1,481	0,129	
10 ⁴⁶ "	0,683	0,975	1,427		0,161
23. Feb. 11 ¹⁰ vm.	0,772	1,050	1,360	0,200	
11 ³² "	0,727	0,937	1,288		0,243
23. Feb. 11 ⁵⁸ vm.	0,750	1,050	1,400	0,177	
12 ²⁰ nm	0,705	0,937	1,329		0,219
25. Feb. 8 ⁵⁶ vm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
9 ¹⁸ "	0,727	1,012	1,392		0,182
25. Feb. 9 ^{42,5} vm.	0,683	1,012	1,482	0,129	
10 ^{04,5} "	0,727	1,050	1,444		0,151
25. Feb. 10 ^{30,5} vm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
10 ^{52,5} "	0,750	1,012	1,349		0,207

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,166 = 100

Ende: 0,194 = 116,86

Änderung der Permeabilität (μ) 17%

Reaktion der einzelnen Blätter 5 +, 1 0.

Versuch 35.

Objekt: *Buxus*.

Entfernung v. d. Lampe: 10 cm.

Narkose mit Chloroform.

Datum	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
	Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
21. Feb. 11 ³⁰ vm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ⁵² "	0,727	1,012	1,392		0,182
21. Feb. 1 ⁴⁴ nm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
2 ⁰⁶ "	0,727	1,012	1,392		0,182
21. Feb. 2 ^{31,5} nm.	0,750	1,012	1,349	0,207	
2 ^{53,5} "	0,750	1,012	1,349		0,207
21. Feb. 3 ⁴⁸ nm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
3 ⁴⁰ "	0,727	1,012	1,392		0,182
22. Feb. 8 ⁴⁸ vm.	0,750	1,050	1,400	0,177	
9 ¹⁰ "	0,750	1,050	1,400		0,177
22. Feb. 9 ³⁸ vm.	0,794	1,125	1,416	0,168	
10 ⁰⁰ "	0,794	1,125	1,416		0,168

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,183

Ende: 0,183

Änderung der Permeabilität 0%

Reaktion der einzelnen Blätter . . . alle 6 0.

Versuch 36.

Objekt: *Buxus*.

Entfernung v. d. Lampe: 10 cm.

Narkose mit Amylalkohol.

Datum	Plasmolyt. Grenzkonz.		i'	μ	
	Mol NaCl	Mol Sacch.		Anfang	Ende
24. Feb. 11 ^{29,5} vm.	0,727	1,012	1,392	0,182	
11 ^{51,5} "	0,683	0,937	1,372		0,193
24. Feb. 1 ⁵¹ nm.	0,705	0,975	1,382	0,187	
2 ¹³ "	0,683	0,937	1,372		0,193
24. Feb. 2 ^{36,5} nm.	0,705	0,975	1,382	0,187	
2 ^{58,5} "	0,727	0,975	1,341		0,212
24. Feb. 3 ^{46,5} nm.	0,772	1,012	1,310	0,230	
4 ^{08,5} "	0,772	0,975	1,262		0,258

Mittelwerte der Permeabilität (μ) Anfang: 0,196 = 100

Ende: 0,214 = 109,18

Änderung der Permeabilität +9%

Reaktion der einzelnen Blätter . . . alle 4 +.

Versuch 37.

Entfernung von der Lampe: 10 cm.

a) 15. März 09.

Zweig abgeschnitten 9⁰⁰ vorm. Trübe, Schnee, — 1° C.
Beginn der Belichtung 9⁰⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
15. März 9 ⁰⁵ vm.		17	1	0,970	1,125	1,15	0,323	0,315 = 100
12 ⁰⁰	22,5	18	2	0,948	1,125	1,18	0,306	
2 ³⁰ nm.	23,5	18,5	3	0,904	1,050	1,16	0,318	
16. März 8 ⁴⁵ vm.	22,6	17,5	1	0,904	1,087	1,20	0,294	0,276 = 87,61
10 ²⁵ n	22,5	18	2	0,860	1,012	1,18	0,306	
1 ⁴⁵ nm.	23	18	3	0,772	1,012	1,31	0,230	

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 1 0.

b) 30. März 09.

Zweig abgeschnitten 9³⁰ vorm. Trübe, 10° C.
Beginn der Beleuchtung 9³⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
30. März 9 ³⁵ vm.		18,25	1	0,772	1,012	1,31	0,230	0,226 = 100
11 ¹⁰ n	25	18,25	2	0,816	1,087	1,33	0,218	
2 ³⁰ nm.	25,5	18	3	0,772	1,012	1,31	0,230	
31. März 9 ³⁰ vm.	25	17,5	1	0,816	0,975	1,19	0,300	0,280 = 123,89
11 ²⁰ n	26	18	2	0,816	1,050	1,28	0,247	
2 ³⁰ nm.	26,5	19	3	0,750	0,900	1,20	0,294	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 +.

c) 26. April 09.

