Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Botanique = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Botanik

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 4 (1926-1947)

Heft: 2: Über den Einfluss einer partiellen Erwärmung des Stengels auf die Wasserversorgung

Artikel: Über den Einfluss einer partiellen Erwärmung des Stengels auf die Wasserversorgung

Autor: Koller, P. Joachim

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306868

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vol. IV, Fasc. 2 BOTANIQUE Band IV, Heft 2

ÜBER DEN EINFLUSS EINER PARTIELLEN ERWÄRMUNG DES STENGELS AUF DIE WASSERVERSORGUNG

von

P. JOACHIM KOLLER O. F. M. Cap.
Kollegium St. Fidelis, Stans

PAULUSDRUCKEREI · FREIBURG IN DER SCHWEIZ
1947

INHALT

I. Bisherige Untersuchungen und ihre Beurteilung 45

II. Versuche mit leblosen Modellen 55

1. Methode 55
2. Folgen der partiellen Erwärmung. Theoretisches . . . 55
   a) Ausdehnung während der Erwärmung. 56
   b) Viskositätsänderung 58
   c) Veränderung der Versuchszone 58
   d) Erhitzung und Blasenbildung. 59
   e) Einfluß von Stengel-, Blatt- und Wurzelwiderstand . 59
3. Versuche mit *Abies alba Mill*. 60
4. Versuche mit *Calamus* 63
5. Versuche mit einer Glaskapillare 64

Zusammenfassung. 64

III. Absorption nicht transpirierender Sprosse bei Zimmertemperatur 66

a) Methode 66
b) Versuche 67

Zusammenfassung. 68

IV. Einfluß der Erwärmung auf die Absorptionsgeschwindigkeit nicht transpirierender Sprosse 69

a) Methode 69
b) Versuche 69
   1. *Maurandia scandens Gray* (beblätterter Sproß mitWurzel) 69
   2. *Maurandia scandens Gray* (beblättert. Sproß ohne Wurzel) 70
   3. *Maurandia scandens Gray* (blatt- und wurzelloses Stengelstück) 72
   4. *Phaseolus multiflorus Lam.* (blatt- und wurzelloses Stengelstück) 73
   5. *Phaseolus multiflorus Lam.* (beblätterter Sproß mit Wurzel) 74
   6. *Fuchsia spec.* (beblätterter Sproß ohne Wurzel) . . . 76
   7. *Fuchsia spec.* (blatt- und wurzelloses Stengelstück) . . 77
   8. *Fuchsia spec.* (beblätterter Sproß mit Wurzel) 78

9. *Abies alba Mill.* (mit Rinde, Seitenzweigen und Nadeln) 78
10. *Abies alba Mill.* (mit Rinde, ohne Seitenzweige und Nadeln) 79
11. *Abies alba Mill.* (ohne Rinde, Seitenzweige und Nadeln) 82
12. *Taxus baccata L.* 85

Zusammenfassung 86

c) Erklärungsversuch der Temperatureinwirkung auf die Absorption untergetauchter lebender Sprosse 88

α) Physikalische Faktoren 88
β) Physiologische Faktoren 89

1. Atmung 89
2. Osmotische Zustandsgrößen 89
3. Diskussion der Sz_n- und Sz_g-Änderung 92

αα) Verhalten der Sz_n- und Sz_g-Änderung unterhalb der praemortalen Zone 92
ββ) Verhalten der Sz_n- und Sz_g-Änderung in der praemortalen Zone 94
γγ) Verhalten der Sz_n- und Sz_g-Änderung in der letalen Zone 94

4. Temperaturabhängigkeit der Wasserabsorption lebender Zellen unterhalb der praemortalen Zone . . . 95
5. Temperaturabhängigkeit der Wasserabsorption lebender Zellen in der praemortalen Zone 95
6. Die Wasserabsorption lebender Zellen in der letalen Zone 97

V. Einfluß der partiellen Erwärmung auf die Absorptionsgeschwindigkeit transpirierender Sprosse 98

a) Methode 98
b) Versuche 99

1. *Sinapis alba L.* 99
2. *Impatiens Sultani Hook f.* 101
3. *Phaseolus multiflorus Lam.* 103
4. *Vicia Faba L.* 105
5. *Maurandia scandens Gray* 106
6. *Fuchsia spec.* 109
7. *Pseudotsuga Douglasii Carr.* 114
8. *Abies alba Mill.* (berindet) 116
9. *Abies alba Mill.* (berindet) 118
10. *Abies alba Mill.* (Versuchszone entrindet) 119
11. *Cyperus alternifolius L.* 121
12. *Secale cereale L.* 125
13. *Avena sativa L.* und *Triticum vulgare Vill.* 129
14. *Triticum turgidum L.* 131

Zusammenfassung 134

VI. Einfluß der partiellen Abtötung auf die Transpiration absorbierender Sprosse 140
a) Methode 140
b) Versuche 141
1. *Impatiens Roylei Walpers* 141
2. *Pelargonium zonale Ait.* 142
3. *Pelargonium zonale Ait.* 143
4. *Ricinus communis L.* 145
5. *Ricinus communis L.* 146
6. *Plectranthus fruticosus L'Hérit.* 148
7. *Cyperus alternifolius L.* 150
8. *Cyperus alternifolius L.* 151
Zusammenfassung 152

VII. Transpiration abgeschnittener Sprosse ohne Wasserzufuhr. . 155
a) Methode 155
b) Versuche 155
1. *Ricinus communis L.* 155
2. *Ricinus communis L.* 157
3. *Ricinus communis L.* 159
Zusammenfassung 161

VIII. Einfluß der partiellen Abtötung auf Absorption und Transpiration 162
a) Methode 162
b) Versuche 162
1. *Ricinus communis L.* 162
2. *Sparmannia africana L.* 165
3. *Carica Papaya L.* 166
4. *Carica Papaya L.* 167
Zusammenfassung 168

IX. Einfluß der partiellen Abtötung auf die Filtrationsfähigkeit . 171
a) Methode 171
b) Versuche 171
1. Glaskapillare 171
2. *Fuchsia spec.* 172
3. *Salix alba L.* 173
4. *Betula pendula Roth.* 174
5. *Plectranthus fruticosus L'Hérit.* 176
6. *Abies alba Mill.* (berindet) 177
7. *Abies alba Mill.* (entrindet) 179
Zusammenfassung 180

Schluß 180
Literaturverzeichnis 184

I. Bisherige Untersuchungen und ihre Beurteilung

Wir beschränken uns im wesentlichen auf Versuche, bei welchen Wurzeln und Blätter intakt blieben, und nur der Stengel bezw. Blattstiel auf eine kürzere oder längere Strecke mit heißem Wasser oder Wasserdampf (Wachs, Paraffin) behandelt wurde.

Diesem partiellen Abtöten werden folgende schädigende Wirkungen auf die Versuchspflanze zugeschrieben :

a) Verringerung der Leitfähigkeit der toten Bahnen.

1. durch mehr oder weniger weitgehende Verstopfung (Gummi, Thyllen, Schleim),
2. durch ungünstige Veränderung der Jaminketten infolge Ausdehnung der Blasen beim Erhitzen, sowie infolge Erleichterung des Wasseraustrittes aus den Gefäßen und des Lufteindringens in die Leitbahnen,
3. durch ungünstige Veränderung (schwere Benetzbarkeit usw.) der Wände.

b) Nachteilige Beeinflussung der Wurzel.

c) Nachteilige Beeinflussung der Blätter außer dem Wasserdefizit (heißes Wasser, Gifte, plasmolysierende Substanzen, Änderung der Spaltweite usw.).

d) Ausschaltung von Hebungskräften im Stengel.

Die ältesten derartigen Versuche scheinen auf J. M. Janse zurückzugehen. Aus seiner Abhandlung vom Jahre 1887, welche (nach S. 20) eine Umarbeitung einer vorläufigen Mitteilung (1885) und der Dissertation (1885) darstellt, ist zu entnehmen, daß er im Sommer 1884 Versuche angestellt hat, um die Hypothesen Godlewskis (1884) zu prüfen. Janse (S. 21) rechnet dabei mit 3 Transportkräften : dem Wurzeldruck, der Transpirationssaugung und der Wirkung der lebenden Holzelemente. Genügen Wurzeldruck und Transpirationssaugung, so dürfte die partielle

Abtötung bedeutungslos sein ; reichen sie nicht aus, so wird die fehlende Menge zunächst dem Wasservorrat des Zweiges entnommen ; ist dieser erschöpft, muß Welken der Blätter oberhalb der abgetöteten Strecke eintreten. Je länger die tote Strecke ist, um so rascheres Welken ist zu erwarten. Zweige von *Syringa* und *Fuchsia*, deren Holz auf 20 cm durch Erwärmung bis ca. 75° C abgetötet worden war, welkten nach mehreren Tagen und starben ab. 1885 wurden etwa 70 weitere Versuche angestellt ; dabei wurde der Zweig von einem Rohr umgeben, durch welches Wasser von bestimmter Temperatur strömte. Blieb auf der behandelten Strecke das Holz am Leben, so trieben die Knospen der apikalen Partie im folgenden Frühjahr normal aus ; wurden aber die lebenden Holzzellen abgetötet, so welkten die Blätter der apikalen Partie nach einiger Zeit und starben ab. Koniferen lieferten dasselbe Resultat wie Dikotylen. Zunächst glaubte JANSE (S. 22) mit diesem Welken die Notwendigkeit der Mitwirkung der Markstrahlen für die Erzeugung der Hebungskräfte bewiesen zu haben. Durch eine Arbeit WEBER's (1885) wurde er aber auf eine bis dahin nicht beachtete Fehlerquelle aufmerksam gemacht : Verstopfung des behandelten Stengels an den Grenzen der abgetöteten Zone. Bei verschiedenen seiner Versuchspflanzen (*Syringa, Populus, Sambucus*) vermochte er nun sowohl mikroskopisch als auch durch Filtrationsversuche deutliche Verstopfungen nachzuweisen. Diese Fälle mußten daher als Beweismaterial für das Vorhandensein von Transportkräften in den lebenden Holzzellen ausscheiden ; dagegen war bei einigen Experimenten mit *Fuchsia* das Welken fast so schnell erfolgt wie in einem abgeschnittenen Zweig und « eine Verstopfung der Gefäße durch Gummibildung oder Thyllen hier sehr unwahrscheinlich ».

JANSE weist auch (S. 29) auf Versuche mit abgeschnittenen Koniferenzweigen hin, in denen die durch die Abtötung hervorgerufene Verlangsamung der Transpiration bestimmt wurde ; doch scheint eine diesbezügliche Publikation nie erfolgt zu sein.

J. VESQUE (1885) tötete einen am Strauch befindlichen Zweig von *Ligustrum* an der Basis auf 20 cm während 15 Minuten in Wasser von 80° C ab. Nach 13 Tagen begannen alle Blätter leicht zu welken, nach 20 Tagen waren die meisten Gefäße mit braunem Gummi verstopft.

1889 tötete BÖHM (S. 55) den Stengel 3-4 Wochen alter Pflanzen von *Phaseolus multiflorus* bis 18 cm weit über kochendem Wasser ab. Die Blätter konnten 23 Tage frisch bleiben, meist welkten sie aber « viel früher ». Es ist dies « entweder durch Erfüllung der Gefäße mit

Gummi, oder (in Folge sekundärer Veränderungen) durch Unterbrechung der Wasserfäden im halmförmigen Stengelteile mit Luft bedingt ».

Mit längeren Pflanzen operierte (1891) STRASBURGER (S. 646). Ein 15 und ein 13 m langer Ast von *Wistaria* wurden durch halbstündiges Eintauchen in Wasser von 90° C auf 10,5 m abgetötet. Nach 2 bzw. 2 ½ Tagen begannen die Blätter zu welken. In den Gefäßen wurde « stellenweise Schutzgummibildung » sowie Schleim gefunden. Eine 7 m lange *Bryonia*, mit Ausnahme von je 1 m an beiden Enden, in Wasser von 90° C 10 Minuten lang abgetötet, ließ nach 4-5 Tagen die Blätter welken ; an abgeschnittenen Sprossen erfolgte Welken in wenigen Stunden. An der Grenze lebend-tot hatten sich schleimige Substanzen in den Gefäßen angesammelt. Ca. 4 m lange *Bryonien* auf 3 m abgetötet, zeigten 5 Tage lang turgeszente Blätter ; nur auf 1 m abgetötet, blieben die Blätter über eine Woche frisch. Abgeschnittene Blätter welkten sofort. Diese, wie die zahlreichen Versuche STRASBURGER's mit abgeschnittenen Sprossen, beweisen, daß über die tote Strecke Wasser geleitet wird. Daraus zieht STRASBURGER den Schluß, daß lebende Zellen am Saftsteigen nicht beteiligt sind.

Dieselben Versuche STRASBURGER's führen jedoch URSPRUNG (1904) zu dem entgegengesetzten Schluß. Es folgt aus dem Welken der Blätter, daß über die tote Strecke nicht genügend Wasser geleitet wird, daß somit die lebenden Zellen am Saftsteigen in irgend einer Weise beteiligt sein müssen. Diesen Schluß erweiterten gleichzeitig die experimentellen Tatsachen an einigen Kraut- und Holzpflanzen (*Primula, Pelargonium, Fuchsia, Impatiens, Begonia, Phaseolus, Hedera, Fagus*), deren Blattstiele oder Stengel mit Wasserdampf partiell abgetötet wurden. Allgemein welkten und verdorrten die über der abgetöteten Zone liegenden Blätter und zwar um so rascher, je länger die tote Strecke war. Gefäßverstopfungen konnten bei *Primula* mikroskopisch nicht nachgewiesen werden, dagegen enthielten die Gefäße der toten Zone Jaminsche Ketten mit langen Luftblasen. *Phaseolus* zeigte in vielen Stengeln auch nach Verdorren der Blätter beinahe keine Verstopfungen ; ebenso wurde bei *Hedera* und *Fagus* aus der anatomischen Untersuchung geschlossen, daß die Ursache des Welkens nicht auf Gefäßverstopfungen beruhen kann. Auch Veränderungen in den Gefäßwänden konnten nicht beobachtet werden. So schloß URSPRUNG : 1. daß lebende Zellen am Saftsteigen beteiligt sind, 2. daß den lebenden Zellen die Aufgabe zukommen kann, die leitenden Elemente im leitungsfähigen Zustand zu erhalten, daß aber ihre Hauptfunktion darin zu bestehen

scheint, einen Teil der Hebungskraft zu liefern. Daß das Welken keine Folge der Verstopfung sein konnte, ergab sich aus dem Umstand, daß es sich um so rascher einstellte, je länger die tote Strecke war. Denn da die Verstopfungen nur an den Grenzen der toten Strecke auftreten, müßte die Länge der toten Zone bedeutungslos sein.

Daß die lebenden Stengelzellen am Saftsteigen nicht beteiligt sind, sucht JOST (1905) mit folgender Versuchsanordnung zu zeigen. Ein 50 cm langes, vertikales, mit Wasser gefülltes Glasrohr taucht unten in ein Wasserbassin und trägt am obern Ende, luftdicht eingesetzt, einen abgeschnittenen, beblätterten, lebenden Stengel. Da die Blätter längere Zeit frisch bleiben, soll bewiesen sein, daß die Pflanze im toten Rohr Wasser auf 50 cm heben kann, also auf eine Strecke, die länger ist, als manche der abgetöteten Zonen in URSPRUNG's Versuchen. In Wirklichkeit beweist aber der Versuch nichts Derartiges, da ja in diesem Apparat gar nicht die Pflanze das Wasser 50 cm hoch hebt, sondern der Luftdruck. Wer dies nicht einsehen sollte, der ersetze die Pflanze durch einen Gummistopfen, dem dann doch kaum die Fähigkeit zugeschrieben wird, Wasser 50 cm hoch zu heben! Zudem bieten die Leitungsbahnen des Stengels einen ganz andern Filtrationswiderstand als das weite Glasrohr.

1906 gelangte URSPRUNG durch anatomische Untersuchungen von *Fagus*-Ästen, die partiell mit Wasserdampf abgetötet worden waren, zum Schluß:

1. daß das Absterben der Blätter schon zu einer Zeit beginnen kann, wo Gefäßverstopfungen noch fehlen,
2. daß selbst beim Vorhandensein von ausnahmsweise vielen Verstopfungen das Welken ausbleiben kann,
3. daß das Wegschneiden einer Holzpartie, die der verstopften entspricht, ohne Bedeutung ist.

Durch anatomische Untersuchung des Inhaltes der Leitbahnen fand URSPRUNG ferner, daß Größe, Zahl und Verteilung der Luftblasen in Ästen mit und ohne partielle Abtötung zwischen annähernd denselben Grenzen blieb.

Resektionsversuche an *Fagus* ergaben, daß zur genügenden Leitung über eine dezimeterlange Strecke ein geringer Bruchteil der Leitungsbahnen ausreicht, wenn in der betr. Partie das Holz lebend ist, während die Gesamtheit der Leitungsbahnen nicht genügend Wasser befördert, wenn die betreffenden lebenden Zellen abgetötet worden waren.

Dixon (1905) schreibt das von Ursprung beobachtete Welken der Abtötung durch Gifte oder plasmolysierende Substanzen zu, die aus der abgetöteten Zone in die Blätter gelangt sein sollen. Demgegenüber bespricht Ursprung (1907, S. 67) eine größere Zahl älterer und neuerer Versuche, aus denen eindeutig hervorgeht, daß die aus der toten Zone stammende Flüssigkeit weder giftig noch plasmolysierend wirkt, und daß somit die Blätter nicht welken, weil sie vergiftet oder plasmolysiert wurden, sondern weil sie zu wenig Wasser zugeführt erhielten.

1907 dehnte Ursprung die früheren an *Fagus* ausgeführten Experimente auf 20 weitere Holzpflanzen, Koniferen und Dikotylen aus. Auch hier nahm mit zunehmender Länge der toten Strecke die Lebensdauer der Blätter ab. Da ihr Absterben nach mikroskopischer Prüfung nicht auf Verstopfung der Leitbahnen zurückgeführt werden konnte, wurde es dem Defizit an Hebungskräften zugeschrieben, das man sich durch Abtötung lebender Zellen entstanden dachte. Rasch welkten *Robinia* und besonders *Ulmus*. Schädlich wirkten auch Rindenringelungen, durch welche offenbar die peripheren Holzpartien geschädigt wurden. Die Wasserleitung erfolgt aber, wie Holzringelungen zeigten, gewöhnlich vorab in den jungen Jahresringen. Sehr lehrreich waren ferner Versuche, bei denen die Blätter dauernd turgeszent blieben, wenn ein Sektor von $^3/_4$ des Astquerschnittes entfernt wurde. Da dies auch dann zutraf, wenn bei einer Astlänge von 1,2 m die operierte Strecke 1 m lang war, so ist damit bewiesen, daß ein kleiner Bruchteil des Astquerschnittes genügt, um eine ausreichende Wasserversorgung der Blätter zu ermöglichen, falls im übrigbleibenden Astteil das Holz lebend ist.

1909 folgten die Untersuchungen von Roshardt. Sie zeigten an 125 verschiedenen Arten phanerogamer Pflanzen von niedrigem Wuchs, daß hier die lebenden Zellen für das Saftsteigen ebenso notwendig sind, wie bei hohen Bäumen. Wie bisher wurde der organische Zusammenhang Wurzel-Stengel-Blatt gewahrt, Stengel oder Blattstiel partiell mit Wasserdampf abgetötet, wobei die nicht gebrühten Teile völlig intakt blieben. Die Folgen der Abtötung ergaben sich aus dem Vergleich mit einem möglichst gleichen, abgeschnittenen Objekt, das ohne Wasserzufuhr neben dem operierten verblieb. Verstopfungen oder andere Veränderungen der toten Leitungsbahnen wurden mikroskopisch geprüft.

Je länger ceteris paribus die Versuchszone war, um so rascher trat auch hier Welken ein. Im übrigen verhielten sich verschiedene Vertreter sehr ungleich ; bei einer 10 cm langen toten Zone zeigten einige

schon nach 1-2 Tagen ein deutliches Wasserdefizit, während andere 10 Tage und länger frisch blieben.

Dixon's (1909) Angabe, daß auch unterhalb der toten Zone inserierte Blätter welken, muß auf einem Versehen beruhen, da diese Beobachtung von Roshardt bei keiner der 800 Versuchspflanzen gemacht werden konnte. Die Unrichtigkeit von Dixon's wiederholter Behauptung, das Absterben erfolge durch giftige oder plasmolysierende Substanzen, ergibt sich unter anderem aus dem Frischbleiben der zu den welken Blättern führenden Stengelpartien und Blattstiele. Die Spreiten welken offenbar nicht, weil sie sterben, sondern sie sterben, weil sie welken.

Czapek (1906, 1907) und Jost (1905) vermuten die Ursache des Welkens in einer eventuellen Austrocknung der Zellwände, in Verstopfungen der Gefäßräume, in Verschiebungen der Jaminschen Ketten, oder in wichtigen physikalischen Veränderungen an der Membran, auch wenn man diese mit dem Mikroskop nicht sieht. Demgegenüber macht Roshardt (S. 109) geltend, daß Welken eintreten kann, solange die Versuchszone sicher nicht ausgetrocknet ist, und daß anderseits Welken ausbleiben kann, obschon die getötete Zone scheinbar ganz verdorrt war. Auch bei diesem umfangreichen Versuchsmaterial ließen sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle Verstopfungen als Ursache des Welkens mikroskopisch nicht nachweisen. Ebensowenig konnte eine ungünstige Luft-Wasser Verteilung des Gefäßinhaltes aufgefunden werden.

Um das Vorhandensein auch bei der mikroskopischen Beobachtung eventuell übersehener Verstopfungen zu prüfen, wurden Filtrationsversuche durch lebende und vergleichbare partiell abgetötete Sproßpartien vorgenommen. Eine Erhöhung des Filtrationswiderstandes durch das Abtöten ließ sich bis zum Welken nicht feststellen, was übrigens auch von Dixon (1909) konstatiert worden war. So wird immer wahrscheinlicher, daß das Welken der Blätter nicht durch sekundäre Veränderungen in den Gefäßen bedingt wird, sondern durch die Ausschaltung der lebenden Stengelzellen an der Hebungsarbeit.

Durch die quantitative Verfolgung der Wasseraufnahme und -abgabe mit Potometer und Waage konnte gezeigt werden, daß Absorption und Transpiration vom Momente des Abtötens an stark reduziert werden, also lange bevor Verstopfungen durch Thyllen oder Gummi möglich sind. So ergibt sich der Schluß, die Ursache des plötzlich eintretenden Defizites im Wassertransport sei zu suchen im Ausfall der Energie, die von den lebenden Stengelzellen geliefert wird.

1912 weist URSPRUNG darauf hin, daß bezüglich der Beteiligung lebender Zellen nicht nur die Deutung der Tatsachen eine verschiedene ist, sondern daß sogar über das Primäre, die Tatsachen selbst, noch keine Einigkeit erreicht ist. Es handelt sich hier speziell um die seinen eigenen und den Erfahrungen ROSHARDT's gegenüberstehenden Angaben von DIXON und OVERTON. Es wurden deshalb neue Experimente mit DIXON's Versuchsspezies *Syringa* ausgeführt und in verschiedener Weise modifiziert. Stets blieben die unterhalb auch noch so nahe der gebrühten Zone liegenden Blätter frisch, die darüber liegenden welkten und verdorrten. Ferner wurde ein partiell abgetöteter Zweig von *Robinia Pseudacacia*, mit bereits welken Blättern, unter der toten Zone abgeschnitten und durch die Schnittfläche Wasser eingepreßt. In einen feuchten Raum gebracht, wurden die Blätter, die noch nicht tot waren, wieder turgeszent. Endlich erfolgte das Abtöten von *Fagus*ästen nicht ringsherum, sondern so, daß ein Sektor von etwa $^1/_3$ des Querschnittes lebend blieb; alle Blätter behielten ihre Frische. Diese 3 Versuchsserien zeigen deutlich, daß in der toten Zone keine Giftstoffe oder plasmolysierende Substanzen gebildet werden, die das Welken hervorrufen, daß somit das letztere als Folge des Wassermangels zu betrachten ist. Auch das Fehlen von experimentell nachweisbaren Verstopfungen wurde durch Filtrationsversuche mit *Robinia Pseudacacia* aufgezeigt.

URSPRUNG wandte sich dann einer Nachprüfung der Experimente OVERTON's (1911) zu. Dieser teilte mit, daß die Involukralblätter von *Cyperus alternifolius* nach partieller Erwärmung der Halme mit heißem Paraffin oder Wachs turgeszent blieben, daß somit auch über tote Stengelpartien genügend Wasser wandern könne. Die sorgfältige Wiederholung ergab, daß die Involukralblätter frisch blieben, wenn die scheinbar tote Strecke noch lebende Zellen enthielt, und daß bei wirklichem Abtöten *Cyperus* welkte, wie alle übrigen Versuchspflanzen auch.

Anschließend sei auch kurz auf partielle Abkühlungsversuche mit Eis oder Kältemischungen hingewiesen. Die ersten derartigen Untersuchungen dürften auf KOSAROFF (1897) zurückgehen, der fand, daß die behandelten Krautpflanzen meist schon bei partieller Abkühlung auf 0°, ausnahmslos aber bei Temperaturerniedrigung unter 0° welkten. Wenn Eisbildung in den Leitungsbahnen fehlte und das Welken schon nach 2-3 Stunden eintrat und die Blätter nach Aufhebung der Abkühlung wieder turgeszent wurden, fallen Gefäßverstopfungen außer Betracht. Über die Eisbildung sei daran erinnert, daß nach MOUSSON (1858, S. 161) das Wasser in Kapillaren unter 0,7 mm Durchmesser

bei –7° C flüssig bleibt und auch durch Stöße nicht fest wird, und daß mit abnehmendem Durchmesser das Wasser noch schwerer gefriert. DIXON und JOLY (1895) beobachteten sogar in den Tracheiden von *Taxus* Eisbildung erst bei –10° bis –11°. 1906 führte URSPRUNG Abkühlungsversuche aus mit *Fagus*. Am Baum inserierte Äste wurden auf 14 cm mit Eis (oder vielleicht mit einer Kältemischung ?) abgekühlt, worauf die Blätter nach 2-6 Tagen teilweise oder vollständig verdorrten. ZIJLSTRA (1910) konstatierte bei seinen Versuchspflanzen, daß Abkühlung einer 50 cm langen Strecke auf 0° nach 6-8 Tagen kein Welken zur Folge hatte. JANSE (1913, S. 588) erwähnt in einer Anmerkung, daß er 1898 in Buitenzorg Abkühlungsversuche mit negativem Resultat ausgeführt aber nicht publiziert habe. MAYER (1932) fand, daß bei partieller Abkühlung unter –6° weder der Zweig noch eine Luftpumpe Wasser durch das gefrorene Sproßstück zu saugen vermag. Nach PEIRCE (1934, 1936) wird über partiell durch Kälte abgetötete Zonen nicht mehr genügend Wasser geleitet. Er schließt daraus, m. E. ohne Beweis, daß die lebenden Zellen nötig sind, um die Leitbahn leitfähig zu erhalten, nicht aber, um Hebungsarbeit zu leisten. HANDLEY (1939) kühlte bei Topfkulturen von *Fraxinus excelsior* und *Acer Pseudoplatanus* die Stämmchen, unter sorgfältiger Schonung der Wurzeln und Blätter, partiell auf ca. 2° bis ca. 0° ab. Andauernde Temperatur von 2° beeinträchtigte das Dickenwachstum fast vollständig, während das Längenwachstum, wenn auch etwas verspätet, ebenso günstig erfolgte, wie bei den Kontrollpflanzen. Bei Abkühlung des Stammes auf ca. 0° bis –1° welkten die Blätter nach einigen Stunden, bei erneuter Temperatursteigerung auf 2° bis 6° wurden sie wieder turgeszent. Die physikalischen Faktoren allein erklären das Welken der betreffenden Versuchspflanzen nicht, da Eisbildung in Gefäßen bei ca. 0° ausgeschlossen und die Viskositätszunahme von untergeordneter Bedeutung ist. So folgert der Autor, daß die partielle Abkühlung die Tätigkeit der lebenden Holzzellen zeitweise gehemmt habe. Erinnert wird an den Befund von CURTIS (1929), wonach beim Transport von Kohlenhydraten lebende Zellen beteiligt sind. HANDLEY hält daher aus dem Verhalten seiner Versuchspflanzen eine Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen für wahrscheinlich. « The chilling experiments described in this paper seem to indicate that living cells are involved in the ascent of sap ». « . . . it would seem that the ascent of sap involves a chain of living cells continuous from roots to leaves » (S. 811).

In diesem Zusammenhang sei ferner erwähnt, daß nach KRAMER

(1933, S. 481) die Abnahme der Transpiration nach Tötung der Wurzel auf Schädigung der Blätter und Verstopfung des Xylems durch Gummieinlagerung beruht, was beides durch Substanzen verursacht sein soll, die von den toten Wurzelzellen stammen.

Nach dieser Übersicht der in Betracht fallenden Originalarbeiten sei noch erwähnt, daß die Verfasser der üblichen Lehr- und Handbücher oder ähnlicher zusammenfassender Darstellungen meistens einer Nichtbeteiligung lebender Zellen (gemeint ist wohl an der Hebungskraft) zuneigen, ohne indessen die Möglichkeit einer Beteiligung völlig ausschließen zu wollen (z. B. BENECKE-JOST 1924, **1**, 129 ; KOSTYTSCHEW 1931, **2**, 211 ; BACHMANN 1926, 348 ; SIERP 1939, 179). SCHWENDENER (1909, 80) sagt, daß « an der Vorstellung, daß die Lebenstätigkeit der Zellen irgendwie in die Saftbewegung eingreife, unbedingt festzuhalten sei ». Und URSPRUNG (1935, **10**, 561) schreibt : « Über die Ursache dieses Welkens (nach partieller Abtötung) wurden verschiedene Ansichten geäußert. Vor allem machte man dafür Verstopfungen verantwortlich, die gewöhnlich nach einiger Zeit in den trachealen Leitbahnen an den Enden der toten Zone auftreten. Diese Verstopfungen konnten aber nicht als Ursache des Welkens nachgewiesen werden ; denn 1. stieg die Welkgeschwindigkeit mit der Länge der toten Zone, die nicht in Beziehung steht zur Stärke der Verstopfung ; 2. begann das Welken oft, bevor Verstopfungen mikroskopisch oder experimentell nachweisbar waren ; 3. ging die Absorption sofort nach dem Abtöten stark zurück ; 4. blieb das Welken auch bei zahlreichen Verstopfungen aus, wenn eine lebende Holzbrücke vorhanden war, und ebenso erwies sich das Wegschneiden einer Holzpartie, die der verstopften entsprach, ohne Bedeutung. — Vergeblich versuchte man ferner das Welken auf die Bildung giftiger oder plasmolysierender Stoffe, die Entstehung von Blasen usw. zurückzuführen (DIXON 1905, dazu URSPRUNG 1906-12, ROSHARDT 1909). Es wurde daher die Ansicht ausgesprochen, die lebenden Holzzellen hätten nicht nur die trachealen Bahnen im leitfähigen Zustande zu erhalten, sondern auch einen Teil der Hebungsarbeit zu leisten ».

Bei seinen Untersuchungen über das Bluten kommt HEYL (1933, S. 349) zum Schluß, « daß die lebenden Zellen des oberirdischen Stengelteiles zur Wasserabgabe befähigt sind. Es fehlt jedoch jeder Anhalt dafür, daß diese Zellen unter normalen konstanten Bedingungen am Bluten beteiligt sind ».

Angeführt sei endlich noch HABERLANDT, der sich in der letzten Auflage seiner physiologischen Pflanzenanatomie (1924, 298) folgender-

maßen ausdrückt : « So bemerkenswert die Versuchsresultate URSPRUNG's und ROSHARDT's sind, so kann ich sie doch mit DIXON, JOST, CZAPEK u. a. nicht für beweisend ansehen. Durch das Abtöten verschieden langer Ast- oder Stengelstücke werden zu viele neue, unnatürliche und zum Teil unübersehbare Bedingungen geschaffen, die eindeutige Versuchsergebnisse ausschließen. »

Unter diesen Umständen schien es erwünscht, die mit der partiellen Erwärmung verbundenen Vorgänge genauer zu analysieren. Die vorliegenden Untersuchungen sollen hiezu einen Beitrag liefern.

Die Versuche wurden ausgeführt im botanischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz) in den Jahren 1941 bis 1944. Meinen hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. URSPRUNG, versichere ich meiner steten Dankbarkeit. Er gab mir die Anregung zu dieser Arbeit und stand mir dabei stets wohlwollend zur Seite mit Rat und Tat. Auch Herrn Prof. Dr. G. BLUM bleibe ich in aufrichtiger Dankbarkeit verbunden.

II. Versuche mit leblosen Modellen

1. Methode.

In die mit guter Wärmeisolation versehene, mit Gummistopfen verschlossene Potometerflasche f (Fig. 1) münden 2 Kapillaren: das Steigrohr st (148 cm lang, 0,89 mm Lumenweite) und die Meßkapillare p (1,15 mm Lumendurchmesser) mit Einrichtung zum Nachfüllen. Das mit Wasser gefüllte Steigrohr st trägt oben unter Quecksilberdichtung Hg eine entlüftete (Methode bei URSPRUNG 1913, S. 388; 1915, S. 253), mit ausgekochtem Wasser gesättigte Kitasato-Kerze k_1 und in bestimmten Versuchsserien unten eine zweite, gleiche Kerze k_2. Zur Erwärmung einer 22 cm langen Strecke des Steigrohres dient die Heizvorrichtung h, bestehend aus einem mit Wasser gefüllten Kupferrohr, einem das Steigrohr nicht berührenden Heizdraht (Transformator, Widerstand) einem (nicht gezeichneten) Rührer und einem Thermometer. Der Messinghut c dient zur Absaugung der warmen, feuchten Luft, die dadurch von k_1 ferngehalten wird. Ein neben k_1 aufgestellter Ventilator erlaubt die Verdunstung zu steigern. In diesem Modell stellt k_1 das Blatt, k_2 die Wurzel, st den Stengel dar. In andern Versuchen wurde das Stück a b des Steigrohres herausgeschnitten und dafür ein totes, entlüftetes, wassergefülltes Sproßstück von *Calamus* oder ein totes, ebenso vorbehandeltes Aststück von *Abies alba* eingesetzt. In gewissen Fällen erwies es sich als zweckmäßig, die Saugung der Kerze k_1 durch die Saugung einer Wasserstrahlpumpe zu ersetzen.

2. Folgen der partiellen Erwärmung.

Theoretisches.

Folgen der Erwärmung sind: Ausdehnung des anfänglichen Wasservolumens während der Erwärmung und Verminderung der Viskosität des Wassers.

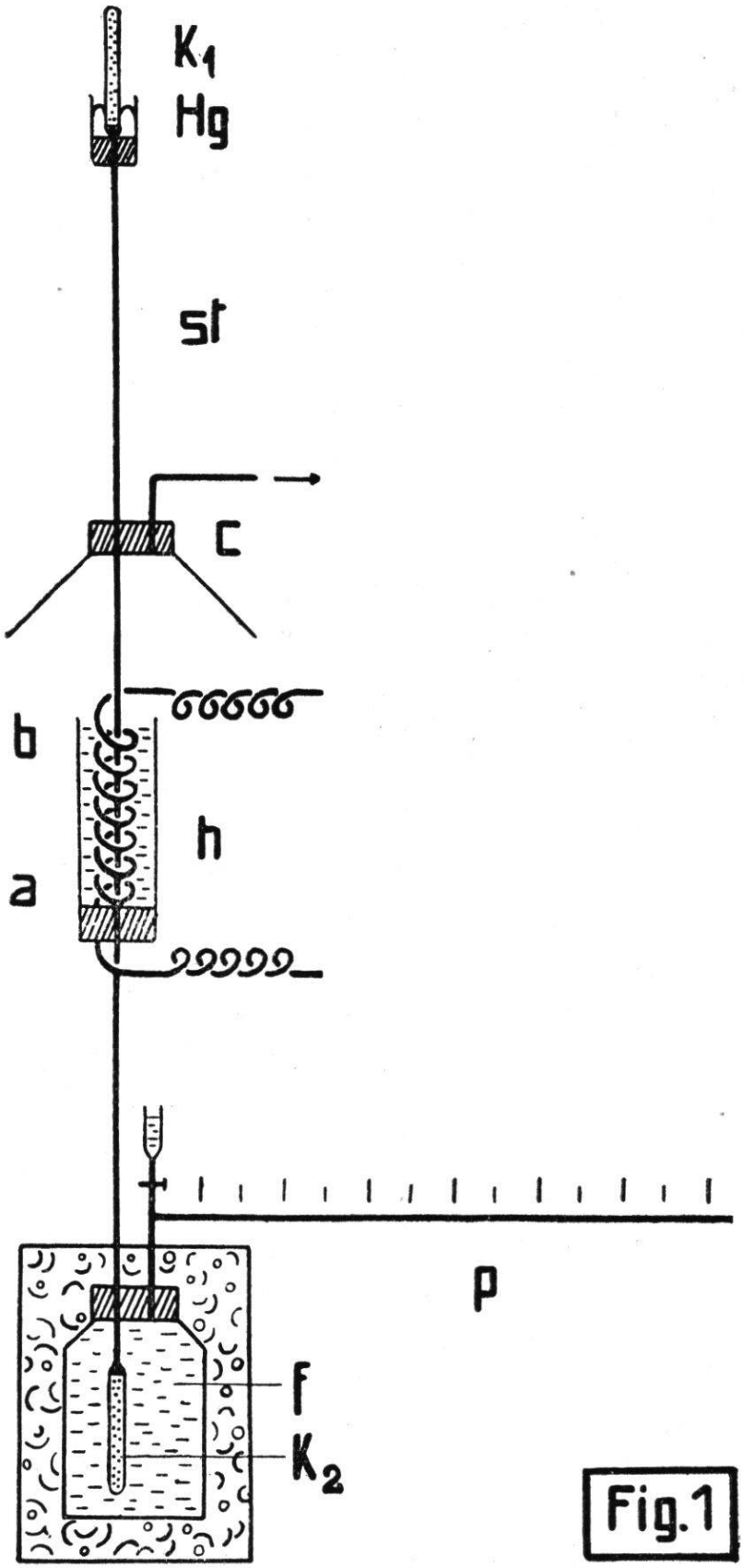


Fig. 1

a) Ausdehnung während der Erwärmung.

Eine Vorstellung der Längenänderung der erwärmten Wassersäule a b geben folgende Daten. Aus den Angaben von HAGEN (WINKEL-

MANN, Hdb. d. Physik, 1906, **3**, 91) folgt, daß eine 1 m lange Wassersäule von konstantem Querschnitt folgende Verlängerungen zeigt:

Bei Erwärmung	von 10°	auf	20°	eine Verlängerung	um	1,5 mm,
»	20°	»	30°	»		2,5 mm,
»	30°	»	40°	»		3,5 mm,
»	40°	»	50°	»		4,3 mm,
»	50°	»	60°	»		5,0 mm,
»	60°	»	70°	»		5,7 mm,
»	70°	»	80°	»		6,3 mm,
»	80°	»	90°	»		6,8 mm,
»	90°	»	100°	»		7,3 mm.

Unter Vernachlässigung der gleichzeitigen Dimensionsänderung des kapillaren Saugrohres stellen diese Werte die Verlängerung einer 1 m langen Wassersäule dar. Wenn auch die Dimensionen des Steigrohres nicht genau konstant bleiben, so sehen wir doch, daß bei der Erwärmung um je 10° die Ausdehnung mit steigender Temperatur ständig zunimmt. Sie ist von 90° bis 100° fast 5 mal so stark wie von 10° bis 20°. Ist das Steigrohr oben geschlossen, so zeigt der Meniskus der Potometerkapillare p die Ausdehnung an. Je größer das erwärmte Wasservolumen in der Versuchszone und je enger die Potometerkapillare p ist, um so deutlicher wird ceteris paribus die Erscheinung sichtbar.

Bewegt sich das Wasser, wie in unserem Apparat, im Steigrohr aufwärts, so hängt das Verhalten des Meniskus in p natürlich ab von der Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung und der Geschwindigkeit der Wärmeausdehnung. Bedingt die Verdunstung von k_1 eine Bewegung pro Minute von z. B. bloß +1 mm, die Erwärmung von —1,5 mm, so resultiert eine Rückwärtsbewegung von —0,5 mm; betragen aber die gleichzeitigen Bewegungen +10 mm und —1,5 mm, so resultiert eine Vorwärtsbewegung von +8,5 mm.

In diesem Zusammenhang sei auch an eine Beobachtung von URSPRUNG (1916, S. 412) erinnert, nach welcher in einer vertikal stehenden, mit kaltem Wasser gefüllten Kapillare warmes Wasser durch den Auftrieb unter Umständen rasch emporsteigen kann. Bei meinen Versuchen dürfte dies schon deshalb nicht von wesentlicher Bedeutung sein, weil in den Experimenten mit lebenden Pflanzen die Stengel horizontal lagen.

b) Viskositätsänderung.