Zweig abgeschnitten 26. April, 8⁴⁰ vorm. Regen, 12° C.
Beginn der Beleuchtung 8⁴⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
26. April 8 ⁴⁵ vm.		18	1	0,727	0,937	1,28	0,247	0,249 = 100
9 ⁴⁵ n	21	18	2	0,772	1,012	1,31	0,230	
10 ³⁰ n	21,75	18	3	0,816	1,012	1,24	0,271	
27. April 8 ³⁵ vm.	22,5	17,5	1	0,727	0,862	1,18	0,306	0,278 = 111,64
9 ³⁰ n	22,5	18	2	0,705	0,862	1,22	0,283	
10 ⁴⁰ n		18	3	0,727	0,937	1,28	0,247	

Reaktion der einzelnen Blätter 2 +, 1 —.

d) 5. Mai 09.

Zweig abgeschnitten 8³⁰ vorm. Trübe, 9° C.Beginn der Beleuchtung 8³⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
5. Mai 8 ³⁵ vm.		17	1	0,772	1,012	1,31	0,230	0,208 = 100
9 ⁵⁰ "		17	2	0,816	1,087	1,33	0,218	
10 ⁴⁰ "	21	17	3	0,772	1,087	1,40	0,177	
6. Mai 8 ³⁵ vm.	21,5	17,5	1	0,683	1,012	1,49	0,124	0,178 = 85,57
10 ⁰⁰ "	21	18	2	0,727	0,937	1,28	0,247	
11 ⁰⁰ "		18	3	0,683	0,975	1,42	0,165	

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 1 +.

Versuch 38.

Entfernung von der Lampe: 20 cm.

a) 30. April 09.

Zweig abgeschnitten 8⁴⁰ vorm., trübe, regnerisch, 9° C.Beginn der Beleuchtung 8⁴⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
30. April 8 ⁴⁵ vm.		16	1	0,727	0,937	1,28	0,247	0,208 = 100
9 ³⁵ "	18,75	15,5	2	0,772	1,050	1,36	0,200	
10 ³⁰ "	18,75	15,75	3	0,772	1,087	1,40	0,177	
31. April 9 ⁵⁵ vm.	18,75	15	1	0,772	0,937	1,21	0,289	0,200 = 96,14
10 ⁴⁰ "	18,75	15	2	0,727	1,012	1,39	0,183	
10 ²⁵ "	18,75	15	3	0,683	1,012	1,48	0,130	

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 1 +.

b) 10. Mai 09.

Zweig abgeschnitten 9⁰⁰ vorm., Sonne, 13° C.Beginn der Beleuchtung 9⁰⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
10. Mai 9 ⁰⁵ vm.		15,5	1	0,727	0,975	1,34	0,212	0,227 = 100
10 ⁰⁵ "	18,5	15,5	2	0,794	1,012	1,27	0,253	
10 ⁵⁵ "	18,5	16	3	0,816	1,087	1,33	0,218	
11. Mai 8 ⁴⁰ vm.	19,5		1	0,639	0,937	1,46	0,142	0,145 = 63,87
10 ⁰⁵ "		16	2	0,683	0,975	1,42	0,165	
10 ⁵⁵ "	19	16,5	3	0,683	1,012	1,48	0,130	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

Versuch 39.

Entfernung von der Lampe: 35 cm.

a) 15. März 09.

Zweig abgeschnitten 10⁰⁰ vorm., Schnee, trübe, 3° C.Beginn der Beleuchtung 10⁰⁰ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
15. März 10 ⁰⁰ vm.		17,3	1	0,948	1,162	1,22	0,283	
1 ⁴⁰ nm.	20	18	2	0,904	1,162	1,28	0,247	0,274 =
3 ²⁰ "	20	18,5	3	0,904	1,087	1,20	0,294	100
16. März 10 ³⁵ vm.	20	18	1	0,904	1,162	1,28	0,247	
11 ²⁰ "	20	18	2	0,838	1,050	1,25	0,265	0,255 =
2 ⁴⁰ nm.	20	18	3	0,794	1,012	1,27	0,253	93,06

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 1 +.

b) 25. März 09.

Zweig abgeschnitten 9⁴⁰ vorm. Trübe, Regen, 8° C.Beginn der Beleuchtung 9⁴⁰ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
25. März 9 ⁴⁰ vm.		17,75	1	0,772	1,012	1,31	0,230	
11 ²⁰ "	20,5	18	2	0,727	0,937	1,28	0,247	0,223 =
2 ³⁰ nm.	21	18	3	0,683	0,937	1,37	0,194	100
26. März 9 ¹⁵ vm.	20,75	17	1	0,683	0,900	1,31	0,230	
10 ³⁰ "	20,75	17	2	0,683	0,862	1,26	0,259	0,239 =
2 ³⁶ nm.	20,75	17	3	0,683	0,900	1,31	0,230	107,17

Reaktion der einzelnen Blätter 2 +, 1 0.

c. 30. März 09.

Zweig abgeschnitten 8⁴⁰ vm. Trübe, 9,5° C.Beginn der Beleuchtung 8⁴⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
30. März 8 ⁴⁵ vm.		18,25	1	0,772	1,012	1,31	0,230	
10 ²⁵ "	21	18,25	2	0,772	1,012	1,31	0,230	0,224 =
1 ⁴⁰ nm.	21	18	3	0,750	1,012	1,34	0,212	100
31. März 8 ³⁰ vm.	20,75	17	1	0,727	0,937	1,28	0,247	
10 ²⁵ "	21	18	2	0,727	0,937	1,28	0,247	0,247 =
1 ⁴⁰ nm.	21,5	19	3	0,727	0,937	1,28	0,247	110,26

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 +.

d) 28. April 09.

Zweig abgeschnitten 8¹⁰ vorm. Regen, 9° C.Beginn der Beleuchtung 8¹⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
28. April 8 ¹⁵ vm.		16	1	0,683	0,862	1,26	0,259	0,243 = 100
10 ⁰⁰ „	17,5	16,75	2	0,683	0,862	1,26	0,259	
1 ⁵⁵ nm.	19	18,25	3	0,639	0,862	1,34	0,212	
29. April 8 ⁵⁰ vm.	17,5	16	1	0,639	0,862	1,34	0,212	0,218 = 89,70
10 ²⁵ „	17,5	17	2	0,683	0,975	1,42	0,165	
2 ²⁰ nm.	18	18,25	3	0,639	0,787	1,23	0,277	

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 1 +.

e) 22. Juli 09.

Zweig abgeschnitten 8⁵⁰ vorm. Sonne, 20° C.Beginn der Beleuchtung 8⁵⁵ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
22. Juli 8 ⁵⁵ vm.		19	1	0,705	0,900	1,27	0,253	0,231 = 100
10 ²⁰ „	21	19	2	0,727	1,012	1,39	0,183	
2 ⁰⁰ nm.	22,25	20	3	0,862	0,862	1,26	0,259	
23. Juli 8 ¹⁵ vm.		20	1	0,705	1,050	1,48	0,130	0,212 = 91,77
9 ⁴⁰ „	22	20	2	0,683	0,937	1,37	0,194	
11 ⁰⁵ „	22,5	20	3	0,705	0,825	1,17	0,312	

Reaktion der einzelnen Blätter 1 —, 2 +.

Versuch 40.

Entfernung von der Lampe: 40 cm.

Zweig abgeschnitten 25. März, 8⁴⁰ vorm., trübe, 7° C.Beginn der Beleuchtung 8⁴⁰ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
25. März 8 ⁴⁰ vm.		17,5	1	0,794	1,050	1,32	0,224	0,218 = 100
10 ³⁰ „	20	18	2	0,727	0,937	1,28	0,247	
1 ⁴⁰ nm.	20,5	18	3	0,727	1,012	1,39	0,183	
26. März 8 ¹⁵ vm.		17,5	1	0,683	0,937	1,37	0,194	0,196 = 89,90
10 ⁰⁵ „	20,5	17	2	0,683	0,937	1,37	0,194	
1 ⁴⁰ nm.	20,5	17	3	0,661	0,900	1,36	0,200	

Reaktion der einzelnen Blätter 2 —, 1 +.

Versuch 41.

Entfernung von der Lampe: 50 cm.

a) 17. März 09.

Zweig abgeschnitten 8⁴⁰ vm., trübe, 0° C.Beginn der Beleuchtung 8⁴⁵ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
17. März 8 ⁴⁵ vm.		17,5	1	0,992	1,125	1,13	0,336	0,308 = 100
10 ⁴⁰ „	19	18	2	1,014	1,200	1,18	0,306	
1 ⁴⁵ nm.	19,5	18	3	0,948	1,162	1,22	0,283	
18. März 8 ²⁵ vm.	19,5	17,6	1	0,948	1,087	1,14	0,330	0,322 = 104,53
10 ⁴⁵ „	19,6	17,5	2	0,904	1,050	1,16	0,318	
1 ⁴⁰ nm.	20	18,3	3	0,904	1,050	1,16	0,318	

Reaktion der einzelnen Blätter: 2 +, 1 -.

b) 23. März 09.