Bleibt die Heizflüssigkeit nach der Erwärmung konstant auf z. B. 30°, und steigt das Wasser im Steigrohr empor, so kühlt sich die aus der erwärmten Zone austretende Wassersäule wieder ab, die in die erwärmte Zone eintretende Wassersäule erwärmt sich, so daß die erhitzte Strecke stets ungefähr gleich lang bleibt.

Die Viskosität des Wassers zeigt (nach BINGHAM und WHITE, LANDOLT-BÖRNSTEIN, **1**, S. 136) folgende Abhängigkeit von der Temperatur:

°C	Viskosität	°C	Viskosität	°C	Viskosität
0	0,01797	40	0,006563	80	0,003570
10	0,01301	50	0,005500	90	0,003143
20	0,01006	60	0,004735	95	0,002993
30	0,007998	70	0,004075		

Die Bedeutung der Viskosität ergibt sich aus der Formel von POISEUILLE: $Q = \frac{\pi}{8\eta} \cdot \frac{PR^4}{L} \cdot T$, worin Q = Ausflußmenge in der Zeit T, P = Druck, R = Radius des Rohrlumens, η = Viskositätskoeffizient, L = Länge des Rohres bezeichnen. Da Q = Geschwindigkeit der Bewegung (V) × Querschnitt ($R^2 \pi$) × Zeit (T) ist, folgt $V = \frac{Q}{R^2 \pi \cdot T} = \frac{PR^2}{8L} \cdot \frac{1}{\eta}$. Setzen wir den ersten Term als konstant voraus, so verhält sich $\frac{V_{20^\circ}}{V_{30^\circ}} = \frac{\eta_{30}}{\eta_{20}}$; dabei erstreckt sich die Erwärmung auf die ganze Rohrlänge. Je kürzer das erwärmte Rohrstück ist, um so geringer ist die Bedeutung der Viskositätsänderung.

c) Veränderung der Versuchszone a b.

Ersetzen wir das Stück a b des Steigrohres st mit einem Lumendurchmesser von 0,89 mm durch ein 6,3 mm dickes *Calamus*-Sproßstück, so wird der Wasser leitende Querschnitt erweitert und das erwärmte Wasservolumen vergrößert. Dies hat zur Folge, daß während der Erwärmung ceteris paribus der Meniskus im Potometerrohr p eine stärkere Tendenz zur Rückwärtsbewegung zeigt.

Ersetzen wir die einfache Glaskapillare a b durch ein *Abies*-Zweigstück, so wird dadurch auch der Filtrationswiderstand erhöht, wobei sich die Verminderung der Viskosität des Wassers um so deutlicher auswirken muß.

d) Erhitzung und Blasenbildung.

Da das durch das Steigrohr gesogene Wasser gelöste Gase enthält, kann die Temperaturerhöhung und Druckverminderung eine Blasenbildung einleiten (URSPRUNG 1915, S. 140, 108), die sich aber um so schwieriger einstellt, je besser die adhärierende Gasschicht von der Glaswand und eventuellen « Kernen » entfernt ist.

Die Siedetemperatur des Wassers hängt vor allem vom Luftdruck ab. Nachfolgende Tabelle, zusammengestellt nach LANDOLT-BÖRNSTEIN (**2**, S. 1316) gibt die dem betreffenden Barometerstand entsprechende Siedetemperatur an.

°C	mm Hg	°C	mm Hg	°C	mm Hg
0	4,579	60	149,38	97,714	700,0
10	9,209	70	233,7	98,106	710,0
20	17,535	80	355,1	98,494	720,0
30	31,824	90	525,76	100	760,0
40	55,324	96,916	680,0	110	1074,6
50	92,51	97,317	690,0		

Bei einem Außendruck von 17,5 mm siedet also das Wasser schon bei 20° C, bei 710 mm bei 98,1°.

In den Leitungsbahnen der Pflanzen ist aber Siedeverzug anzunehmen wegen der guten Benetzbarkeit (z. B. CHWOLSON, 1905, **3**, 639) der Wände, des Fehlens von « Kernen » mit adsorbierter Luft und des geringen Durchmessers der Leitbahnen ; fand doch NÄGELI (1866, 366), daß Wasser unter der Luftpumpe in engen Röhren nicht kochte, während es in einem weiten Gefäß kräftig aufwallte. Entsprechend wird auch, wie MOUSSON (1858, 161) gezeigt hat, das Gefrieren erschwert. Tatsächlich vermochte ich in mit Wasser gefüllten Längsschnitten durch *Abies*holz bei Erhitzung auf ca. 95° C keine Blasenbildung zu beobachten.

e) Einfluß von Stengel-, Blatt- und Wurzelwiderstand.

Es sei W_s = Widerstand des Stengels, W_w = Widerstand der Wurzel, W_b = Widerstand des Blattes, J = Stromstärke, P = bewegende Kraft, so wird $J = \frac{P}{W_s + W_w + W_b}$.

Setzen wir willkürlich $P = 1000$, $W_{s\,20^o} = 1000$, $W_{s\,80^o} = 333$, $W_w = 0$ bzw. 1000, $W_b = 0$ bzw. 1000, so erhalten wir

$$\left.\begin{array}{ll} \text{für } W_w = 0, \quad W_b = 0, & J_{20^o} = \frac{1000}{1000} = 1 \\ \text{für } W_w = 0, \quad W_b = 0, & J_{80^o} = \frac{1000}{333} = 3 \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{Durch Erwärmung des Stengels} \\ \text{von } 20^o \text{ auf } 80^o \text{ steigt} \\ \text{J von 1 auf 3.}\end{array}$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{für } W_w = 1000, W_b = 0, & J_{20^o} = \frac{1000}{2000} = 0{,}5 \\ \text{für } W_w = 1000, W_b = 0, & J_{80^o} = \frac{1000}{1333} = 0{,}75 \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{Durch Erwärmung des Stengels} \\ \text{von } 20^o \text{ auf } 80^o \text{ steigt} \\ \text{J von 1 auf 1,5.}\end{array}$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{für } W_w = W_b = 1000, & J_{20^o} = \frac{1000}{3000} = 0{,}33 \\ \text{für } W_w = W_b = 1000, & J_{80^o} = \frac{1000}{2333} = 0{,}43 \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{Durch Erwärmung des Stengels} \\ \text{von } 20^o \text{ auf } 80^o \text{ steigt} \\ \text{J von 1 auf 1,3.}\end{array}$$

Sind die Wurzel- und Blattwiderstände bedeutend größer als der Stengelwiderstand z. B. $P = 1000$, $W_w = W_b = 1000$, $W_{s\,20^o} = 10$, $W_{s\,80^o} = 3{,}3$, so erhalten wir:

$$\left.\begin{array}{l} J_{20^o} = \frac{1000}{2010} = 0{,}497 \\ J_{80^o} = \frac{1000}{2003{,}3} = 0{,}499 \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{Durch Erwärmung des Stengels} \\ \text{von } 20^o \text{ auf } 80^o \text{ steigt} \\ \text{J von 1,000 auf 1,004.}\end{array}$$

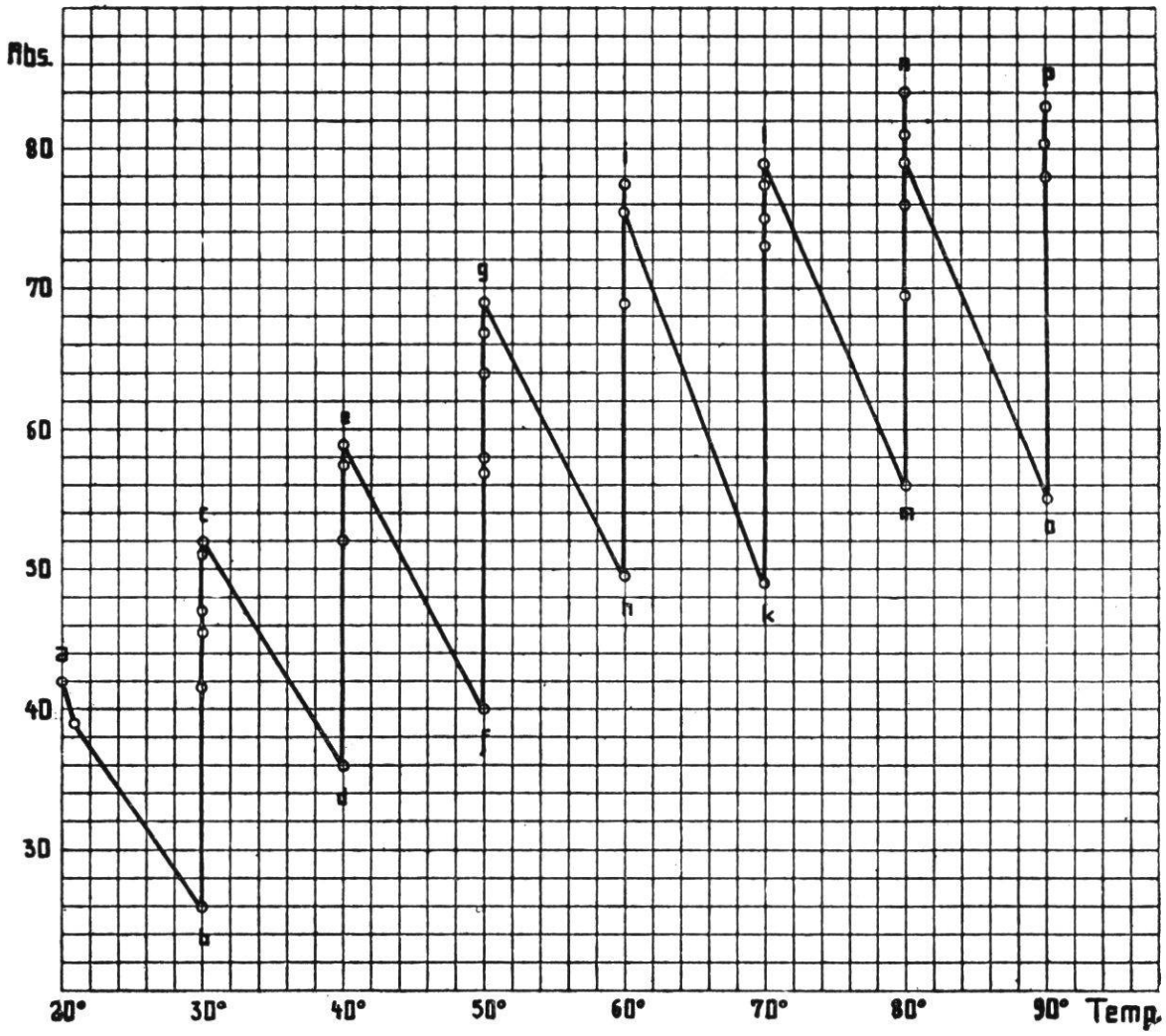
Je größer der relative Widerstand von Blatt und Wurzel ist, um so weniger macht sich die Widerstandsänderung durch Erwärmung bemerkbar.

3. Versuche mit Abies.

Vorangestellt seien Versuche mit einem 27 cm langen, berindeten, toten, entlüfteten (URSPRUNG 1915, 253), wassergefüllten *Abies*-Zweigstück, das an der Stelle a b (Fig. 1) in die Steigkapillare eingeschaltet wurde. Die Saugung der Kerze k_1 ist hier durch die Saugung einer Wasserstrahlpumpe (mit Manometer) ersetzt; sie beträgt 695 mm Hg. Kerze k_2 fehlt. Die Reaktionen sind deutlicher als bei der Glaskapillare a b, weil der *Abies*zweig 6,5 mm dick war, das Lumen der Kapillare aber nur 0,89 mm weit. Die erwärmte Wassermenge und ihre Volumenzunahme ist beim Zweig größer als bei der Glaskapillare.

Versuch 1. Wie Kurve 1 zeigt, erfolgt die Erwärmung stufenweise. Auf der Abszisse ist die Temperatur in C° abgetragen, auf der Ordinate die Absorption (Abs.), d. h. die Bewegung des Potometer-

meniskus pro 3 Minuten. Die Entfernung benachbarter Meßpunkte beträgt 3 Minuten. Während der Temperatursteigerung (a-b, c-d, e-f, g-h, i-k, l-m, n-o) fällt die Absorptionsgeschwindigkeit. Dieses Sinken ist offenbar bedingt durch die bei Temperaturzunahme eintretende Ausdehnung des Wassers, welche die Bewegung des Potometermeniskus verlangsamt. Bei Temperaturkonstanz (b-c, d-e, f-g, h-i, k-l, m-n, o-p) steigt die Absorptionsgeschwindigkeit wieder an, bis sie jenen Wert erreicht hat, der bei der konstanten Pumpensaugung für die jeweilige Viskosität des Wassers charakteristisch ist. Da die Viskosität mit steigender Temperatur abnimmt, erklärt sich das Ansteigen der Kurvenpunkte a, c, e, g ... Daß dabei $\frac{V_{20}{}^{o}}{V_{30}{}^{o}}$ nicht genau $= \frac{\eta_{30}}{\eta_{20}}$, $\left(\frac{1}{1,21} \text{ statt } \frac{1}{1,25}\right)$ (vgl. S. 58), dürfte auf experimentellen Unvollkommenheiten beruhen: Pumpensaugung und Temperaturkonstanz unterliegen kleinen Schwankungen; nicht die ganze Zweiglänge wurde auf die betreffende Tempe-

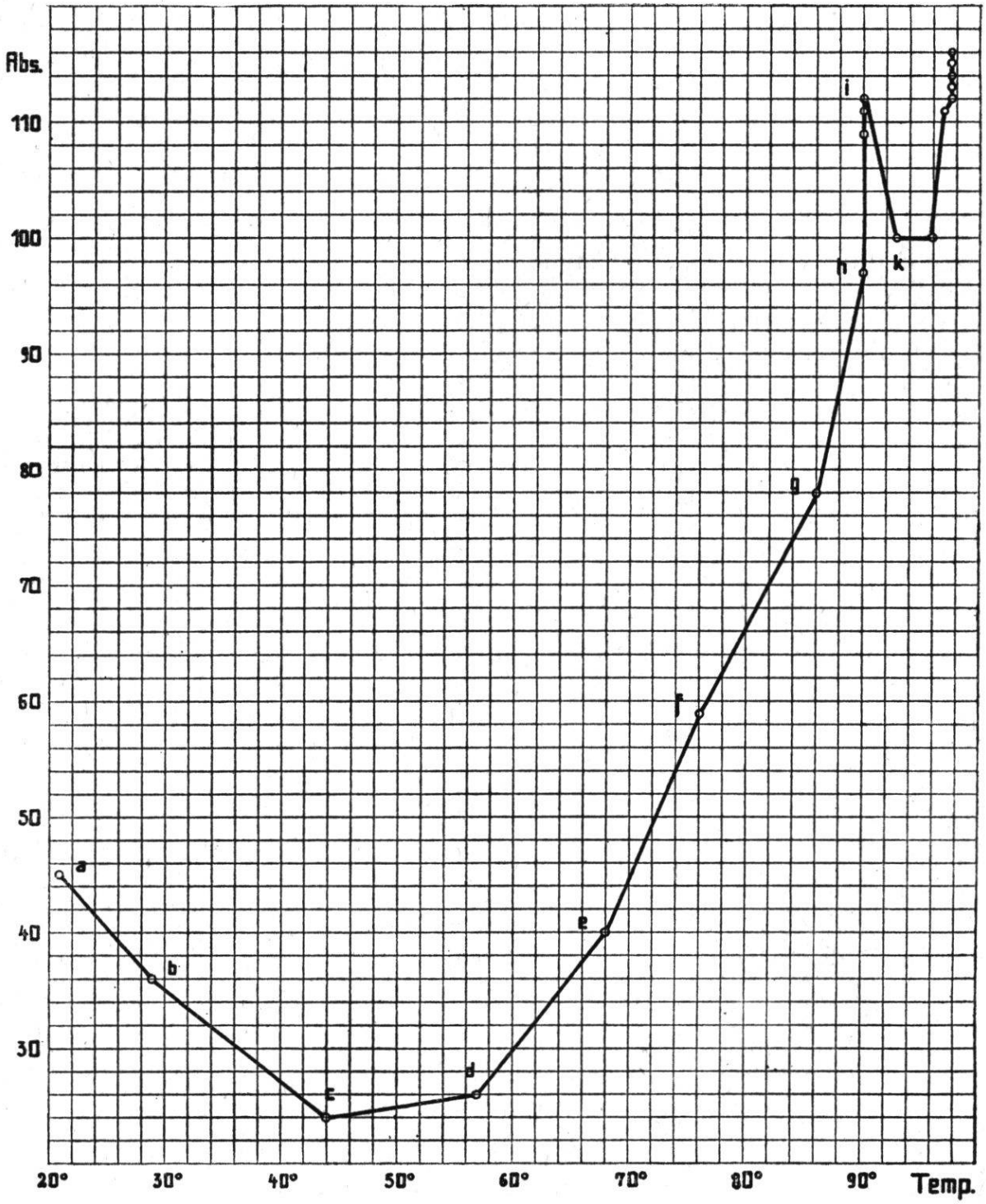


Kurve 1.

Abies alba I, tot, stufenweise erwärmt.

ratur erwärmt; eventuell im Zweig verbliebene Blasen können durch ihre Ausdehnung bei Erwärmung die leitende Querschnittfläche ändern (vgl. auch BRAUNER 1935).

Versuch 2. Dasselbe *Abies*zweigstück wird hier nicht stufenweise, sondern gleichmäßiger erwärmt. Das Fallen der Absorptionskurve von a-c (Kurve 2) beweist, daß in dieser Zone die Hemmung



Kurve 2.

Abies alba I, tot, gleichmäßiger erwärmt.

der Absorptionsgeschwindigkeit durch Ausdehnung des Wassers größer ist als die Förderung durch Viskositätsabnahme. Die Erwärmung erfolgt zuerst rascher (von b-c in 3 Minuten um 15°). Von c-i geht die Temperatursteigerung immer langsamer vor sich (in 3 Minuten nur 13°, 11°,... 4°, 0°), so daß nun die Hemmung schwächer wird, und die Förderung überwiegt. Von i-k ist wiederum die Hemmung durch Ausdehnung stärker.

4. Versuche mit Calamus.

Ein 26 cm langes, 6,3 bzw. 7,2 mm dickes, totes, entlüftetes, wassergefülltes Sproßstück von *Calamus* wurde zwischen a und b in das Steigrohr st (Fig. 1) eingeschaltet. Die Bewegung des Wassers erfolgte hier nicht wie vorhin durch Pumpensaugung, sondern durch Verdunstung der Kerze k_1. Diese hängt ab vom Sättigungsdefizit Sd der umgebenden Luft und kann durch einen Ventilator wesentlich gesteigert werden. Die einen Versuche wurden mit, die anderen ohne Kerze k_2 ausgeführt.

Obschon meine Untersuchungen nicht die Bedeutung des Sättigungsdefizites Sd verfolgen wollten, geht doch aus den Protokollen hervor, daß ceteris paribus die Verdunstung und damit auch die Absorptionsgeschwindigkeit mit dem Sättigungsdefizit Sd annähernd proportional zunimmt. Da Hygrometer und Thermometer etwa 10 cm von der Kerze entfernt waren, konnten die in Betracht fallenden Größen nicht genau erfaßt werden. Besonders groß war der Einfluß des Windes, indem mit Ventilator die Absorptionsgeschwindigkeit von 17 auf 200 anstieg.

Durch die Filterkerze k_2, die den Wurzelwiderstand andeuten soll, wird naturgemäß die Absorptionsgeschwindigkeit verlangsamt (II. 2e). Sie fiel unter möglichst gleichen übrigen Bedingungen von 84 mm auf 67 mm.

Die Erwärmung hat im Prinzip denselben Einfluß wie beim *Abies*-zweig, weshalb ich die diesbezüglichen Tabellen und Kurven nicht wiedergebe. Erfolgt die Temperatursteigerung stufenweise, so fällt die Absorptionsgeschwindigkeit während der Erwärmung und steigt an bei Temperaturkonstanz. Auch bei gleichmäßiger Erwärmung ist das Verhalten dem bei *Abies* ähnlich, nur hat die Viskosität bei dem aus Tracheiden bestehenden Koniferenholz offenbar eine größere Bedeutung; der Endanstieg der Absorptionskurve ist daher bei *Calamus* viel schwächer.

5. Versuche mit einer Glaskapillare.

Diese Versuche wurden zuerst ausgeführt, als das Steigrohr noch intakt war. Die Anordnung ist in Fig. 1 skizziert. Erwärmt wird eine 22 cm lange Zone des innen 0,89 mm weiten Steigrohres. Die Bewegung des Meniskus erfolgt durch die Verdunstung der Kerze k_1.

Das Verhalten bei Erwärmung ist im Prinzip dasselbe wie bei *Abies* und *Calamus*. Die Reaktionen sind aber viel schwächer, da in der erwärmten Zone die Wassermenge und der Filtrationswiderstand kleiner sind. Daher machen sich auch Störungen durch mangelhafte Konstanz der Badtemperatur, des Sättigungsdefizites Sd usw. viel stärker bemerkbar.

Zusammenfassung der Versuche mit leblosen Modellen, in welchen Wurzel und Blatt durch je eine Filterkerze dargestellt sind, der lebende Stengel durch ein Glasrohr oder ein totes Zweigstück. Die Transpiration der lebenden Blätter ist ersetzt durch die Verdunstung einer Filterkerze oder durch Pumpensaugung.

Während der Erwärmung erfolgt Ausdehnung des Steigrohr-, Gefäß- oder Tracheideninhaltes und daher, unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen, Verminderung der Absorptionsgeschwindigkeit. Die Absorptionsgeschwindigkeit, d. h. die Meniskusbewegung in der Potometerkapillare pro Zeiteinheit, hängt, außer von der Viskosität des Wassers, ab: 1. von der Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung des Meniskus durch die Verdunstung der Kerze oder durch die Pumpensaugung; 2. von der Geschwindigkeit der Rückwärts- oder Vorwärtsbewegung des Meniskus durch Wärmeausdehnung oder Kontraktion. Beträgt z. B. Bewegung 1 pro Minute = +1 mm, Bewegung 2 pro Minute = —1,5 mm, so resultiert eine Rückwärtsbewegung von —0,5 mm; bei Bewegung 1 = +1 mm und Bewegung 2 = +1,5 mm, erfolgt eine Vorwärtsbewegung von +2,5 mm. Beträgt Bewegung 1 pro Minute = +10 mm, Bewegung 2 pro Minute = —1,5 mm, so resultiert eine Vorwärtsbewegung von +8,5 mm. Bewegung 2 ist bei gleicher Temperaturänderung um so stärker, je größer das erwärmte Volumen der Wasserleitbahnen ist. Zudem ist ceteris paribus Bewegung 2 um so größer, je rascher die Erwärmung erfolgt. Mit der Temperatur sinkt und steigt die Wandquellung und damit die Permeabilität der Wand, was sich besonders bei Koniferenholz auswirken muß.

Nach Temperaturkonstanz. Höhere Temperatur bedeutet Verminderung der Viskosität, also ceteris paribus Steigerung der Absorptionsgeschwindigkeit. Im gleichen Sinne wirkt Verlängerung der erwärmten Zone. Je größer der Filtrationswiderstand der erwärmten Stengelpartie ist, um so stärker macht sich ceteris paribus die Veränderung der Viskosität bemerkbar. Besonders deutlich zeigt die graphische Darstellung beim *Abies*zweig, daß ceteris paribus bei rascher Temperatursteigerung die Absorptionsgeschwindigkeit fällt, bei Temperaturkonstanz aber wieder auf jenen Wert ansteigt, welcher der jeweiligen Viskosität entspricht.

III. Absorption nicht transpirierender Sprosse bei Zimmertemperatur

Von leblosen Modellen auf lebende Pflanzen übergehend, verfolgen wir vorerst die Absorption bei Zimmertemperatur und fehlender Transpiration.

a) Methode.

Die Versuchsanordnung unterscheidet sich von Fig. 1 darin, daß an Stelle des vertikalen Steigrohres mit den Kerzen k_1 und k_2 ein lebender Sproß aus der waagrecht liegenden Potometerflasche etwas abwärts geneigt in ein Glasbassin ragt. Nach Messung der Absorptionsgeschwindigkeit wird das Bassin sorgfältig mit Wasser von Zimmertemperatur angefüllt, bis alle Blätter des Sprosses ganz untergetaucht sind. Die von der Potometerflasche bis zum Wasserniveau reichende Stengelpartie wird mit Stanniol umhüllt, um jede Transpiration auszuschalten. Die horizontale Meßkapillare befindet sich 10 cm über dem Wasserniveau. Von Zeit zu Zeit werden Potometerwasser und Schnittfläche der wurzellosen Sprosse erneuert. Wie schon mehrfach beobachtet worden ist (z. B. Crafts 1936, S. 66), geht die Absorption bewurzelter Pflanzen in schlecht durchlüfteten Lösungen zurück. Nach Henderson (1934) verläuft der Wasseraufnahme der Wurzel ihre Atmung parallel.

Als Versuchspflanzen dienen Topfkulturen von *Maurandia scandens Gray* und *Fuchsia spec.*

Beim Arbeiten mit Potometer und wurzellosen Sprossen kamen hohle Stengel gewöhnlich nicht zur Anwendung; in Ausnahmefällen (einige Versuche mit *Secale cereale* und *Triticum turgidum* in Abschnitt V) wurde der Sproß dicht unter dem Knoten abgeschnitten.

b) Versuche.

Maurandia scandens Gray I: ohne Wurzel; Stengel 1,2 m lang mit 21 Blättern.

Fuchsia spec. I: ohne Wurzel; Stengel 70 cm lang mit 16 Blättern.

3 Stunden nach Montierung der Pflanzen im Potometer beginnt die Messung, zunächst mit den Blättern in Luft, dann unter Wasser.

Tab. 1.

Unter Wasser seit	Wassertemperatur in °C	*Maurandia* Absorption pro 5 Min. in mm	*Maurandia* Blattzahl	*Fuchsia* Absorption pro 5 Min. in mm	*Fuchsia* Blattzahl
In Luft (Sd 1,6)		22,0	21	28,0	16
Unter Wasser 1/4 Std.	14	11,0	21	6,0	16
1 Std.	14	4,0	21	2,5	16
2 Std.	14,5	2,7	21	2,3	16
3 Std.	14,5	2,0	21	2,0	16
1 Tg.	14	0,7	21	1,2 [1]	16
2 Tg.	14	0,5 [1]	21	0,6	16
3 Tg.	14	2,0	21	0,4 [1]	16
5 Tg.	13	0,5 [1]	21	0,3 [1]	16
6 Tg.	13	1,0	21	0,9	16
7 Tg.	13	0,9 [1]	21	0,8 [1]	16
8 Tg.	12,5	1,2	21	1,1	14
9 Tg.	12,5	0,7	21	0,6	14
10 Tg.	12,5	0,5 [1]	21	0,3 [1]	14
12 Tg.	12,5	0,2 [1]	21	0,0 [1]	11
13 Tg.	12,5	0,7	21	0,4	8
14 Tg.	12	0,1 [1]	21	0,1 [1]	8
15 Tg.	12	— 0,4	21	0,0	8
16 Tg.	12,5	— 0,2 [1]	21	— 0,2 [1]	8
17 Tg.	12,5	+ 0,2	20	+ 0,4	6

Die Absorptionswerte sind 14 Tage lang positiv, d. h. die Aufnahme übertrifft eine eventuelle Wasserabgabe aus abgestorbenen Zellen. Sind die Absorptionswerte negativ geworden, so überwiegt die Abgabe aus toten Zellen die Aufnahme in noch lebende. Sind Blätter abgefallen und dadurch Wundstellen entstanden, so kann eventuell durch die Filtration von Wasser (Niveaudifferenz Potometer-Wasserbassin) eine

[1] Schnittfläche und Potometerwasser sofort nach erfolgter Messung erneuert. Es kam vor, daß dabei Blätter abfielen.

Absorption vorgetäuscht worden sein. Die auf Minus-Werte folgenden Plus-Werte können auf diese Weise entstanden oder durch die Absorption noch ungesättigter lebender Zellen bedingt sein. Eine solche wirkliche oder scheinbare Wasseraufnahme wurde 34 Tage lang verfolgt. Das Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit nach Erneuerung der Schnittflächen zeigt, daß das Fallen der Wasseraufnahme nicht nur auf zunehmende Wassersättigung zurückzuführen ist, sondern auch auf Verstopfung der Schnittflächen. Ein Einfluß der geringen Schwankungen der Wassertemperatur ist nicht erkennbar.

Im folgenden Abschnitt wurde bei fehlender Transpiration und Zimmertemperatur eine positive Absorption verfolgt bei:

Phaseolus mit Wurzel	während	1,5	Stunden,
Fuchsia ohne Wurzel	»	18	»
Fuchsia mit Wurzel	»	18	»
*Abies*zweig	»	18	»
*Taxus*zweig	»	5	»

Zusammenfassung.

Diese Versuche zeigen, daß eine vorher transpirierende Pflanze auch nach Aufhebung der Transpiration noch stunden- und tagelang Wasser aufzunehmen vermag, daß also die positive Saugkraft der lebenden Zellen und der Unterdruck in den toten Leitungsbahnen nur langsam aufgehoben werden. Man vergleiche dazu auch die S. 88 erwähnten alten Versuche von Pappenheim.

IV. Einfluß der Erwärmung auf die Absorptionsgeschwindigkeit nicht transpirierender Sprosse

a) Methode.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie in Abschnitt III, nur befindet sich das Wasser mit der beblätterten Sproßpartie in einer Blechküvette, welche mit Gasbrennern erwärmt wird unter beständigem Rühren. Das Potometer ist wiederum möglichst gut isoliert und das Stengelstück zwischen Potometer und Wasserniveau mit einer Stanniolhülle gegen Wasserabgabe geschützt.

b) Versuche.

1. Maurandia scandens Gray II, mit Wurzel; Sproß 90 cm lang mit 25 Blättern.

Bei Versuchsbeginn befinden sich die Blätter seit 3,5 Stunden unter Wasser.

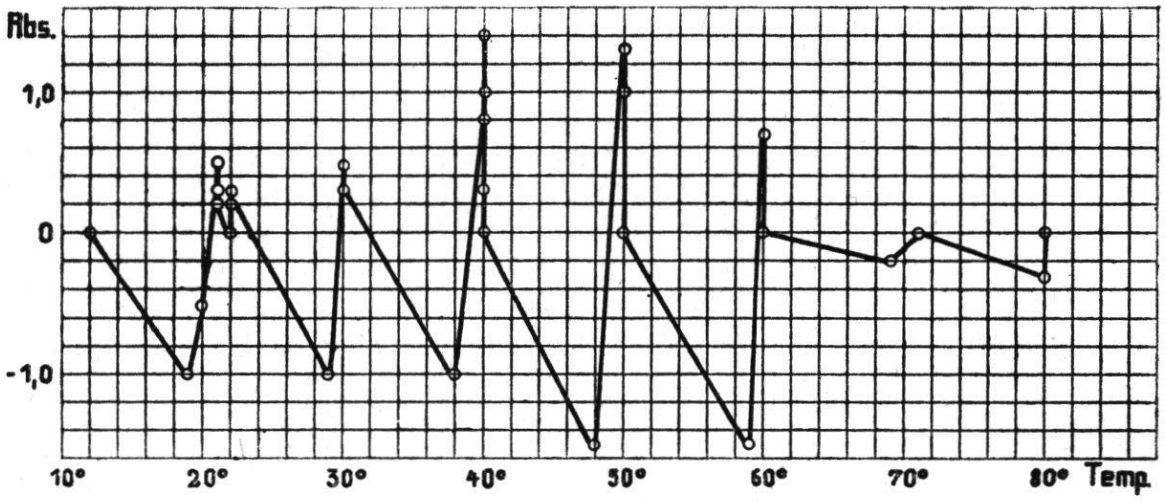
Tab. 2.

17. März 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
0	12	0,5	30	0	50
0 a	12	0,3	30	0	50
— 1,0 b	19	0,5	30	— 1,5 k	59
— 0,5	20	0,3	30	0,7	60
0,5	21	— 1,0 f	38	0	60
0,3	21	0,8	40	0	60
0,2	21	1,4 g	40	— 0,2	69
0,2	21	1,0	40	0	71
0,3	21	0,3	40	0	71
0,2 c	21	0	40	0	71
0	22	0	40	— 0,3	80
0,3	22	0	40	0	80
0,2	22	— 1,5 h	48	0	80
— 1,0 d	29	1,3 i	50		
0,5 e	30	1,0	50		

Unterhalb des Praemortalzustandes finden wir bei rascher Temperaturerhöhung ein Zurückgehen der Absorptionsgeschwindigkeit (a-b, c-d, e-f, g-h, i-k), bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz wieder Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit (b-c, d-e, f-g, h-i). Zur Erklärung haben wir uns daran zu erinnern, daß sich gleichzeitig 2 Prozesse abspielen : einesteils Wasseraufnahme durch die nicht gesättigten lebenden Zellen und eventuellen Unterdruck in den toten Leitbahnen, andernteils Ausdehnung eventueller Gasblasen und des sich erwärmenden Wassers. Bei rascher Erwärmung überwiegt im allgemeinen die Ausdehnung die Wasseraufnahme, so daß die Absorption negativ wird. Bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz herrscht im allgemeinen die Aufnahme vor, so daß positive Absorption eintritt. Diese Vorgänge zeigt die graphische Darstellung besonders deutlich. Nachdem über 60° alle lebenden Zellen abgetötet wurden, hört nun auch jede nennenswerte Absorption auf.

Auf welche Weise die negativen Absorptionswerte bei dieser Versuchspflanze mit offenbar intakter Wurzel zustande gekommen sind, wurde nicht näher untersucht.



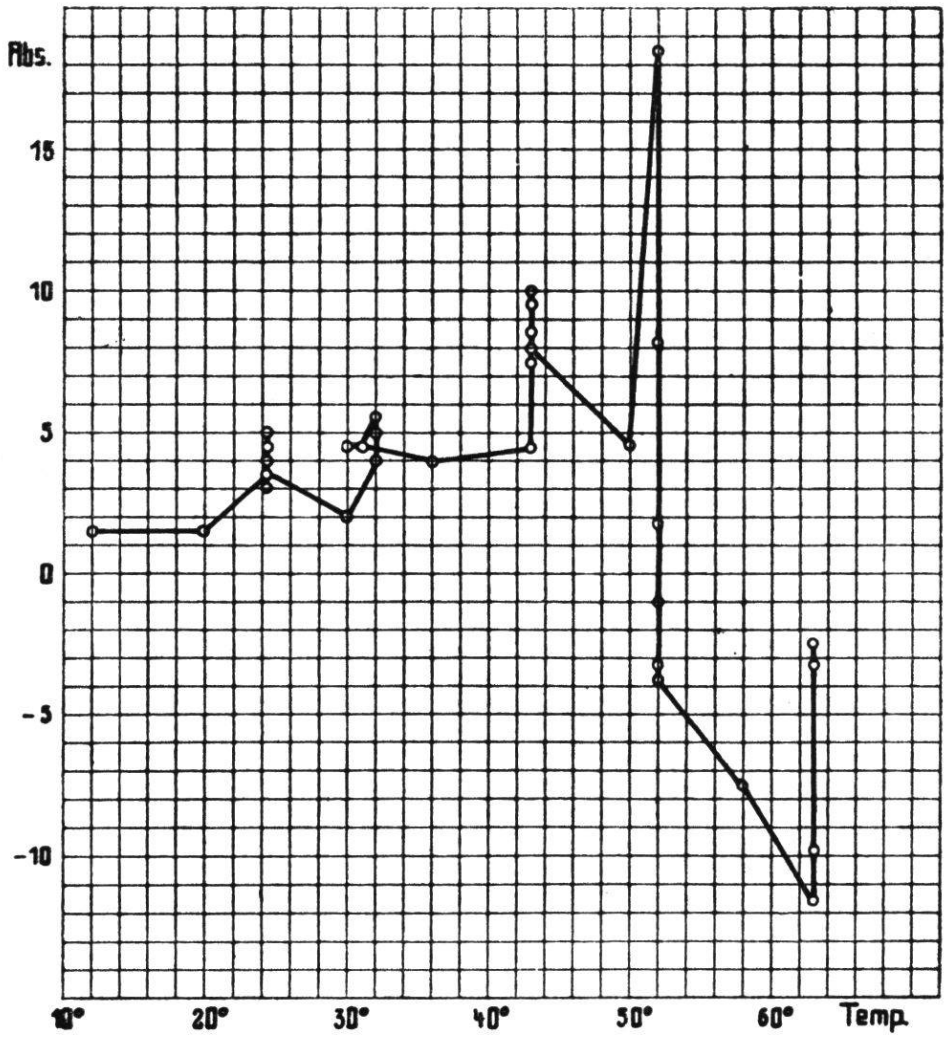
Kurve 3.
Maurandia scandens II, bewurzelt.

2. *Maurandia scandens Gray III*, ohne Wurzel, Sproß 80 cm lang mit 28 Blättern.

Eine Stunde nach Entfernung der Wurzel beträgt die Absorption pro 5 Minuten, Blätter in Luft, 24,0 mm bei Sd 3,0. Daraufhin werden die Blätter unter Wasser getaucht ; nach 3 Stunden ist die Absorption pro 5 Minuten auf 1,5 mm zurückgegangen.

Tab. 3. — 18. März 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
24,0		2,0 d	30	7,5	43
1,5	12	4,0	32	7,5	43
1,5	12	5,0	32	8,0 g	43
1,5 a	12	5,5	32	4,5 h	50
1,5 b	20	5,5	32	18,5	52
3,5	24	5,0	32	8,2	52
3,5	24,5	5,5	32	1,8	52
4,0	24,5	4,5	31	— 1,0	52
4,5	24,5	4,5 e	30	— 3,2	52
5,0	24,5	4,0	36	— 3,8	52
4,0	24,5	4,5 f	43	— 7,5	58
4,0	24,5	9,5	43	— 11,6	63
3,5	24,5	10,0	43	— 9,8	63
3,0	24,5	9,5	43	— 3,2	63
3,0	24,5	8,5	43	— 2,4	63
3,5 c	24,5	7,5	43		



Kurve 4. — *Maurandia scandens III*, ohne Wurzel.

Auch hier spielen sich bei der Erwärmung gleichzeitig 2 Prozesse ab: Wasseraufnahme durch die lebenden Zellen mit positiver Saugkraft und evtl. Unterdruck in den toten Leitungsbahnen einerseits und anderseits physikalische Ausdehnung des Wassers. Wird die Temperatur relativ rasch erhöht (Tab. 3: a-b, c-d, e-f, g-h), heben sich hier die beiden Komponenten entweder gegenseitig auf, so daß die Kurve dann horizontal verläuft, oder die Absorptionsgeschwindigkeit fällt. Bei langsamer Erwärmung oder bei Temperaturkonstanz überwiegt im allgemeinen die Absorption (Tab. 3: b-c, d-e, f-g).

Bei Temperaturkonstanz konstatieren wir im allgemeinen eine umso stärkere Absorptionsgeschwindigkeit, je höher die Badtemperatur ist:

Zone	Badtemperatur in °C	Durchschnittliche Absorption pro 5 Min. in mm
a	12	1,5
b-c	24,5	3,8
d-e	32	5,1
f-g	43	8,0

Es wird dies jedenfalls zusammenhängen mit der Abnahme der Viskosität bei steigender Temperatur. Durch das Fehlen der Wurzel ist diese Reaktion hier besonders deutlich geworden.

Bei 52° erfolgt ein starkes praemortales Ansteigen, das, wie am Schluß dieses Kapitels ausgeführt wird, wahrscheinlich durch die erhöhte Permeabilität des Protoplasmas für Wasser bedingt ist. Darauf stellt sich ein tiefes letales Sinken der Absorptionsgeschwindigkeit ein infolge Absterbens der Zellen. Nach Aufhebung der Semipermeabilität des Protoplasmas wird der Zellsaft durch den Wanddruck zum Austreten gebracht. Ist endlich die Wand entspannt, so strebt die Absorptionsgeschwindigkeit naturgemäß dem Nullwert zu, was aus der graphischen Darstellung besonders deutlich zu entnehmen ist.

3. Maurandia scandens Gray IV, blattloses Stengelstück ohne Wurzel, 70 cm lang; die 40 cm lange Spitzenpartie im Heizbad. Das im Heizbad befindliche Stengelende ist verschlossen (mit Plastilin gefülltes Glashütchen, das aus dem Heizbad herausragt).

Wie Tab. 4 und noch deutlicher die hier nicht wiedergegebene Kurve zeigen, deckt sich das Verhalten von *Maurandia scandens IV* im Prinzip mit dem vorhergehenden Versuchsexemplar. Hervorgehoben sei, daß die praemortale und die letale Reaktion hier ebenfalls sehr deutlich sind, obschon es sich nur um ein blattloses Stengelstück handelt.