Zweig abgeschnitten 8³⁰ vm., trübe, 5,5° C.Beginn der Beleuchtung 8³⁵.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
23. März 9 ³⁵ vm.		17,5	1	0,860	1,087	1,26	0,259	0,251 = 100
1 ²⁵ nm.	21	18	2	0,860	1,125	1,32	0,224	
2 ²⁵ „	21	18	3	0,816	1,012	1,24	0,271	
24. März 9 ¹⁵ vm.	21,25	17,5	1	0,727	1,012	1,39	0,183	0,214 = 85,25
11 ⁰⁰ „	21,25	17,5	2	0,727	0,937	1,28	0,247	
2 ³⁰ nm.	21,25	18	3	0,727	0,975	1,34	0,212	

Reaktion der einzelnen Blätter: 2 -, 1 +.

c) 1. April 09.

Zweig abgeschnitten 8⁴⁰ vm., Regen, 10° C.Beginn der Beleuchtung 8⁴⁵.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
1. April 8 ⁴⁵ vm.		18	1	0,794	1,050	1,32	0,224	0,186 = 100
10 ²⁵ „	20,5	18,5	2	0,838	1,200	1,43	0,159	
2 ⁰⁵ nm.	20,75	18,5	3	0,772	1,087	1,40	0,177	
2. April 8 ²⁰ vm.	20	16	1	0,727	1,050	1,44	0,153	0,133 = 71,50
9 ⁵⁵ „	20		2	0,727	1,087	1,49	0,124	
1 ⁵⁰ nm.	20	18,25	3	0,727	1,087	1,49	0,124	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 -.

d) 28. April 09.

Zweig abgeschnitten 9¹⁰ vm., regnerisch, trübe, 10⁰ C.Beginn der Beleuchtung 9¹⁰ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
28. April 9 ¹⁰ vm.		16,5	1	0,661	0,862	1,30	0,236	0,235 = 100
10 ⁴⁵ „	17	17	2	0,683	0,862	1,26	0,259	
2 ³⁵ nm.	18,25		3	0,639	0,862	1,34	0,212	
29. April 9 ⁵⁵ vm.	17	16,5	1	0,617	0,862	1,39	0,183	0,188 = 80,0
11 ³⁵ „	17,5	17,5	2	0,573	0,825	1,43	0,159	
3 ⁴⁰ nm.	17,5	18,26	3	0,595	0,787	1,32	0,224	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

e) 12. Mai 09.

Zweig abgeschnitten 8⁴⁰ vm., Sonne, 12⁰ C.Beginn der Beleuchtung 8⁴⁵ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
12. Mai 8 ⁴⁵ vm.		16	1	0,794	1,050	1,32	0,224	0,202 = 100
9 ⁵⁵ „	18		2	0,772	1,012	1,31	0,230	
11 ⁴⁵ „	18	17	3	0,750	1,087	1,44	0,153	
13. Mai 8 ²⁰ vm.	18,5	17,5	1	0,727	1,050	1,44	0,153	0,168 = 83,16
9 ²⁰ „	18,5	17	2	0,683	0,937	1,37	0,194	
10 ¹⁰ „	18,5	17	3	0,705	1,012	1,43	0,159	

Reaktion der einzelnen Blätter: 2 —, 1 +.

f) 22. Juli 09.

Zweig abgeschnitten 9⁴⁰ vm., Sonne, 23⁰ C.Beginn der Beleuchtung 9⁴⁰ vm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
22. Juli 9 ⁴⁰ vm.		19,25	1	0,661	0,862	1,30	0,236	0,220 = 100
11 ²⁰ „	21	19,5	2	0,727	0,975	1,34	0,212	
2 ⁴⁰ „	21	20	3	0,639	0,862	1,34	0,212	
23. Juli 9 ⁰⁰ vm.		20	1	0,661	0,975	1,47	0,136	0,175 = 78,78
10 ²⁵ „	21,5	20	2	0,639	0,900	1,40	0,177	
11 ⁴⁵ „	21,5	20	3	0,639	0,862	1,34	0,212	

Reaktion der einzelnen Blätter: 2 —, 1 0.

Versuch 42.

Entfernung von der Lampe: 90 cm.

Zweig abgeschnitten 1. April, 9⁴⁰ vorm. Regen, 9,5° C.Beginn der Beleuchtung 9⁴⁰ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
1. April 9 ⁴⁰ vm.		18,25	1	0,772	1,012	1,31	0,230	0,184 = 100
11 ²⁵ "	20	18	2	0,772	1,125	1,45	0,147	
2 ⁵⁵ nm.	20,5	18,25	3	0,772	1,087	1,40	0,177	
2. April 9 ⁰⁵ vm.	19	16,75	1	0,683	1,012	1,48	0,130	0,118 = 64,13
10 ⁴⁵ "	19,5	17	2	0,727	1,125	1,54	0,094	
2 ⁴⁵ nm.	19	18,25	3	0,683	1,012	1,48	0,130	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

Versuch 43.