Tab. 4.
23. März 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
0	12	0,3	25	— 0,9	54
0	12	0,2	25	11,9	54
0	12	— 1,5	34	10,8	54
— 0,2	21	— 0,7	38	0,6	54
— 1,0	24	0,5	38	— 1,1	54
— 0,2	25	0,7	38	— 1,3	54
0	25	0,7	38	— 1,7	54
0,4	25	0,6	38	— 2,2	59
0,3	25	0,6	38	— 3,6	62
0,2	25	0,6	38	— 2,2	62
0,2	25	— 1,2	47	— 1,7	62

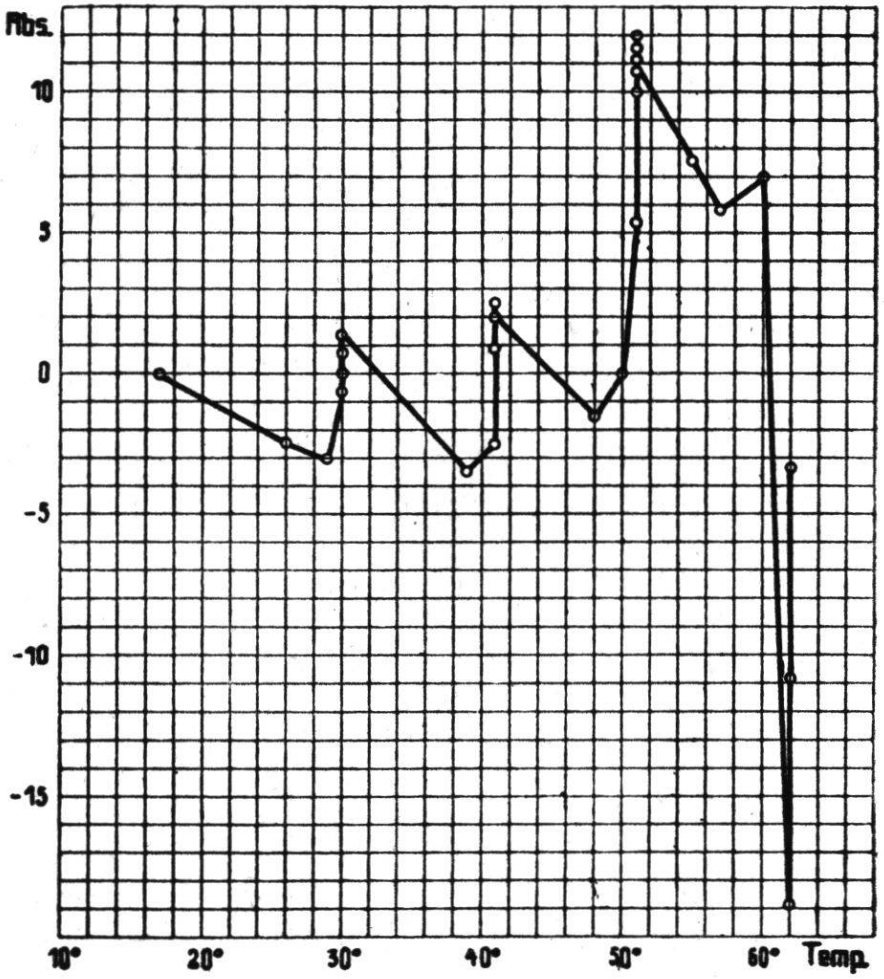
4. *Phaseolus multiflorus Lam. I*, blattloses Stengelstück ohne Wurzel, 70 cm lang. Die 40 cm lange Spitzenpartie im Heizbad. Das im Heizbad befindliche Stengelende ist wie bei *Maurandia scandens IV* verschlossen. Der Versuch wurde am Vorabend eingestellt und dabei die 40 cm lange Spitzenpartie unter Wasser von Zimmertemperatur getaucht.

Tab. 5.
27. Mai 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
0	17	1,2 c	30	10,0	51
0	17	— 3,5 d	39	11,2	51
0 a	17	— 2,5	41	12,0 h	51
— 2,3	26	0,9	41	11,7	51
— 3,0 b	29	1,8	41	10,9	51
— 0,7	30	2,0	41	7,5	55
0	30	2,5	41	5,9	57
0,7	30	2,0 e	41	7,0	60
1,3	30	— 1,5 f	48	— 18,9 i	62
1,3	30	0 g	50	— 10,8	62
1,2	30	5,3	51	— 3,3 k	62

Besonders deutlich ist hier erkennbar (vor allem aus der graphischen Darstellung Kurve 5), daß die Absorptionsgeschwindigkeit bei rascher Temperaturerhöhung fällt (Tab. 5 : a-b, c-d, e-f) und bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz wieder ansteigt (Tab. 5 : b-c, d-e,

f-g). Bei etwa 50° erfolgt der praemortale Anstieg (Tab. 5 : g-h) und hierauf das letale Fallen (Tab. 5 : h-i), das bis zur Abtötung aller Zellen immer weiter geht. Sind die Wände der lebenden Zellen entspannt, so strebt die Absorptionsgeschwindigkeit dem Nullwert zu (Tab. 5 : i-k). Die Erklärung ist dieselbe wie bei *Maurandia scandens III*.



Kurve 5.

Phaseolus multiflorus I, blattloses Stengelstück, ohne Wurzel.

5. *Phaseolus multiflorus Lam. II*, mit Wurzel und 5 Blättern, Stengel 65 cm lang ; die 40 cm lange Spitzenpartie im Heizbad.

Zuerst wird die Absorptionsgeschwindigkeit gemessen bei Transpiration der Blätter in Luft, dann gelangt das Sproßende mit allen Blättern unter Wasser. Am folgenden Tag wird das Heizbad erwärmt bis zur Abtötung des Sprosses.

Befinden sich die Blätter in Luft (Tab. 6 : a-b), so beträgt die Absorption pro 5 Minuten 14,0 mm bei Sd 2,6. Werden die Blätter zum Teil in Wasser getaucht, so nimmt die Absorptionsgeschwindigkeit zunächst zu (von 14,0 bis 16,0), wohl infolge der Abkühlung, und hierauf

rasch ab (von 16,0 bis 5,1). Bei vollständigem Untertauchen wiederholt sich dieser Vorgang (Ansteigen von 5,1 auf 10,0 und Fallen auf 7,5). Nach 100 Minuten beträgt die Absorptionsgeschwindigkeit noch 1,3 mm (Tab. 6 : c).

Tab. 6.
28. Mai 15 Uhr.

	Absorption pro 5 Min. in mm
Blätter in Luft Sd 2,6	14,0 a
	14,0
	14,0 b
Blätter z. T. in Wasser	16,0
	5,1
Blätter ganz in Wasser	10,0
	7,5
	7,5
	6,3
	5,5
	5,0
	4,0
	3,0
	2,5
	2,5
	2,5
	2,0
	2,0
	2,0
	1,8
	1,6
	1,5
	1,5
	1,3
	1,3 c

Tab. 6a.
29. Mai 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
0	15,5
0	15,5
0	15,5
0,2	23
0,3	26
0,2	27
0,3	28
— 0,6	37
0	39
0,5	40
0,2	41
— 0,4	47
0	50
0	52
0	54
— 0,2	56
— 0,5	58
— 1,0	59
— 0,7	61
— 0,7	63
— 0,3	65

Am folgenden Morgen ist die Absorptionsgeschwindigkeit auf 0 gesunken, die Erwärmung daher ohne größeren Einfluß, bis besonders nach der Abtötung über 54° die Absorptionsgeschwindigkeit dauernd negative Werte aufweist. Die schwache Reaktion dieser Pflanze hängt, abgesehen von der weitgehenden Wassersättigung bei Beginn der Erwärmung, offenbar auch damit zusammen, daß dieses Versuchsexemplar bewurzelt war.

6. Fuchsia spec. II, ohne Wurzel, Sproß 80 cm lang mit 15 Blättern.

	Tab. 7. 25. Mai 15 Uhr.	Tab. 8. 26. Mai 9 Uhr.	
	Absorption pro 5 Min. in mm	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
Blätter in Luft Sd 2,7	14,0	1,0	15
	14,0	1,3	15
	14,0 a	1,0	15
Blätter in Wasser	11,0	— 0,3	18
	24,5 b	0	23
	8,5	1,8	25
	5,0	2,0	26
	4,0	1,5	26,5
	3,5	0,8	27
	2,5	0,8	28
	2,5	0,2	31
	2,5	0	36
	2,5	0	40
	2,0	0	43
	1,8	0,2	47
	1,8	1,8	50
	1,6	4,8	51
	1,5	6,0	51
	1,4	5,2	51
	1,4	0,7	52
	1,3	— 1,7	54
	1,2	— 5,0	56
	1,0 c	— 4,0	58
		— 10,0	59
		— 25,5	61
		— 11,5	63

4 Stunden nach Entfernung der Wurzel wird die Absorptionsgeschwindigkeit gemessen bei Transpiration der Blätter in Luft. Darauf werden die Blätter unter Wasser getaucht, wobei nach anfänglichem Fallen ein starkes Steigen der Absorptionsgeschwindigkeit zu beobachten ist (Tab. 7 : a-b), vermutlich infolge der Abkühlung, indem das Badwasser unter Zimmertemperatur war. Nach 90 Minuten ist die Absorptionsgeschwindigkeit auf 1,0 gefallen (Tab. 7 : c) und weist am folgenden Morgen noch den gleichen Wert auf.

Nun erfolgt Erwärmung bis zur Abtötung. Bemerkenswert ist hier das praemortale Ansteigen bei 51° und besonders das hernach ein-

tretende letale Fallen. Mit zunehmender Entspannung der Zellwände strebt die Absorption zuletzt dem Nullwert zu.

7. *Fuchsia spec. III*, blattloses Stengelstück ohne Wurzel, 70 cm lang, das 45 cm lange Sproßende im Heizbad. Das im Heizbad befindliche Stengelende ist wie bei *Maurandia scandens IV* verschlossen (Glashütchen mit Plastilin, aus dem Heizbad herausragend). Der Versuch wurde 4 Stunden vor Beginn der Messung eingestellt.

Tab. 9.

25. Mai 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
0	15	2,0	30	2,5	41
0	15	2,0	30	2,0 e	41
0 a	15	2,0	30	— 11,5	49
— 7,0	25	1,5	30	— 15,2 f	53
— 8,5 b	29	1,3 c	30	— 5,2	53,5
— 2,5	30	— 9,5 d	38	— 4,5 g	53,5
— 0,5	30	— 6,0	41	— 9,0	55
0,5	30	— 1,0	41,5	— 14,0	56,5
1,5	30	0,5	41,5	— 20,5	56,5
2,0	30	1,5	41,5	— 33,0	56
2,0	30	1,5	41,5	— 28,0	56
2,0	30	2,0	41	— 22,0	56

Deutlich ist hier das Fallen der Absorptionsgeschwindigkeit bei rascher Temperaturzunahme (Tab. 9 : a-b, c-d, e-f) und das Steigen bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz (Tab. 9 : b-c, d-e, f-g). Bei etwa 54° erfolgt Abtöten und negative Absorption. Es muß auffallen, daß die Reaktion dieses blattlosen Stengelstückes nicht schwächer ist als bei der vorhergehenden beblätterten Pflanze.

8. Fuchsia spec. IV, mit Wurzel, Sproß 1 m lang mit 24 Blättern.

	Tab. 10. 21. Juli 15 Uhr.	Tab. 11. 22. Juli 9 Uhr.	
	Absorption pro 5 Min. in mm	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
Blätter in Luft Sd 0,8	42,0	4,5	19
	42,0	4,5	19
Blätter in Wasser	37,0	4,5	19
	25,0	1,5	25
	13,0	4,5	28
	10,0	5,0	29
	10,0	5,5	30
	8,5	5,0	30,5
	8,5	5,0	30,5
	8,5	5,0	30,5
	8,5	4,5	31,5
	8,5	4,5	32
	8,5	4,5	32
	8,0	4,0	36
	8,5	4,8	40
	8,0	5,5	43
	7,5	4,5	46
	7,0	3,5	50
	6,5	2,5	54
	7,0	2,0	57
	6,5	1,5	59
	6,0	0	62
	5,5	0	65

Transpirieren die Blätter in Luft (Sd 0,8), so erreicht die Absorptionsgeschwindigkeit 42,0 mm ; ohne Transpiration fällt die Absorptionsgeschwindigkeit in 100 Minuten auf 5,5 mm. Am folgenden Morgen beträgt sie noch 4,5 mm. Die Erwärmungsreaktion endigt mit dem Absinken der Absorption auf 0.

9. Abies alba Miller II, 65 cm langes Aststück mit Seitenzweigen und ca. 1000 Nadeln ; basaler Durchmesser ohne Rinde 8 mm.

Am 22. Oktober nachmittags beträgt die Absorption des in Laboratoriumsluft (Sd 0,4) transpirierenden Sprosses pro 5 Minuten 1,7 mm. Am Abend wird die beblätterte Astpartie unter Wasser getaucht und am folgenden Morgen das Heizbad erwärmt.

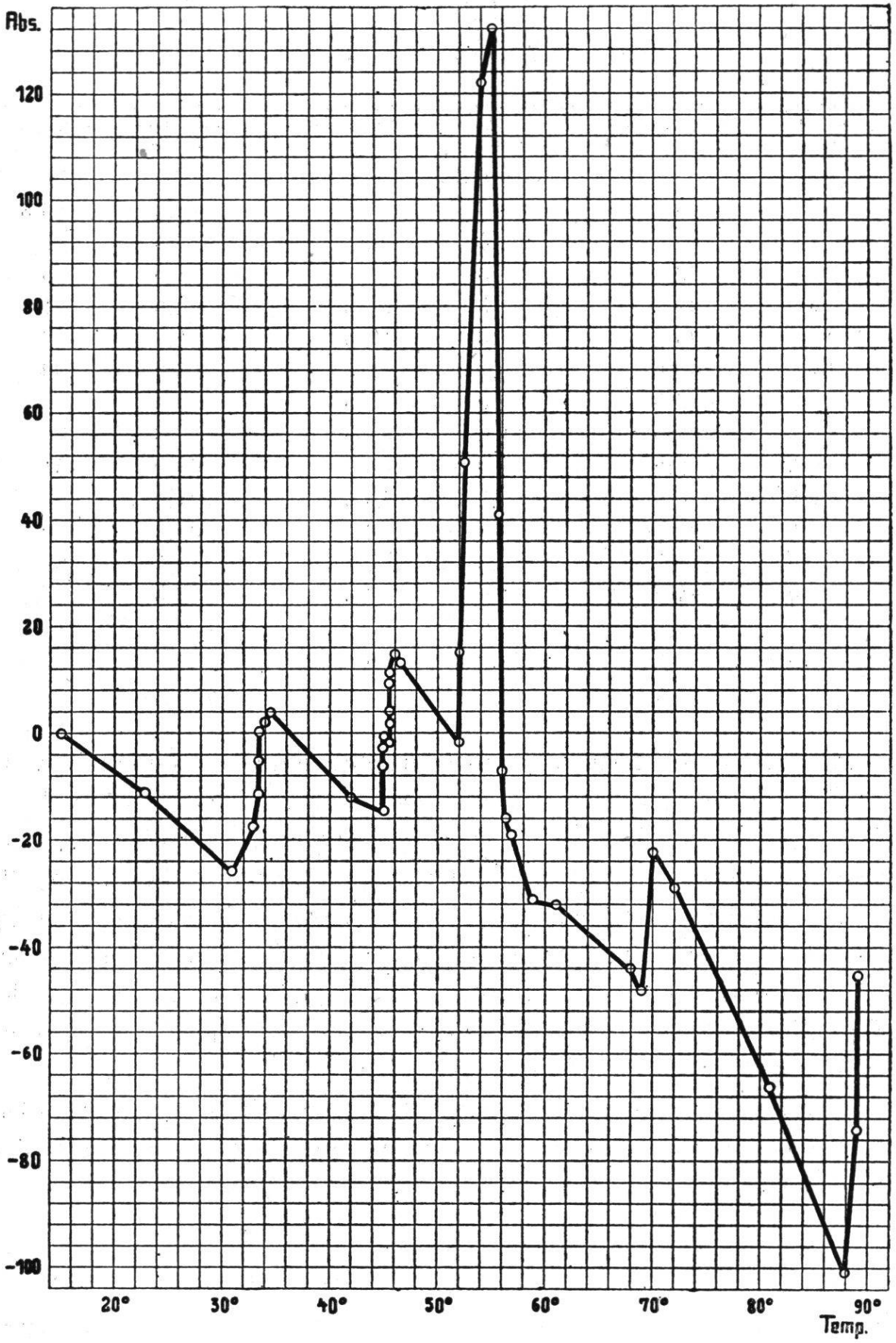
Tab. 12.
23. Okt. 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
0	15	— 14,5 d	45	— 7,0	56
0	15	— 6,0	45	— 16,0	56,5
0 a	15	— 3,0	45	— 19,0	57
— 11,0	23	— 0,5	45	— 31,0	59
— 25,5 b	31	— 1,5	45,5	— 32,0	61
— 17,5	33	1,8	45,5	— 44,0	68
— 11,5	33,5	4,0	45,5	— 48,0	69
— 5,0	33,5	9,0	45,5	— 22,0	70
0,3	33,5	11,3	45,5	— 29,0	72
1,5	33,5	15,0 e	46	— 66,0	81
2,5	34	13,7	46,5	— 101,0 h	88
3,5	34	— 1,5 f	52	— 74,0	89
4,0	34,5	15,5	52	— 45,0	89
3,0	34,5	51,0	52,5	— 52,0	95
4,5	34,5	122,0	54	— 30,5	97
4,5 c	34,5	132,0 g	55		
— 12,0	42	40,5	55,5		

Wiederum finden wir, wie aus der graphischen Darstellung (Kurve 6) besonders deutlich zu entnehmen ist, bei rascher Temperaturerhöhung Fallen (Tab. 12 : a-b, c-d, e-f) und bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz Steigen der Absorptionsgeschwindigkeit (Tab. 12 : b-c, d-e). Sehr stark ausgeprägt ist bei ca. 54° der praemortale Anstieg (Tab. 12 : g), der beim Absterben der lebenden Zellen in fast ebenso starke negative Absorptionswerte übergeht (h). Sind die Wände der anfänglich lebenden Zellen entspannt, so strebt die Absorptionsgeschwindigkeit wiederum dem Nullwert zu.

Dieses Beispiel zeigt, daß die Reaktion auch bei Koniferen außerordentlich stark sein kann, obschon im Holz nur die Markstrahlen lebend sind.

10. Abies alba Miller III, 75 cm langes Aststück, ohne Seitenzweige und Nadeln ; Durchmesser am basalen Ende mit Rinde 11 mm (ohne Rinde 9,5 mm), Durchmesser am apikalen Ende mit Rinde 7 mm. Basales, entrindetes Ende im Potometer ; apikales Ende offen. Ganzes Aststück in Gummischlauch. 50 cm tauchen in das Wasser des Heizbades. 15 cm am apikalen und 10 cm am basalen Ende ragen über das Wasser empor.

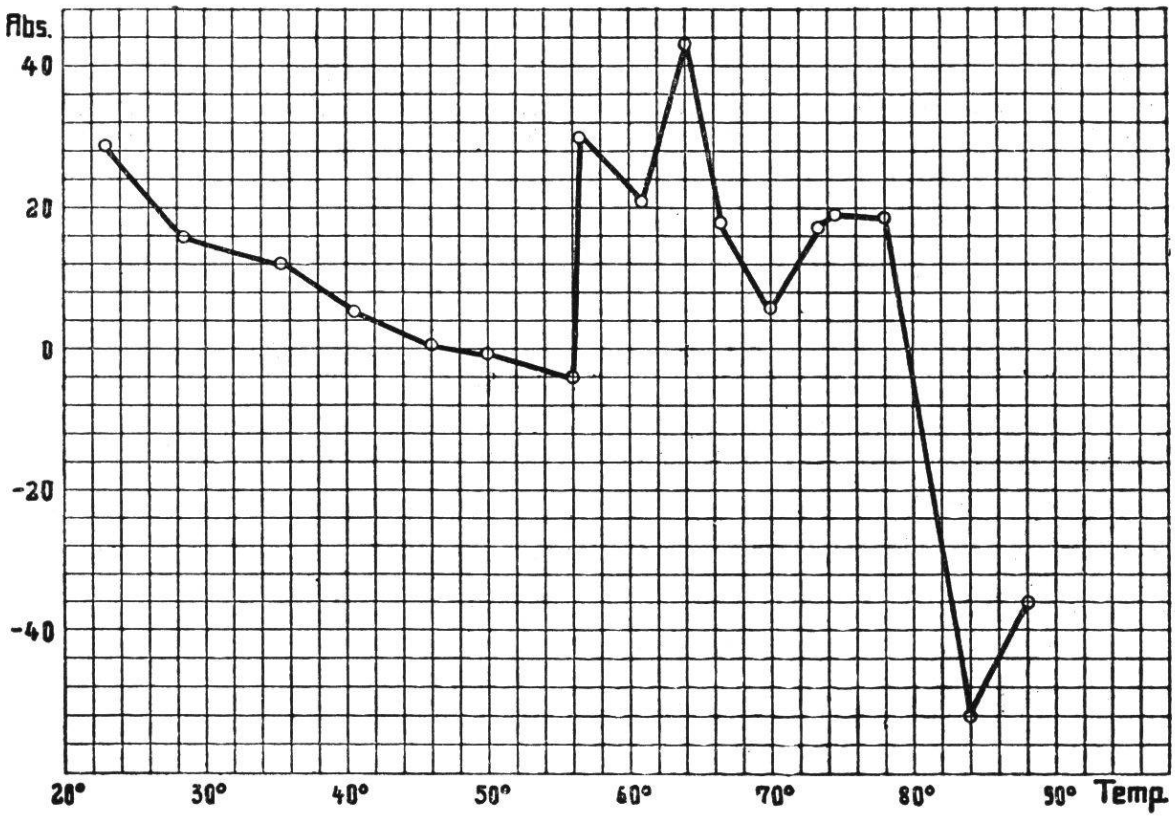


Kurve 6.

Abies alba II, berindet, mit Seitenzweigen und Nadeln.

Tab. 13.
19. Sept. 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
29	23	— 4	56	17	73,5
16	28,5	30	56,5	19	74,5
12	35,5	21	61	19	78
5,5	40,5	43	64	— 52	84
0,5	46	18	66,5	— 36	88
— 0,5	50	6	70		



Kurve 7.
Abies alba III, berindet, ohne Seitenzweige und Nadeln.

Bis zu 60° läßt rasche Erwärmung die Absorptionskurve fallen und langsame Temperaturerhöhung steigen. Bei rascher Erwärmung ist die Wirkung der Wärmeausdehnung des Wassers und der Luft stärker als die Saugkraft der lebenden Astzellen und der Unterdruck in den Tracheiden. Bei langsamer Temperaturzunahme ist es umgekehrt. Das Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit von 61°-64° dürfte praemortal sein für den im Wasserbad befindlichen Astteil, das Ansteigen von 70°-75° praemortal für die Teile außerhalb des Bades. Die praemortale Reaktion ist allerdings bedeutend schwächer als bei *Abies II*. Es mag

dies damit zusammenhängen, daß bei *Abies II* die Seitenzweige nicht entfernt worden waren, also die erwärmte Zone bedeutend größer war als bei *Abies III*.

Abies alba Miller IIIa. Dasselbe Aststück wie vorhin, aber nach dem Abtöten, sowie nach Abkühlung auf Zimmertemperatur und 2 Tage langem Liegen an der Luft.

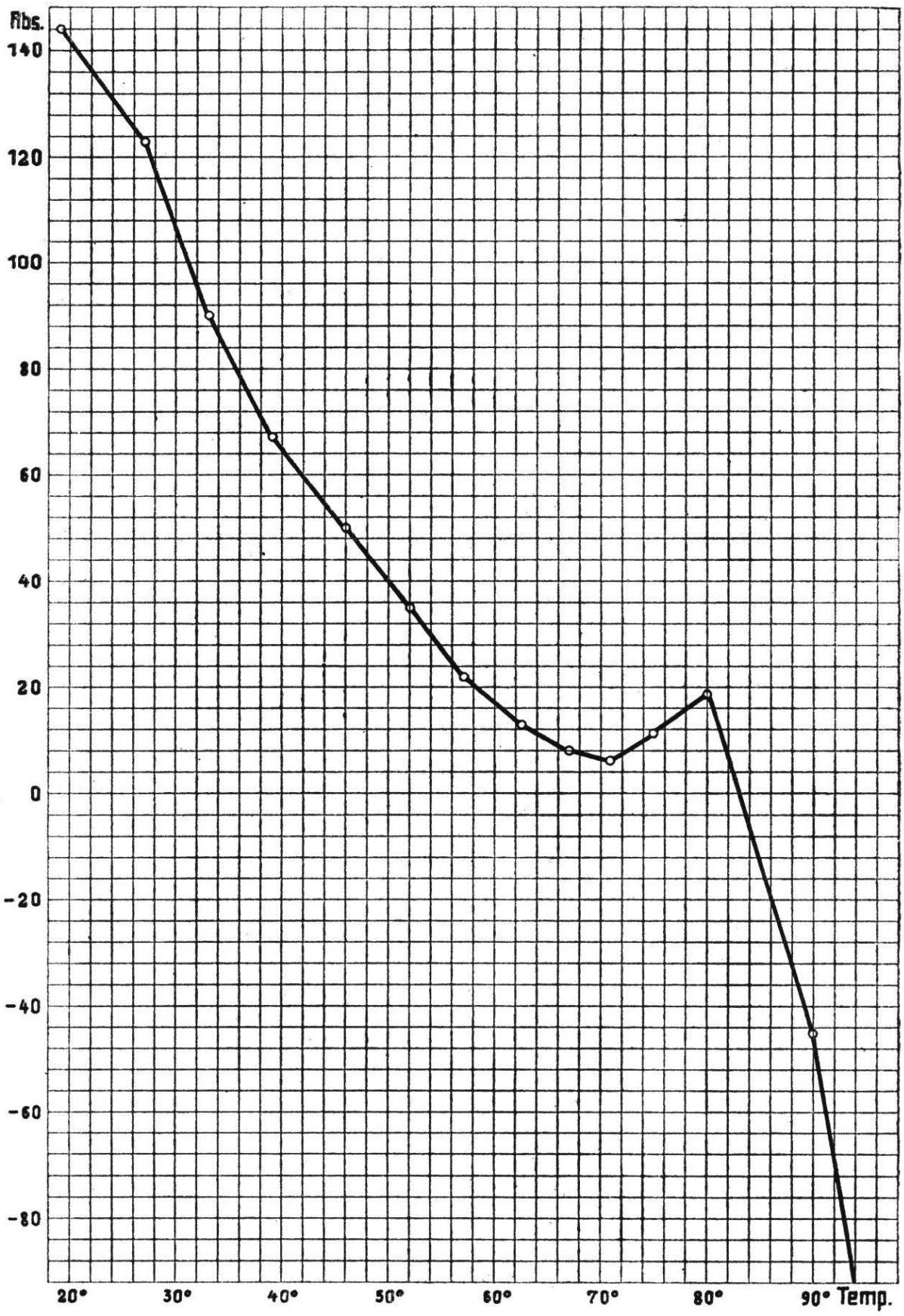
Tab. 14.

21. Sept. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
144	19	35	52	11	75
123	27	22	57	19	80
90	33	13	62,5	— 45	90
67	39	8	67	— 105	95
50	46	6	71	— 101	97

Ein Vergleich der beiden Kurven zeigt, welch starke Absorption im toten Ast durch Entquellung der Wand und Unterdruck in den Tracheiden möglich ist. Die Kurve des toten Astes weist bei Erwärmung ständiges Fallen auf mit Ausnahme von 2 kleinen Anstiegen (zwischen 70° und 80°, sowie bei 95°), die sich durch langsameres Erwärmen erklären. Dadurch wird der praemortale Charakter von *Abies III* noch wahrscheinlicher.

11. Abies alba Miller IV, 70 cm langes Aststück, ohne Seitenzweige und Nadeln, vollständig entrindet. Durchmesser am basalen Ende ohne Rinde 9,5 mm, am apikalen Ende ohne Rinde 7 mm. Basales Ende im Potometer, apikales offen. Ganzes Aststück in Gummischlauch. 50 cm tauchen in das Wasser des Heizbades. 10 cm am apikalen und 10 cm am basalen Ende ragen aus dem Wasser.

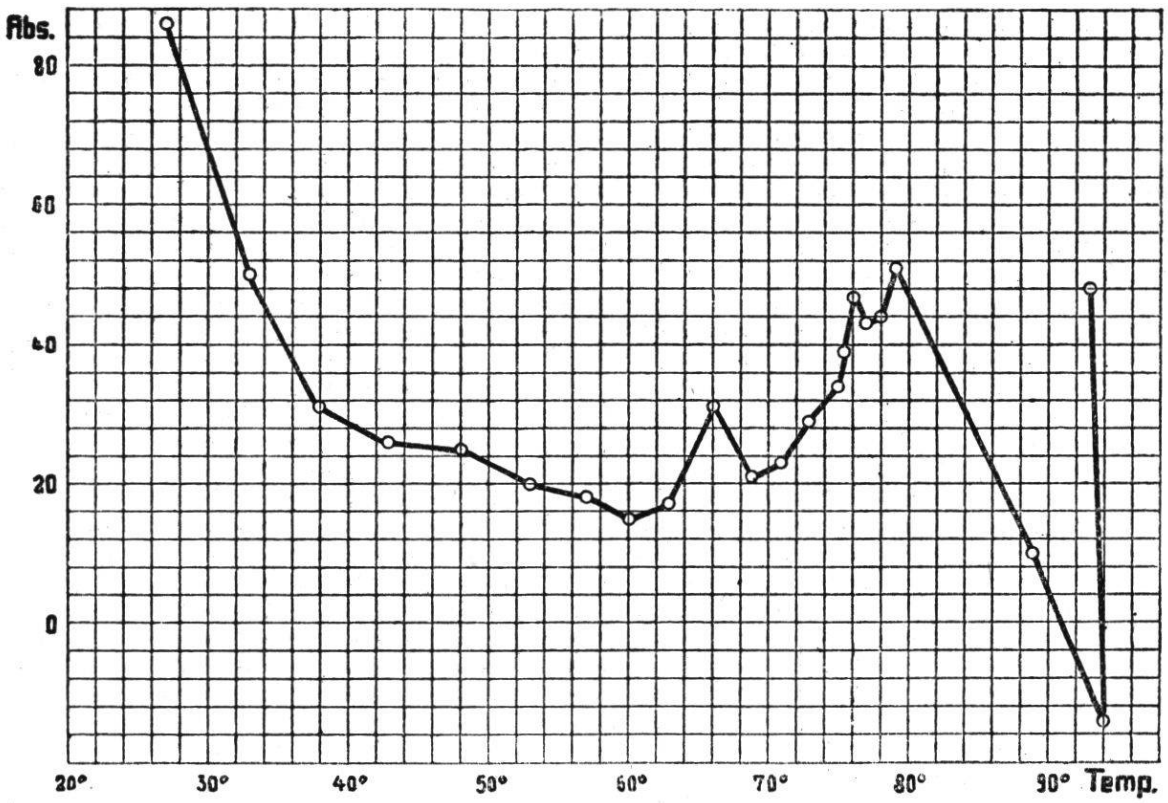


Kurve 8.

Abies alba IIIa, tot, berindet, ohne Seitenzweige und Nadeln.

Tab. 15.
20. Sept. 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
86	27	17	63	43	77
50	33	31	66	44	78
31	38	21	69	51	79
26	43	23	71	10	89
25	48	29	73	— 14	94
20	53	34	75	48	93
18	57	39	75,5		
15	60	47	76		



Kurve 9.
Abies alba IV, entrindet, ohne Seitenzweige und Nadeln.

Die stärkere Anfangsabsorption des entrindeten Astes ist wie vorhin auf die während der Entrindung erfolgte Verdunstung zurückzuführen.

Die Absorptionskurve zeigt einen ähnlichen Verlauf wie bei *Abies III*, was gegen die Bedeutung der Rinde beim praemortalen Ansteigen spricht und die Auffassung wahrscheinlich macht, daß es sich um eine Reaktion der Markstrahlen handelt.

Eine Wiederholung der Versuche III und IV mit andern *Abies*-ästen ergab ein ähnliches Resultat.

12. Taxus baccata L., 70 cm langes Aststück mit Seitenzweigen und ca. 1500 Nadeln ; basaler Durchmesser ohne Rinde 6 mm.

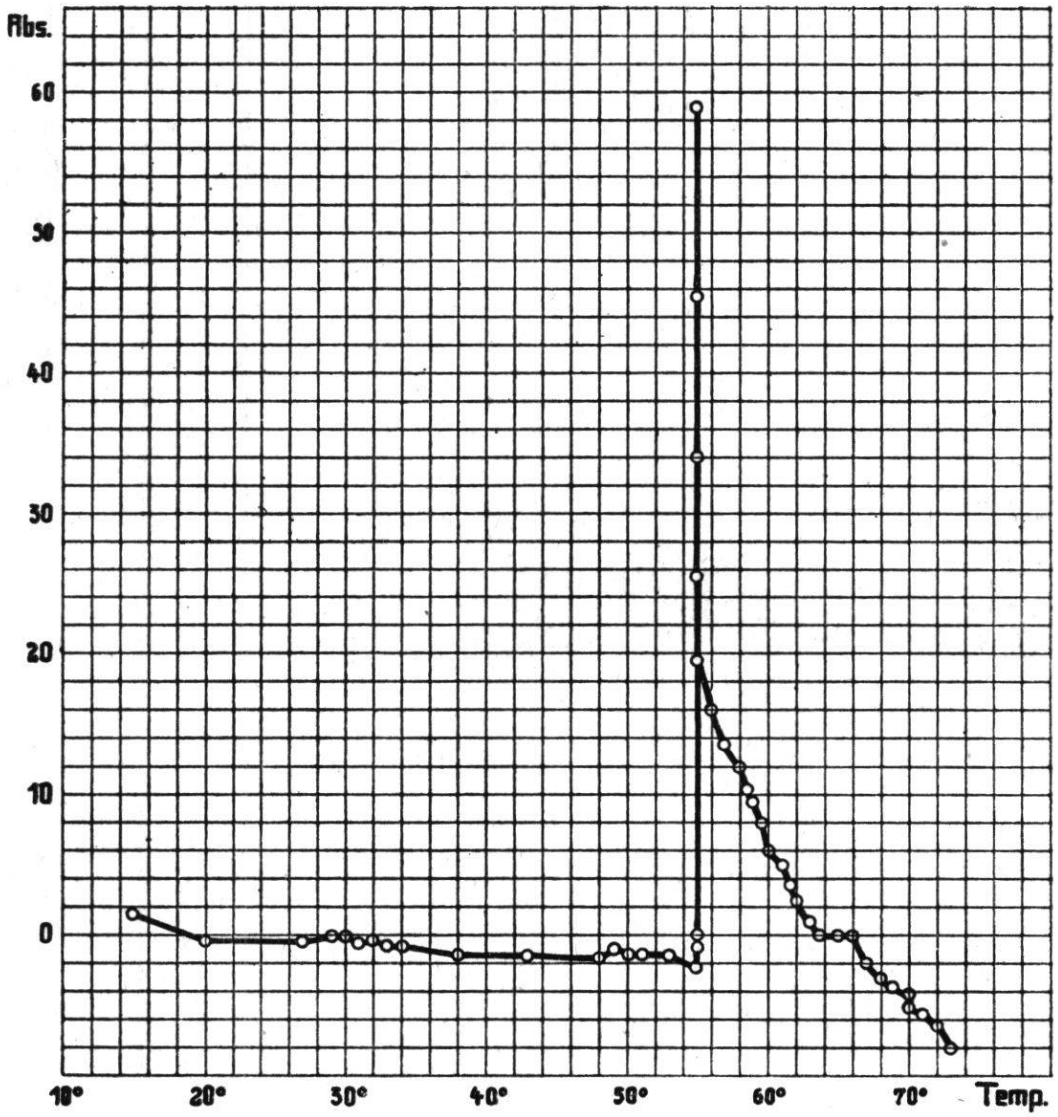
Tab. 16.
23. Okt. 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
4,0 [1]		— 1,6	38	10,5	58,5
4,0		— 1,7	43	9,5	59
4,0	15	— 1,8	48	8,0	59,5
4,0	15	— 1,2	49	6,0	60
4,0 [2]	15	— 1,0	49	5,0	61
3,8 [3]	15	— 1,8	50	3,5	61,5
3,5 [4]	15	— 1,4	50	2,5	62
3,2 [5]	15	— 1,3	50	1,0	63
3,0 [6]	15	— 1,7	51	0	63,5
2,6 [7]	15	— 1,8	53	0	64,5
2,4 [8]	15	— 2,2	55	0	65
2,0 [9]	15	— 0,5	55	0	65
1,6 [10]	15	0	55	0	65,5
1,6	15	0	55	0	66
— 0,3	20	0	55	— 2,0	67
— 0,5	27	59,0	55	— 3,0	68
— 0,2	29	45,5	55	— 3,5	69
— 0,2	30	34,0	55	— 4,5	70
— 0,7	31	25,5	55	— 5,0	70
— 0,7	31	19,5	55	— 5,5	71
— 0,4	32	16,0	56	— 6,5	72
— 0,8	32,5	13,5	57	— 8,0	73
— 0,8	33	12,0	58	— 8,0	73,5
— 0,9	34	12,0	58		

Bei Transpiration in Luft (Sd 0,6) beträgt die Absorption pro 5 Minuten 4,0 mm, unter Wasser getaucht fällt die Absorptionsgeschwindigkeit in 4,5 Stunden auf 1,6 mm. Inwieweit dieses Sinken auf Ausfall der Transpiration, also auf zunehmender Wassersättigung, und inwieweit es auf Verstopfung der Schnittfläche beruhte, wurde nicht untersucht.

[1] Nadeln in Luft Sd 0,6.
[2] Nadeln ½ Std. in Wasser.
[3] Nadeln 1 Std. in Wasser.
[4] Nadeln 1 ½ Std. in Wasser.
[5] Nadeln 2 Std. in Wasser.
[6] Nadeln 2 ½ Std. in Wasser.
[7] Nadeln 3 Std. in Wasser.
[8] Nadeln 3 ½ Std. in Wasser.
[9] Nadeln 4 Std. in Wasser.
[10] Nadeln 4 ½ Std. in Wasser.

Auffallend ist hier besonders bei 55° (Tab. 16) das plötzliche und starke praemortale Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit, dem ein letales Sinken folgt (Kurve 10).



Kurve 10.
Taxus baccata, berindet, mit Seitenzweigen und Nadeln.

Zusammenfassung.

Es wurden Versuche ausgeführt mit *Maurandia* (mit und ohne Wurzel), *Phaseolus* (mit und ohne Wurzel), *Fuchsia* (mit und ohne Wurzel), *Abies*- und *Taxus*zweigen.

1. Wie zu erwarten war, ist bei Zimmertemperatur die Absorption bei gleichzeitiger Transpiration größer als ohne Transpiration.

Maurandia III,	ohne Wurzel:	Abs.geschw.	mit	Transp.		= 24,0
»	ohne Wurzel:	»	ohne	»	z. B. n. 3 Std.	= 1,5
Phaseolus II,	mit Wurzel :	»	mit	»		= 14,0
»	mit Wurzel :	»	ohne	»	z. B. n. 1 Std.	= 2,0
Fuchsia II,	mit Wurzel :	»	mit	»		= 14,0
»	mit Wurzel :	»	ohne	»	z. B. n. 1 Std.	= 1,8

2. Ohne Wurzel ist die Reaktion bedeutend stärker als mit Wurzel, was mit den am leblosen Modell angestellten Versuchen und Überlegungen übereinstimmt (Abschn. II, S. 59/60, 63).

3. Da blattlose Stengelstücke (*Maurandia, Fuchsia, Phaseolus*) nicht schwächer reagieren als beblätterte Sprosse, erfolgen die Reaktionen hauptsächlich in den Stengeln. Es dürfte dies zusammenhängen mit dem großen Filtrationswiderstand der Blätter.

4. Erwärmung unterhalb der praemortalen Zone. Da die lebenden Sproßzellen noch ungesättigt sind, nehmen sie Wasser auf ; die von der Potometerkapillare angezeigte Absorption ist daher positiv. Während rascher Erwärmung kann in der Zeiteinheit die physikalische Ausdehnung größer sein als die Absorption, so daß letztere im extremen Fall negativ wird, bei Gleichheit beider Komponenten 0 wird, jedenfalls aber abnimmt. Bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz ist die physikalische Ausdehnung geringer oder hat vollständig aufgehört, so daß nun die fortdauernde Wasseraufnahme wieder zur Geltung kommt und zu einem Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit führt.

5. Erwärmung in der praemortalen Zone. Das hier beobachtete starke Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit ist, soweit untersucht, als Folge der Permeabilitätszunahme des Protoplasmas für Wasser aufzufassen (vgl. S. 95-97).

6. In der letalen Zone fällt die Absorptionsgeschwindigkeit rasch und stark ab, indem aus den abgetöteten Zellen Zellsaft durch den Wanddruck ausgepreßt wird, bis die Wände soweit entspannt sind, daß der Widerstand nicht mehr überwunden werden kann. Wird hierauf die Erwärmung fortgesetzt, so tritt physikalische Ausdehnung ein, während bei Temperaturkonstanz und Abtötung aller Zellen die Absorption dem Nullwert zustrebt.

Befindet sich am Anfang der letalen Temperaturzone ein Teil der lebenden Zellen noch im praemortalen Zustand, während ein anderer seine Semipermeabilität schon verloren hat, so nehmen im gleichen Sproß bei Temperaturkonstanz die einen Zellen Wasser auf, während andere gleichzeitig Zellsaft ausscheiden ; je nach dem Vorherrschen des einen oder anderen Prozesses ist die Absorption positiv oder negativ.

c) Erklärungsversuch der Temperatureinwirkung auf die Absorption untergetauchter lebender Sprosse.

Die Wasseraufnahme bei fehlender Transpiration kann beruhen auf physikalischen und physiologischen Faktoren (URSPRUNG 1918, **36**, 514).

α) Physikalische Faktoren.

Nach PAPPENHEIM (1892, S. 21) nimmt frisches Tannenholz beim Untertauchen unter Wasser noch tagelang Wasser auf, was dieser Autor — unter Nichtberücksichtigung der Saugkraft lebender Zellen — ausschließlich auf Druckdifferenzen zwischen Außenluft und Binnenluft zurückführt. Einen rein physikalischen Vorgang stellt z. B. die Absorption von *Abies IIIa* dar (S. 82). Außer durch Transpiration kann die Luft der toten Leitbahnen auch durch Atmung verdünnt werden.

Bei der Erwärmung haben wir den Einfluß auf die Gasblasen und Flüssigkeitssäulen der toten Leitbahnen zu untersuchen. Beide vergrößern bei Temperaturzunahme ihr Volumen, aber das Gas in viel stärkerem Maße als die Flüssigkeit. Bleibt der Druck konstant, so gilt für das

Wasser: Vol. bei 4° = 100, bei 100° = 104,
Gas: Vol. bei 4° = 100, bei 100° = 135.

Der Einfluß der Temperatur auf die Viskosität ist S. 58 nachzusehen. Die Bedeutung der Viskosität für die Geschwindigkeit der Absorption ergibt sich aus der POISEUILLE'schen Formel $Q = \frac{\pi}{8\eta} \cdot \frac{PR^4}{L} \cdot T$.

Dieses Verhalten des Inhaltes der toten Leitbahnen macht das Zurückgehen und sogar Negativwerden der Absorption bei Erwärmung unterhalb der praemortalen Zone verständlich.

Wir wenden uns zur Frage, ob die sog. « praemortale » Absorptionszunahme physikalisch erklärbar ist. Die vergleichbaren Versuche von URSPRUNG (1918, S. 520) hatten ergeben, daß in seinen toten untergetauchten Zweigen die Absorption mit steigender Temperatur beständig abnimmt. Mein Versuch mit *Abies IIIa* (S. 82) erlaubt denselben Schluß; wohl sind 2 kleine, durch langsameres Erwärmen physikalisch erklärbare, Anstiege vorhanden, aber mit einem typischen praemortalen Anstieg derselben Spezies, wie wir ihn S. 80 (Kurve 6) finden, sind sie nicht zu verwechseln. Im Gegensatz dazu zeigt der S. 62 (Kurve 2) untersuchte tote Zweig *Abies I* nach anfänglichem Fallen ein sehr starkes Steigen. Die Verhältnisse liegen hier aber wesentlich anders. Der Sproß befindet sich an der Wasserstrahlpumpe. Die bewegende

Kraft strebt also nicht dem Nullwert zu, sondern ist die sich gleich bleibende Pumpensaugung. Der ansteigende Kurvenast ist somit die Folge der langsameren Erwärmung bei abnehmender Viskosität und konstanter Saugung ; außerdem liegen die in Betracht fallenden Temperaturen im letalen Bereiche. Der ansteigende Kurvenast von *Abies I* vermag daher den praemortalen Anstieg nicht zu erklären.

β) Physiologische Faktoren.

1. Soll auch der Einfluß der Erwärmung auf die Atmung keineswegs unterschätzt werden (vgl. URSPRUNG 1918, S. 520), so vermag er doch den Verlauf der Absorptionskurve unterhalb, innerhalb und oberhalb der praemortalen Zone offenbar nicht zu erklären.

2. Wichtiger ist der Einfluß auf die osmotischen Zustandsgrößen. Die Versuche über die Einwirkung der Temperatur auf die Saugkraft der Zellen im normalen Zustand (Sz_n) und bei Grenzplasmolyse (Sz_g) an nicht untergetauchten Sprossen übergehe ich, da sich hier in der Regel mit der Temperatur noch andere Faktoren ändern, von denen Sz_n und Sz_g abhängen.

Über den Einfluß der Erwärmung auf die Saugkraft (Sz_n) bei fehlender Transpiration liegen Versuche von GAMMA (1932, S. 521 ff.) mit Submersen vor. Sie führten zu folgenden Resultaten :

Elodea canadesis				*Ranunculus flaccidus*			
nach Std.	Temp. °C	Sz_n Atm.	Sz_g	nach Std.	Temp. °C	Sz_n Atm.	Sz_g
—	27	2,0	12,7	—	14	3,3	13,5
2	33	2,0	11,9	1	17	4,0	13,5
16	35	2,6	11,9	2	21	4,6	12,7
18	36	1,3	12,7	4	28	4,6	12,7
21	37	0,7	13,5	5	30	4,0	13,5
24	38	+	14,3	6	34	2,0	15,1
				7	35	+	+

Myriophyllum verticillatum			
nach Std.	Temp. °C	Sz_n Atm.	Sz_g
—	16	2,6	11,9
1	20	3,3	11,1
2	26	4,0	11,1
3	30	4,0	11,1
4	32	4,6	10,4
6	35	5,3	9,6
7	36	4,0	10,4
8	37	2,0	11,1
9	38	1,3	11,9
12	42	0,7	12,7

BÄCHER hatte (1920, S. 69) für Sz_g bei *Elodea canadensis* gefunden :

nach Tg.	Temp. °C	Sz_g Atm.	Länge cm
—	8	11,2	5
2	15	10,6	5,3
2	20	9,85	5,6
2	25	9,1	6,2
2	30	8,8	7
2	34	8,0	8,2
2	37	8,6	8,2
1	39	9,1	8,2

Hieraus folgt : Unterhalb des praemortalen Temperaturgebietes ist Erwärmung verbunden mit Sz_n-Zunahme und Sz_g-Abnahme.

Innerhalb des praemortalen Temperaturgebietes ist Erwärmung verbunden mit Sz_n-Abnahme und Sz_g-Zunahme.

Um zu erfahren, wie sich die Saugkraft (Sz_n) meiner Versuchspflanzen beim Eintauchen in warmes Wasser verhält, wurden von Herrn Prof. BLUM einige Messungen ausgeführt, die er mir gütig überlassen hat.

Unverletzte Blätter von *Phaseolus vulgaris* wurden so in Leitungswasser von verschiedener Temperatur getaucht, daß die Schnittfläche des Stieles über die Wasserfläche hervorragte. Je 2 Blätter wurden im Garten abgeschnitten, das eine in Wasser von 17°-20°, das andere in Wasser von 32°-50° C gebracht und in verschiedenen Zeitintervallen die Saugkraft der Spreite mit der Streifenmethode gemessen.

Je nach den Außenfaktoren waren die Anfangswerte der Saugkraft verschieden. Bei längerem Liegen in Wasser geht Sz_n naturgemäß zurück. Scheinbare Ausnahmen in der folgenden Tabelle sind auf individuelle Unterschiede zurückzuführen, mußte doch für jede Messung ein anderes Blatt benützt werden.

Tab. 17.

Unter Wasser seit	Wasser-temp. °C	Blatt Sz_n Atm.	Wasser-temp. °C	Blatt Sz_n Atm.	Sz_n-Änderung in warmem Wasser in %	Bemerkungen
Anfang		9,0				
1 1/4 Std.	17	4,0				
2 1/2 Std.	17	2,0				
3 1/2 Std.	17	2,7				
Anfang		12,0				
1 Std.	17	4,7	32	6,1	+ 30 %	
2 Std.	17	5,3	32	6,1	+ 15 %	
6 Std.			32	6,1		
Anfang		12,0				
60 Min.	18	4,7				
70 Min.			35	6,1	+ 30 %	
120 Min.	18	5,3				
130 Min.			35	7,5	+ 42 %	
6 Std.			35	5,3		
Anfang		6,7				
30 Min.	19	4,0	40	4,7	+ 18 %	turgeszent
70 Min.	19	4,7				
80 Min.			40	6,1	+ 30 %	turgeszent
5 Std.	19	5,3	40	5,3	± 0 %	etwas schlaff
Anfang		17,1				
30 Min.			45	7,5		turgeszent
60 Min.	20	7,5				
80 Min.			45	4,7	— 37 %	etwas schlaff
120 Min.	20	6,1				
140 Min.			45	5,3	— 13 %	noch schlaffer
5 Std.	20	6,7				
Anfang		17,1				
10 Min.			50	8,2		turgeszent
20 Min.			50	5,3		schlaff werdend
30 Min.			50	3,4		
35 Min.	20	7,5			— 55 %	
80 Min.	20	6,7				
Anfang		13,7				
15 Min.			50	4,7		Beginn des
20 Min.	19	6,7			— 30 %	Schlaffwerdens
30 Min.			50	1,3	— 81 %	schlaff
45 Min.				nicht		
50 Min.	19	6,1		mehr meßbar.		

In Wasser von 32° und 35° ist Sz_n um 15-42 % höher als in Wasser von Zimmertemperatur.

In Wasser von 40° ist Sz_n in den ersten 80 Minuten um 18-30 % höher, nach 5 Stunden sind die Sz_n-Werte gleich.

Bei 45° und 50° ist die Saugkraft tiefer als bei Zimmertemperatur.

Dieses Resultat deckt sich im Prinzip mit dem Befund GAMMA's an Submersen.

3. Diskussion der Sz_n- und Sz_g-Änderung.

αα) Verhalten der Sz_n- und Sz_g-Änderung unterhalb der praemortalen Zone.

Mit steigender Temperatur nimmt Sz_n zu und fällt Sz_g.

Es sind physikalische und physiologische Faktoren in Betracht zu ziehen.

Da beim Fehlen von Außenkräften $Sz_n = Si_n - W_n$, ist der Einfluß der Erwärmung auf Si_n und W_n zu untersuchen.

Si_n zeigt eine physikalische und physiologische Temperaturabhängigkeit. Der physikalische Einfluß der Erwärmung läßt sich in erster Annäherung darstellen durch die Beziehung $P_t = P \left(1 + \frac{t}{273}\right)$ (vgl. URSPRUNG 1937, S. 1259, 1268).

Nach $P_t = P_o \left(1 + \frac{t}{273}\right)$ ist die Saugkraft von 1,0 Mol_g Rohrzucker

bei 0° = 24,826
bei 10° = 25,729
bei 40° = 28,451

Nach Versuchen von MORSE (1914) ist die Saugkraft von 1,0 Mol_g Rohrzucker

bei 0° = 24,826
bei 10° = 25,693
bei 40° = 27,701

Nach $P_t = P_o \left(1 + \frac{t}{273}\right)$ ist die Saugkraft von 0,6 Mol_g LiCl

bei 18° = 28,3652
bei 30° = 29,535

LiCl wurde von MORSE bei 30° direkt gemessen, LiCl bei 18° von mir hieraus berechnet.

Um festzustellen, ob dieser rein physikalische Einfluß ausreicht zur Erklärung der beobachteten Sz_n-Änderung unterhalb der praemortalen Zone, berechnen wir in beiden Fällen den prozentualen Sz_n-Anstieg.

Bei Erwärmung von	1 Mol_g Rohrzucker	um 10°	beträgt der	Si_n-Anstieg		3,5 %
»	0,6 Mol_g LiCl	um 12°	»	Si_n	»	4,1 %
»	*Elodea*	um 8°	»	Sz_n	»	30 %
»	*Ranunculus*	um 14°	»	Sz_n	»	40 %
»	*Myriophyllum*	um 19°	»	Sz_n	»	100 %
»	*Phaseolus*	um 15°	»	Sz_n	» bis	30 %
»	*Phaseolus*	um 17°	»	Sz_n	» bis	42 %

Unterhalb der praemortalen Zone verläuft zwar bei Erwärmung die Sz_n-Änderung im gleichen Sinne wie die rein physikalische Saugkraftzunahme des Zellsaftes, die Reaktion der Pflanze ist jedoch unverhältnismäßig viel stärker, so daß der in Betracht gezogene rein physikalische Prozeß nicht genügt.

Bei Si_n-Änderungen sind natürlich auch Osmoregulationen in Betracht zu ziehen. Doch müßte eine Bildung osmotisch wirksamer Substanz nicht nur Sz_n erhöhen, sondern gleichzeitig auch Sz_g, während tatsächlich Sz_n steigt und Sz_g fällt.

Eine andere Erklärungsmöglichkeit beruht auf dem Verhalten des Wanddruckes, dessen Bedeutung für Sz_n aus der Gleichung $Sz_n = Si_n - W_n$ hervorgeht.

Setzen wir in der Saugkraftgleichung willkürliche Werte ein

$$Sz_n = Si_n - W_n$$
$$4 = 10 - 6$$

und lassen wir die Wandspannung sukzessive kleiner werden bis 0, so wird dadurch bei gleichem Si_n die Größe Sz_n allmählich von 4 auf 10 Atm. ansteigen. Auf diese Weise ist selbst bei Abnahme von Si_n eine Zunahme von Sz_n denkbar. Eine solche Entspannung der Wand erscheint möglich durch Einwirkung von Wuchsstoffen und durch Wachstum. Vor allem durch Versuche mit der Haferkoleoptile ist man zu der Vorstellung gelangt (vgl. URSPRUNG 1937, S. 1499), daß der Wuchsstoff die Plastizität der Wand erhöhe. Daß die untersuchten Submersen bis zur Erreichung des praemortalen Zustandes Wachstum zeigen, ist für *Elodea* von BÄCHER in dem oben erwähnten Versuche festgestellt worden.

Auffallen muß jedoch, daß bei Erwärmung unterhalb der praemortalen Zone mit dem Ansteigen von Sz_n ein Fallen von Sz_g verbunden ist. Wie läßt sich nun mit dem Ansteigen oder Konstantbleiben von Si_n ein Sinken von Sz_g kombinieren ? Dies erscheint denkbar durch zunehmendes Plastischwerden der Wand, wie das folgende Schema zeigt :

	$Sz_n = Si_n - W_n$	Sz_g
Ausgangszustand	$4 = 10 - 6$	12 starke Kontrakt. d. Wand bei Plasmolyse
Wanddruck sinkt	$7 = 10 - 3$	11 schwache » » »
Wand entspannt	$10 = 10 - 0$	10 keine » » »

Ist die Wand entspannt, so daß ihre Kontraktion bei Plasmolyse aufgehört hat, so ist $Sz_g = Si_n = Sz_n$ geworden. Mit zunehmender Plastizität fällt hiebei der Wanddruck von 6 Atm. auf 0; gleichzeitig steigt Sz_n von 4 auf 10 Atm. und sinkt Sz_g von 12 auf 10 Atm.

ββ) Verhalten der Sz_n- und Sz_g-Änderung in der praemortalen Zone.

Sz_n fällt und Sz_g steigt.

Für das auffallende praemortale Ansteigen von Sz_g ist man wohl zunächst geneigt, Osmoregulationen anzunehmen; indessen wäre mit der Bildung osmotisch wirksamer Substanz eine Erhöhung nicht nur von Sz_g sondern auch von Sz_n zu erwarten. Da aber Sz_n fällt, könnte man auch an einen Verlust der Semipermeabilität und einen Austritt osmotisch wirksamer Stoffe denken, dann müßten jedoch wiederum Sz_g und Sz_n in gleichem Sinne sich ändern.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der W_n-Änderung. Durch Zunahme von W_n ist bei Konstanz von Si_n eine Abnahme von Sz_n und eine Zunahme von Sz_g denkbar nach dem Schema

	$Sz_n = Si_n - W_n$	Sz
Wand entspannt	$10 = 10 - 0$	10 Wand plastisch, keine Kontraktion bei Plasmolyse
Wanddruck steigt	$7 = 10 - 3$	11 Wand etwas elastisch, schwache Kontraktion bei Plasmolyse
Wanddr. st. weiter	$4 = 10 - 6$	12 Wand elastisch, stärkere Kontraktion bei Plasmolyse

Da im praemortalen Zustand, wie BÄCHER zeigte, das Wachstum aufhört, erscheint eine Abnahme der Plastizität und eine Zunahme der Wandspannung verständlich. Damit wäre aber mit dem Fallen von Sz_n ein Steigen von Sz_g verbunden.

γγ) Verhalten der Sz_n- und Sz_g-Änderung in der letalen Zone.

Hier liegen die Verhältnisse einfach, indem mit dem Absterben des Protoplasmas und dem Verlust der Semipermeabilität Zellsaft durch den Wanddruck zum Austreten gebracht wird.

4. Temperaturabhängigkeit der Wasserabsorption lebender Zellen unterhalb der praemortalen Zone.

Nach den oben angeführten Messungen steigt Sz_n mit Erhöhung der Temperatur. Wie bekannt, fällt die Viskosität mit zunehmender Temperatur. Wie DE HAAN (1933, S. 303) für Temperaturen zwischen $+5^o$ und $+22^o$ nachwies, steigt bei Temperaturerhöhung die Wasserpermeabilität des lebenden Protoplasmas und beschleunigt die Wasseraufnahme der lebenden Zellen. Die Erscheinung wird der Beschleunigung der Quellung und der Erhöhung des Quellungsgrades des Protoplasmas zugeschrieben (vgl. ferner KRABBE 1896 ; VAN RYSSELBERGHE 1902; DELF 1916; HUBER und HÖFLER 1930; GELLHORN 1929, S. 70, 133; URSPRUNG 1937, S. 1190 ; WARTIOVAARA 1942).

Unterhalb der praemortalen Zone ist somit mit steigender Temperatur eine Beschleunigung der Wasseraufnahme der lebenden Zellen zu erwarten.

5. Temperaturabhängigkeit der Wasserabsorption lebender Zellen in der praemortalen Zone.

Wie oben gezeigt wurde, fällt Sz_n in der praemortalen Zone ab. Das praemortale Ansteigen der Wasserabsorption kann somit nicht auf erhöhter Saugkraft beruhen. Da auch die Viskosität kein entsprechendes Verhalten zeigt, ist der Filtrationswiderstand zu untersuchen. Ceteris paribus erfolgt die Wasseraufnahme lebender Zellen naturgemäß um so rascher, je kleiner der Filtrationswiderstand ist.

Der Filtrationswiderstand lebender Zellen setzt sich zusammen aus dem Filtrationswiderstand der Zellwand und des Protoplasmas. Die Filtration durch die Zellwand scheint, von Quellungserscheinungen abgesehen, nach ähnlichen Gesetzen vor sich zu gehen, wie das Strömen durch Kapillaren (URSPRUNG 1918, S. 523 ; 1937, S. 1190). Da meine Absorptionskurven in der praemortalen Zone aber einen ganz anderen Verlauf zeigen, ist die Permeabilität des Protoplasmas zu verfolgen.

STILES und JORGENSEN (1917) fanden für Gewebescheiben aus Kartoffelknollen und Mohrrüben eine Beschleunigung der Wasseraufnahme zwischen 10° und 30°. Bei 40° erfolgte zuerst eine starke praemortale Steigerung der Absorptionsgeschwindigkeit und hierauf wegen des Absterbens der Zellen eine Flüssigkeitsabgabe. Es ergab sich also bei diesen lebenden Geweben eine ähnliche praemortale Temperaturabhängigkeit, wie bei der Absorption von URSPRUNG's Sprossen (1918, S. 524) und der meinigen.

Bei dem Verhalten von Sz_n und der Viskosität dürfen wir heute m. E. schließen, daß der praemortale Absorptionsanstieg auf ein entsprechendes Sinken des Filtrationswiderstandes lebender Zellen für Wasser zurückzuführen ist.

Anschließend an das S. 73/74 beschriebene Verhalten eines *Phaseolus*stengels und an die S. 91 erwähnten Messungen an *Phaseolus*-blättern, wurden noch einige Absorptionsmessungen mit *Phaseolus*-blättern ausgeführt.

Bringen wir ein 6 × 6 mm großes Blattstücklein von *Phaseolus* unter den Hebelapparat in Wasser von verschiedener Temperatur, so konstatieren wir in Wasser von 18° ein starkes Ansteigen der Blattdicke bis zur Wassersättigung und hierauf ein annäherndes Konstantbleiben. In Wasser von höherer Temperatur bis gegen 40° geht die Dickenzunahme im Prinzip gleich vor sich, nur erfolgt die Absorption rascher, was ich der erhöhten Saugkraft der Zellen, der geringeren Viskosität des Wassers und der gesteigerten Permeabilität des Protoplasmas zuschreibe (vgl. S. 95, 4.).

Bei ca. 45° folgt auf anfänglich starkes Ansteigen ein tiefes Fallen, und in Wasser von etwas höherer Temperatur (beginnend bei 46°-50°) sinkt die Blattdicke von Anfang an. Der steigende Ast der Kurve ist bedingt durch die Wasserabsorption der lebenden Blattzellen; der fallende Ast der Kurve oder die von Anfang an sinkende Kurve kommt zustande durch den Saftaustritt nach Aufhebung der Semipermeabilität.

Legen wir das Objekt nicht in Wasser von konstanter Temperatur, sondern in solches, das stetig weiter erwärmt wird, so läßt sich der praemortale Absorptionsanstieg auch auf diesem Wege sichtbar machen. In einer nicht veröffentlichten Versuchsreihe von Herrn Prof. Blum wurde z. B. gefunden:

Tab. 18.

Zeit	Wassertemperatur °C	Blattdicken-änderung in Teilstrichen	Zeit	Wassertemperatur °C	Blattdicken-änderung in Teilstrichen
16.39	29		16.48	42	+ 390
16.40	31	+ 17	16.49	42,5	+ 390
16.41	33,5	+ 120	16.50	43,5	+ 389
16.42	36	+ 230	16.51	44,5	+ 389
16.43	38	+ 310	16.52	45,5	+ 389
16.44	39	+ 328	16.53	46,5	+ 389
16.45	40	+ 330	16.54	47,5	+ 389
16.46	41	+ 360	16.55	48,5	+ 389
16.47	41,5	+ 390			

Zeit	Wassertemperatur °C	Blattdicken-änderung in Teilstrichen	Zeit	Wassertemperatur °C	Blattdicken-änderung in Teilstrichen
16.56	49,5	+ 389 !!	17.01	55	+ 100
16.56 ½	50	+ 420	17.02	56,5	+ 50
16.57	50,25	+ 300	17.03	58	— 5
16.58	51,5	+ 220	17.04	59,5	— 60
16.59	52,5	+ 170	17.05	61	— 150
17.00	53,5	+ 150	17.06	63	— 200

Das praemortale Ansteigen bei 50° kurz vor dem letalen Fallen ist deutlich zu erkennen. Man darf annehmen, daß auch der Stengel von *Phaseolus* bei ähnlicher Behandlung den praemortalen Absorptionsanstieg zeigen wird. Ähnlich, wenn auch ohne starken praemortalen Anstieg, reagierte der Hauptnerv von *Phaseolus* in Paraffinöl.

Da weder Sz_n noch die Viskosität ein entsprechendes Verhalten aufweisen, glaube ich die Erklärung für die starke praemortale Absorptionssteigerung auch bei *Phaseolus* in einer entsprechenden Permeabilitätszunahme des Protoplasmas für Wasser suchen zu dürfen.

6. Die Wasserabsorption lebender Zellen in der letalen Zone.

Nach Verlust der Semipermeabilität des Protoplasmas wird Zellsaft durch den Wanddruck ausgepreßt, bis die Wand entspannt ist. Die Wasserabsorption wird somit negativ und strebt dem Nullwert zu.

Daß hohe Temperatur das Protoplasma zum Absterben bringt, ist längst bekannt (vgl. z. B. die Hitzekoagulation bei LEPESCHKIN S. 113, 182 ; BĚLEHRÁDEK 1935, S. 185).

Wenn ich mich auch ausschließlich mit dem Einfluß von Temperaturen über ca. 20° beschäftigte, so sei doch auch an die Bedeutung tieferer Temperaturen kurz erinnert. Eine Gruppe für sich bilden die Pflanzen, die über 0° erfrieren. Versuche, in denen die Stengel partiell auf entsprechende Temperatur gebracht wurden, liegen meines Wissens nicht vor, doch wurde das Verhalten geprüft, wenn die ganze Pflanze der betreffenden Temperatur ausgesetzt war (SPRANGER 1941, S. 90).

Zusammenfassend ergibt sich, daß mit Erhöhung der Temperatur unterhalb der praemortalen Zone die Wasserpermeabilität des Protoplasmas ansteigt. In der praemortalen Zone ist dieser Anstieg der Wasserpermeabilität besonders stark. In der sich anschließenden letalen Zone dehnt sich die Permeabilität auch aus auf die gelösten osmotisch wirksamen Stoffe des Zellsaftes, womit die Semipermeabilität verloren geht.

V. Einfluß der partiellen Erwärmung auf die Absorptionsgeschwindigkeit transpirierender Sprosse

Die hier zu besprechenden Versuche unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß die Blätter nicht unter Wasser getaucht werden, sondern in der Luft weiter transpirieren, und daß die Abtötung auf eine blattfreie Stengelpartie beschränkt ist.

a) Methode.

An Stelle des Steigrohres st (Fig. 1) mit den Kerzen k_1 und k_2 kommt die lebende Pflanze mit Wurzel und Blättern entweder aus einer Wasser- oder Topfkultur ; im letzteren Fall wurde das Versuchsexemplar sorgfältig in Wasser übertragen und erst nach Ausheilung der Wunden benützt. Der horizontal gelegte Stengel taucht zur partiellen Erwärmung in ein Heizbad. Dieses besteht aus einer parallelepipedischen Blechküvette mit dicht schließendem Deckel und abdichtbaren Öffnungen für den Ein- und Austritt des Stengels. Das Wasser wird auf elektrischem Wege erwärmt und die Temperatur mit einem Rührer gleichförmig verteilt. Der zwischen Wasseroberfläche und Küvettendeckel gebildete Dampf wird abgesaugt. Die Apparatur befindet sich in einem Zimmer mit annähernd konstanter Temperatur. Außerdem wurde gewöhnlich bei künstlichem Licht gearbeitet. Die Potometerflasche ist mit einem wirksamen Wärmeisolator umgeben, so daß Störungen durch Wärmeleitung und -strahlung das Versuchsresultat nicht beeinflußten.

Von Bedeutung sind dagegen die Störungen durch Schwankungen des Sättigungsdefizites Sd (Abschnitt II, 4. S. 63), die sich nicht völlig vermeiden ließen.

Über ihren Einfluß orientieren Versuche mit einer bewurzelten, 18 Blätter tragenden *Maurandia scandens Gray*. Der beblätterte Sproß

gelangte in einen abgeschlossenen Raum, in welchem das Sättigungsdefizit Sd bei Temperaturkonstanz sukzessive von 3,7 auf 0,2 erniedrigt wurde.

Bei Abnahme des Sd von	auf	sank die Absorptionsgeschwindigkeit von	auf
3,7	2,7	16,5	15,5
2,7	1,7	15,5	14,5
1,4	0,4	13,0	12,0

Bei allen Versuchen beginnt die in den Tabellen notierte Ablesung erst, nachdem die Absorption bei Zimmertemperatur annähernd konstant geworden ist.

b) Versuche.

Die Wasseraufnahme bei vorhandener Transpiration kann, gleich wie die Absorption bei fehlender Transpiration, auf physikalischen und physiologischen Faktoren beruhen. Während bei fehlender Transpiration sowohl der Unterdruck in den toten Leitbahnen als auch die positive Saugkraft der lebenden Zellen immer mehr reduziert werden und zuletzt verschwinden müssen, bleiben bei fortdauernder Transpiration beide Ursachen der Absorption bestehen.

1. Sinapis alba L.

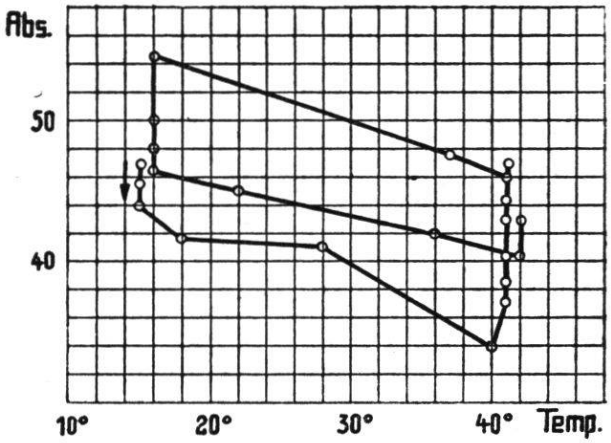
2 Versuchspflanzen, 6 Versuchsreihen ; alle Pflanzen mit Wurzel. Wiedergegeben sind die Versuche mit *Sinapis I* und von Exemplar II, Versuchsreihe 3.

Sinapis alba L. II, Versuchsreihe 3 ; mit Wurzel, 2 Gabelsprosse von je 85 cm Länge mit zusammen 16 Blättern. 40 cm beider Stengel im Heizbad. In Versuchsreihe 1 wurde die Pflanze bis auf 33° und in Versuchsreihe 2 bis auf 42° erwärmt, scheinbar ohne die praemortale Grenze erreicht zu haben. Tab. 19 ; Kurve 11.

Tab. 19.
20. Okt. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
47,0	15	0,8	41,0	28	0,8
45,5	15	0,8	34,0 b	40	0,8
44,5	15	0,8	37,0	41	0,8
44,0 a	15	0,8	38,5	41	0,8
41,5	18	0,8	40,5	41	0,8

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
43,0	41	0,8	50,0	16	0,6
44,5	41	0,8	48,5	16	0,6
45,5	41	0,6	46,5	16	0,6
47,0	41	0,6	45,0	22	0,6
46,0	41	0,6	42,0	36	0,6
46,0 c	41	0,6	40,5	42	0,6
47,5	37	0,6	43,0	42	0,6
54,5 d	16	0,8	42,5	42	0,6
48,0	16	0,6	42,5	42	0,6



Kurve 11.
Sinapis alba II, bewurzelt.

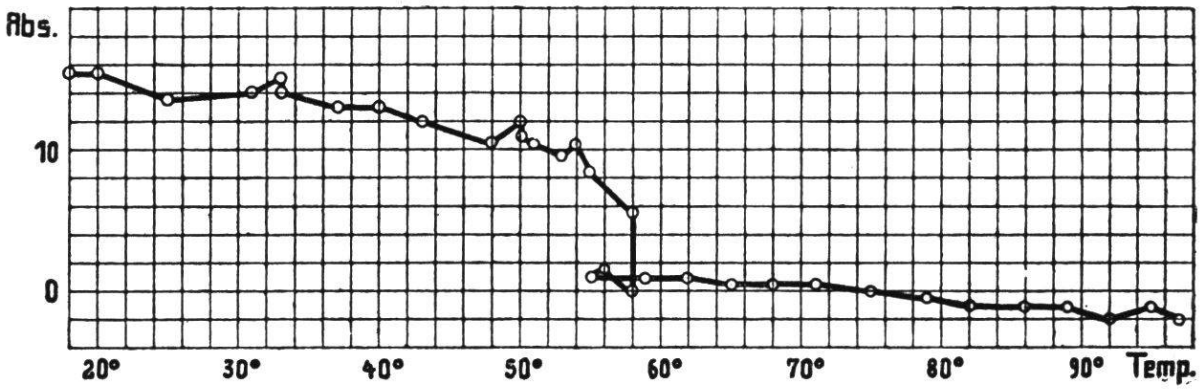
Aus Tab. 19 und Kurve 11 ersehen wir folgendes : unterhalb der praemortalen Zone fällt die Absorptionsgeschwindigkeit bei Erwärmung (Tab. 19 : a-b), bei Temperaturkonstanz (b-c) oder Abkühlung (c-d) steigt die Absorptionsgeschwindigkeit. Dabei handelt es sich offenbar (vgl. Abschn. II *Abies*, S. 60-63) um eine rein physikalische Reaktion, die auf der Ausdehnung bzw. Kontraktion des Volumens der Gefäßinhalte beruht und sich zu der durch Transpiration bedingten Wasseraufnahme algebraisch addiert. Der Rest von Tabelle und Kurve erklärt sich in gleicher Weise.

Sinapis alba L. I, mit Wurzel, Sproß 80 cm lang, 9 Blätter, 40 cm des blattlosen Stengels im Heizbad. Tab. 20 ; Kurve 12.

Tab. 20.
18. Sept. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
15,5 a	18	5,0	12,5	40	4,7
15,5	20	4,9	12,0	43	4,6
13,5	25	4,8	10,5	48	4,5
14,0	31	4,8	12,0	50	4,4
15,0	33	5,1	11,5	50	4,3
14,0	33	5,1	11,0	50	4,1
13,0	37	4,9	10,5	51	4,1
13,0	40	4,9	9,5	53	4,1

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
10,5	54	4,2	0,5	68	3,9
8,5 b	55	4,2	0,5	71	3,9
5,5	58	4,2	0	75	3,9
0	58	4,1	— 0,5	79	3,9
0	58	4,1	— 1,0	82	3,9
1,5	56	4,1	— 1,0	86	3,9
1,0	55	4,1	— 1,0	89	3,9
1,0	56	4,1	— 2,0	92	3,9
0,5	58	4,1	— 1,0	95	3,9
1,0	59	4,1	— 2,0	97	3,9
1,0	62	4,1	— 2,0	97	3,9
0,5	65	4,1			



Kurve 12.
Sinapis alba I, bewurzelt.

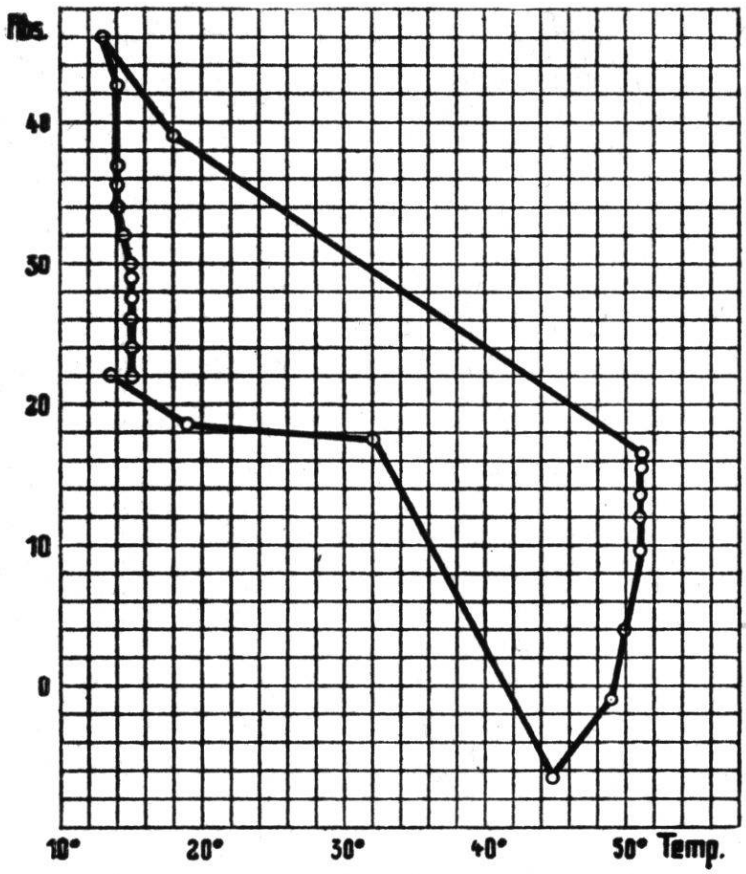
Hier ist die Erwärmung bis über die letale Grenze weitergeführt. Das Fallen der Kurve unterhalb der letalen Zone (Tab. 20 : a-b) deckt sich mit dem Sinken des Sättigungsdefizits und der Ausdehnung des Wassers in den Leitbahnen. Eine praemortale Reaktion ist nicht erkennbar, wohl weil sie rasch in die letale übergeht. Letztere besteht in starkem Sinken der Absorptionsgeschwindigkeit (vgl. Kurve) infolge Austrittes von Zellsaft. Hierauf stellt die Absorptionskurve die Resultante dar zwischen der Wasseraufnahme infolge fortdauernder Transpiration unter den neuen Leitungsbedingungen und der Wasserabgabe aus den toten Zellen mit noch nicht entspannter Wand, sowie der physikalischen Ausdehnung infolge weiterer Erwärmung.

2. *Impatiens Sultani Hook f.*

Eine einzige Versuchspflanze, mit Wurzel, Sproß 80 cm lang, 10 Blätter ; 40 cm des Stengels im Heizbad ; 6 Versuchsreihen. Wiedergegeben ist Versuchsreihe 5 in Tab. 21 und Kurve 13.

Tab. 21. — 27. Okt. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
22,0	13,5	0,5	46,0	13	0,8
18,5	19	0,5	42,5	14	0,8
17,5	32	0,5	37,0	14	0,8
— 6,5	45	0,6	35,5	14	0,7
— 1,0	49	0,8	34,0	14	0,7
4,0	50	1,0	32,0	14,5	0,6
9,5	51	1,0	30,0	15	0,6
12,0	51	1,0	29,0	15	0,5
13,5	51	0,9	27,5	15	0,4
15,5	51	0,9	26,0	15	0,4
16,0	51	0,8	24,0	15	0,4
16,5	51	0,8	23,5	15	0,4
16,5	51	0,8	22,0	15	0,3
16,0	51	0,8	20,5	15	0,3
39,0	18	0,8	20,5	15	0,3



Kurve 13.
Impatiens Sultani, bewurzelt.

Rasche Temperatursteigerung von 13,5° auf 45° läßt die Absorptionsgeschwindigkeit fallen von +22 mm auf —6,5 mm. Langsame Erwärmung und darauffolgende Temperaturkonstanz erhöhen die Absorptionsgeschwindigkeit auf +16 mm. Durch die nun einsetzende Abkühlung auf 13° steigt die Absorptionsgeschwindigkeit bis zu +46 mm, um bei erneuter Temperaturkonstanz wieder auf den Anfangswert zu sinken. Offenbar erfolgten alle diese Temperaturänderungen unterhalb der praemortalen Zone.

Erwähnt seien noch einige Daten aus Versuchsreihe 6. Bei Zimmertemperatur wurden folgende Absorptionsgeschwindigkeiten gemessen :

Anfangsabsorption	bei Sd 0,7	= 13,5 mm
Nach partieller Abtötung Absorption	bei Sd 0,7	= 2,5 mm
3 Stunden später Absorption	bei Sd 0,6	= 2,5 mm

Die Absorptionsgeschwindigkeit ist also infolge der partiellen Abtötung auf den 5. Teil gesunken und trotz fortdauernder Transpiration bei gleichem Sd und intakt gebliebener Wurzel nicht mehr angestiegen.

3. *Phaseolus multiflorus Lam.*

5 Versuchspflanzen, 20 Versuchsreihen ; erwähnt sind von Versuchspflanze III Versuchsreihe 5 und von Versuchsexemplar IV Versuchsreihe 4.

Phaseolus multiflorus Lam. III, Sproß 2,1 m lang, 10 Blätter ; 50 cm des blattlosen Stengels im Heizbad. Dieselbe Pflanze dient zu 6 Versuchsreihen, die erste mit dem bewurzelten Exemplar, die 5 andern nach Entfernung der Wurzel. Wiedergegeben ist Versuchsreihe 5, ohne Wurzel.

Tab. 22.

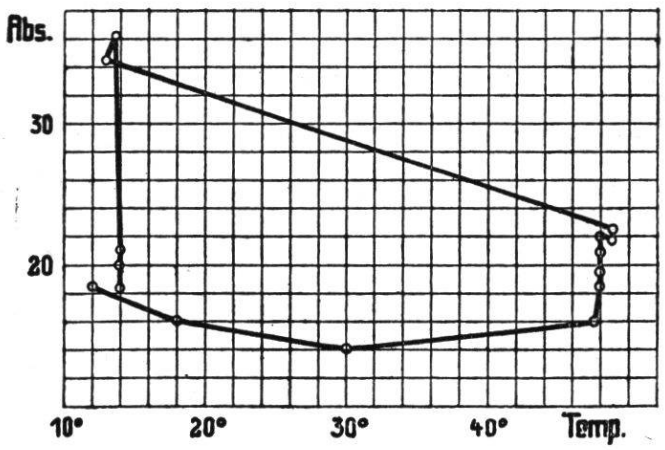
18. Nov. 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
18,5	12	2,2	20,0	48	2,2
19,0	12	2,2	21,0	48	2,2
18,5 a	12	2,2	21,5	48	2,2
16,0	18	2,2	21,5	49	2,1
14,0	30	2,2	22,0	49	2,1
16,0 b	47,5	2,3	22,5	49	2,1
18,5	48	2,3	22,5	49	2,1
18,5	48	2,3	34,5	13	2,1
19,5	48	2,3	36,5	13,5	2,1
20,0	48	2,3	21,0	14,0	2,1
20,0	48	2,2	20,0	14,0	2,1
19,5	48	2,2	18,5	14,0	2,0
22,0	48	2,2	18,5	14,0	2,0

Die Anfangsabsorptionsgeschwindigkeit steigt nach Entfernung des Wurzelwiderstandes stark an, von 36 mm auf 49 mm, sinkt aber nach dem Abschneiden von 5 Blättern auf 19 mm. Dies ist die anfängliche Absorptionsgeschwindigkeit in Versuchsreihe 5.