Entfernung von der Lampe: ∞ = völlige Verdunkelung.

a) 19. März 09.

Zweig abgeschnitten 8⁵⁰ vorm. Trübe, 5° C.Beginn der Beleuchtung 8⁵⁰ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
19. März 10 ⁰⁵ vm.			1	0,948	1,162	1,22	0,283	0,284 = 100
11 ⁰⁰ "	18,5	17	2	0,992	1,162	1,17	0,312	
1 ⁴⁰ nm.	18,5	17,5	3	0,948	1,200	1,26	0,259	
20. März 8 ⁵⁰ vm.	18,25	17,3	1	0,816	1,087	1,33	0,218	0,225 = 79,22
10 ⁵⁰ "	18,5	18	2	0,816	1,050	1,28	0,247	
2 ⁰⁵ nm.	18,5	19	3	0,838	1,125	1,34	0,212	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

b) 3. Mai 09.

Zweig abgeschnitten 9¹⁰ vorm. Sonne, 7° C.Beginn der Verdunkelung 9¹⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
3. Mai 9 ¹⁵ vm.		14	1	0,860	1,012	1,17	0,312	0,306 = 100
10 ¹⁰ "	16	14	2	0,860	1,012	1,17	0,312	
11 ⁰⁰ "	16	15	3	0,838	1,012	1,20	0,294	
4. Mai 8 ²⁰ vm.	16	16	1	0,705	0,975	1,38	0,189	0,159 = 51,96
9 ¹⁵ "	16	16,5	2	0,639	0,900	1,40	0,177	
10 ⁰⁵ "	16	16,5	3	0,595	0,900	1,51	0,112	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

c) 18. Mai 09.

Zweig abgeschnitten 8⁴⁰ vorm., etwas Sonne, 14° C.Beginn der Verdunkelung 8⁴⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
18. Mai 8 ⁴⁵ vm.		16	1	0,727	0,937	1,28	0,247	0,225 = 100
9 ⁴⁵ "	16,5	16	2	0,772	1,050	1,30	0,200	
10 ³⁰ "	16	16	3	0,772	1,012	1,31	0,230	
19. Mai 8 ³⁰ vm.	15	16	1	0,661	0,937	1,41	0,171	0,157 = 69,77
9 ²⁰ "	15	16	2	0,661	0,937	1,41	0,171	
10 ²⁰ "	15	16	3	0,683	1,012	1,48	0,130	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

d) 6. Juli 09.

Zweig abgeschnitten 8³⁰ vorm., trübe, 17° C.Beginn der Verdunkelung 8³⁵ vorm.

Datum	Temp. im Dunkelzimmer	Temp. der Lösung	Nr. des Blattes	Plasm. Grenzkonz.		i'	μ	Tagesmittel von μ
				Mol NaCl	Mol Sacch.			
6. Juli 8 ³⁵ vm.		18	1	0,926	1,125	1,17	0,312	0,284 = 100
9 ³⁰ "	17	18	2	0,904	1,162	1,28	0,247	
10 ²⁵ "	17,75	18,25	3	0,838	1,012	1,20	0,294	
7. Juli 8 ³⁵ vm.	16,5	17,5	1	0,816	1,162	1,42	0,165	0,147 = 51,76
9 ²⁵ "	16,75	17,5	2	0,750	1,050	1,40	0,177	
10 ¹⁵ "	16,75	17,75	3	0,683	1,050	1,53	0,100	

Reaktion der einzelnen Blätter: alle 3 —.

Monatsmittel der Permeabilität. *Bucus sempervirens rotundifolia.*

Datum	μ	Datum	μ	Datum	μ	Mittel
3. November	0,24	20. November	0,22	25. November	0,20	Mittel: μ 0,21
4. "	0,24		0,18		0,20	
5. "	0,21	21. "	0,19		0,17	
	0,21		0,22	26. "	0,20	
10. "	0,17		0,19		0,15	
11. "	0,30	23. "	0,18	27. "	0,22	
16. "	0,32		0,21		0,14	
	0,34 ¹⁾		0,18	28. "	0,16	
18. "	0,30		0,18		0,24	
	0,29	24. "	0,15		0,21	
19. "	0,26		0,15	30. "	0,16	
	0,25		0,17		0,21	
20. "	0,22		0,15		0,18	
	0,20	25. "	0,14		0,16	

1) Maximum und Minimum fett.