Aus Tab. 22 und Kurve 14 ergibt sich ein ähnliches Verhalten wie bei *Impatiens Sultani*. Bei Erwärmung unterhalb der praemortalen

Zone fällt die Absorptionsgeschwindigkeit (Tab. 22: a-b), aber nur wenig, wie überhaupt *Phaseolus* auf Temperaturänderung schwach reagiert. Bei Temperaturkonstanz steigt die Absorptionsgeschwindigkeit an; dieser Anstieg verstärkt sich bei Abkühlung (vgl. Kurve 14). Auch hier fassen wir die Reaktion während der Erwärmung und Abkühlung im wesentlichen als rein physikalische Prozesse auf. Bei Temperaturkonstanz strebt die Absorptionsgeschwindigkeit dem durch die Transpiration bedingten Wert zu. Der Anstieg bei 48° dürfte zum Teil auch praemortal sein.



Kurve 14.
Phaseolus multiflorus III, ohne Wurzel.

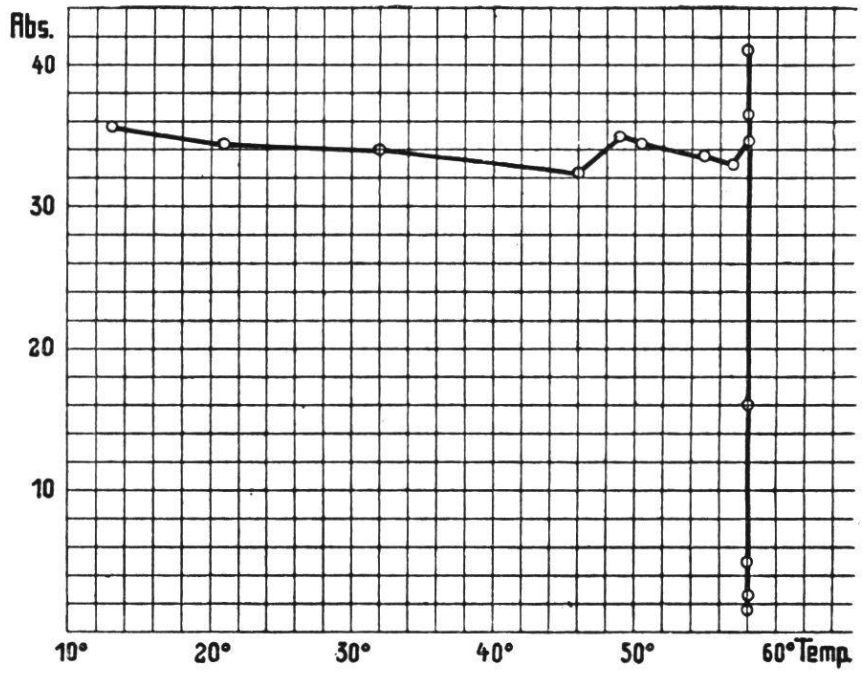
Phaseolus multiflorus Lam. IV, Sproß 2 m lang, 8 Blätter; 50 cm des blattfreien Stengels im Heizbad; Versuchsreihe 1 mit Wurzel, die übrigen ohne Wurzel. Angeführt wird Versuchsreihe 4 mit Tab. 23 und Kurve 15.

Tab. 23.
12. Nov. 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
35,5 a	13	1,0	34,5	58	1,1
34,5	21	1,0	41,0	58	1,1
34,0	32	1,0	36,5	58	1,1
32,5	46	1,1	16,0	58	1,1
35,0	49	1,1	5,0	58	1,1
35,0	49	1,1	2,5	58	1,1
34,5	50,5	1,1	1,5	58	1,1
33,5	55	1,1	1,5	58	1,1
33,0 b	57	1,1			

Durch Abschneiden der Wurzel steigt die Absorptionsgeschwindigkeit auf das Doppelte an. Nach Kurve 15 fällt die Absorption bei Erwärmung unterhalb der praemortalen Zone etwas ab (a-b). Bei 58° erfolgt ein praemortaler Anstieg, der aber nach wenigen Minuten in

letales Fallen übergeht. Offenbar sind die Zellen bei 58° noch kurze Zeit lebend, sterben dann aber ab, worauf die Absorptionskurve stark sinkt.



Kurve 15.

Phaseolus multiflorus IV, ohne Wurzel.

Eine ähnliche Erscheinung zeigt *Phaseolus multiflorus V*, Versuchsreihe 3, wo das Absterben bei 55° stattfindet.

4. *Vicia Faba L.*

3 Versuchspflanzen, 7 Versuchsreihen, alle Exemplare mit Wurzel. Erwähnt wird *Vicia Faba II*.

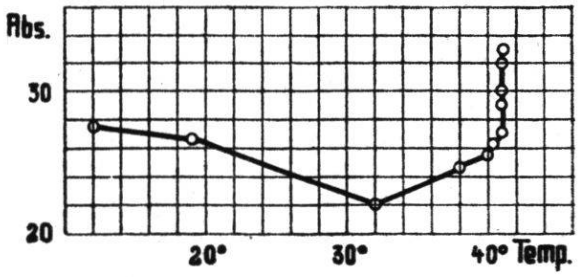
Vicia Faba L. II, mit Wurzel, Sproß 75 cm lang, 8 Blätter ; 35 cm des Stengel im Heizbad (Tab. 24, Kurve 16).

Tab. 24.

2. Dez. 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
27,5	12	2,5	27,0	41	2,4
27,5	12	2,5	29,0	41	2,3
27,5	12	2,5	29,0	41	2,3
26,5	19	2,5	30,0	41	2,3
22,0	32	2,5	32,0	41	2,3
24,5	38	2,5	33,0	41	2,2
25,5	40	2,4	33,5	40,5	2,2
26,5	40,5	2,4			

Wie gewohnt, sinkt bei rascher Temperaturerhöhung die Kurve, bei langsamer Erwärmung und bei Temperaturkonstanz steigt sie. Da die Zunahme der Absorptionsgeschwindigkeit über den Anfangswert hinaus geht, obschon Sd nicht zunimmt, dürfte es sich vielleicht zum Teil um praemortales Ansteigen handeln.



Kurve 16.
Vicia Faba II, bewurzelt.

Nach Versuchspflanze III, Versuchsreihe 2, erfolgte das Abtöten des betreffenden Exemplares allerdings erst bei 57°. Wie bekannt, hängt jedoch das Absterben nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Art der Erwärmung ab und zeigt individuelle Verschiedenheiten.

5. *Maurandia scandens Gray.*

4 Versuchspflanzen, 10 Versuchsreihen. Angeführt werden Exemplar V, Versuchsreihe 2 ; Exemplar VI, Versuchsreihe 2 ; Exemplar VII, Versuchsreihe 3.

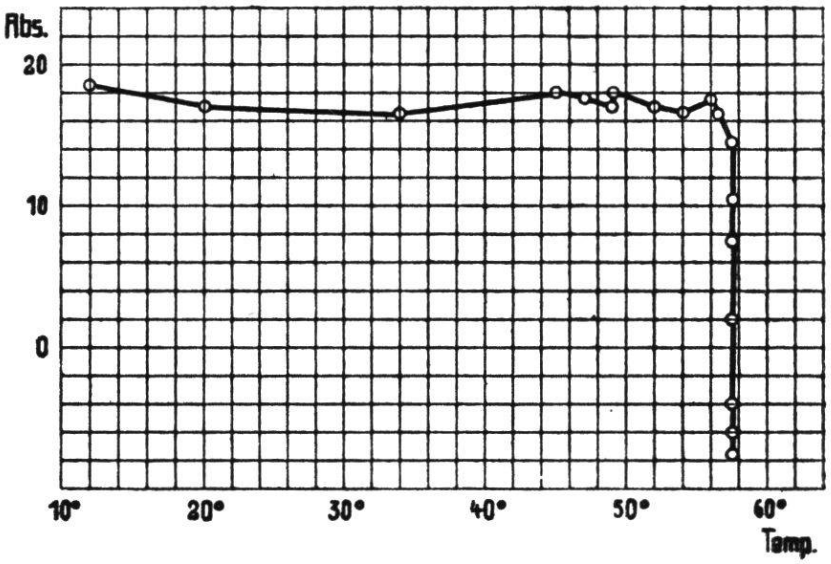
Maurandia scandens Gray V, mit Wurzel, Sproß 2 m lang, 30 Blätter; 20 cm des blattfreien Stengels im Heizbad (Tab. 25, Kurve 17).

Tab. 25.

12. Jan. 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
18,5	12	2,2	16,5	54	2,4
18,5	12	2,2	17,5	56	2,4
18,5	12	2,2	16,5	56,5	2,4
17,0	20	2,2	14,5	57,5	2,4
16,5	34	2,2	10,5	57,5	2,4
18,0	45	2,2	7,5	57,5	2,4
17,5	47	2,3	2,0	57,5	2,4
17,0	49	2,3	— 4,0	57,5	2,4
17,5	49	2,3	— 6,0	57,5	2,4
18,0	49	2,3	— 7,5	57,5	2,4
18,0	49	2,3	— 6,5	57,5	2,4
17,0	52	2,4	— 5,5	57,5	2,4

Die Erwärmung dieser nur 20 cm langen Partie ist unterhalb der kritischen Temperatur ohne großen Einfluß. Bei 56° fangen offenbar die Zellen an abzusterben, worauf die Kurve steil abfällt.



Kurve 17.
Maurandia scandens V, bewurzelt.

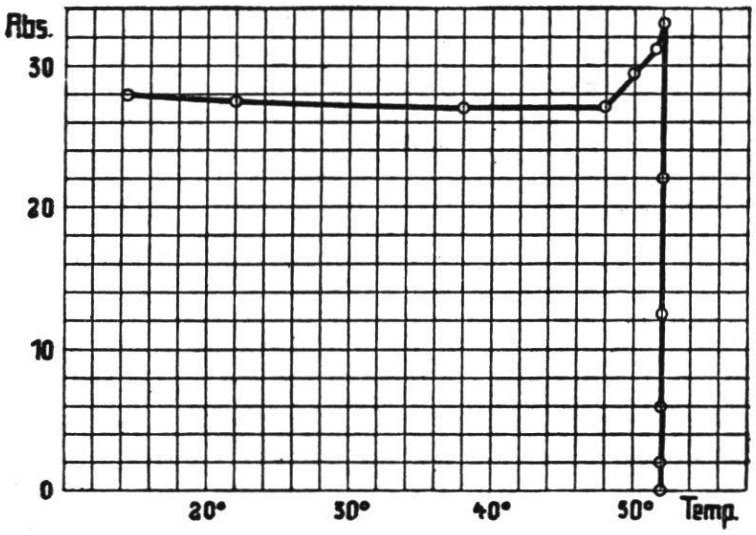
Maurandia scandens Gray VI, ohne Wurzel, Sproß 1,7 m lang, 25 Blätter ; 50 cm des Stengels im Heizbad (Tab. 26, Kurve 18).

Tab. 26.
15. Jan. 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
28,0	14,5	1,9	2,0	52	1,7
28,5	14,5	1,9	0,5	52	1,6
27,5	22	1,9	0,5	52	1,6
27,0	38	1,8	0,5	52	1,6
27,0	48	1,8	0	52	1,6
29,5	50	1,7	0	52	1,6
31,0	51,5	1,7	0	52	1,6
32,5	52	1,7	0	52	1,6
33,0	52	1,7	0	52	1,6
22,0	52	1,7	0	52	1,6
12,5	52	1,7	0	52	1,6
6,0	52	1,7	0	52	1,6
2,5	52	1,7			

Auch hier ist die rasche Erwärmung bis zu 48° ohne wesentlichen Einfluß. Bei der nun folgenden langsamen Temperaturerhöhung steigt

die Absorptionsgeschwindigkeit an, was wohl zum Teil als praemortaler Vorgang zu deuten ist, weil das Absterben schon bei 52° beginnt. Hätte man, wie im vorigen Versuch, an der kritischen Grenze nicht haltgemacht, sondern weiter erwärmt, so hätte sich wohl auch hier das letale Fallen noch weiter hinausschieben lassen.



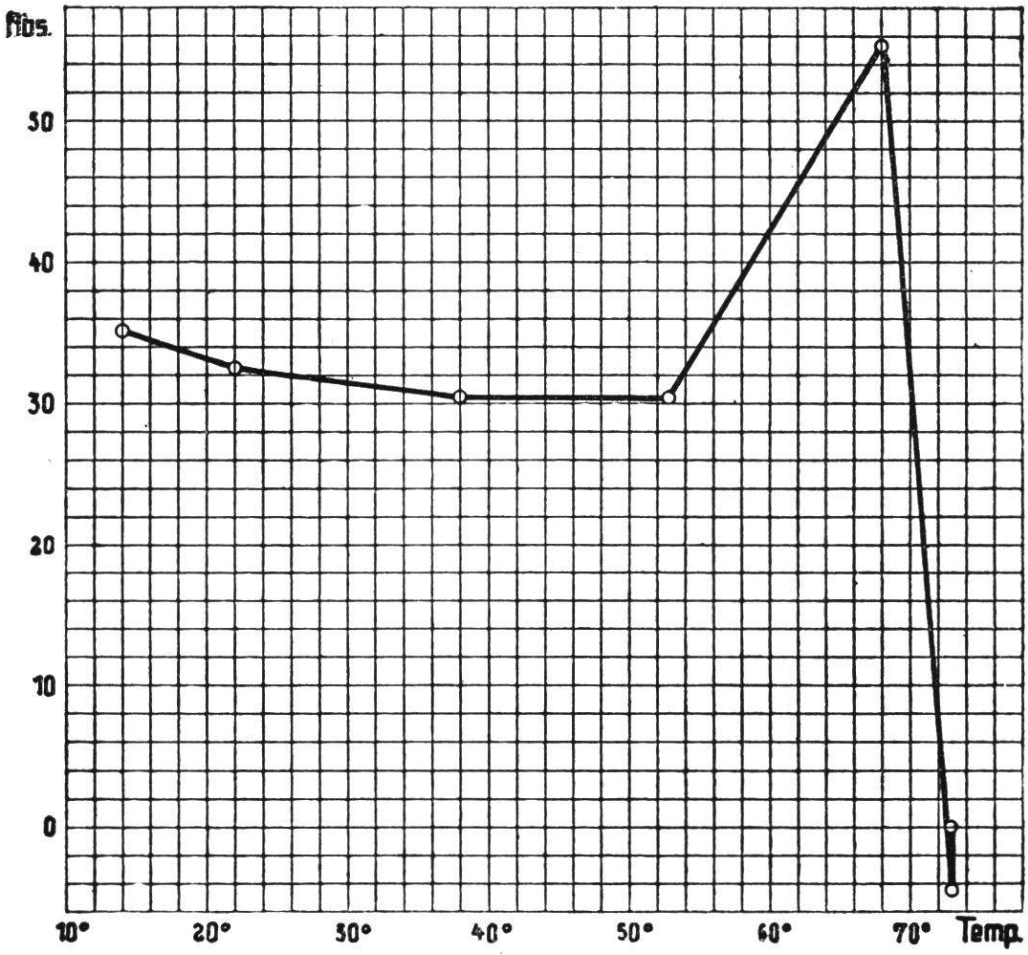
Kurve 18.
Maurandia scandens VI, ohne Wurzel.

Maurandia scandens Gray VII, Sproß 1,7 m lang, 18 Blätter ; 50 cm des Stengels im Heizbad. 3 Versuchsreihen, die erste mit Wurzel, die beiden folg. nach Entfernung d. Wurzel. Vorgelegt wird Versuchsreihe 3, ohne Wurzel (T. 27, Kurve 19).

Tab. 27.
29. Jan. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
34,5	14	2,6	0,5	73	2,4
35,0	14	2,6	0	73	2,2
32,5	22	2,6	0,5	73	2,1
30,5	38	2,5	0	73	2,1
30,5	53	2,4	0	73	2,1
55,5	68	2,4	0	73	2,1
— 4,5	73	2,4	0	73	2,1
0	73	2,6	0	73	2,1
0,5	73	2,6	0	73	2,1

Rasche Temperaturerhöhung führt wiederum zu schwachem Fallen der Absorptionskurve. Dann folgt praemortales starkes Ansteigen und letales Fallen. Da hier die Erwärmung in der kritischen Zone in großen Sprüngen stattfindet, ist die Begrenzung des praemortalen Stadiums und der Beginn des Absterbens nur ungefähr festzustellen. Das Verhalten ist trotzdem bemerkenswert, da der praemortale Anstieg besonders deutlich in Erscheinung tritt.



Kurve 19.
Maurandia scandens VII, ohne Wurzel.

6. *Fuchsia spec.*

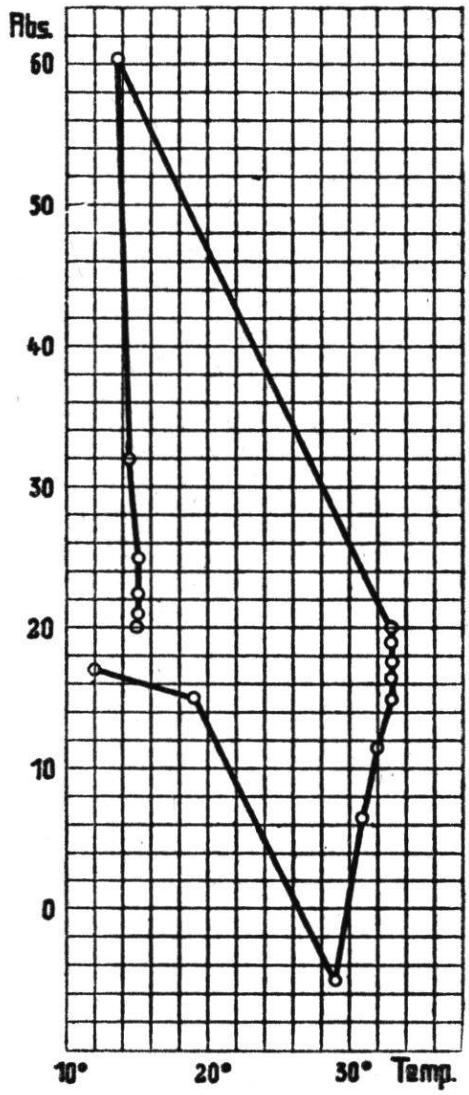
2 Pflanzen, 4 Versuchsreihen. Beschrieben werden Exemplar V, Versuchsreihen 2 und 3, sowie Exemplar VI.

Fuchsia spec. V, Pflanze 1,3 m lang, 13 Blätter ; 50 cm des blattfreien Stengels im Heizbad. 2. und 3. Versuchsreihe ohne Wurzel und mit 10 Blättern (Tab. 28 und 29, Kurven 20 und 21).

Versuchsreihe 2:
Erwärmung nur unterhalb der praemortalen Zone (Tab. 28, Kurve 20).

Tab. 28.
26. Jan. 8 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
16,5	12	2,7
16,5	12	2,7
17,0	12	2,8
15,0	19	2,8
— 5,0	29	2,8
6,5	31	2,8
11,5	32	2,8
15,0	33	2,7
16,5	33	2,7
17,5	33	2,7
19,0	33	2,7
19,0	33	2,7
19,0	33	2,7
18,5	33	2,7
19,0	33	2,7
20,0	33	2,7
20,5	33	2,7
20,0	33	2,7
60,5	13,5	2,7
32,0	14,5	2,7
25,0	15	2,7
22,5	15	2,7
21,0	15	2,7
20,0	15	2,7
20,0	15	2,7
19,5	15	2,7
20,0	15	2,7
19,5	15	2,7



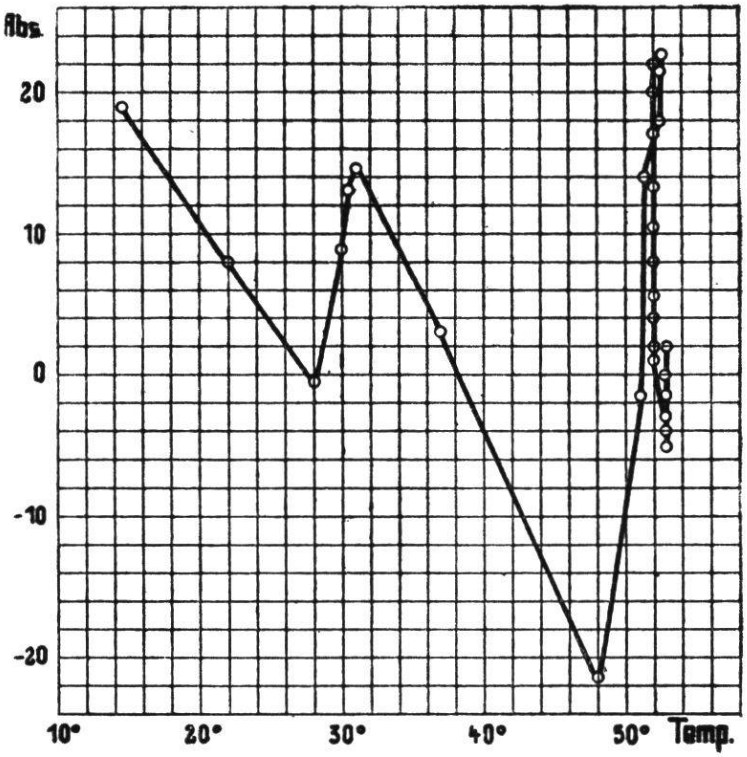
Kurve 20.
Fuchsia spec. V, ohne Wurzel.

Bei rascher Temperatursteigerung sinkt die Absorptionsgeschwindigkeit (Ausdehnung des Gefäßinhaltes) und wird sogar negativ (vgl. Kurve 20). Bei langsamer Erwärmung und Temperaturkonstanz überwiegt die Transpiration, so daß die Kurve ansteigt. Besonders stark ist der Anstieg bei Abkühlung (Kontraktion des Gefäßinhaltes). Erneute Temperaturkonstanz läßt die Kurve steil fallen und dem durch die Transpiration gegebenen Absorptionswert zustreben.

Versuchsreihe 3 (Tab. 29, Kurve 21).

Tab. 29. — 26. Jan. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
19,0	14,5	2,6	5,5	52	2,0
19,0	14,5	2,6	4,0	52	2,0
18,5	14,5	2,5	3,5	52	2,0
8,0	22	2,5	2,0	52	2,0
— 0,5	28	2,4	1,0	52	1,9
9,0	30	2,3	1,0	52	1,9
13,0	30,5	2,2	1,0	52	1,9
14,5	31	2,2	1,0	52	1,9
3,0	37	2,2	— 3,0	53	1,9
— 21,5	48	2,3	— 5,0	53	1,9
— 1,5	51	2,2	— 4,0	53	1,9
14,0	51,5	2,2	— 3,0	53	1,9
18,0	52,5	2,1	— 1,5	53	1,9
21,5	52,5	2,1	— 1,5	53	1,9
22,5	52,5	2,1	— 0,5	53	1,9
22,0	52	2,0	— 1,5	53	1,9
22,0	52	2,0	0	53	1,9
20,0	52	2,0	0,5	53	1,9
20,0	52	2,0	0,5	53	1,9
17,0	52	2,0	0,5	53	1,9
13,5	52	2,0	2,0	53	1,9
10,5	52	2,0	1,5	53	1,9
8,0	52	2,0	2,0	53	1,9



Kurve 21. — *Fuchsia spec. V*, ohne Wurzel.

Rasche Temperaturzunahme (14°-28°, 31°-48°) läßt die Absorptionskurve fallen, langsame Erwärmung bringt sie zum Ansteigen (28°-31°, 48°-52,5°) ; bei 52° ist die letale Grenze erreicht, wie das starke Sinken bei Temperaturkonstanz anzeigt. Der letzte starke Anstieg wird vornehmlich als praemortal zu betrachten sein.

Fuchsia spec. VI, mit Wurzel. Sproß 1,6 m lang, 16 Blätter ; 50 cm des Stengels im Heizbad. Nach partieller Abtötung wird die Absorption noch 27 Tage weiter verfolgt (Tab. 30 und 31, Kurve 22).

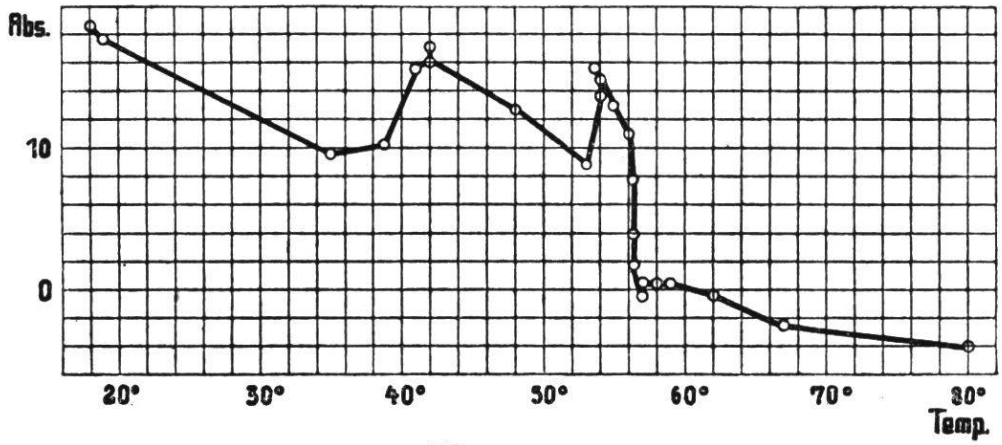
Tab. 30.

21. Mai 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
18,0	17,5	2,2	3,9	56,5	2,0
18,4	18	2,2	1,8	56,5	2,0
17,5	19	2,2	— 0,5	57	2,0
9,5	35	2,2	— 0,5	57	2,0
10,2	39	2,2	— 0,5	57	2,0
15,5	41	2,1	— 0,5	57	2,0
15,8	41,5	2,1	— 0,3	57	2,0
16,0	42	2,1	0	57	2,0
16,6	42	2,1	0,5	57	2,0
17,1	42	2,1	0,5	57	2,0
16,8	42	2,1	0,5	57	2,0
16,0	42	2,0	0,5	58	2,0
16,7	42	2,0	0,5	58	2,0
17,0	42	2,0	0,5	58	2,0
16,5	42	2,0	1,0	58	2,0
16,3	42	2,0	1,0	58	2,0
12,6	48	2,0	0,5	59	2,0
8,7	53	2,0	— 0,5	62	2,0
13,7	54	2,0	— 2,5	67	2,0
14,7	54	2,0	— 4,0	80	2,0
15,6	53,5	1,9			
15,0	54	1,9	22. Mai 9 Uhr.		
14,5	54	1,9	1,9	18	2,2
13,0	55	1,9	1,9	18	2,2
11,0	56	1,9	1,9	18	2,2
7,8	56,5	1,9	1,9	18	2,2

Auch hier fällt die Kurve bei rascher Temperaturzunahme (17,5°-35°, 42°-53°), und steigt bei langsamer Erwärmung oder Temperaturkonstanz (35°-42°, 53°-54°).

Bei 54° sterben die lebenden Zellen ab, worauf die Kurve steil abfällt und bei neuer Erwärmung noch tiefer sinkt, z. T. weil nach Auf-



Kurve 22.
Fuchsia spec. VI, bewurzelt.

hebung der Semipermeabilität Zellsaft ausgepreßt wird, bis die Wände entspannt sind, z. T. wegen der Ausdehnung des Gefäßinhaltes bei Temperatursteigerung.

Die weitere Verfolgung der Absorption geschah bei Zimmertemperatur und möglichst günstiger Belichtung.

Tab. 31.

Datum	Tageszeit	Durchschnittliche Absorption pro 5 Min.	Sd	Zahl der Blätter
21. Mai	14	18,0 [1]	2,2	16
22. Mai	9	1,9 [2]	2,2	16
25. Mai	10	10,4	4,5	10 [3]
26. Mai	10	8,0 [4]	4,4	9
28. Mai	10	8,8	4,3	6 [5]
31. Mai	10	5,1	4,2	6 [6]
2. Juni	9	4,3	4,2	6
4. Juni	9	3,5	4,2	6 [7]
7. Juni	16	2,1	3,9	6 [8]
10. Juni	16	1,8	3,8	
17. Juni	16	1,2	3,3	
18. Juni	16	1,4	3,2	

[1] Nach der Messung partiell abgetötet.

[2] Nach der Messung Potometerwasser gewechselt und Beleuchtung verbessert. 6 Blätter abgefallen, davon waren 2 welk.

[3] 1 Blatt welk, fiel bei leichtem Schütteln ab.

[4] Nach der Messung Potometerwasser durchlüftet, dabei 3 welke Blätter abgefallen. [5] 2 Blätter welk.

[6] Alle Blätter welk und gelblich, Rand dürr.

[7] Unterhalb der toten Zone bilden sich 3 kleine Seitenzweige.

[8] Oberhalb der abgetöteten Zone alle Blätter dürr.

Am 22. Mai, 16 Stunden nach partieller Abtötung, ist die Absorption von 18 mm auf 1,9 mm zurückgegangen bei gleichen Außenbedingungen. Sehr auffallend ist das starke Wiederansteigen der Absorption am 25. Mai auf 10,4 mm, obwohl die Blattzahl von 16 auf 10 reduziert war. Soweit die Aufzeichnungen gehen, ist dieses Verhalten zurückzuführen auf Erhöhung des Sättigungsdefizits Sd und Verbesserung der Beleuchtung. Gleichzeitig wurde auch das Potometerwasser gewechselt; doch dürfte dies kaum von wesentlichem Einfluß gewesen sein, da das Potometerwasser am 22. Mai weniger lang im Potometer gewesen war als am 25. Mai.

Jedenfalls beweist das am 22. Mai einsetzende Welken, daß die Wasserzufuhr zu den Blättern ungenügend geworden ist, um den Verbrauch zu decken. Die Ursache ist in der ungenügenden Leitung zu suchen, da unterhalb der toten Zone 3 Knospen sich entwickelten, die zu turgeszenten Seitensprossen auszutreiben begannen.

2 später mitzuteilende Filtrationsversuche mit *Fuchsia* berechtigen ferner zum Schluß, daß nicht Verstopfungen das Welken bewirkten.

7. *Pseudotsuga Douglasii Carr.*

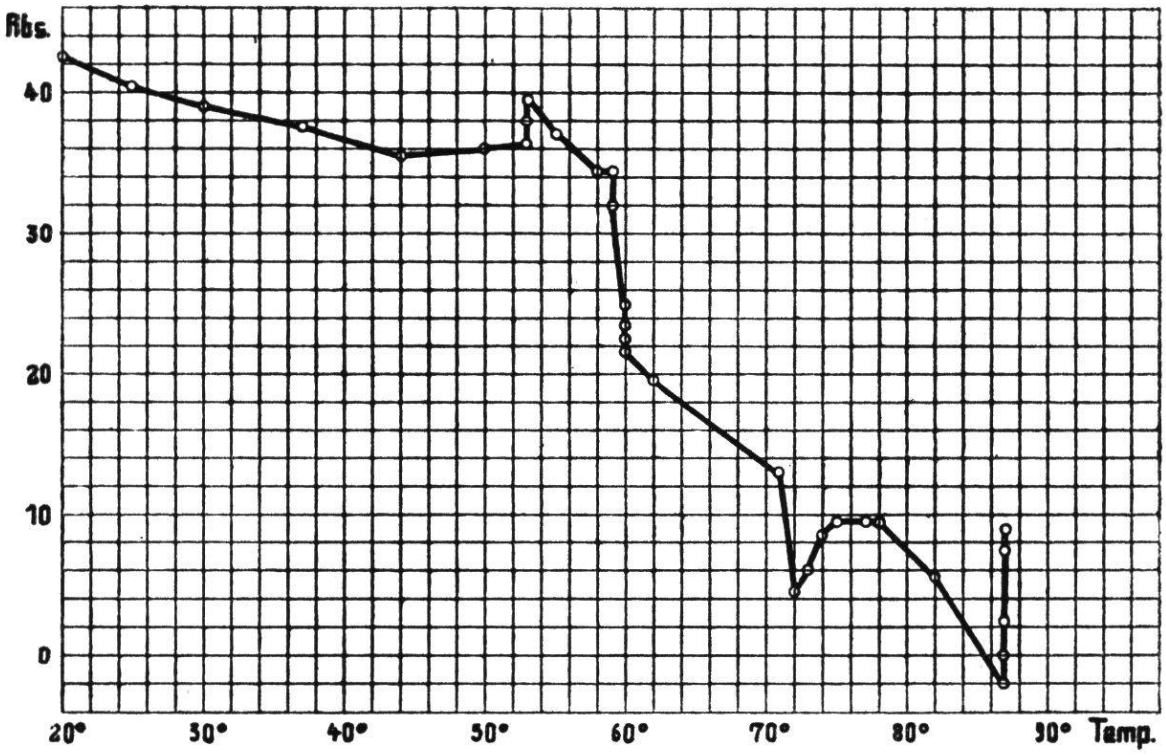
Berindeter Ast, 2 m lang; 80 cm weit die Seitenzweige entfernt und die Schnittflächen verschlossen; 50 cm im Heizbad. 1 Versuchsast, 2 Versuchsreihen. Besprochen wird Versuchsreihe 2 (Tab. 32, Kurve 23).

Tab. 32.
3. Sept. 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
42,5	20	2,3	39,5	53	2,1
42,5	20	2,3	39,5	53	2,1
40,5	25	2,2	39,0	53	2,1
39,0	30	2,2	39,0	53	2,1
37,5	37	2,1	37,0	55	2,1
35,5	44	2,1	34,5	58	2,1
36,0	50	2,1	34,5	59	2,0
36,5	53	2,1	32,0	59	2,0
37,0	53	2,1	31,5	59	2,0
38,0	53	2,1	25,0	60	2,0
38,5	53	2,1	21,5	60	2,0
39,5	53	2,1	23,5	60	2,0
39,5	53	2,1	22,5	60	2,0

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
22,5	60	2,0
22,0	60	2,0
19,5	62	2,0
13,0	71	1,9
4,5	72	1,9
6,0	73	1,9
8,5	74	1,9
9,5	75	1,9
9,5	77	1,8
9,5	78	1,8
5,5	82	1,8

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
— 2,0	87	1,8
0	87	1,8
2,5	87	1,8
7,5	87	1,8
9,0	87	1,8
4. Sept. 9 Uhr.		
34,0	19	2,1
34,0	19	2,1
34,0	19	2,1



Kurve 23.
Pseudotsuga Douglasii, berindeter Ast.

Rasche Erwärmung hat schwaches Fallen der Absorptionsgeschwindigkeit zur Folge. Bei Temperaturkonstanz (53°) steigt die Kurve der fortdauernden Transpiration zufolge wieder etwas an. Bald sterben aber die lebenden Zellen ab und scheiden wie gewohnt Saft aus, der die Kurve zum Sinken bringt, das bei weiterer Erwärmung durch die physikalische Ausdehnung des Tracheideninhaltes noch verstärkt wird.

Absorpt.geschw. am 3. Sept. (Sd 2,3) bei 20° = 42,5 mm, darauf part. Abtöt.
Absorpt.geschw. am 4. Sept. (Sd 2,1) bei 19° = 34,0 mm.

Inwieweit dieser Rückgang auf Verstopfung der Schnittfläche zurückzuführen ist, inwieweit auf das partielle Abtöten, wurde nicht

untersucht. Mit einem entrindeten Zweig wurde nicht experimentiert, so daß noch festzustellen bleibt, ob der Wasseraustritt hauptsächlich aus den Markstrahlen oder der Rinde erfolgte.

8. Abies alba Mill. V.

Berindeter, 1,1 m langer Ast; 50 cm im Heizbad. Alle Nadeln tragenden Zweige befinden sich außerhalb des Bades (Tab. 33, Kurve 24).

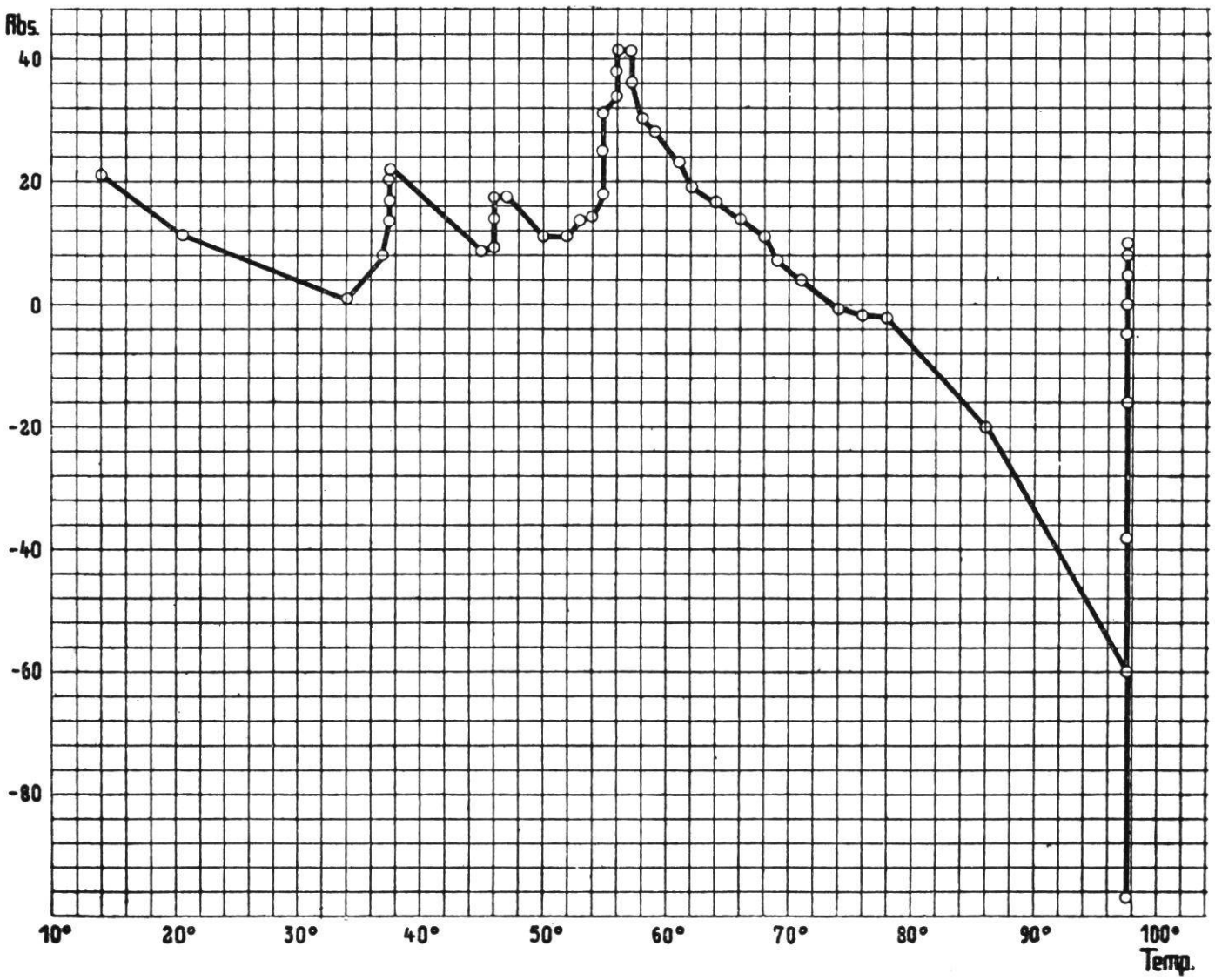
Tab. 33.

12. Nov. 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
21,0	14	1,9
21,0	14	1,9
11,5	20,5	1,9
1,0	34	1,9
8,0	37	1,9
13,5	37,5	1,9
17,0	37,5	1,9
20,5	37,5	1,9
19,5	37,5	1,9
20,5	37,5	1,9
22,0	37,5	1,9
22,0	37,5	1,9
22,0	37,5	1,9
9,0	45	1,9
9,5	46	1,9
14,0	46	1,9
17,5	46	2,0
17,5	47	2,0
11,0	50	2,0
11,0	52	2,1
13,5	53	2,1
14,5	54	2,1
18,0	55	2,1
25,0	55	2,1
31,0	55	2,1
34,0	56	2,1
38,0	56	2,1
41,5	56	2,2
41,0	57	2,2
41,0	57	2,2
36,0	57	2,4
30,0	58	2,4
28,0	59	2,4
23,5	61	2,5
19,5	62	2,5
17,0	64	2,5
14,0	66	2,6
11,0	68	2,6
7,0	69	2,7
4,0	71	2,7
— 0,5	74	2,7
— 1,5	76	2,7
— 2,0	78	2,7
— 20,0	86	2,7
— 60,0	97,5	2,8
— 97,0	97,5	2,8
— 38,0	97,5	2,7
— 16,0	97,5	2,5
— 5,0	97,5	2,3
0	97,5	2,2
5,0	97,5	1,9
5,5	97,5	1,6
8,0	97,5	1,4
9,5	97,5	1,2
9,0	97,5	1,0
9,5	97,5	0,9

13. Nov. 9 Uhr.

10,5	15,0	2,1
10,5	15,0	2,1
10,5	15,0	2,1
10,5	15,0	2,1



Kurve 24.
Abies alba V, berindeter Ast.

Rasche Temperaturerhöhung (14°-34°, 37°-45°) unterhalb der praemortalen Zone läßt die Absorptionskurve sinken, langsame Erwärmung und Temperaturkonstanz (34°-37°, 46°) bringen die Kurve zum Steigen. Bei ca. 55° setzt ein starker, zum Teil praemortaler Anstieg ein, der mit dem bald beginnenden Absterben der lebenden Zellen in Fallen übergeht, bis die Wände entspannt sind und die Temperatur nicht mehr zunimmt. Dann strebt die Absorption dem durch die Transpiration bedingten Wert entgegen.

Absorpt.geschw. am 12. Nov. (Sd 1,9) bei 14° = 21,0 mm, darauf part. Abtöt.
Absorpt.geschw. am 13. Nov. (Sd 2,1) bei 15° = 10,0 mm.

Inwieweit dieser Rückgang der Absorptionsgeschwindigkeit bis zur Hälfte auf Verstopfung der Schnittfläche beruht, inwieweit auf dem partiellen Abtöten, wurde nicht untersucht.

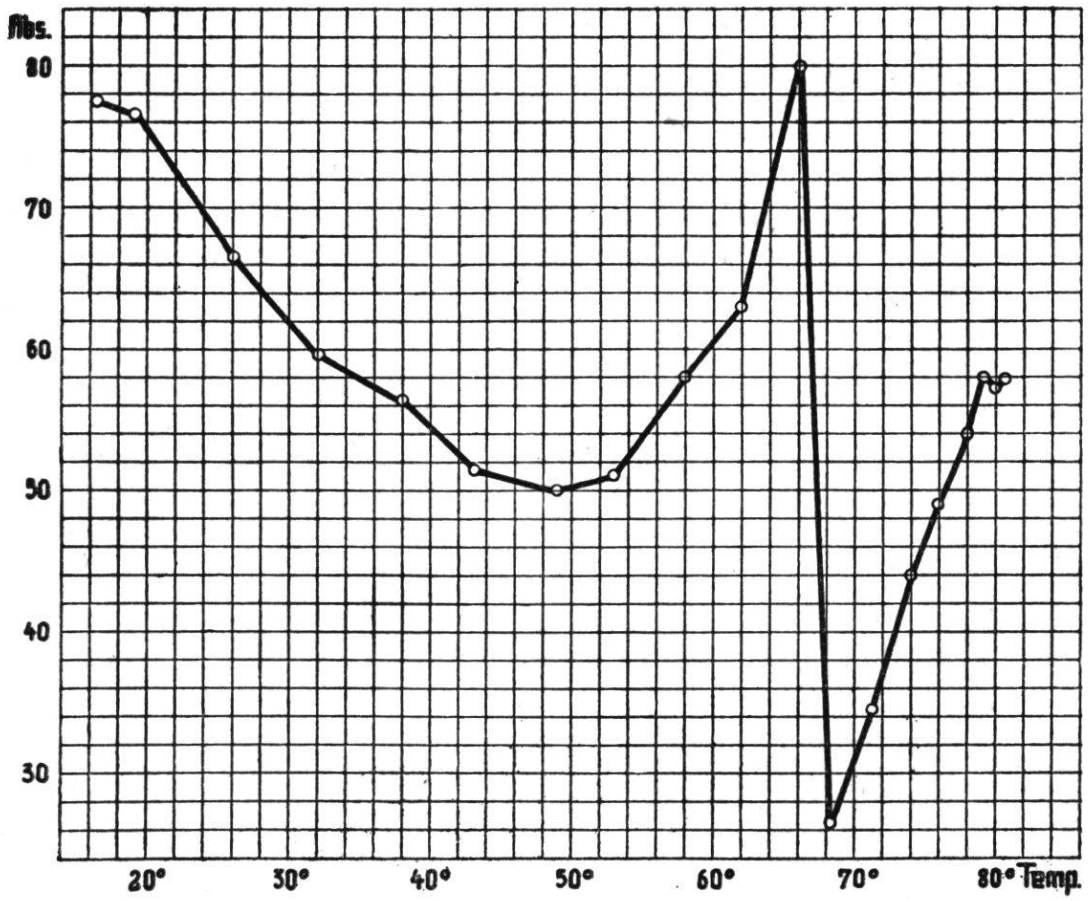
9. *Abies alba Mill. VI.*

1,2 m langes Aststück mit ca. 2500 Nadeln. 63 cm lange apikale Partie des Hauptastes mit Seitensprossen außerhalb des Heizbades. Von der basalen Partie befinden sich 17 cm außerhalb des Bades, davon 6 cm im Potometer. 40 cm der Hauptachse mit Rinde, umgeben von einem Gummischlauch, tauchen ins Heizbad. Durchmesser am basalen Ende ohne Rinde 7 mm.

Tab. 34.

25. Sept. 11 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
155,0	16,5	51,5	43	44,0	74
		50,0	49	49,0	76
2 ½ Stunden Pause.		51,0	53	54,0	78
77,5	16,5	58,0	58	58,0	79
76,5	19	63,0	62	57,0	80
66,5	26	80,0	66	58,0	80,5
59,5	32	26,5	68,5		
56,5	38	34,5	71,5		



Kurve 25.

Abies alba VI, berindeter Ast.

Sofort nach Versuchseinstellung beträgt die Absorption pro 5 Min. 155 mm bei Zimmertemperatur. 2 ½ Stunden später ist sie auf die Hälfte gesunken, wohl infolge Verstopfung der Schnittfläche und zunehmender Wassersättigung der lebenden Zellen.

Bei Erwärmung bis ca. 50° sinkt die Absorptionskurve entsprechend der physikalischen Ausdehnung des Wassers und der Gasblasen in den Tracheiden der erwärmten Zone. Von 53°-66° steigt die Kurve steil an in praemortaler Absorptionszunahme, um nach dem Absterben der lebenden Zellen rasch zu fallen bei 66°. Daraufhin nimmt die Absorptionsgeschwindigkeit wieder zu und führt zu den durch Transpiration und Leitung bedingten Werten.

10. Abies alba Mill. VII.

1,33 m langes Aststück mit ca. 1250 Nadeln. 16 cm der basalen, entrindeten Partie befinden sich außerhalb des Heizbades, davon 7 cm im Potometer. 42 cm der Hauptachse, entrindet und in Gummischlauch gehüllt, tauchen ins Heizbad. 75 cm der apikalen Partie mit Rinde, Nadeln und Seitenzweigen ragen aus dem Heizbad heraus und sind gegen Erwärmung isoliert. Durchmesser am basalen Ende ohne Rinde 7 mm. Beginn der Messung sofort nach Einstellung des Versuches.

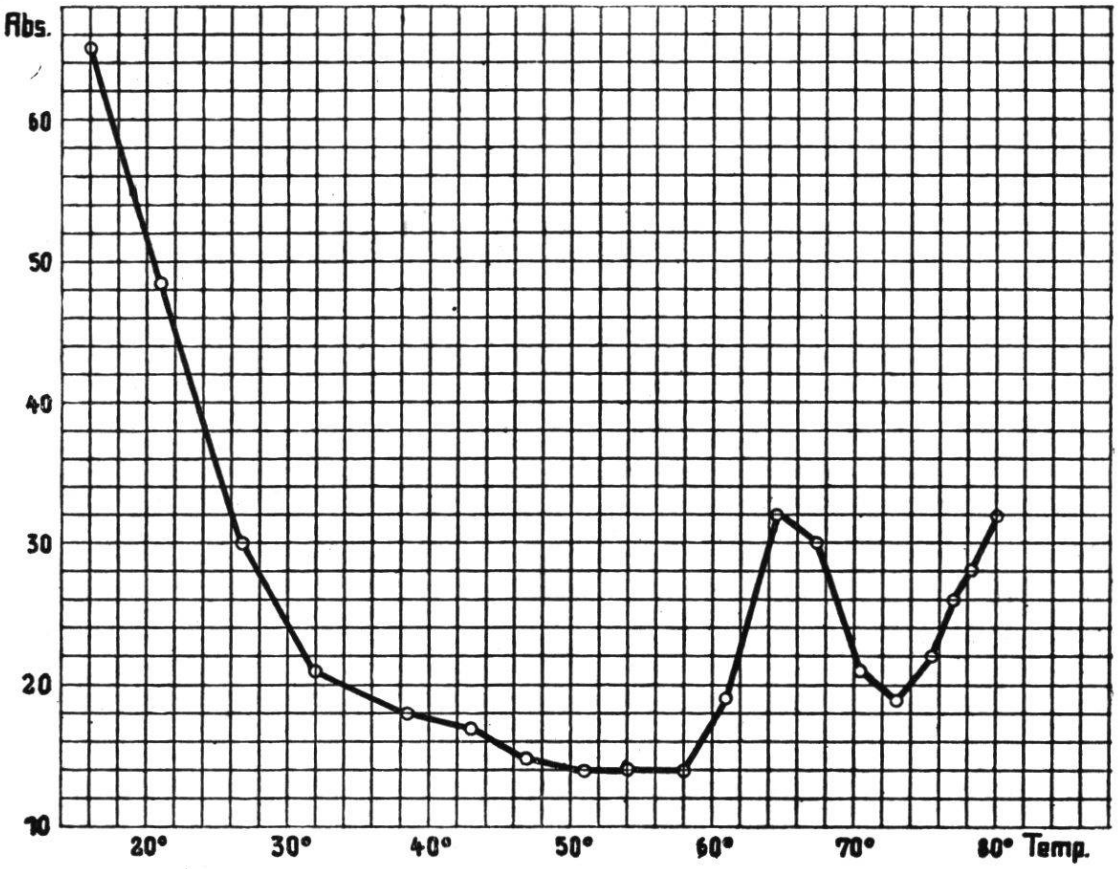
Tab. 35.
25. Sept. 16 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C
65,0	16	14,0	51	19,0	73
48,5	21	14,0	54	22,0	75,5
30,0	27	14,0	58	26,0	77
21,0	32	19,0	61	28,0	78,5
18,0	38,5	32,0	64,5	32,0	80
17,0	43	30,0	67,5		
15,0	47	21,0	70,5		

Die Reaktionen entsprechen im Prinzip denjenigen des berindeten Zweiges *Abies VI*. Praemortal- wie Letalstadium treten deutlich auf. Warum der praemortale Anstieg bei *Abies VII* später einsetzt und etwas schwächer ist, müßte durch weitere Versuche geklärt werden. Daß der letale Abfall weniger steil ist wie bei *Abies VI*, kann damit zusammenhängen, daß der Saftaustritt aus den abgetöteten Zellen sich

nicht nur im Potometer auswirkte, sondern zum Teil auch seitlich zwischen Zweig und Gummischlauch erfolgte.

Das ähnliche Verhalten des berindeten und des entrindeten *Abies*-zweiges bei partieller Abtötung scheint (vgl. S. 84) den Schluß zu recht-



Kurve 26.

Abies alba VII, die erwärmte Partie der Hauptachse entrindet.

fertigen, daß der praemortale Anstieg und das letale Fallen den Markstrahlen allein, unter Ausschluß der Rindenzellen, zuzuschreiben sind.

Partielle Abtötungen an *Abies*ästen, die am intakten Baume inseriert blieben, sind früher von Ursprung (1907) vorgenommen worden. Wurden 1 m lange Äste auf 10 cm mit Wasserdampf abgetötet, so begannen die Nadeln nach 1 Monat abzusterben, während an gleichzeitig abgeschnittenen Ästen die Nadeln schon nach 12 Tagen sich abstreifen ließen. Über die tote Strecke wird also wohl noch Wasser befördert, doch sind die lebenden Astzellen offenbar zu einem ausreichenden Wassertransport nötig. Als lebende Zellen kommen in Betracht die Markstrahlen des Holzes und die lebenden Zellen der Rinde.

Über die Bedeutung der Rinde gaben Rindenringelungen einigen Aufschluß. Etwa 1 m lange Äste auf 90 cm geringelt, ließen nach drei

Wochen die jungen Triebe welken, auch wenn der entblößte Holzkörper mit Baumwachs bedeckt war. Die Rinde ist somit ebenfalls notwendig für eine genügende Wasserleitung. Versuche mit anderen Koniferen : *Larix decidua, Picea excelsa, Pinus silvestris, Pinus Strobus* hatten prinzipiell dieselben Resultate ergeben wie *Abies.*

Die Beteiligung der Rinde beim Saftsteigen läßt zwei Möglichkeiten zu : entweder erfolgt die Wasserleitung ausschließlich im Holz, und die Rinde hat nur die Aufgabe, das Holz leitfähig zu erhalten ; oder auch die Rinde ist irgendwie an der Wasserleitung direkt beteiligt. Einige Anhaltspunkte ergaben Rindenringelungen von URSPRUNG bei *Larix* (1907). Je länger die geringelte Strecke war, um so rascher starben die Nadeln ab. Bei nur 1 cm langer Rindenringelung ließ sich eine Schädigung nicht erkennen. Bei einer 10 cm langen Ringelung, die sich aber nur auf $^3/_4$ des Umfanges erstreckte, so daß eine Rindenbrücke übrig blieb, war die Schädigung am kleinsten, wenn die Rindenbrücke mit dem Holz verwachsen war ; die Schädigung war größer, wenn man die Brücke beließ, aber vom Holz loslöste ; die Schädigung war am größten, wenn man die Brücke ganz entfernte.

Die Schädigung nach Ersetzung der Rinde durch Baumwachs ist kein Beweis, daß die Rinde auch zur Wasserleitung dient ; denn, wenn hier der seitliche Wasserverlust auch verhindert sein mag, so bleibt doch die Schädigung der peripheren Markstrahlenden des Holzes. Dasselbe gilt für die Schädigung bei Vorhandensein der Rindenbrücke durch deren Loslösung vom Holz. Ebenso lassen sich meine partiellen Abtötungsversuche berindeter und entrindeter Zweige mit der Schutzfunktion der Rinde in Einklang bringen.

11. Cyperus alternifolius L. I.

Mit Wurzeln. Von den anfänglich vorhandenen 12 Stengeln wurden 10 abgeschnitten und die Wunden verschlossen. Die beiden verbleibenden Halme sind 75 bzw. 65 cm lang ; 50 cm des längeren und 40 cm des kürzeren befinden sich im Heizbad. Dieselbe Pflanze dient zu 5 Versuchsreihen, von denen die 3., 4. und 5. erwähnt werden (Tab. 36, 37 und 38 ; Kurven 27, 28 und 29).

Versuchsreihe 3 (Tab. 36, Kurve 27).

Tab. 36.

1. Juli 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
20,5	19	2,2	24,0	35	2,4
20,5	19	2,2	50,0	21	2,3
— 3,5	25	2,2	16,0	22	2,3
— 5,0	30	2,2	18,5	22	2,3
11,0	32	2,2	21,0	22	2,3
29,0	34	2,3	21,0	22	2,3
26,5	35	2,3	21,0	22	2,3
25,0	35	2,3			

Bei der Erwärmung von 19° auf 30° sinkt die Absorptionsgeschwindigkeit, bei der folgenden langsamen Temperaturzunahme bis auf 34° überwiegt die Transpiration die physikalische Ausdehnung, und die Kurve steigt ; weitere Erwärmung läßt sie wieder etwas fallen und dann bei Abkühlung (35°-ca. 21°) stark ansteigen. Bei Temperaturkonstanz nähert sie sich der durch die Transpiration gegebenen Absorptionsgeschwindigkeit.

Versuchsreihe 4 (Tab. 37, Kurve 28).

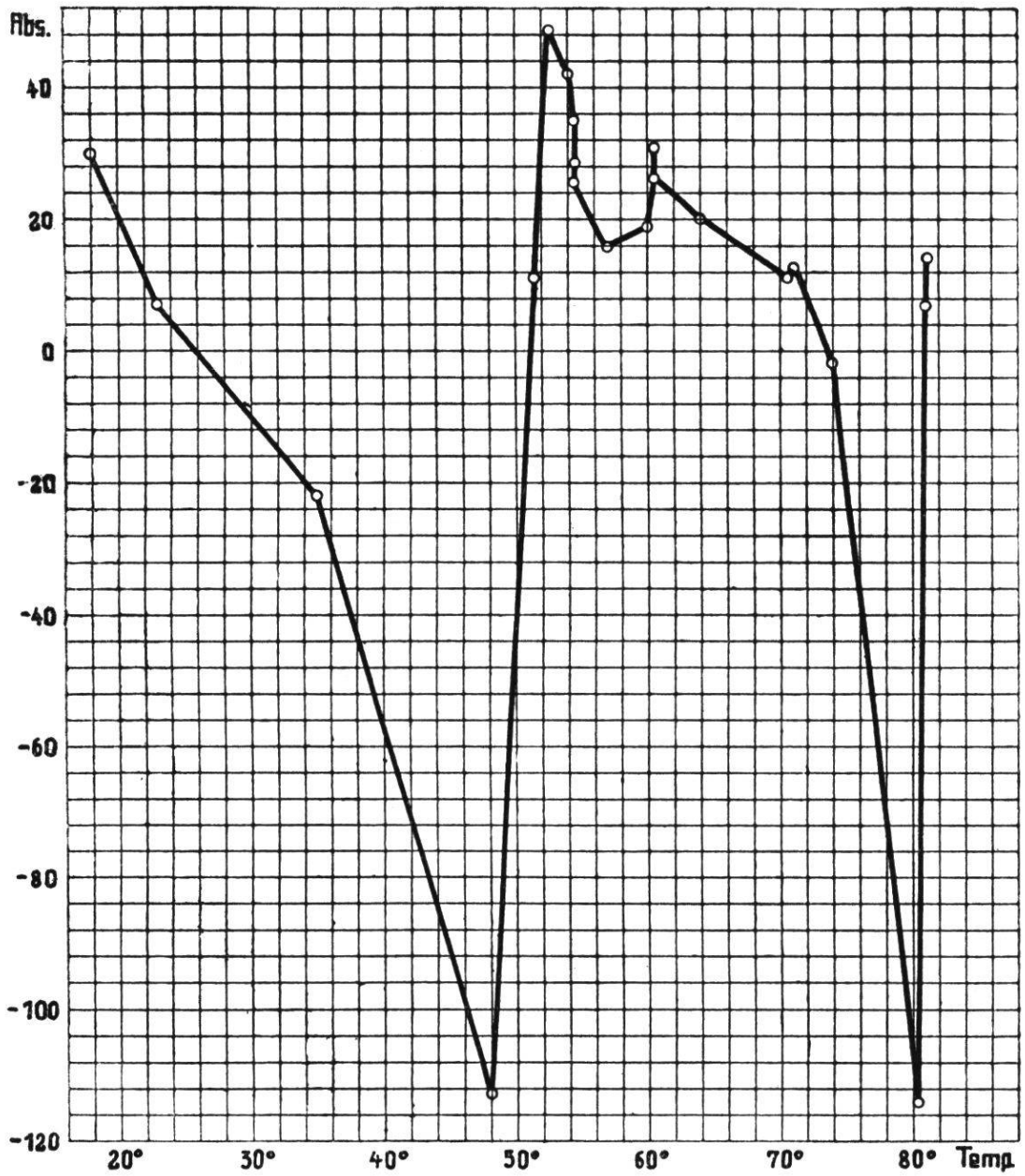
Tab. 37.

2. Juli 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
29,5	18	2,7	16,0	57	2,4
30,0	18	2,7	19,0	60	2,3
7,0	23	2,6	26,5	60,5	2,2
— 22,0	35	2,6	31,0	60,5	2,2
— 112,5	48	2,5	27,0	60,5	2,2
11,0	51,5	2,5	20,0	64	2,2
49,0	52,5	2,5	11,0	70,5	2,2
42,0	54	2,5	12,5	71	2,3
35,0	54,5	2,5	— 2,0	74	2,3
28,5	54,5	2,5	— 114,0	80,5	2,3
25,5	54,5	2,5	7,0	81	2,3
26,0	54,5	2,5	14,5	81	2,3
26,0	54,5	2,5			

Bei der Erwärmung von 18° auf 48° sinkt die Absorptionsgeschwindigkeit und wird stark negativ. Bei der weiteren Temperaturzunahme auf 52,5° erfolgt steiles Ansteigen, das vielleicht z. T. als

praemortal zu bezeichnen ist. Jedenfalls ist die letale Grenze erreicht worden, denn es setzt nun deutliches Fallen ein, solange der Saftaustritt aus den abgetöteten Zellen in die toten Leitbahnen stärker ist als der



Kurve 28.
Cyperus alternifolius I, bewurzelt.

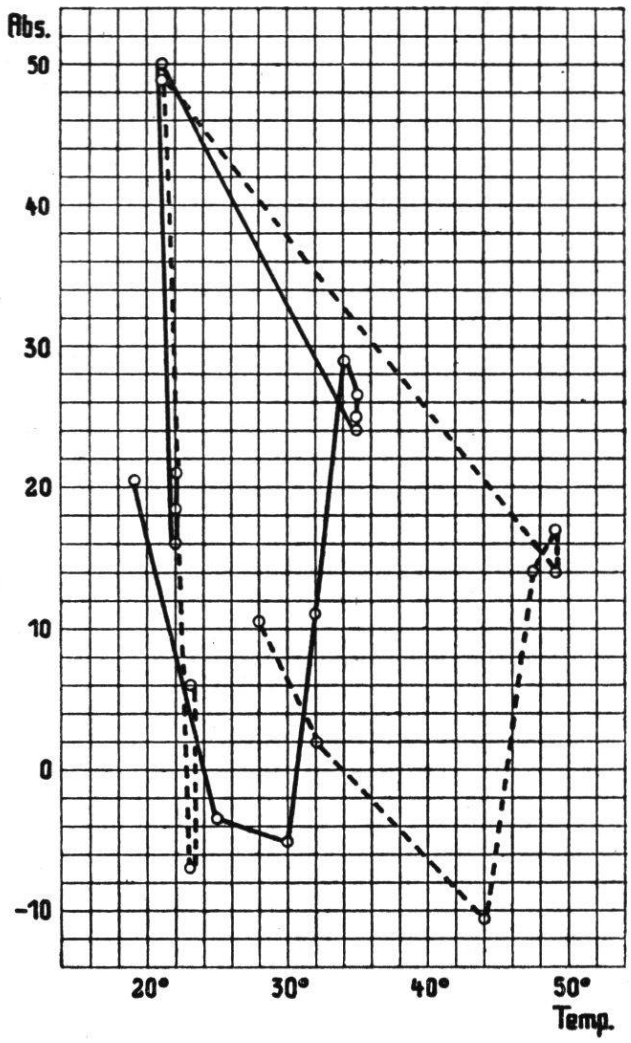
Wasserverlust aus diesen Bahnen durch Transpiration. Sind die Wände entspannt, so strebt die Absorptionsgeschwindigkeit dem Werte zu, welcher der Transpiration, der Leitfähigkeit und der Viskosität entspricht.

Versuchsreihe 5.

Dieselbe Versuchspflanze wie in Versuchsreihe 3 und 4 wird nochmals, ca. 4 Stunden nach der partiellen Abtötung (Versuchsreihe 4), partiell erwärmt (Tab. 38 und 39; Kurve 29).

Tab. 38.
2. Juli 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
10,5	28	2,9
10,5	28	2,9
2,0	32	2,9
— 10,5	44	2,8
14,0	47,5	2,7
17,0	49	2,6
14,0	49	2,6
13,5	49	2,6
49,0	21	2,6
— 7,0	23	2,6
6,0	23	2,6



— Kurve 27 : *Cyperus alternifolius I*, vor part. Abtöten.

--- Kurve 29 : *Cyperus alternifolius I*, nach part. Abtöten.

Ein Vergleich der Kurven 27 und 29 zeigt einen ähnlichen Verlauf. Da es sich bei Kurve 29 wahrscheinlich um eine rein physikalische Reaktion handelt, bestätigt sich unsere Auffassung, die im Fallen bei starker und rascher Temperaturerhöhung und im Steigen bei schwacher und langsamer Erwärmung unterhalb der praemortalen Zone, ebenso im Ansteigen bei Abkühlung einen einfachen physikalischen Prozeß erblickt. Noch deutlicher ist der Parallelismus bei einem Vergleich der Temperatur- und Absorptionsänderung pro Minute.

Nach partieller Abtötung wird die Absorption noch 8 Tage weiter verfolgt, bis alle Blätter verdorrt sind. Die Angaben vom 30. Juni und 1. Juli sind den nicht ausführlich wiedergegebenen Versuchsreihen 1 und 2 entnommen.

Tab. 39.

Datum	Tages-zeit	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
30. Juni	15	20,0	18,5	2,3
1. Juli	8 ½	39,0	19,5	3,4
1. Juli	15	20,5	19	2,2
2. Juli	9	30,0 [1]	18	2,7
2. Juli	15	10,5	28	2,9
3. Juli	14	10,0	18	3,4
am 5. Juli Potometerwasser erneuert				
6. Juli	11	11,0	18	3,4
7. Juli	14	9,0	18	3,4 [2]
8. Juli	14	8,5	18	3,4
10. Juli	11	8,0	18	3,4 [3]

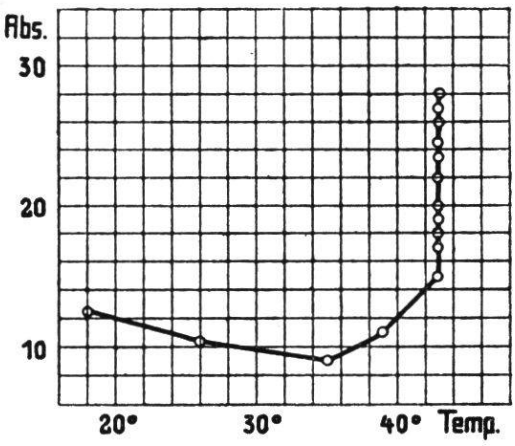
Vor dem part. Abtöten ist bei Sd 3,4 die Absorpt.geschw. = 39 mm
Nach d. part. Abtöten ist bei Sd 3,4 die Absorpt.geschw. = 10-8 mm

Die Absorptionsgeschwindigkeit sinkt also durch das partielle Abtöten auf $^1/_4$ - $^1/_5$ des Anfangswertes.

12. Secale cereale L.

8 Versuchspflanzen, 18 Versuchsreihen. Pflanzen z. T. mit und z. T. ohne Wurzeln. Beschrieben werden *Secale cereale* I und II.

Secale cereale L. I, Versuchsreihe 1. Ohne Wurzel, Halm 1,4 m lang; 2 Blätter wurden abgeschnitten und die Wunde verschlossen, es bleibt 1 Blatt außerhalb des Heizbades. Es werden 50 cm des Halmes erhitzt (Tab. 40, Kurve 30).



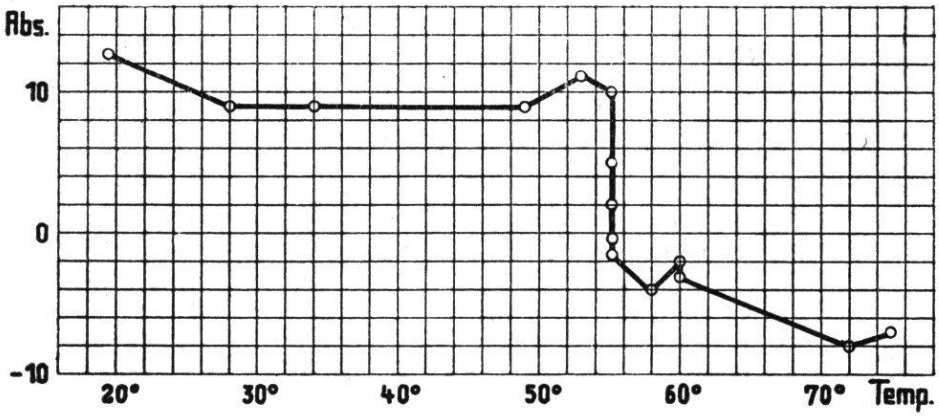
Kurve 30.
Secale cereale I, ohne Wurzel.

[1] Nach der Messung partielle Abtötung.
[2] Blätter vertrocknend.
[3] Alle Blätter dürr.

Tab. 40.
13. Juli 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
12,5	18	1,3	24,5	43	1,2
12,5	18	1,3	23,5	43	1,2
10,5	26	1,2	23,5	43	1,2
9,0	35	1,2	24,0	43	1,2
11,0	39	1,2	25,5	43	1,2
14,7	43	1,2	26,0	43	1,2
17,0	43	1,2	26,5	43	1,2
18,0	43	1,2	27,0	43	1,2
18,5	43	1,2	27,0	43	1,2
19,0	43	1,2	28,0	43	1,2
19,0	43	1,2	27,0	43	1,2
19,0	43	1,2	27,0	43	1,2
20,0	43	1,2	27,0	43	1,2
22,0	43	1,2			

Wie gewohnt, sinkt anfänglich bei rascherer Erhitzung die Absorptionsgeschwindigkeit ab und steigt an bei langsamerer Erwärmung; besonders aber erfolgt bei Temperaturkonstanz von 43° und bei konstantem Sd ein langes anhaltendes Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit. Dieselbe Erscheinung zeigt bei der gleichen Temperatur auch *Secale cereale II* in Versuchsreihe 1. Da das Absterben erst über 50° eintritt, ist das Ansteigen bei 43° kaum als praemortal aufzufassen, umso weniger, als alle übrigen Versuchsexemplare von *Secale cereale* diese Eigentümlichkeit nicht zeigen. Offenbar ist die Ursache in der besondern Art der Erwärmung zu suchen, die durch neue Versuche klarzulegen ist.



Kurve 31.
Secale cereale I, ohne Wurzel.

Secale cereale L. I, Versuchsreihe 3 zeigt, daß das letale Fallen der Kurve bei 53°-55° einsetzt. Dasselbe trifft auch zu bei *Secale cereale II*, *Sec. cer. III* und *Sec. cer. IV* (Tab. 41, Kurve 31).

Tab. 41.

14. Juli 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
12,5	19,5	2,1	— 1,0	55	2,2
12,5	19,5	2,1	— 4,0	58	2,2
9,0	28	2,1	— 2,0	60	2,2
9,0	34	2,1	— 1,5	60	2,2
9,0	49	2,2	— 2,0	60	2,2
11,0	53	2,2	— 3,0	60	2,2
10,0	55	2,2	— 8,0	72	2,2
5,0	55	2,2	— 7,0	75	2,2
2,0	55	2,2			
— 0,5	55	2,2		15. Juli 8 Uhr.	
— 1,5	55	2,2	7,0	20	2,7
— 1,5	55	2,2	7,0	20	2,7
— 1,5	55	2,2	7,0	20	2,7
— 1,5	55	2,2			

Der horizontale Verlauf der Kurve von 28°-49° zeigt, daß die algebraische Summe der hemmenden (physikalische Ausdehnung des Gefäßinhaltes) und fördernden (Transpiration, Viskosität) Kräfte gleich geblieben ist.

Secale cereale L. II, Versuchsreihen 1 und 3. Ohne Wurzel, Halm 1,2 m lang ; 2 Blätter, davon eines im Heizbad, das andere außerhalb ; 50 cm erwärmt. *Secale cereale I* und *II* befinden sich gleichzeitig im gleichen Heizbad, sind aber an verschiedene Potometer angeschlossen (Tab. 42 und 43.)

Versuchsreihe 1.

Tab. 42.

13. Juli 9 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
8,0	18	1,3
8,0	18	1,3
7,0	26	1,2
6,0	35	1,2
7,5	39	1,2
7,5	43	1,2
10,0	43	1,2
11,0	43	1,2
12,0	43	1,2
13,5	43	1,2
15,5	43	1,2
16,0	43	1,2
16,0	43	1,2
17,0	43	1,2
17,0	43	1,2
17,5	43	1,2
18,0	43	1,2
18,5	43	1,2
18,5	43	1,2
19,0	43	1,2
19,5	43	1,2
20,0	43	1,2
20,0	43	1,2
21,0	43	1,2
21,0	43	1,2
21,5	43	1,2
22,0	43	1,2

Versuchsreihe 3.

Tab. 43.

14. Juli 15 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
9,5	19,5	2,1
10,0	19,5	2,1
9,0	28	2,1
9,0	34	2,1
8,0	49	2,2
6,0	53	2,2
5,0	55	2,2
5,5	55	2,2
5,0	55	2,2
5,0	55	2,2
5,0	55	2,2
3,0	55	2,2
2,0	55	2,2
1,5	55	2,2
1,5	55	2,2
1,0	58	2,2
0,5	60	2,2
— 0,5	60	2,2
— 1,0	60	2,2
— 1,5	60	2,2
— 14,5	72	2,2
— 17,5	75	2,2

15. Juli 8 Uhr.

2,5	20	2,7
2,5	20	2,7
2,5	20	2,7

Secale cereale II zeigt in Versuchsreihe 1 (Tab. 42), wie schon oben erwähnt wurde, das gleiche Verhalten wie *Secale cereale I*.

In Versuchsreihe 3 (Tab. 43) beginnt das starke letale Fallen bei 55°, entsprechend wie bei *Secale cereale I*.

Secale cereale I und *II* wurden auch nach dem partiellen Abtöten noch mehrere Tage weiter verfolgt (Tab. 44). Die in der nachstehenden Tab. 44 angeführten Messungen vom 13. und 14. Juli sind die Anfangswerte der Versuchsreihen 1, 2 und 3.

Tab. 44.

Datum	Tages-zeit	Absorption pro 5 Min. Secale cereale I	Absorption pro 5 Min. Secale cereale II	Temperatur des Heizbades	Sd
13. Juli	9	12,5	8,0	18	1,3
14. Juli	9	19,0	12,5	20	2,4
14. Juli	15	12,5 [1]	9,5 [1]	19,5	2,1
15. Juli	8	7,0 [2]	2,5 [2]	20,0	2,7
16. Juli	9	17,0	10,5	17	4,3 [3]
16. Juli	14	13,5	8,5	17	4,3
17. Juli	9	10,0	9,0	17	4,3
19. Juli	9	6,5	10,0	17	4,3 [4]

Die Erhöhung der Absorptionsgeschwindigkeit am 14. Juli beruht offenbar auf dem Ansteigen des Sättigungsdefizits Sd. Das Fallen derselben am 15. Juli kann mit dem partiellen Abtöten und der Verstopfung der Schnittflächen zusammenhängen. Die gesteigerte Absorptionsgeschwindigkeit am 16. Juli mag bedingt sein durch das höhere Sättigungsdefizit Sd und die Erneuerung der Schnittflächen. Bei beiden Pflanzen beweist das Dürrwerden der Partie oberhalb der abgetöteten Zone, daß die Wasserzufuhr über der abgetöteten Strecke ungenügend war. Worauf aber das verschiedene Verhalten der beiden Exemplare gegen den Schluß des Versuches zurückzuführen ist, läßt sich aus den Protokollen nicht entnehmen.

13. Avena sativa L. und Triticum vulgare Vill.

Avena sativa L, mit Wurzel, Halm 1,0 m lang mit 2 Blättern, davon eines im Bad ; 50 cm im Heizbad. Eine Versuchsreihe (Tab. 45).

Triticum vulgare Vill., mit Wurzel, Halm 1,2 m lang mit 2 Blättern ; 50 cm im Heizbad. 2 Halme an der Basis abgeschnitten und die Wunde verschlossen. Eine Versuchsreihe (Tab. 46).

Beide Versuchspflanzen befinden sich im gleichen Heizbad, sind aber an verschiedene Potometer angeschlossen.

[1] Nach der Messung partielle Abtötung.
[2] Nach der Messung Schnittflächen und Potometerwasser erneuert.
[3] Blattspitzen dürr.
[4] Beide Exemplare oberhalb der toten Partie dürr.

Avena sativa L.

Tab. 45.

19. Juli 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
11,0	20	1,3
11,0	20	1,3
11,0	20	1,3
9,5	28	1,2
11,5	31	1,2
12,0	31,5	1,2
11,5	32	1,2
11,0	32	1,2
11,5	32	1,2
10,5	32	1,2
10,5	32	1,2
11,0	32	1,2
10,5	32	1,2
10,5	32	1,2
11,0	32	1,2
10,5	32	1,2
10,5	32	1,2
10,5	32	1,2
10,5	32	1,2
10,5	32	1,2
10,0	32	1,2
10,5	25	1,2
12,0	23	1,2
10,5	23	1,2
10,5	23	1,2
10,5	23	1,2
10,5	23	1,2
8,2	33	1,2
10,0	49	1,2
11,0	52	1,2
11,0	56	1,2
4,5	57	1,2
— 3,0	58	1,2
— 3,5	59	1,2
— 3,0	60	1,2
— 1,5	60	1,1
— 1,0	60	1,1
— 1,0	60	1,1
— 2,0	66	1,1
— 1,0	80	1,1
— 1,0	85	1,1

Triticum vulgare Vill.

Tab. 46.

19. Juli 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
7,0	20	1,3
7,0	20	1,3
7,0	20	1,3
5,5	28	1,2
6,0	31	1,2
6,0	31,5	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
6,5	32	1,2
6,0	32	1,2
6,5	32	1,2
6,0	32	1,2
6,5	32	1,2
6,0	32	1,2
6,5	32	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
6,0	32	1,2
8,0	25	1,2
7,5	23	1,2
7,5	23	1,2
7,0	23	1,2
7,0	23	1,2
7,0	23	1,2
5,5	33	1,2
5,0	49	1,2
4,0	52	1,2
5,0	56	1,2
6,5	57	1,2
4,0	58	1,2
1,5	59	1,2
0,5	60	1,2
0,5	60	1,1
0	60	1,1
0	60	1,1
— 1,0	66	1,1
— 1,0	80	1,1
— 1,0	85	1,1

Das Verhalten von *Avena sativa* und *Triticum vulgare* ist ähnlich wie bei *Secale cereale I*, Versuchsreihe 3 (Tab. 41). Das letale Sinken beginnt bei beiden Exemplaren bei 57°-58°.

14. Triticum turgidum L.

2 Versuchspflanzen, 2 Versuchsreihen.

Triticum turgidum L, I, mit Wurzel; 3 gelbliche Blätter, 2 davon im Heizbad. Halm 1,2 m lang, 50 cm werden erwärmt (Tab. 47).

Tab. 47.
20. Juli 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
4,0	20	0,9	3,5	34	1,0
4,0	20	0,9	3,0	34	1,0
4,0	22	0,9	3,0	38	1,1
4,0	30	0,9	2,5	48	1,1
3,5	33	0,9	3,5	53	1,2
3,5	34	0,9	3,0	54	1,4
3,5	34	0,9	3,0	54	1,5
4,0	34	0,9	3,0	55	1,6
3,5	34	0,9	3,5	57	1,7
4,0	34	0,9	3,0	62	1,9
3,5	34	0,9	1,5	64	2,0
3,5	34	0,9	1,0	64	2,2
3,5	34	0,9	0	64	2,3
3,5	34	1,0	0	64	2,5
3,5	34	1,0	0	64	2,6
3,0	34	1,0			

Die Reaktion dieser Pflanze ist schwach. Bei Erhitzung von 20° auf 80° variiert die Absorptionsgeschwindigkeit zwischen 4,0 und 0.

Die Beobachtung wurde nach der partiellen Abtötung weiter geführt.

Datum	Tages-zeit	Absorption pro 5 Min.	Temperatur des Heizbades	Sd
20. Juli	14	4,0 [1]	20	0,9
21. Juli	9	1,5	20	1,1
22. Juli	9	3,0	18	3,4 [2]

[1] Nach der Messung partielle Abtötung.
[2] Blatt dürr.

Das Ansteigen der Absorption am 22. Juli ist offenbar auf die Erhöhung des Sättigungsdefizits Sd zurückzuführen. Das Fallen der Absorption am 21. Juli ist nicht dem Sättigungsdefizit, sondern dem partiellen Abtöten zuzuschreiben. Da die Pflanze bewurzelt war, kommt Verstopfung der Schnittfläche nicht in Betracht. Die Frage, ob für das Sinken der Absorptionsgeschwindigkeit am 21. Juli Verstopfungen an der Grenze der toten Zone oder der Ausfall von Hebungskräften verantwortlich sei, wurde nicht untersucht. Jedenfalls kann bei ausreichender Hebungskraft die Absorption stark gesteigert werden, wie der Erfolg des Sättigungsdefizitanstieges zeigt.