Datum	μ	Datum	μ	Datum	μ	Mittel	
1. Dezember	0,13 0,19 0,20 0,16	4. Dezember	0,20 0,18 0,18 0,18	8. Dezember	0,18 0,16 0,21 0,19	} Mittel: μ 0,17	
2. "	0,20 0,16 0,17 0,16	5. "	0,19 0,16 0,18 0,16	14. "	0,19 0,19 0,16 0,11		
3. "	0,18 0,16 0,19 0,20	7. "	0,16 0,18 0,16 0,16	18. "	0,11 0,09 0,11		
6. Januar	0,25	18. Januar	0,16	26. Januar	0,20		Mittel: μ 0,20
1. Februar	0,27	18. Februar	0,16	25. Februar	0,31 0,29		} Mittel: μ 0,23
8. "	0,22						
16. "	0,20 0,20	22. "	0,22 0,24				
15. März	0,32 0,28	19. März	0,28 0,22	25. März	0,22 0,23 0,23 0,23		} Mittel: μ 0,26
17. "	0,34 0,29	23. "	0,28 0,26	30. "			
1. April	0,22 0,23 0,28	23. April	0,25 0,30 0,25	28. April	0,26 0,24 0,25		} Mittel: μ 0,25
23. "				30. "			
3. Mai	0,31 0,23 0,24 0,21	12. Mai	0,22 0,32 0,24 0,25	18. Mai	0,25 0,32 0,26 0,25	} Mittel: μ 0,26	
5. "				21. "			
7. "		14. "		22. "			
10. "		15. "					
1. Juli	0,33 0,31 0,31 0,29 0,31 0,21	8. Juli	0,28 0,29 0,33 0,33 0,30 0,27	20. Juli	0,18 0,19 0,25 0,24 0,31	} Mittel: μ 0,28	
2. "		10. "					
3. "		15. "		21. "			
5. "							
6. "		16. "					
8. "		19. "					
20. Oktober	0,22 0,25 0,18 0,23 0,25	23. Oktober	0,27 0,25 0,23 0,21 0,26	27. Oktober	0,26 0,18 0,25 0,13 0,21	} Mittel: μ 0,22	
22. "		25. "		28. "			
		26. "		29. "			
		27. "					

Zusammenfassung der Resultate.

1. Die Änderung der Permeabilität unter dem Einfluß des Lichtes ist eine typische Reizreaktion. Im narkotisierten Zustand tritt keine Permeabilitätsänderung ein.

2. Nach längerer (24-stündiger) Belichtung ist in den hohen Intensitäten Permeabilitätsabnahme, in den mittleren Zunahme und in den tieferen wieder Abnahme eingetreten. Nach Verdunkelung nimmt die Permeabilität ebenfalls ab.

3. Auch in den hohen Intensitäten erhält man Permeabilitätszunahme, wenn man die Belichtungszeit entsprechend kurz wählt.

4. Auf jede Reaktion erfolgt eine Gegenreaktion. Bei dauernder Belichtung resp. Verdunkelung tritt aber nicht bloß eine Schwingung (Reaktion + Gegenreaktion) auf, sondern mehrere schwächer werdende Schwingungen.

5. Die Beziehungen zwischen Lichtintensität und Reaktionszeit werden durch die Formel $i(t - k) = i'(t' - k)$ zum Ausdruck gebracht, d. h. die Induktion ist proportional der Intensität und der Reaktionszeit minus der konstanten k . Die gleiche Formel gilt für die geotropische Reaktion und für die heliotropische Reaktion der am Orte vorbelichteten Keimlinge. Sie läßt sich theoretisch auffassen als die erweiterte Form des geo- und heliotropischen Präsentationszeitgesetzes $it = i't'$.

6. Das Licht wirkt bei der Permeabilitätsänderung in doppelter Art, reizend und stimmungsändernd.

Je höher die Lichtstimmung, desto geringer ist die Licht- und desto höher die Dunkelempfindlichkeit. Bei tiefer Lichtstimmung liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt.

7. Unter den natürlichen Vegetationsbedingungen folgt die Permeabilität den Beleuchtungsverhältnissen. An sonnigen Tagen ist sie höher als an trüben, am Tage höher als nachts.

8. Die Monatsmittel der Permeabilität (*Buxus*) nehmen vom Dezember bis zum Juli zu und von da an wieder ab.

9. Die biologische Bedeutung der Permeabilitätsänderung ist darin zu sehen, daß dadurch die Ableitung der Assimilate erleichtert wird.

Basel, Botanisches Institut, April 1910.

Literatur-Verzeichnis.

- Bach, H., Über die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen Außenbedingungen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XLIV, 1907, S. 57.
- Blaauw, A. H., Die Perzeption des Lichtes. *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, Vol. 5, 1909, S. 209.
- Bonnier u. Mangin, Recherches sur la respiration et la transpiration des champignons. *Ann. d. sc. natur.*, 6 sér., Vol. 17.
- Brand, F., Über das osmotische Verhalten der Cyanophyceenzelle. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, Bd. 21, 1903, S. 302.
- Burgerstein, Die Transpiration der Pflanzen. Jena 1904.
- Copeland, E. B., Einfluß von Licht und Temperatur auf den Turgor. *Dissert.*, Halle 1896.
- Figdor, W., Experimentelle Studien über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. *Festschr. f. Wiesner*, Wien 1908, S. 287.
- Fischer, Alf., Untersuchungen über Bakterien. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXVII, 1895, S. 8.
- Fischer, Hugo, Die Verteilung zwischen zwei Lösungen als physiologisches Prinzip. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, Bd. 22, 1904, S. 484.
- Fitting, H., (I) Lichtperzeption und phototropische Empfindlichkeit, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom Etiolement. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XLV, 1908, S. 83.
— (II) Die Leitung tropischer Reize in parallelotropen Pflanzenteilen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XLIV, 1907, S. 177.
- Fröschel, P., Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit (II. Mitteilung). *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien., math.-nat. Klasse*, Bd. 118, Abt. 1, 1. Okt. 1909.
- Hausteen, B., Über die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen. *Flora* 1904, *Ergänzungsbd.* S. 419.
- Janse, J. M., (I) Plasmolytische Versuche an Algen. *Bot. Centralbl.*, Bd. 32, 1887, S. 21.
— (II) Die Permeabilität des Protoplasmas. *Versl. en Mededeel. d. koninkl. Akad. v. Wetensch. v. Amsterdam, afdel. Natuurkunde*, reeks III, deel IV, 1888, S. 332.
- Kerstan, K., Über den Einfluß des geotropischen und heliotropischen Reizes auf den Turgordruck in den Geweben. *Beitr. z. Biol. d. Pfl.*, Bd. 9, 1907, S. 163.
- Klebs, G., Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. *Untersuch. aus d. botan. Inst. Tübingen*, Bd. 2, 1886—1888, S. 489.
- Krabbe, G., Über den Einfluß der Temperatur auf die osmotischen Prozesse lebender Zellen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXIX, 1896, S. 441.
- Lepeschkin, W. W., (I) Über den Turgordruck der vakuolisierten Zellen. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, Bd. 26 a, 1908, S. 198.
— (II) Über die osmotischen Eigenschaften und den Turgordruck der Blattgelenkzellen der Leguminosen. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, Bd. 26 a, 1908, S. 231.
— (III) Zur Kenntnis des Mechanismus der Variationsbewegungen (vorläufige Mitteilung). *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1908, Bd. 26 a, S. 724.
— (IV) Zur Kenntnis des Mechanismus der photonastischen Variationsbewegungen und der Einwirkung des Beleuchtungswechsels auf die Plasmamembran. *Beihefte z. Bot. Centralbl.*, Bd. 26, Abt. I, S. 308.
- Linsbauer, K. u. Vouk, O., Zur Kenntnis des Heliotropismus der Wurzeln. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, Bd. 27, 1909, S. 151.