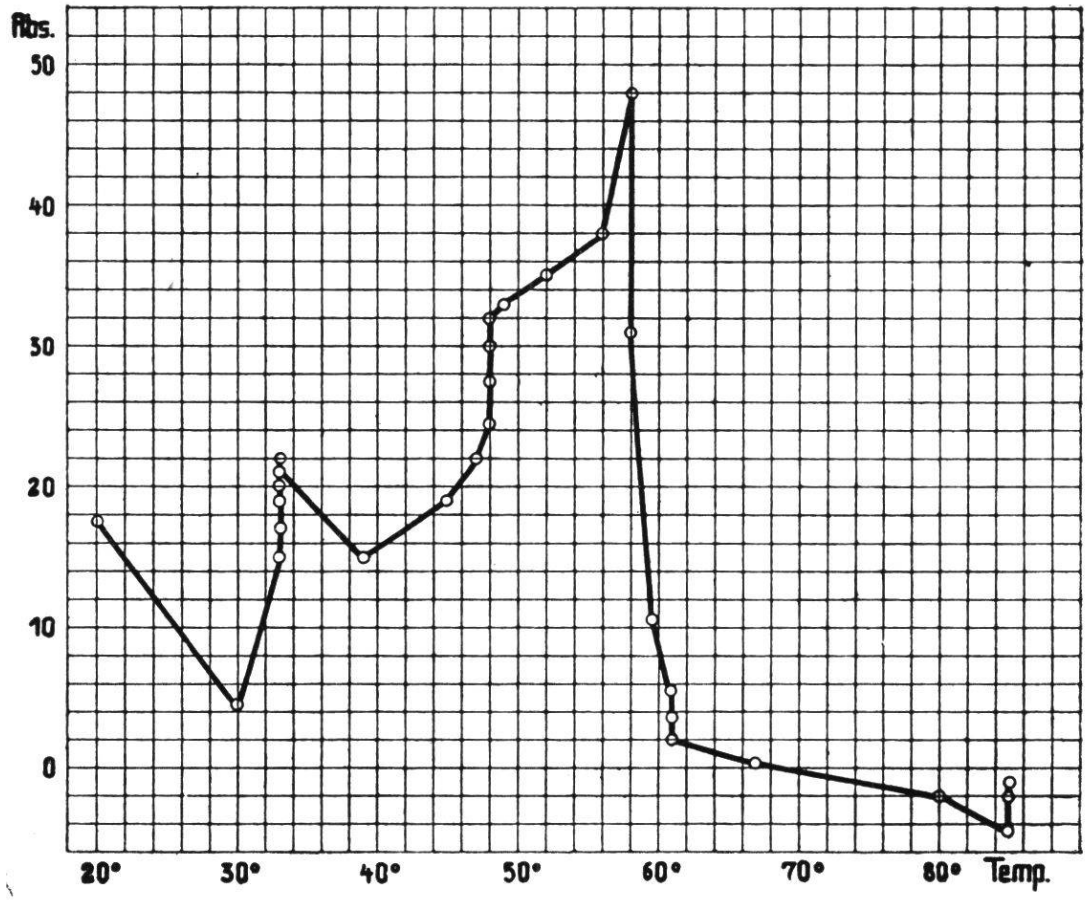
Triticum turgidum L. II, ohne Wurzel, Halm 1,1 m lang, 50 cm im Heizbad. 3 Blätter, davon eines in Luft, die beiden andern im Heizbad (Tab. 48, Kurve 32).

Tab. 48.
21. Juli 14 Uhr.

Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd	Absorption pro 5 Min. in mm	Temperatur des Heizbades in °C	Sd
17,5	20	0,8	19,0	45	0,8
17,5	20	0,8	22,0	47	0,8
4,5	30	0,8	24,5	48	0,8
15,0	33	0,8	27,5	48	0,8
17,0	33	0,8	30,0	48	0,8
19,0	33	0,8	32,0	48	0,8
19,5	33	0,8	33,0	49	0,8
20,0	33	0,8	35,0	52	0,8
20,5	33	0,8	38,0	56	0,8
21,0	33	0,8	48,0	58	0,8
22,0	33	0,8	31,0	58	0,8
21,5	33	0,8	10,5	59,5	0,9
21,0	33	0,8	5,5	61	0,9
21,5	33	0,8	3,5	61	0,9
21,5	33	0,8	2,5	61	0,9
22,0	33	0,8	2,0	61	0,9
21,5	33	0,8	2,0	61	0,9
21,5	33	0,8	0,5	67	0,9
21,0	33	0,8	— 2,0	80	0,9
21,0	33	0,8	— 4,5	85	0,9
21,0	33	0,8	— 2,0	85	0,9
21,0	33	0,8	— 1,0	85	0,9
15,0	39	0,8			

Wiederum fällt die Absorptionskurve bei rascher Temperaturzunahme (20°-30°, 33°-39°) und steigt bei langsamer Erwärmung oder

Temperaturkonstanz (33°, 39° - ca. 48°). Das starke weitere Ansteigen bis 58° dürfte als praemortal zu betrachten sein und auf der Permeabilitätserhöhung der lebenden Zellen für Wasser beruhen. Nach dem bei 58° beginnenden Absterben wird Zellsaft durch die gedehnten Wände



Kurve 32.
Triticum turgidum II, ohne Wurzel.

ausgepreßt, und die Absorptionskurve fällt steil ab. Die weitere Erwärmung bedingt nochmaliges Fallen, bis zuletzt nach Entspannung der Wände bei konstanter Temperatur die Absorption dem Wert zustrebt, welcher der Transpiration, dem Leitungswiderstand und der Viskosität entspricht.

Die Absorption wurde noch 2 Tage nach dem partiellen Abtöten weiter verfolgt.

Datum	Tageszeit	Absorption pro 5 Min.	Temperatur des Heizbades	Sd
21. Juli	14	17,5 [1]	20°	0,8
22. Juli	8	4,0	20°	1,0
23. Juli	8	2,5	19°	1,3 [2]

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Blattspitze dürr.

Auffallend ist der starke Rückgang der Absorption nach dem partiellen Abtöten. Er beruht zum Teil auf der Ausschaltung der Wasseraufnahme durch die lebenden Zellen in der Abtötungszone, auf eventueller Verstopfung der Schnittfläche und der Enden der toten Strecke, sowie auf dem Ausfall eventueller Hebungskräfte in der Versuchspartie. Welche Rolle die einzelnen Faktoren spielen, läßt sich aus den vorliegenden Protokollen nicht entnehmen.

Zusammenfassung.

1. Deutlicher Einfluß des Sättigungsdefizites Sd auf die Absorption. Bei Zimmertemperatur zeigte sich folgendes Verhalten :

Maurandia scand. (S. 99)	Sd = 3,7 ;	Absorptionsgeschw.	= 16,5
» »	Sd = 2,7 ;	»	= 15,5
» »	Sd = 1,7 ;	»	= 14,5
» »	Sd = 1,4 ;	»	= 13,0
» »	Sd = 0,4 ;	»	= 12,0
Secale cereale I	Sd = 1,3 ;	»	= 12,5
» »	Sd = 2,4 ;	»	= 19,0
Secale cereale II	Sd = 1,3 ;	»	= 8,0
» »	Sd = 2,4 ;	»	= 12,5
Triticum turg. I	Sd = 1,1 ;	»	= 1,5
» »	Sd = 3,4 ;	»	= 3,0
Cyperus alternifol. I	Sd = 2,2 ;	»	= 20,5
» »	Sd = 2,7 ;	»	= 29,5

2. Deutliche Reaktion bei Erwärmung der blattlosen Sproßpartie. Diese in Abschnitt IV (Zusammenfassung 3, S. 87) festgestellte Tatsache findet sich bestätigt, wie ein Blick auf die Kurven zeigt.

3. Die Reaktion einer Pflanze mit Wurzel ist schwächer als ohne Wurzel, in Übereinstimmung mit früheren Befunden (Abschnitt II, S. 59/60 ; Abschnitt IV, S. 87).

Phaseolus IV	bei Zimmertemp.,	Sd 1,2,	Absorpt.	mit Wurzel	= 20,5
»	»	Sd 1,0,	»	ohne »	= 35,5
Maurandia VII	»	Sd 2,7,	»	mit »	= 9,5
»	»	Sd 2,6,	»	ohne »	= 34,5

4. Unterhalb der praemortalen Zone bedingt rasche, starke Erwärmung Fallen der Absorptionsgeschwindigkeit infolge physikalischer Ausdehnung der Gefäßinhalte, ähnlich wie in Abschnitt II (S. 57, 64) und Abschnitt IV (S. 87). Mit eintretender Temperaturkonstanz steigt die Absorptionsgeschwindigkeit wieder gegen den Anfangswert an, da nun die Störung wegfällt. Zufolge der Viskositätsverminderung wird auch eine eventuelle Erhöhung der Absorptionsgeschwindigkeit über den Anfangswert verständlich (Abschnitt II, S. 58, 64). Langsamer und schwacher Temperaturanstieg bewirkt eine Mittelstellung zwischen den beiden vorhin genannten Einwirkungen. Bei Abkühlung wächst die Absorptionsgeschwindigkeit aus physikalischen Gründen an, was ebenfalls in allen untersuchten Fällen mehr oder weniger scharf erkennbar ist. Daß es sich dabei um rein physikalische Prozesse handelt, zeigt *Cyperus alternifolius* (Kurven 27 und 29), der vor und nach partieller Abtötung in prinzipiell gleicher Weise auf Erwärmung und Abkühlung reagiert. Diese Reaktionen wurden bei allen Versuchspflanzen (*Sinapis, Impatiens, Phaseolus, Vicia, Maurandia, Fuchsia, Pseudotsuga, Abies, Cyperus, Secale, Triticum turg.*) mehr oder weniger deutlich beobachtet. Die quantitativen Verschiedenheiten bedürfen näherer Untersuchung.

5. Vor dem Absterben wurde in Abschnitt IV und V ein Ansteigen der Absorptionskurve konstatiert, das wir als « praemortal » bezeichneten, weil es sich kurz vor dem Absterben einstellte, und weil ein ähnlicher Kurvenverlauf bei entsprechenden Temperaturen an toten Sprossen nicht gefunden worden war (Abschnitt IV, S. 88). Zur Zeit ist der von Ursprung 1918 gegebene Erklärungsversuch durch die inzwischen ausgeführten Saugkraft-Messungen noch wahrscheinlicher geworden. Das praemortale Ansteigen wäre darnach zurückzuführen auf Zunahme der Wasserpermeabilität des noch semipermeabeln Plasmas. Diese praemortale Reaktion wurde mehr oder weniger deutlich konstatiert bei *Phaseolus, Maurandia, Abies, Cyperus, Secale, Triticum turgidum.* Warum einige Versuchsspezies die Erscheinung nicht zeigten, warum bei derselben Spezies das eine Exemplar eindeutig reagierte und das andere nicht, dürfte zusammenhängen mit dem Vorhandensein oder Fehlen der Wurzel und mit der Art der Erwärmung. Wird nämlich die praemortale Temperaturzone zu rasch überschritten, so sterben die Zellen ab, bevor sie Zeit hatten zu reagieren. Auch dieses Verhalten bedarf übrigens noch genauer Untersuchung.

6. Das letale Fallen der Absorptionsgeschwindigkeit war bei allen Versuchspflanzen zu beobachten, die genügend hoch erwärmt wurden.

Nach Aufhebung der Semipermeabilität muß natürlich Zellsaft aus den bisher lebenden Zellen ausgepreßt werden, bis die Wände soweit entspannt sind, daß der Widerstand nicht mehr überwunden werden kann. Dann aber strebt im Gegensatz zu Abschnitt IV die Absorption nicht dem Nullwert zu, sondern wird wieder zu einem positiven Wert ansteigen, dessen Höhe abhängt von der Transpiration, der Saugkraft der noch lebenden Stengelzellen, der Viskosität, eventuellen Verstopfungen an der Schnittfläche oder an den Grenzen der toten Zone und anderen Veränderungen der Leitung.

7. Der Absorptionsverlauf bei Zimmertemperatur nach partieller Abtötung hängt von den eben unter 6 genannten Faktoren ab. Die Absorption vor und nach partieller Abtötung wurde bei Zimmertemperatur verglichen bei *Fuchsia V* und *VI*, *Pseudotsuga*, *Abies III*, *Cyperus I*, *Secale I* und *II*, *Triticum vulgare*, *Triticum turgidum I* und *II* (Tab. 49).

Tab. 49.

	Zeit nach part. Abtötung	Absorption pro 5 Min.	Änderung in %	Sd	Blattzahl
Impatiens, mit Wurzel	vor Abtötung	13,5		0,7	10
	3 Std. nach Abtötung	2,5	— 81	0,6	10
Fuchsia V, ohne Wurzel	vor Abtötung	19,0		2,6	10
	15 Std. nach Abtötung	0,8	— 96	2,4	10 [1]
Fuchsia VI, mit Wurzel	vor Abtötung	18,0		2,2	16
	16 Std. nach Abtötung	1,9 [2]	— 89	2,2	16
	4 Tg. nach Abtötung	10,4	— 42	4,5	10
	5 Tg. nach Abtötung	8,0 [3]	— 56	4,4	9
	7 Tg. nach Abtötung	8,8	— 51	4,3	6
	10 Tg. nach Abtötung	5,1	— 72	4,2	6 [4]
	12 Tg. nach Abtötung	4,3	— 76	4,2	6
	14 Tg. nach Abtötung	3,5	— 81	4,2	6 [5]
	17 Tg. nach Abtötung	2,1	— 88	3,9	6 [6]
	20 Tg. nach Abtötung	1,8	— 90	3,8	6
	27 Tg. nach Abtötung	1,2	— 93	3,3	6
	28 Tg. nach Abtötung	1,4	— 92	3,2	6

[1] Blatt welk.
[2] Nach Messung Potometerwasser gewechselt.
[3] Potometerwasser durchlüftet.
[4] Alle Blätter welk.
[5] Unterhalb der toten Zone bilden sich 3 kleine Seitenzweige.
[6] Alle Blätter oberhalb der toten Zone dürr.

	Zeit nach part. Abtötung	Absorption pro 5 Min.	Änderung in %	Sd	Blattzahl
Pseudotsuga, ohne Wurzel	vor Abtötung	42,5		2,3	
	1 Tg. nach Abtötung	34,0	— 20	2,1	
Abies III, ohne Wurzel	vor Abtötung	21,0		1,9	
	16 Std. nach Abtötung	10,0	— 52	2,1	
Cyperus I, mit Wurzel	vor Abtötung	30,0		2,7	
	4 Std. nach Abtötung	10,5	— 65	2,9	
	1 Tg. nach Abtötung	10,0	— 67	3,4 [7]	
	4 Tg. nach Abtötung	11,0	— 63	3,4	
	5 Tg. nach Abtötung	9,0	— 70	3,4	
	6 Tg. nach Abtötung	8,5	— 72	3,4	
	8 Tg. nach Abtötung	8,0	— 73	3,4 [8]	
Secale I, ohne Wurzel	vor Abtötung	12,5		2,1	
	16 Std. nach Abtötung	7,0 [9]	— 44	2,7	
	2 Tg. nach Abtötung	13,5	+ 8	4,3	
	3 Tg. nach Abtötung	10,0	— 20	4,3	
	5 Tg. nach Abtötung	6,5	— 48	4,3 [10]	
Secale II, ohne Wurzel	vor Abtötung	9,5		2,1	2 [11]
	16 Std. nach Abtötung	2,5 [12]	— 74	2,7	
	2 Tg. nach Abtötung	8,5	— 11	4,3	
	3 Tg. nach Abtötung	9,0	— 5	4,3	
	5 Tg. nach Abtötung	10,0	+ 5	4,3 [13]	
Tritic. vul., mit Wurzel	vor Abtötung	7,0		1,3	
	1 Tg. nach Abtötung	1,0	— 86	1,3	
	2 Tg. nach Abtötung	3,0	— 57	3,4	
Tritic. turg. I, mit Wurzel	vor Abtötung	4,0		0,9	3
	1 Tg. nach Abtötung	1,5	— 62	1,1	3 [14]
	2 Tg. nach Abtötung	3,0	— 25	3,4	3 [15]
Tritic. turg. II, ohne Wurzel	vor Abtötung	17,5		0,8	3
	1 Tg. nach Abtötung	4,0	— 77	1,0	3
	2 Tg. nach Abtötung	2,5	— 86	1,3	3 [16]

[7] Am 3. Tag Potometerwasser erneuert. [8] Alle Blätter dürr.
[9] Nach Messung Schnittfläche und Potometerwasser erneuert.
[10] Halm und Blätter dürr oberhalb der toten Zone.
[11] 1 Blatt abgetötet.
[12] Nach Messung Potometerwasser und Schnittfläche erneuert.
[13] Halm und Blatt oberhalb der toten Zone dürr.
[14] 2 Blätter abgetötet.
[15] Alle Blätter dürr. [16] Blattspitzen dürr.

Bei allen Versuchspflanzen fällt nach dem partiellen Abtöten die Absorptionsgeschwindigkeit deutlich bis stark ab. Woher die quantitativen Verschiedenheiten kommen, muß näher untersucht werden, wie denn überhaupt die Ursache der Absorptionsabnahme aufzuklären bleibt. A priori fallen in Betracht: Abnahme der Transpiration, Erschwerung der Wurzeltätigkeit (infolge Sauerstoffarmut usw.), bei fehlender Wurzel Verstopfung der Schnittfläche, eventuelle Verstopfungen an den Grenzen der abgetöteten Zone oder andere Erhöhung des Leitungswiderstandes, Verschwinden von Transportkräften. Ein Einfluß der Transpiration ist — soweit er sich aus dem Sättigungsdefizit Sd beurteilen läßt — nicht zu erkennen; doch soll im folgenden Abschnitt die Transpiration gemessen werden. Gegen die Erschwerung der Wurzeltätigkeit spricht bei *Fuchsia VI* das Austreiben von Seitensprossen unterhalb der toten Zone und vor allem das Verhalten der Versuchspflanzen von URSPRUNG und ROSHARDT.

Verstopfungen an den Grenzen der toten Zone hätten sich einigermaßen beurteilen lassen aus dem Verhalten der Absorption bei Zimmertemperatur sofort nach dem partiellen Abtöten und nach bestimmten Zeitabschnitten. Denn diese Verstopfungen durch Gummi und Thyllen werden zu ihrer Ausbildung Zeit benötigen. Leider wurde nie sofort nach dem Abtöten bei Zimmertemperatur untersucht. Von Filtrationsversuchen wird später die Rede sein.

8. Koniferen, Monokotylen und Dikotylen zeigen im Prinzip dasselbe Verhalten.

9. Blattlose Stengelpartien transpirierender Sprosse wie abgeschnittene, unbeblätterte Stengelstücke zeigen während der Erwärmung und Abkühlung ähnliche Reaktionen wie beblätterte, untergetauchte Zweige.

10. Nach Versuchen mit *Abies* kommt die Rinde für die Wasserleitung wohl nur als Schutzorgan des Holzkörpers in Betracht.

An dieser Stelle sei auch an die Folgen der Erwärmung oder Abkühlung des Wurzelsystems erinnert und auf einige diesbezügliche Arbeiten hingewiesen.

Im allgemeinen hat Abnahme der Wurzeltemperatur von 20° auf 0° eine Hemmung der Wurzelsaugung zur Folge, die aber individuell verschieden ist und z. B. bei Hochmoorpflanzen nur geringe Bedeutung hat, während sie in anderen Fällen bis zu 80 % der Anfangswerte ausmachen kann (FIRBAS 1931, S. 457; DÖRING 1934/35, S. 305; ROUSCHAL 1935, S. 313; NITSCHE 1937). Bei Wasserkulturen von Baumwollpflanzen

beobachtete ARNDT (1937, S. 703) Welken, wenn die Wurzeltemperatur auf 10°-18° sank.

Bei Erwärmung der Wurzel von *Phaseolus vulgaris* von 0° auf 30° C fand TAGAWA (1937, S. 271) eine Zunahme der Wasserabsorption. In einer späteren Publikation (1938, S. 1) stellte derselbe Autor fest, daß der Sproß allein, nach Abschneiden der Wurzel, in gleicher Weise reagierte.

Ebenfalls sei auf BREWIG hingewiesen (1939, S. 341 ; 1937, S. 481), der aus Mikropotometerversuchen schloß, daß durch eine am Wurzelstumpf ausgeübte Saugung die Wasserdurchlässigkeit der Wurzel 10 bis 20 mal größer wird. Durch das Dekapitieren, also durch Eliminierung der Sproßsaugung, soll der Wurzelwiderstand entsprechend erhöht werden.

VI. Einfluß der partiellen Abtötung auf die Transpiration absorbierender Sprosse

a) Methode.

Die Versuche werden ausgeführt mit Topfkulturen, deren Topf ersetzt ist durch eine Blechbüchse. Der gut schließende Deckel erhätl zur Einführung des Stengels einen Schlitz, der mit einem Blechstreifen und Plastilin hermetisch abgedichtet wird. Die Außenseite der Büchse trägt einen Aluminiumstab zur Befestigung des Pflanzenstengels. Von je 2 möglichst ähnlichen und den gleichen Außenbedingungen (Sättigungsdefizit, Licht, Begießen) unterworfenen Pflanzen dient die eine als Kontroll- die andere als Versuchsexemplar. Der Stengel der Versuchspflanze wird, soweit er blattlos ist und abgetötet wird, mit Stanniol umhüllt. Die Abtötung erfolgt nach Entfernung der Stanniolhülle in einem andern Raum. Versuchspflanzen mit leicht biegsamem Stengel werden durch Eintauchen eines Stengelstückes in siedendes Wasser partiell abgetötet. Bei Abtötung mit Wasserdampf wird um die abzutötende Stengelpartie ein der Länge nach halbiertes, dicht verschließbares Rohr gelegt und Wasserdampf hindurchgeleitet. Blätter und Wurzeln bleiben stets völlig intakt. Nach dem Abtöten wird die Stanniolhülle wieder angebracht.

Die Transpiration vor und nach dem Abtöten wird mit ausreichend empfindlichen Waagen bestimmt ; bei Höchstbelastung ergeben 5 mg noch einen deutlichen Ausschlag. Ein geeignetes Übergewicht (z. B. 50 mg) wird zur äquilibrierten Versuchspflanze aufgelegt und die Zeit ermittelt, die verstreicht bis zum Wiedereintreten des Gleichgewichtes. Hieraus wird die in den Tabellen angegebene Transpiration pro 5 Minuten berechnet.

b) Versuche.

1. Impatiens Roylei Walpers, mit Wurzel (Tab. 50 und 51).

Kontrollpflanze: Stengel 96 cm lang mit 8 Blättern und 1 Blüte.
Versuchspflanze: Stengel 90 cm lang mit 7 Blättern und 2 Blüten.

40 cm des Stengel der Versuchspflanze werden während 20 Minuten mit Wasserdampf abgetötet.

Tab. 50.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
6. IX.	14 ½	39	27	6. IX.	17 ¼	41	22
		38	28			41	22
		39	28			42	22
		38	27 [1]				
	15 ½	41	23	7. IX.	9	42	16 [2]
		41	22			42	16
		42	22			43	15
		41	22			43	16
		42	23			42	16
		42	22			43	16
		41	22				
		40	23	7. IX.	15	36	12
		42	22			36	12
		41	22			36	12
		41	23			36	12
		42	22				
		41	22	8. IX.	16	29	9 [3]
		42	22			30	9
		42	23			30	9
		41	22			30	9
		40	22				
		42	23	9. IX.	9	42	3
		41	22			43	3
		42	23			43	3
		42	22			42	3

Bei relativ kleinen Transpirationsschwankungen der Kontrollpflanze fällt nach partiellem Abtöten eines 40 cm langen Stengelstückes die Transpiration des Versuchsexemplares sofort auf 84 % des Anfangswertes und sinkt mit jedem folgenden Tag tiefer.

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Die 2 untersten Blätter welk.
[3] Alle Blätter welk.

Tab. 51.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	38,5	100	27,5 [1]	100	0 %
1/4 Std.	41	106	23	84	— 22 %
2 Std.	41	106	22	80	— 26 %
18 Std.	42	109	16 [2]	58	— 51 %
24 Std.	36	94	12	44	— 50 %
49 Std.	29	75	9 [3]	33	— 42 %
66 Std.	42	109	3	11	— 98 %

2. *Pelargonium zonale Ait.*, mit Wurzel (Tab. 52 und 53).

I. Kontrollpflanze: Stengel 85 cm lang mit 5 Blättern.
II. Versuchspflanze: Stengel 90 cm lang mit 6 Blättern.

Nach Feststellung der Transpiration beider Pflanzen wird ein 50 cm langes Stengelstück der Versuchspflanze 20 Minuten lang mit Wasserdampf abgetötet und darauf die Wasserabgabe weiter verfolgt.

Tab. 52.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
10. IX.	8 1/2	26	32	10. IX.	10.40	26	23
		25	33			25	23
		26	32			26	23
		25	33 [4]			25	23
	9 1/2	26	28				
		25	27	10. IX.	14	24	16
		26	26			23	16
		25	24			24	16
		26	23			23	16
		25	23				
		26	22	11. IX.	14	23	11
		25	23			23	11
		26	24			23	11
		25	23			23	11
		26	22	13. IX.	14	23	10 [5]
		25	24			23	10
		26	23			23	10
		25	23			23	10

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] 2 Blätter welk.
[3] Alle Blätter welk.
[4] Nach Messung partielle Abtötung.
[5] Das unterste Blatt dürr.

Datum	Tages-zeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tages-zeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
14. IX.	14	25	9	17. IX.	8	28	7 [2]
		25	9			28	7
		25	9			28	7
		25	9			28	7
15. IX.	8	24	8 [1]	18. IX.	8	28	7
		24	8			28	7
		24	8			28	7
		24	8			28	7

Während das Kontrollexemplar nur geringe Transpirationsschwankungen aufweist und nach 190 Stunden 110 % zeigt, sinkt die Wasserabgabe der Versuchspflanze nach partieller Abtötung des Stengels immer tiefer.

Tab. 53.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	25,5	100	32,5 [3]	100	0 %
1/4 Std.	25,5	100	28	86	— 14 %
1 3/4 Std.	25,5	100	23	71	— 29 %
4 3/4 Std.	23,5	92	16	49	— 43 %
28 3/4 Std.	23	90	11	34	— 56 %
76 3/4 Std.	23	90	10 [4]	31	— 59 %
100 3/4 Std.	25	98	9	28	— 70 %
118 3/4 Std.	24	94	8 [5]	25	— 69 %
166 3/4 Std.	28	110	7 [6]	22	— 88 %
190 3/4 Std.	28	110	7	22	— 88 %

3. Pelargonium zonale Ait., mit Wurzel (Tab. 54 und 55).

III. Kontrollpflanze : Stengel 105 cm lang mit 8 Blättern.
IV. Versuchspflanze : Stengel 80 cm lang mit 5 Blättern.

Die partielle Abtötung erfolgt durch 50 Minuten lange Behandlung einer 20 cm langen Stengelpartie mit heißem Wasserdampf.

[1] 2 Blätter dürr.
[2] 3 Blätter dürr.
[3] Nach Messung partielle Abtötung.
[4] 1 Blatt dürr.
[5] 2 Blätter dürr.
[6] 3 Blätter dürr.

Tab. 54.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
1. X.	8	21	18	1. X.	11	28	15
		21	18			28	15
		21	18				
		21	18 [1]	1. X.	14	18	12
	9 ½	27	15			18	12
		27	15			18	12
		27	16			18	12
		27	15				
		27	15	2. X.	8	22	8 [2]
		27	15			22	8
		28	15			22	8
		28	15			22	8
		28	15				
		28	15	4. X.	10	18	4 [3]
		28	15			18	4
		27	15			18	4
		28	15			18	4
		27	15				
		28	15	5. X.	15	23	3 [4]
		28	15			23	3
		28	15			23	3
		28	15			23	3

Nach partieller Abtötung sinkt die Transpiration des Versuchsexemplares auf 83 % des Anfangswertes, während sie gleichzeitig bei der Kontrollpflanze auf 129 % ansteigt. Im Verlauf der folgenden 101 Stunden fällt die Wasserabgabe bei der Versuchspflanze ständig bis auf 17 % des Anfangswertes.

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Das unterste Blatt am Rand dürr und eingerollt.
[3] Alle 5 Blätter am Rand dürr und eingerollt.
[4] Die 2 untersten Blätter vollständig dürr.

Tab. 55.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	21	100	18 [1]	100	0 %
1/4 Std.	27	129	15	83	— 46 %
2 Std.	28	133	15	83	— 50 %
4 3/4 Std.	18	86	12	67	— 19 %
22 3/4 Std.	22	105	8 [2]	44	— 61 %
72 3/4 Std.	18	86	4 [3]	22	— 64 %
101 3/4 Std.	23	110	3 [4]	17	— 93 %

4. Ricinus communis L., mit Wurzel (Tab. 56 und 57).

I. Kontrollpflanze: Stengel 1 m lang mit 3 großen Blättern.
II. Versuchspflanze: Stengel 1 m lang mit 3 großen Blättern.

Während 50 Minuten wird ein 20 cm langes Stengelstück des Versuchsexemplares mit Wasserdampf abgetötet.

Tab. 56.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
28. IX.	8 1/2	180	130	28. IX.	14	125	62
		180	130			125	62
		180	130			125	62
		180	130 [5]			125	62
						125	62
	10	182	90			125	60
		182	90			125	62
		182	90			125	60
		182	90			125	60
		182	90			125	60
		182	90			120	60
		182	90			120	60
		182	90			120	60
		182	90			115	60
		182	90			115	58
		182	90			115	58
		182	90			115	58
						115	58

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] 1 Blatt am Rand dürr.
[3] Alle Blätter am Rand dürr.
[4] 2 Blätter dürr.
[5] Nach Messung partielle Abtötung.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
29. IX.	16	100	32	2. X.	9 ½	200	14
		100	32			200	14
		100	32			200	14
30. IX.	16	110	28	4. X.	15	165	4 [2]
		110	28			165	4
		110	28			165	4
1. X.	16	90	22 [1]	5. X.	8	200	3 [3]
		90	22			200	3
		90	22			200	3

Nach der partiellen Abtötung sinkt die Transpiration der Versuchspflanze auf 69 % des Anfangswertes, während sie bei der Kontrollpflanze 101 % beträgt. Mit jedem Tag fällt sie beim partiell abgetöteten Exemplar tiefer und weist nach 166 Stunden noch 2 % auf, bei der Kontrollpflanze gleichzeitig 111 %.

Tab. 57.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	180	100	130 [4]	100	0 %
¼ Std.	182	101	90	69	— 32 %
4 ¼ Std.	125	69	62	48	— 21 %
5 ½ Std.	115	64	58	45	— 19 %
30 ¼ Std.	100	56	32	25	— 31 %
54 ¼ Std.	110	61	28	22	— 39 %
78 ¼ Std.	90	50	22 [5]	17	— 33 %
95 ¾ Std.	200	111	14	11	— 100 %
149 ¼ Std.	165	92	4 [6]	3	— 89 %
166 ¼ Std.	200	111	3	2	— 109 %

5. *Ricinus communis L.*, mit Wurzel (Tab. 58 und 59).

I. Kontrollpflanze: Stengel 1 m lang mit 3 großen Blättern.
III. Versuchspflanze: Stengel 1 m lang mit 3 großen Blättern.

Während 55 Minuten wird eine 30 cm lange Stengelpartie der Versuchspflanze mit Wasserdampf abgetötet.

[1] Das unterste Blatt welk.
[2] Alle Blätter welk.
[3] Stengel ebenfalls welk.
[4] Nach Messung partielle Abtötung.
[5] 1 Blatt welk.
[6] Alle Blätter welk.

Tab. 58.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
29. IX.	8	125	165
		125	165
		125	165
		125	165 [1]
	9 ½	125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	110
		125	105
		125	110
		125	105
		125	105
29. IX.	14	100	80
		100	80
		100	80
		100	80
		100	80
		100	80
		100	80
		100	80

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
29. IX.	14.35	100	80
		100	75
		100	80
		100	75
		100	75
30. IX.	14	120	70
		120	70
		120	70
1. X.	15	95	56
		95	56
		95	56
2. X.	10 ½	200	85 [2]
		200	85
		200	85
4. X.	14	165	17 [3]
		165	17
		165	17
5. X.	9	200	15
		200	15
		200	15
6. X.	17 ½	140	8
		140	8
		140	8

Ähnlich wie bei *Ricinus II* fällt auch bei *Ricinus III* nach partiellem Abtöten des Stengels die Transpiration stark ab, nach 176 Stunden bis auf 5 % bei gleichzeitigem Ansteigen der Kontrollpflanze auf 112 %. Die Transpirationszunahme am 2. Oktober ist durch die günstigeren Außenfaktoren bedingt, sie beträgt bei der Kontrollpflanze 160 % des Anfangswertes, bei der Versuchspflanze 52 %. Nach dem Abtöten ist die Reaktion auf die Außenfaktoren bedeutend schwächer.

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Das unterste Blatt welk.
[3] Alle Blätter welk.

Tab. 59.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	125	100	165 [1]	100	0 %
1/4 Std.	125	100	110	67	— 33 %
1 3/4 Std.	125	100	105	64	— 36 %
4 3/4 Std.	100	80	80	48	— 32 %
28 3/4 Std.	120	96	70	42	— 54 %
53 3/4 Std.	95	76	56	34	— 42 %
73 1/4 Std.	200	160	85 [2]	52	— 108 %
124 3/4 Std.	165	132	17 [3]	10	— 122 %
143 3/4 Std.	200	160	15	9	— 151 %
176 1/4 Std.	140	112	8	5	— 107 %

6. *Plectranthus fruticosus L'Hérit.*, mit Wurzel (Tab. 60 und 61).

I. Kontrollpflanze verblüht: Stengel verzweigt, 95 cm lang, 19 Blätter.
II. Versuchspflanze blühend: Stengel verzweigt, 120 cm lang, 13 Blätter.

Ein 50 cm langes Stengelstück der Versuchspflanze wird während 15 Minuten in Wasser von 90° C getaucht. Da sich daraufhin die Transpiration der Versuchspflanze gleich derjenigen der Kontrollpflanze verhält, wird die Versuchsstrecke am folgenden Tag nochmals in siedendem Wasser 40 Minuten lang partiell erhitzt.

Tab. 60.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
21. IX.	8 1/2	85	100	22. IX.	10	85	55
		85	100			90	55
		85	100			90	55
		85	100 [4]			100	55
	9 1/2	85	100			100	55
		85	100			100	55
		85	100			100	55
		85	100			100	55
						100	55
22. IX.	8 1/2	50	55			100	50
		50	55			100	50
		50	55			100	50
		50	55 [5]			100	50

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] 1 Blatt welk. [3] Alle Blätter welk.
[4] Nach Messung partielle Erwärmung in Wasser von 90°.
[5] Nach Messung partielle Abtötung.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
22. IX.	11.05	100	50
		100	50
22. IX.	14	90	40
		90	40
		90	40
		90	40
		90	40
		90	40
		85	40
		90	40
		90	35

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
22. IX.	14 3/4	85	40
		85	35
		85	35
23. IX.	9	155	30
		155	30
		155	30
		155	30
24. IX.	9	115	20 [1]
		115	20 [2]
		115	20
		115	20

Nach der ersten, 15 Minuten dauernden partiellen Erwärmung war die Transpiration nach 1/4 Stunde nicht zurückgegangen. Vermutlich war das Stengelstück nicht vollständig abgetötet. Am folgenden Morgen wurde daher die gleiche Stengelpartie nochmals 40 Minuten in siedendes Wasser getaucht. Unmittelbar vor der zweiten Erwärmung war die Transpiration beider Exemplare gesunken auf 59 % bzw. 55 % des Anfangswertes. Nach der zweiten partiellen Abtötung war die Wasserabgabe der Kontrollpflanze auf 100 % angestiegen, bei der Versuchspflanze hingegen nach 1/4 Stunde bei 55 % stehen geblieben. Die partielle Abtötung des Stengels hat also die Transpiration sofort bedeutend herabgesetzt und bewirkte ein stets zunehmendes Sinken. Nach 47 Stunden ist die Transpiration der Versuchspflanze auf 20 % des Anfangswertes gefallen, diejenige der Kontrollpflanze auf 135 % gestiegen.

Tab. 61.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	85	100	100 [3]	100	0 %
1/4 Std.	85	100	100	100	0 %
23 1/4 Std.	50	59	55 [4]	55	— 4 %
1/4 Std.	85	100	55	55	— 45 %
1 1/2 Std.	100	118	50	50	— 68 %
4 1/4 Std.	90	106	40	40	— 66 %
23 1/4 Std.	155	182	30	30	— 152 %
47 1/4 Std.	115	135	20 [5]	20	— 115 %

[1] Die Blüten abgefallen. [2] Die Blätter am Rand dürr.
[3] Nach Messung partielle Erwärmung. [4] Nach Messung partielle Abtötung.
[5] Die Blüten abgefallen, die Blätter am Rande dürr.

7. *Cyperus alternifolius L.*, mit Wurzeln (Tab. 62 und 63).

II. Kontrollpflanze mit 2 Stengeln von 1,4 m bzw. 1,1 m Länge und zusammen 32 Blättern.

III. Versuchspflanze mit 2 Stengeln von 1,1 m bzw. 1,0 m Länge und zusammen 41 Blättern.

Bei der Versuchspflanze werden je 50 cm beider Stengel 30 Minuten lang in siedendem Wasser abgetötet.

Tab. 62.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
13. X.	9	65	90	14. X.	16	80	50
		65	90			80	50
		65	90			80	50
		65	90 [1]			80	50
	10	70	45	15. X.	9	100	62 [2]
		70	45			100	62
		70	47			100	62
		70	47			100	62
		70	48	16. X.	10 ½	230	70 [3]
		70	47			230	70
		70	48			230	70
		70	47			230	70
		70	47	18. X.	9	70	18
		70	47			70	18
		70	47			70	18
		70	45			70	18
		70	47	19. X.	14	80	8 [4]
		70	45			80	8
		70	47			80	8
		70	47			80	8

Nach der partiellen Abtötung sinkt die Transpiration des Versuchsexemplares sofort von 100 auf 50, bei der Kontrollpflanze steigt sie gleichzeitig auf 108. Die Zunahme in den folgenden 3 Tagen bis auf 78 ist besseren Außenfaktoren zuzuschreiben, wie das enorme Ansteigen bei der Kontrollpflanze bis 354 zeigt. Es fällt auf, daß diese Transpirationszunahme bei der Kontrollpflanze viel stärker ist.

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Die Blätter welk.
[3] Die Blattspitzen dürr und gedreht.
[4] Alle Blätter fast vollständig dürr.

Tab. 63.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	65	100	90 [1]	100	0 %
1/4 Std.	70	108	45	50	— 58 %
1 3/4 Std.	70	108	47	52	— 56 %
30 1/2 Std.	83	128	50	56	— 72 %
47 1/2 Std.	100	154	62 [2]	69	— 85 %
73 Std.	230	354	70 [3]	78	— 276 %
119 1/2 Std.	70	108	18	20	— 88 %
148 1/2 Std.	80	123	8 [4]	9	— 114 %

Da die Halme der Versuchspflanze bei der Abtötung geknickt worden waren, wird der Versuch wiederholt unter Vermeidung dieser Fehlerquelle.

8. Cyperus alternifolius L., mit Wurzeln (Tab. 64 und 65).

II. Kontrollpflanze mit 2 Halmen von 1,4 bzw. 1,1 m Länge und zusammen 32 Blättern.

IV. Versuchspflanze mit 1 Halm von 95 cm Länge und 21 Blättern. Abtötung auf 50 cm mit Wasserdampf während 50 Minuten.

Tab. 64.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
14. X.	8 1/2	150	90	14. X.	10.40	110	35
		150	90			110	35
		150	90			110	35
		150	90 [5]			110	35
	10	115	35			105	35
		115	35			110	35
		115	37			110	35
		110	35			110	35
		115	37			110	35
		110	35			110	35
		110	35	14. X.	14	115	37
		110	35			115	37

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Die Blätter welk.
[3] Die Blattspitzen dürr.
[4] Alle Blätter dürr.
[5] Nach Messung partielle Abtötung.

Datum	Tages-zeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tages-zeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
14. X.	14.10	115	37	16. X.	9	160	30 [1]
		115	37			160	30
		115	37			160	30
		115	37			160	30
15. X.	10 ½	110	35	18. X.	14	60	6 [2]
		110	35			60	6
		110	35			60	6
		110	35			60	6

Auch ohne Knickung des partiell abgetöteten Stengels fällt die Transpiration nach erfolgtem Abtöten stark, während sie bei der Kontrollpflanze z. T. den Anfangswert übertrifft. Hervorgehoben sei, daß vom 15. auf den 16. Oktober die Transpiration der Kontrollpflanze von 110 auf 160 mg ansteigt, diejenige der Versuchspflanze aber von 35 auf 30 mg fällt (vgl. CONVAY 1940).

Tab. 65.

Zeit nach part. Abtöten	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	150	100	90 [3]	100	0 %
1/4 Std.	115	77	35	39	— 38 %
1 3/4 Std.	110	73	35	39	— 34 %
4 1/4 Std.	115	77	37	41	— 36 %
24 3/4 Std.	110	73	35	39	— 34 %
47 1/4 Std.	160	107	30 [4]	33	— 74 %
100 1/4 Std.	60	40	6 [5]	7	— 33 %

Zusammenfassung der Transpirationsversuche mit partiell abgetöteten Sprossen.

Setzen wir die Anfangswerte der Kontroll- und Versuchspflanzen vor der Abtötung = 100, und vergleichen wir die entsprechenden Transpirationsmengen 1/4 Stunde und einige Tage nach der partiellen Abtötung, so konstatieren wir die folgenden prozentualen Differenzen zwischen den Kontroll- und Versuchsexemplaren :

[1] Die Blattspitzen dürr.
[2] Alle Blätter fast vollständig dürr.
[3] Nach Messung partielle Abtötung.
[4] Die Blattspitzen dürr.
[5] Alle Blätter dürr.

Tab. 66.