- Linsbauer, Lud., Über photochemische Induktion bei der Anthocyanbildung. Wiesner-Festschrift, Wien 1908, S. 421.
- Liro, J., Über die photochemische Chlorophyllbildung bei den Phanerogamen. Ann. acad. fennic. scient., Ser. A, Tom. I, No. 1, pag. 1, 1908.
- Maillefer, A., Étude sur le géotropisme. Bull. soc. vaudoise d. sciences nat., 5. sér., Vol. 45, 1909, p. 277.
- Mayenburger, O. H. v., Lösungskonzentration und Turgorregulation bei Schimmelpilzen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVI, 1901, S. 381.
- Meurer, R., Über die regulatorische Aufnahme anorganischer Stoffe durch die Wurzeln von *Beta vulgaris* und *Daucus Carota*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLVI, 1909, S. 503.
- Müller, N. J. C., Untersuchungen über die Krümmungen der Pflanzen gegen das Sonnenlicht. Bot. Untersuch., Bd. I, S. 57.
- Nathansohn, A., (I) Über Regulationserscheinungen im Stoffaustausch. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVIII, 1903, S. 260.
- (II) Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXIX, 1904, S. 606.
- (III) Weitere Mitteilungen über die Regulation der Stoffaufnahme. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XL, 1904, S. 403.
- (IV) Die Bedeutung des Verteilungsprinzipes für die Vorgänge der Stoffaufnahme. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 22, 1904, S. 556.
- Nathansohn, A. u. Pringsheim, E., Über die Summation intermittierender Lichtreize. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLV, 1908, S. 137.
- Oltmanns, Fr., (I) Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. Flora, 1892, S. 183.
- (II) Über das Öffnen und Schließen der Blüten. Bot. Ztg., 1895, Abt. I, S. 31.
- (III) Über positiven und negativen Heliotropismus. Flora, Bd. 83, 1897, S. 1.
- Pantanelli, E., Zur Kenntnis der Turgorregulationen bei Schimmelpilzen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XL, 1904, S. 303.
- Pekelharing, C. J., Onderzoekingen over de perceptie van den zwaartekrachtprikkel door planten. Dissertat. Utrecht 1909.
- Pfeffer, W., (I) Physiologische Untersuchungen; 2. Untersuchungen über Öffnen und Schließen der Blüten. Leipzig 1873.
- (II) Die periodischen Bewegungen der Blattorgane. Leipzig 1875.
- (III) Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Unters. aus d. bot. Inst. z. Tübingen, Bd. 2, 1886—1888, S. 179.
- (IV) Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen nebst Bemerkungen über den Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge. Abhdlg. d. k. sächs. Ges. d. Wiss., math.-nat. Klasse, Bd. 16, 1890, S. 185.
- (V) Pflanzenphysiologie I u. II. Leipzig 1897 u. 1904.
- Pringsheim, E. jun., (I) Einfluß der Beleuchtung auf die heliotropische Stimmung. Beitr. z. Biolog. d. Pflz., Bd. 9, 1907, S. 263.
- (II) Studien zur heliotropischen Stimmung und Präsentationszeit (2. Mitteilung). Beitr. z. Biol. d. Pflz., Bd. 9, 1909, S. 415.
- (III) Wasserbewegung und Turgorregulation in welkenden Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLIII, 1906, S. 89.
- Puriewitsch, K., Physiologische Untersuchungen über die Entleerung der Reservestoffbehälter. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 1.

- Rotherth, W., Über die Wirkung des Äthers und Chloroforms auf die Reizbewegungen der Mikroorganismen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXIX, 1904, S. 1.
- Ruhland, W., (I) Beiträge zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLVI, 1908, S. 1.
- (II) Die Bedeutung der Kolloidalnatur wässriger Farbstofflösungen für ihr Eindringen in lebende Zellen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 26 a, 1908, S. 772.
- (III) Zur Frage der Ionenpermeabilität. Zeitschr. f. Bot., Bd. 1, 1909, S. 747.
- Rysselberghe, Fr. van, Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes. Recueil de l'Institut botanique, Université de Bruxelles, Bd. 5, S. 207.
- Rywošch, S., Zur Stoffwanderung im Chlorophyllgewebe. Bot. Ztg., 1908, S. 121.
- Schröder, H., Über die Einwirkung von Äthyläther auf die Zuwachsbewegung. Flora, Bd. 99, 1908, S. 156.
- Seckt, H., Über den Einfluß der X-Strahlen auf den pflanzlichen Organismus. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 20, 1902, S. 87.
- Stange, B., Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen. Bot. Ztg., Bd. 50, 1892, S. 253.
- Traube Mengarini, M. u. Scala, A., Über die chemische Durchlässigkeit lebender Algen und Protozoen für anorganische Salze und die spez. Wirkung letzterer. Biochem. Zeitschr., Bd. 17, 5/6, S. 443.
- Tröndle, A., Permeabilitätsänderung und osmotischer Druck in den assimilierenden Zellen des Laubblattes (vorläuf. Mitteil.). Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 27, 1909, S. 71.
- Tswett, M., Über die Verfärbung und Entleerung des absterbenden Laubes. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 26 a, 1908, S. 88.
- Vries, Hugo de, (I) Sur la perméabilité du protoplasme des betteraves rouges. Arch. néerland., Vol. 6, 1871.
- (II) Über die inneren Vorgänge bei den Wachstumskrümmungen mehrzelliger Organismen. Bot. Ztg., Bd. 37, 1879.
- (III) Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XIV, 1884, S. 427.
- (IV) Zur plasmolytischen Methodik. Bot. Ztg., 1884, S. 289.
- (V) Über den isotonischen Coëffizienten des Glycerins. Bot. Ztg., 1888, S. 229.
- (VI) Über die Permeabilität der Protoplaste für Harnstoff. Bot. Ztg., 1889, S. 309.
- Wächter, W., Untersuchungen über den Austritt von Zucker aus den Zellen der Speicherorgane von *Allium Cepa* und *Beta vulgaris*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XLI, 1905, S. 165.
- Wieler, A., Plasmolytische Versuche mit unverletzten phanerogamen Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 5, 1887, S. 375.
- Wiesner, J., (I) Über die photometrische Bestimmung heliotropischer Konstanten. Bot. Centralbl., Bd. 69, 1897, Nr. 10.
- (II) Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.