Pflanze	Transpirationsabnahme der Versuchspflanze im Vergleich zur Kontrollpflanze, die Anfangswerte = 100 gesetzt						
	nach 1/4 Std.	2 Tg.	3 Tg.	4 Tg.	6 Tg.	7 Tg.	8 Tg.
Impatiens	— 22		— 98				
Pelargonium II	— 14						— 88
Pelargonium IV	— 46			— 93			
Ricinus IV	— 32					— 109	
Ricinus V	— 33					— 107	
Plectranthus	— 45	— 115					
Cyperus III	— 58				— 114		
Cyperus IV	— 38			— 33			

Durch die partielle Abtötung eines Stengelstückes wurde die Transpiration sofort bedeutend herabgesetzt, so daß sie bei den Versuchspflanzen 1/4 Stunde nach der Abtötung 14 % - 58 % unter den entsprechenden Werten der Kontrollexemplare steht, 2 - 8 Tage später 33 % - 115 %.

Naturgemäß wirken die Außenfaktoren auch nach der partiellen Abtötung auf die Versuchspflanzen ein, aber ihr Einfluß ist bedeutend geringer als bei den lebenskräftigen Kontrollexemplaren. So steigt die Transpiration vom 1. auf den 2. Oktober bei der partiell abgetöteten Versuchspflanze *Ricinus III* von 34 % des Anfangswertes auf 52 %, bei der entsprechenden Kontrollpflanze aber gleichzeitig von 76 % auf 160 % ; vom 14.-16. Oktober bei der Versuchspflanze *Cyperus III* von 56 % des Anfangswertes auf 78 %, bei der entsprechenden Kontrollpflanze gleichzeitig von 128 % auf 354 %.

Daß die Transpiration nach partieller Abtötung des Stengels mit Wasserdampf deutlich fällt, zeigte schon Roshardt (1910, S. 352) für *Arum maculatum*. Auch Overton (1911, S. 53) konstatierte dasselbe (vgl. Ursprung 1912, S. 321). Besonders auffallend ist das Sinken der Transpiration sofort nach dem Abtöten ; denn während das Fallen der Absorption infolge der Wasseranreicherung der Leitungsbahnen physikalisch verständlich war, hätte man aus dem gleichen Grunde eher eine anfängliche Steigerung der Transpiration erwartet. Das Welken und Verdorren zeigen deutlich, daß nicht nur die Transpiration reduziert, sondern die Wasserbilanz ungenügend geworden ist. Denn eine direkte Schädigung der Blätter und Wurzeln beim Abtöten ist bei sorgfältigem Arbeiten ausgeschlossen, wie aus den älteren Untersuchungen von Ursprung und Roshardt zur Genüge hervorgeht. Auch die Vermutung, das Welken lasse sich auf die Bildung von Giften oder plas-

molysierenden Substanzen zurückführen, mußte aufgegeben werden (URSPRUNG 1912, 1907 und früher).

Verstopfungen konnten in den Versuchen von URSPRUNG und ROSHARDT das Welken kaum bewirkt haben, wie von den erwähnten Autoren auf verschiedene Weise, u. a. auch durch Filtrationsversuche gezeigt worden war. Meine eigenen Filtrationsversuche sollen später besprochen werden.

In welcher Weise die partielle Abtötung des Stengels die kutikuläre Transpiration der Blätter direkt reduziert haben könnte, vermag ich nicht einzusehen. Ebenso erscheint mir eine direkte Einwirkung auf die Spaltweite ganz problematisch. Der Einfluß des Abtötens auf die Absorption ist physikalisch verständlich und im letzten Abschnitt besprochen worden ; er vermag aber die sofortige Transpirationsabnahme ebenfalls nicht zu erklären.

Die Reduktion der Leitung durch das partielle Abtöten ist auf verschiedene Weise denkbar. Auch ohne Filtrationsversuche ist klar, daß das sofortige Fallen der Transpiration nicht auf Verstopfung beruhen kann. Es läßt sich ebensowenig auf Blasenbildung und Ausdehnung zurückführen, da ja umgekehrt eine Wasseranreicherung festzustellen war. Da auch über eine ungünstige Veränderung der Wand der Leitungsbahnen nie eine Tatsache beigebracht werden konnte, verbleibt, soweit ich sehe, als Erklärungsmöglichkeit die Ausschaltung von Transportkräften.

VII. Transpiration abgeschnittener Sprosse ohne Wasserzufuhr

a) Methode.

Kontroll- und Versuchspflanze wurden wiederum, wie in Abschnitt VI, in eine hermetisch verschließbare Blechbüchse umgetopft. Den Stengel des Versuchsexemplares hüllte ich von unten bis zur Stelle, wo er nachher abgeschnitten wurde, mit Stanniol ein, damit die transpirierende Fläche vor und nach dem Abschneiden gleich groß blieb.

Nach Messung der Transpiration beider Pflanzen wurde das Versuchsexemplar an der Grenze der Stanniolhülle abgeschnitten, die Schnittfläche durch ein Stanniolhütchen vor Transpiration geschützt und der Sproß an der Waage aufgehängt.

Als Versuchspflanze diente *Ricinus communis L.*

b) Versuche.

1. Ricinus communis L. IV und V (Tab. 67 und 68).

IV. Kontrollpflanze : Stengel 1 m lang mit 6 ausgewachsenen Blättern.
V. Versuchspflanze : Stengel 1 m lang mit 6 ausgewachsenen Blättern.

Nach Messung der Transpiration beider Pflanzen wird das Versuchsexemplar 40 cm unterhalb des untersten Blattes abgeschnitten, die Schnittfläche verschlossen und die Wasserabgabe weiter verfolgt.

Tab. 67.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
6. X.	9	185	155
		190	160
		200	165
		200	165 [1]
	9 ½	225	265
		225	265
		225	270
		225	270
		225	280
		225	280
		225	280
		225	280
		225	280
		230	280
		230	280
		235	280
		235	280
		235	280
		235	280
		235	280
		235	280
		235	280
	14	130	170 [2]
		130	170
		130	170
		130	170
		130	170
		130	165
		130	165
		130	165
		135	165
		130	165
		135	165
		130	165
		135	165
		130	165
		130	165
		130	165
		130	165
		130	165
		130	165

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
6. X.	15.35	130	160
		130	160
		130	160
		130	160
		130	160
		130	155
		130	155
		130	155
		130	155
		130	155
		130	155
		125	150
		125	150
		125	150
		125	145
		125	145
		125	140
		125	140
		125	140
		125	140
		125	135
		125	135
7. X.	12	200	55
		200	55
		200	55
		200	55
8. X.	17	105	40
		105	40
		105	40
		105	40
9. X.	8	130	20
		130	20
		130	20
		130	20
11. X.	15	125	15
		125	15
		125	15
		125	15

[1] Nach Messung Sproß abgeschnitten. [2] Alle Blätter welk.

Nach Abschneiden des Sprosses und Verschließen der Schnittfläche mit einer Stanniolkappe schnellt die Transpiration stark empor und ist trotz Welken nach 8 Stunden noch höher als beim Kontrollexemplar. Am folgenden Tag sinkt sie auf 33 % des Anfangswertes (Kontrollpflanze 100 %), nach 5 Tagen auf 9 % (Kontrollpflanze 63 %).

Tab. 68.

Zeit nach dem Abschneiden	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	200	100	165 [1]	100	0 %
1/4 Std.	225	113	265	161	+ 48 %
1 3/4 Std.	235	118	280	170	+ 52 %
4 3/4 Std.	130	65	170 [2]	103	+ 38 %
8 1/4 Std.	125	63	135	82	+ 19 %
26 3/4 Std.	200	100	55	33	— 67 %
55 3/4 Std.	105	103	40	24	— 79 %
70 3/4 Std.	130	65	20	12	— 53 %
125 3/4 Std.	125	63	15	9	— 54 %

2. *Ricinus communis L. IV und VI* (Tab. 69 und 70).

IV. Kontrollpflanze: Stengel 1 m lang mit 6 Blättern.
VI. Versuchspflanze: Stengel 1 m lang mit 6 Blättern.

Versuchsanordnung wie vorhin. Der Stengel der Versuchspflanze wird 5 cm unterhalb des untersten Blattes abgeschnitten.

Tab. 69.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
7. X.	8 1/2	155	140	7. X.	9.35	160	185
		155	140			165	210
		155	140			165	220
		155	140 [3]			165	235
	9	155	140			175	250
		155	140			180	265
		155	140			190	265
		155	140			195	265
		155	140			200	265
		155	150			200	265
		160	165			200	265

[1] Nach Messung abgeschnitten. [2] Alle Blätter welk.
[3] Nach Messung Sproß abgeschnitten.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
7. X.	10 ½	200	255
		200	235
		200	225 [1]
		200	225
		200	220
		200	210 [2]
		200	200
		200	200
		200	200
		200	200
		200	200
		200	200
		200	190
		200	175
		200	165
		195	165
		190	165
		190	160
		180	155
		180	150
		180	150
		180	150
		180	150
		180	145
		180	145
		175	135
		165	125
		155	125
		155	125
		150	125

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
7. X.	13	145	120
		145	120
		145	115
		145	110
		140	110
		140	100
		140	100
		140	95
		140	95
		140	95
		140	95
		140	90
		135	90
		135	90
		135	90
8. X.	14	125	45
		125	45
		125	45
		125	45
9. X.	10	150	35
		150	35
		150	35
		150	35
11. X.	15 ½	120	15
		120	15
		120	15
		120	15

Wiederum steigt nach dem Abschneiden des Sprosses die Transpiration an, zwar nur allmählich, und erreicht nach 1 $^1/_4$ Stunden das Maximum. Nach 2 Stunden sind alle Blätter welk.

[1] Beginn des Welkens.
[2] Alle Blätter welk.

Tab. 70.

Zeit nach dem Abschneiden	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	Kontrollpflanze in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	Versuchspflanze in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	155	100	140 [1]	100	0 %
1/4 Std.	155	100	140	100	0 %
1 1/2 Std.	195	126	265	189	+ 63 %
2 1/2 Std.	200	129	200 [2]	143	+ 14 %
5 1/2 Std.	135	87	90	64	— 23 %
29 1/4 Std.	125	81	45	32	— 49 %
49 1/4 Std.	150	97	35	25	— 72 %
102 3/4 Std.	120	77	15	11	— 66 %

3. Ricinus communis L. IV und VII (Tab. 71 und 72).

IV. Kontrollpflanze: Stengel 1 m lang mit 6 Blättern.
VII. Versuchspflanze: Stengel 80 cm lang mit 3 Blättern.

Nach Messung der Transpiration beider Pflanzen wird das Versuchsexemplar 40 cm unterhalb des untersten Blattes abgeschnitten und die Wasserabgabe weiter verfolgt.

Tab. 71.

Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Datum	Tageszeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
8. X.	11 1/4	140	110	8. X.	12.50	145	145
		140	110			145	150
		140	110			145	155
		140	110 [3]			140	160
	11 3/4	140	115			140	160
		140	120			140	160
		145	125			140	160
		140	125			140	160
		145	125			140	155
		145	130			140	155
		145	130			140	155 [4]
		140	135			135	155
		145	135			135	155
		145	140			130	145
		145	140			130	135
		140	140			125	125 [5]
		145	145			125	120

[1] Nach Messung abgeschnitten.
[2] Alle Blätter welk.
[3] Nach Messung Sproß abgeschnitten.
[4] Die Blattspitzen welk.
[5] Alle Blätter welk.

Datum	Tages-zeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
8. X.	14 1/4	125	120
		125	120
		125	115
		125	115
		125	115
		120	105
		120	100
		120	95
		120	95
		120	95
		115	95
		115	95
		115	95
		115	95
		115	95
		110	90
		110	90
		110	85
		105	85
		105	80
		105	80
		105	75
		105	75
		105	70
		105	70

Datum	Tages-zeit	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Versuchspfl.
8. X.	16.20	105	70
		105	70
		105	70
		105	65
		105	65
		105	65
		105	60
		105	60
		105	60
		105	60
		105	60
		105	55
		105	55
		105	55
		105	55
9. X.	10 1/2	150	30
		150	30
		150	30
		150	30
11. X.	14	130	10
		130	10
		130	10
		130	10

Die Transpiration nimmt nach dem Abschneiden des Sprosses wiederum zu und erreicht das Maximum nach 1 3/4 Stunden. Nach 2 1/2 Stunden sind alle Blätter welk, worauf die Wasserabgabe stark fällt.

Tab. 72.

Zeit nach dem Abschneiden	Transpiration pro 5 Min. Kontrollpflanze in mg	in % des Anfangsw.	Versuchspflanze in mg	in % des Anfangsw.	Differenz Transpiration Vers.pfl. - Kontr.pfl.
	140	100	110 [1]	100	0 %
1/4 Std.	140	100	115	105	+ 5 %
1 3/4 Std.	140	100	160	145	+ 45 %
2 1/2 Std.	125	89	125 [2]	114	+ 25 %
6 Std.	105	75	55	50	— 25 %
23 Std.	150	107	30	27	— 80 %
74 1/2 Std.	130	93	10	9	— 84 %

[1] Nach Messung abgeschnitten. [2] Alle Blätter welk.

Zusammenfassung.

Die 3 Versuche mit abgeschnittenen Sprossen von *Ricinus* stimmen darin überein, daß nach dem Abschneiden die Transpiration mehr oder weniger rasch ansteigt, um nachher ziemlich schnell zu fallen.

Auffallend ist sowohl der hohe Anstieg der Transpiration wie das lange Verbleiben derselben über dem Anfangswert.

Nach PFLEIDERER (1933, vgl. hier die ältere Literatur), dem letzten Autor, der sich mit dieser Frage beschäftigte, entspricht der erste, etwa 3 - 5 Minuten nach dem Abschneiden gemessene Wert im Durchschnitt fast genau der Anfangstranspiration. Die Schwankungen im Einzelfall betragen im Maximum +26 %, im Minimum —23 %. Etwa 10 Minuten nach dem Abschneiden liegt der Transpirationswert im Durchschnitt 21 % tiefer als der Anfangswert, maximal sogar bis 70 % (S. 319). « Ein Transpirationsanstieg nach dem Abschneiden wurde selten beobachtet, die Aufhebung der Kohäsionsspannung dürfte dabei keine Rolle spielen. Meist trat ein sofortiger Abfall der Transpiration ein, der um so schneller erfolgte, je höher die anfängliche Transpirationsintensität war. » « Der nach dem Abschneiden erfolgende rasche Abfall der Transpirationskurve ist auf eine sofort nach dem Abschneiden einsetzende Schließbewegung der Spalten zurückzuführen » (S. 326).

Eine gemeinsame Versuchsspezies ist bei PFLEIDERER und mir nicht vorhanden. Die Methode ist insofern verschieden, als PFLEIDERER die Schnittfläche mit Vaseline abdichtete, während ich das Sproßende auf eine Länge von 2 cm mit einer Stanniolhülle versah.

Die Erklärung der vorübergehenden Transpirationssteigerung meiner Versuchspflanzen liegt vermutlich in der Erhöhung des Druckes auf den Gefäßinhalt an der Schnittfläche. Da meine Absorptionsmessungen nicht bewurzelter Pflanzen einige Stunden nach dem Abschneiden der Wurzel begannen, fällt die hier beobachtete Transpirationszunahme nicht in Betracht.

VIII. Einfluß der partiellen Abtötung auf Absorption und Transpiration

Nachdem an partiell abgetöteten Pflanzen in Abschnitt V die Absorption und in Abschnitt VI die Transpiration gesondert beobachtet wurden, sollen in diesem Abschnitt Absorption und Transpiration gleichzeitig am gleichen Exemplar verfolgt werden.

a) Methode.

Je 2 Topfpflanzen, die eine als Versuchs- und die andere als Kontrollexemplar, werden mit den Wurzeln sorgfältig in Wasser übertragen und nach Ausheilung der Wunden in Potometern befestigt. Die Potometerflaschen sind mit Wärmeisolation umgeben. Die Operationszone des Stengels der Versuchspflanze ist durch eine Stanniolhülle gegen Transpiration geschützt. Die beiden Potometer werden auf 2 neben einander stehende Waagen gestellt und Transpiration sowie Absorption bestimmt. Die Abtötung geschieht mit Wasserdampf in einem Nebenzimmer unter vorsichtiger Schonung der Blätter und Wurzeln.

b) Versuche.

1. Ricinus communis L., mit Wurzeln (Tab. 73 und 74).

VIII. Kontrollpflanze: Stengel 90 cm lang mit 7 Blättern.
IX. Versuchspflanze: Stengel 95 cm lang mit 7 Blättern.

Nach Messung der Absorption und Transpiration beider Exemplare wird ein 25 cm langes Stengelstück der Versuchspflanze während 50 Minuten mit Wasserdampf abgetötet und darauf werden Wasseraufnahme und -abgabe weiter verfolgt.

Der Lumenquerschnitt der regelmäßigen Potometerkapillaren beträgt für die Kontrollpflanze 1,1116 mm^2, für die Versuchspflanze 0,9672 mm^2. Die Umrechnung der mm^3 in mg erfolgte unter der Annahme, daß bei den in Betracht fallenden Temperaturschwankungen 1 mm^3 = 1,00 mg gesetzt werden kann.

Tab. 73.

Datum	Tageszeit	Absorption pro 5 Min. in mg		Transpiration pro 5 Min. in mg	
		Kontrollpfl.	Versuchspfl.	Kontrollpfl.	Versuchspfl.
10. XI.	8 ½	75,6	63,8	125	125
		75,6	63,8	125	125
		75,6	63,8	125	125
		75,6	63,8	125	125 [1]
	10	78,9	3,9	135	79
		78,9	3,9	135	79
		78,9	3,9	135	79
		78,9	4,4	135	79
		78,9	4,4	135	80
		79,5	4,4	135	79
		79,5	4,8	135	79
		79,5	4,8	135	80
		79,5	4,8	135	80
		80,0	4,8	135	80
		80,0	5,3	135	80
		80,0	5,3	135	80
		80,0	5,3	140	80
		80,0	5,3	140	80
		80,0	5,3	140	80
		80,0	5,3	140	80
		80,0	5,3	140	80
		80,0	5,3	140	80
	14	82,8	8,2	125	80
		82,8	8,2	125	80
		82,8	8,2	125	80
		83,4	8,2	125	80
		83,4	8,2	125	80
		83,4	8,2	125	80
		83,4	8,2	125	80
		83,4	8,2	125	80
		83,4	8,7	125	80
		83,4	8,7	125	80
		83,4	8,7	125	80
		83,4	8,7	125	80

[1] Nach Messung partielle Abtötung.

Datum	Tages-zeit	Absorption pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Absorption pro 5 Min. in mg Versuchspfl.	Transpiration pro 5 Min. in mg Kontrollpfl.	Transpiration pro 5 Min. in mg Versuchspfl.
10. XI.	15	83,4	8,7	115	80
		83,4	9,2	115	80
		83,9	9,2	115	80
		83,4	9,2	115	80
		83,4	9,2	110	75
		83,9	9,2	110	75
		83,4	9,7	110	75
		83,9	9,7	110	70
		83,4	9,7	105	70
		83,4	10,2	105	70
		83,9	10,2	105	70
		83,4	10,2	105	70
		83,4	10,2	105	70
		83,4	10,6	105	70
		83,9	10,6	105	70
		83,4	10,6	105	70
		83,9	10,6	100	70
		83,4	10,6	100	70
		83,4	10,6	100	70
		83,4	10,6	100	70
11. XI.	9	72,8	19,3	120	60 [1]
		72,8	19,3	120	60
		72,8	19,3	120	60
		72,8	19,3	120 [2]	60 [2]
12. XI.	9	73,9	31,9	95	40
		73,9	31,9	95	40
		73,9	31,9	95	40
		73,9	31,9	95	40
13. XI.	10	63,4	27,6	100	40 [3]
		63,4	27,6	100	40
		63,4	27,6	100	40
		63,4	27,6	100	40

Die Anfangswerte von Absorption und Transpiration = 100 % gesetzt, zeigt Tab. 74 übersichtlich, daß Wasseraufnahme und -abgabe beim partiell abgetöteten Exemplar sowohl sofort nach dem Abtöten als auch in der nachfolgenden Zeit stets bedeutend tiefer sind als beim

[1] Unterstes Blatt welk. [2] Nach Messung Potometerwasser erneuert.
[3] 1 Blatt dürr und eines welk.

Kontrollexemplar. Die Absorption, die nach dem Abtöten beim Versuchsexemplar sehr tief gesunken ist, steigt langsam wieder etwas an, erreicht aber nach Erneuerung des Potometerwassers nach 2 Tagen nur noch 50 % des Anfangswertes, während die Kontrollpflanze gleichzeitig 98 % aufweist. Die Transpiration fällt nach der partiellen Abtötung sofort auf 63 % des Anfangswertes, nach 72 $^1/_4$ Stunden auf 32 %.

Tab. 74.

Zeit nach part. Abtöten	Absorption pro 5 Min.				Transpiration pro 5 Min.				Absorpt. - Transpirat. in mg	
	Kontrollpfl.		Versuchspfl.		Kontrollpfl.		Versuchspfl.			
	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	Kontrollpfl.	Versuchspfl.
	75,6	100	63,8 [1]	100	125	100	125 [1]	100	— 49,4	— 61,2 [1]
$^1/_4$ Std.	78,9	104	3,9	6	135	108	79	63	— 56,1	— 75,1
1 $^3/_4$ Std.	80	106	5,3	8	140	112	80	64	— 60,0	— 74,7
4 $^1/_4$ Std.	82,8	110	8,2	13	125	100	80	64	— 42,0	— 71,8
6 $^3/_4$ Sdt.	83,4	110	10,6	17	100	80	70	56	— 16,6	— 59,4
23 $^1/_4$ Std.	72,3 [2]	96	18,9 [2]	30	120 [2]	96	60 [2]	48	— 47,7 [2]	— 41,1 [2 3]
47 $^1/_4$ Std.	73,9	98	31,9	50	95	76	40	32	— 21,1	— 8,1
72 $^1/_4$ Std.	63,4	84	27,6	43	100	80	40	32	— 36,6	— 12,4 [4]

% = % der Anfangswerte.

2. *Sparmannia africana L. f.*, mit Wurzeln (Tab. 75).

I. Kontrollpflanze: Stengel 80 cm lang mit 4 Blättern.
II. Versuchspflanze: Stengel 85 cm lang mit 6 Blättern.

Nach Messung der Transpiration und Absorption beider Exemplare wird eine 40 cm lange Stengelpartie der Versuchspflanze während 65 Minuten mit Wasserdampf abgetötet, und darauf werden Wasseraufnahme und -abgabe weiter verfolgt.

Im Prinzip verhält sich *Sparmannia* ähnlich wie *Ricinus IX*. Wir können uns daher beschränken auf die Wiedergabe einer Übersichtstabelle (Tab. 75).

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Nach Messung Potometerwasser erneuert.
[3] 1 Blatt welk.
[4] 1 Blatt dürr, 1 Blatt welk.

Tab. 75.
17.-22. Nov. 1943.

Zeit nach part. Abtöten	Absorption pro 5 Min.				Transpiration pro 5 Min.				Absorpt.-Transpirat. in mg	
	Kontrollpfl.		Versuchspfl.		Kontrollpfl.		Versuchspfl.			
	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	Kontrollpfl.	Versuchspfl.
	47,5	100	36,8 [1]	100	60	100	45 [1]	100	— 12,5	— 8,2 [1]
1/4 Std.	45,0	95	3,9	11	55	92	33	73	— 10,0	— 29,1
1 3/4 Std.	42,8	90	4,4	12	50	83	33	73	— 7,2	— 28,6
17 Std.	37,8	80	16,9	46	55	92	33	73	— 17,2	— 16,1
41 Std.	29,5 [2]	62	16,9 [2]	46	48 [2]	80	20 [2]	44	— 18,5 [2]	— 3,1 [2 3]
65 Std.	18,3	39	12,6	34	35	58	10	22	— 16,7	+ 2,6 [4]
119 Std.	23,3	49	2,9	8	35	58	9	16	— 11,7	— 4,1 [5]

% = % der Anfangswerte.

Wenn auch Absorption und Transpiration der Kontrollpflanze im Verlauf von 119 Stunden verhältnismäßig stark zurückgehen, so sinken Wasseraufnahme und -abgabe beim partiell abgetöteten Versuchsexemplar doch bedeutend tiefer. 1/4 Stunde nach der Abtötung beträgt die Absorption der Versuchspflanze nur 11 % des Anfangswertes, die Transpiration 73 %, während die Kontrollpflanze gleichzeitig 95 % bzw. 92 % aufweist. Das Maximum der Absorption nach erfolgter Abtötung ist 46 % des Anfangswertes, also nicht ganz die Hälfte. Das Transpirationsmaximum des partiell abgetöteten Versuchsexemplares beträgt 73 % des Anfangswertes. 119 Stunden nach der Abtötung ist die Absorption der Kontrollpflanze auf 49 % des Anfangswertes gefallen, bei der Versuchspflanze aber auf 8 % ; die Transpiration des Kontrollexemplares auf 58 %, des Versuchsexemplares aber auf 16 %.

3. Carica Papaya L., mit Wurzeln (Tab. 76).

II. Kontrollpflanze : Stengel 75 cm lang mit 5 Blättern.
I. Versuchspflanze : Stengel 70 cm lang mit 5 Blättern.

Ein 20 cm langes Stengelstück der Versuchspflanze wird während 50 Minuten mit Wasserdampf abgetötet. Dabei erleidet die abgetötete Partie eine Knickung.

Da sich das Verhalten von *Carica I* im wesentlichen deckt mit demjenigen von *Ricinus IX* und *Sparmannia II*, kann die ausführliche Wiedergabe der Messungen weggelassen werden. Tab. 76 bietet eine Übersicht.

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] Nach Messung Potometerwasser erneuert.
[3] 1 Blatt welk. [4] 2 Blätter welk. [5] 5 Blätter welk.

Tab. 76.
24.-26. Nov. 1943.

Zeit nach part. Abtöten	Absorption pro 5 Min.				Transpiration pro 5 Min.				Absorpt.-Transpirat. in mg	
	Kontrollpfl.		Versuchspfl.		Kontrollpfl.		Versuchspfl.			
	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	Kontrollpfl.	Versuchspfl.
	27,2	100	37,2 [1]	100	20	100	21 [1]	100	+ 7,2	+ 16,2 [1]
1/4 Std.	22,8	84	2,9	8	25	125	15	71	— 2,2	— 12,1
1 1/2 Std.	21,1	78	3,9	10	26	130	15	71	— 4,9	— 11,1
4 1/4 Std.	18,9	69	1,9	5	26	130	14	67	— 7,1	— 12,1
24 1/4 Std.	25,0	92	0,5	1	35	175	8	38	— 10,0	— 7,5 [2]
47 1/4 Std.	15,6	57	– 2,0		37	185	7	33	— 21,4	— 9,0 [3]

% = % der Anfangswerte.

Nach partieller Abtötung fallen Absorption und Transpiration wiederum sofort stark und bleiben stets tief unter den entsprechenden Werten der Kontrollpflanze. Das Absorptionsmaximum der Versuchspflanze nach partieller Abtötung beträgt nur 10 % des Anfangswertes, während das Minimum der Kontrollpflanze 57 % aufweist. 47 1/4 Stunden nach der Abtötung ist die Wasseraufnahme beim Versuchsexemplar sogar negativ, wahrscheinlich wegen der Ausdehnung des Potometerwassers infolge höherer Zimmertemperatur am Morgen durch die Heizung. Stieg doch die Zimmertemperatur von 12 1/2° C während der Nacht auf 16° am Morgen.

Die Transpiration sinkt beim Versuchsexemplar nach der Abtötung sogleich auf 71 % des Anfangswertes, nach 47 1/4 Stunden auf 33 %, während sie bei der Kontrollpflanze gleichzeitig über dem Anfangswert steht und nach 47 1/4 Stunden sogar auf 185 % ansteigt.

Da das Versuchsexemplar beim Abtöten geknickt worden war, wird der Versuch wiederholt unter Vermeidung dieser Fehlerquelle.

4. Carica Papaya L. II und III, mit Wurzeln (Tab. 77).

II. Kontrollpflanze: Stengel 75 cm lang mit 5 Blättern.
III. Versuchspflanze: Stengel 75 cm lang mit 5 Blättern.

Nach Feststellung der Wasseraufnahme und -abgabe beider Pflanzen wird ein 20 cm langes Stengelstück der Versuchspflanze während einer Stunde mit Wasserdampf abgetötet unter Vermeidung jeder Knickung und die Messung von Absorption und Transpiration fortgesetzt.

[1] Nach Messung partieller Abtötung.
[2] 1 Blatt welk. [3] 2 Blätter welk.

Tab. 77.

26.-29. Nov. 1943.

Zeit nach part. Abtöten	Absorption pro 5 Min.				Transpiration pro 5 Min.				Absorpt.-Transpirat. in mg.	
	Kontrollpfl.		Versuchspfl.		Kontrollpfl.		Versuchspfl.			
	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	in mg	in %	Kontrollpfl.	Versuchspfl.
	28,3	100	31,4[1]	100	21	100	20[1]	100	+ 7,3	+ 11,4
1/4 Std.	28,3	100	0	0	21	100	10	50	+ 7,3	— 10,0
2 1/4 Std.	28,3	100	1,9	6	21	100	10	50	+ 7,3	— 8,1
17 1/4 Std.	18,3	65	- 1,5		40	190	12	60	— 21,7	— 13,5[2]
70 Std.	30,6	108	13,1	42	22	105	4	20	+ 8,6	+ 9,1[3]

% = % der Anfangswerte.

Auch ohne Knickung der Versuchspflanze fallen Absorption und Transpiration stark sogleich nach der partiellen Abtötung und bleiben fortwährend tief unter den gleichzeitigen Werten der Kontrollpflanze. Während 17 Stunden nach der Abtötung ist die Absorption der Versuchspflanze sehr niedrig und wird sogar negativ. Nach 70 Stunden beträgt sie 42 % des Anfangswertes bei 108 % der Kontrollpflanze. Die Transpiration sinkt nach der Abtötung sofort auf die Hälfte und nach 70 Stunden auf 1/5 des Anfangswertes bei 105 % der Kontrollpflanze.

Zusammenfassung.

Zur Untersuchung gelangten *Ricinus*, *Sparmannia* und *Carica*. Vor der partiellen Abtötung war (Tab. 78) bei *Ricinus* und *Sparmannia* die Transpiration deutlich größer als die Absorption, bei *Ricinus* bis fast doppelt so groß. Bei Versuchs- und Kontrollpflanzen von *Carica* überwog dagegen umgekehrt die Absorption die Transpiration.

[1] Nach Messung partielle Abtötung.
[2] 1 Blatt welk.
[3] 4 Blätter welk.

Tab. 78.

			Normal	Absorption und Transpiration in mg pro 5 Min. nach dem Abtöten								
				1/4 Std.	1 3/4 Std.	2 1/4 Std.	4 1/2 Std.	6 3/4 Std.	17 Std.	24 Std.	47 Std.	70 Std.
Ricinus	Kontr.	Abs.	75,6	78,9	80		82,8	83,4		72,3	73,9	63,4
		Transp.	125	135	140		125	100		120	95	100
	Vers.	Abs.	63,8	3,9	5,3		8,2	10,6		18,9	31,9	27,6
										welk	welk	welk
		Transp.	125	79	80		80	70		60	40	40
Sparmannia	Kontr.	Abs.	47,5	45,0	42,8				37,8		29,5	18,3
		Transp.	60	55	50				55		48	35
	Vers.	Abs.	36,8	3,9	4,4				16,9		16,9	12,6
											welk	welk
		Transp.	45	33	33				33		20	10
Carica	Kontr.	Abs.	27,2	22,8	21,1		18,9			25,0	15,6	
		Transp.	20	25	26		26			35	37	
	Vers.	Abs.	37,2	2,9	3,9		1,9			0,5	-2,0	
										welk	welk	
		Transp.	21	15	15		14			8	7	
Carica	Kontr.	Abs.	28,3	28,3		28,3			18,3			30,6
		Transp.	21	21		21			40			22
	Vers.	Abs.	31,4	0		1,9			-1,5			13,1
									welk			welk
		Transp.	20	10		10			12			4

1/4 Stunde nach der partiellen Abtötung waren bei allen Versuchspflanzen Absorption und Transpiration deutlich gesunken. Wie Tab. 79 zeigt, erfolgte das Fallen bei Absorption und Transpiration nicht gleich stark. Die Absorption ging um 80 % - 100 % zurück, die Transpiration nur um 20 % - 50 %. Es entstand also sofort Unterbilanz, bzw. die schon vorhandene Unterbilanz wurde vergrößert. 1 3/4 Stunden, 2 1/4 Stunden, 4 1/2 Stunden, 6 3/4 Stunden nach dem Abtöten war die Absorption stärker zurückgegangen als die Transpiration, wodurch die Unterbilanz sich weiter erhöhte. Dies dauerte fort bis zum Welken, dessen Beginn nach 17-24 Stunden notiert wurde, während die Kontrollpflanzen voll turgeszent blieben.

Tab. 79.

Differenz der Absorption und Transpiration von Kontroll- und Versuchspflanze nach dem Abtöten:

		1/4 Std. %	1 3/4 Std. %	2 1/4 Std. %	4 1/2 Std. %	6 3/4 Std. %	17 Std. %	24 Std. %	47 Std. %	70 Std. %
Ricinus	Abs.	– 98	– 98		– 97	– 93		– 66 welk	– 48 welk	– 41 welk
	Transp.	– 45	– 48		– 36	– 24		– 48	– 44	– 48
Sparmannia	Abs.	– 84	– 78				– 34		– 16 welk	– 5 welk
	Transp.	– 19	– 10				– 19		– 36	– 36
Carica	Abs.	– 100		– 94			– 70 welk			– 66 welk
	Transp.	– 50		– 50			– 130			– 85

Bei intakten, normalen Pflanzen wird gewöhnlich während der Nacht das tagsüber gestörte Gleichgewicht der Wasserbilanz wieder hergestellt (URSPRUNG 1933, S. 228). Dies dürfte auch hier bei den Kontrollpflanzen der Fall gewesen sein, doch habe ich während der Nacht die Messungen unterbrochen.

Nach 1/4 Std. geht z. B. bei *Ricinus* die Absorption der Versuchspflanze im Vergleich zur Kontrollpflanze um 98 % zurück, die Transpiration nur um 45 %. Auch bei *Sparmannia* und *Carica* nimmt zunächst die Absorption viel stärker ab als die Transpiration. Dadurch wird die Unterbilanz immer größer, bis die Pflanzen zuletzt welken. Nach dem Welken wird die Wasserbilanz wieder günstiger, aber die Versuchspflanzen konnten sich trotzdem nicht mehr erholen, wie das Fortschreiten des Welkens und das Verdorren beweisen.

IX. Einfluß der partiellen Abtötung auf die Filtrationsfähigkeit

Der Frage, ob Absorptions- und Transpirationsabnahme nach partieller Abtötung auf Verstopfungen der Gefäße an den Grenzen der abgetöteten Zone zurückzuführen seien, dienen speziell die folgenden Filtrationsversuche.

a) Methode.

Um den Einfluß des partiellen Abtötens auf den Filtrationswiderstand des Stengels feststellen zu können, filtrierte ich unter konstantem Druck (Mariottesche Flasche) Wasser gleichzeitig durch 2 möglichst gleiche Stengelstücke, von denen das eine (Kontrollsproß) unverändert blieb, das andere (Versuchssproß) partiell bis über 90° erhitzt und wieder auf Zimmertemperatur abgekühlt wurde. Nach dem Abkühlen wurde die Filtration weitergeführt, um Veränderungen des Leitungswiderstandes kontrollieren zu können. Die Stengelstücke wurden so montiert, daß je beide Schnittflächen stets sichtbar blieben. Zur Messung des filtrierten Wassers dienten den austretenden Mengen entsprechende Auffanggefäße (Meßzylinder, Büretten, Kapillaren). Auf das Fehlen störender Risse und Höhlungen wurde natürlich geachtet.

In diesem Zusammenhang sei an den Befund BRAUNER's (1935) erinnert, wonach die Geschwindigkeit des Wasserstromes der Pumpensaugung oder der osmotischen Saugkraft nicht proportional ist.

b) Versuche.

1. Glaskapillare.

50 cm einer Kapillare von 87 cm Länge und 0,32 mm Lumendurchmesser befinden sich im Heizbad. Zuerst wird bei Zimmertemperatur die ausfließende Wassermenge pro 10 Minuten gemessen und zugleich die zur Tropfenbildung erforderliche Zeit festgestellt. Darauf wird die Beobachtung fortgesetzt bei Erwärmung des Heizbades auf 97° und bei nachheriger Abkühlung.

Die Filtration von Wasser durch eine Glaskapillare unter konstantem Überdruck nimmt mit steigender Temperatur (12° - 97°) zu und mit fallender Temperatur wieder ab, was nach dem Poiseuilleschen Gesetz infolge der veränderten Viskosität zu erwarten war. Die Messungsresultate bringen nichts Neues und werden daher nicht angeführt.

2. *Fuchsia spec.*

Von 2 ähnlich verlaufenden Versuchsreihen wird die eine mitgeteilt.

VII. Kontrollzweigstück : 40 cm lang, mittlerer Durchmesser 4,7 mm.
VIII. Versuchszweigstück : 40 cm lang, mittlerer Durchmesser 5,5 mm.

Eine 10 cm lange Partie des Versuchssprosses wird durch heißes Wasser abgetötet, während die Filtration unter einem Druck von 202 cm Wasser erfolgt (Tab. 80).

Tab. 80.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 20 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in cm³	in % des Anfangsw.	in cm³	in % des Anfangsw.	
3. I.	14	0,4	100	0,5	100	9
		0,4	100	0,5	100	9
		0,4	100	0,5 [1]	100	9
	15	0,4	100	0,65	130	97 ½
		0,45	113	0,65	130	97 ½
		0,4	100	0,5	100	97 ½
		0,4	100	0,5	100	97 ½
		0,4	100	0,4	80	10
		0,4	100	0,35	70	10
		0,4	100	0,35	70	9 ½
		0,35	88	0,35	70	9 ½
		0,4	100	0,3	60	9 ½
4. I.	15	0,1	25	0,1	20	9
		0,1	25	0,1	20	9
		0,1 [2]	25	0,1 [2]	20	9
		0,25	63	0,3	60	9
		0,25	63	0,3	60	9
		0,25	63	0,3	60	9

[1] Nach Messung beginnt Erwärmung.
[2] Nach Messung Schnittflächen erneuert.

Für das Verhalten der Filtration während der Erwärmung (3. I. 15) fallen in Betracht als Faktoren, welche die Ausflußgeschwindigkeit beschleunigen : die Abnahme der Viskosität, der Saftaustritt aus den abgetöteten Zellen, die Verlängerung der Wassersäulen. Als Faktoren, welche die Ausflußgeschwindigkeit verzögern, sind zu nennen : Verstopfung der Anfangsschnittfläche, Verlängerung der Gasblasen, praemortale Wasseraufnahme in die lebenden Zellen, anderweitige Verstopfungen oder sonstige Erhöhungen des Filtrationswiderstandes. Je nachdem die beschleunigenden oder hemmenden Faktoren überwiegen, steigt oder fällt die Filtrationsgeschwindigkeit.

Für das Sinken der Filtrationsgeschwindigkeit bei Zimmertemperatur nach erfolgter Abtötung wurden schon in Betracht gezogen : Verstopfungen an den Schnittflächen, Verstopfungen an den Grenzen lebend - tot, ungünstige Änderungen des Inhaltes oder der Wand der Leitungsbahnen. Da aber nach Erneuerung der Schnittflächen die Filtration beim Versuchszweig ebenso stark ansteigt wie beim Kontrollzweig, fehlen die Anhaltspunkte für die Annahme, durch das partielle Abtöten seien Verstopfungen an der Grenze lebend - tot, oder ungünstige Veränderungen des Inhaltes oder der Membran der Leitungsbahnen entstanden.

3. *Salix alba L.*

Kontrollzweigstück : 35 cm lang, mittlerer Durchmesser 5,5 mm.
Versuchszweigstück : 42 cm lang, mittlerer Durchmesser 5,5 mm.

3 Stunden nach der Einstellung des Versuches wird die Filtrationsgeschwindigkeit gemessen vor, während (17. I. 15 ^{h}) und nach der Abtötung einer 10 cm langen Stengelpartie (Tab. 81).

Tab. 81.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 20 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in cm³	in % des Anfangsw.	in cm³	in % des Anfangsw.	
17. I.	14	1,2	100	0,85	100	14
		1,2	100	0,85	100	14
		1,2	100	0,85 [1]	100	14
	15	1,15	96	0,8	94	97 ½
		1,2	100	0,65	76	97 ½
		1,2	100	0,65	76	97 ½
		1,2	100	0,6	71	97 ½
		1,15	96	0,35	41	14 ½
		1,1	92	0,4	47	14 ½
		1,1	92	0,4	47	14 ½
		1,1	92	0,45	53	14 ½
18. I.	8	0,45	38	0,5	59	14
		0,5	42	0,5	59	14
		0,45 [2]	38	0,5 [2]	59	14
		1,2	100	0,7	82	14
		1,2	100	0,7	82	14
18. I.	15	0,45	38	0,35	41	14
		0,45 [3]	38	0,35 [3]	41	14
		0,45	38	0,45	53	14
		0,45	38	0,4	47	14
		0,45	38	0,45	53	14
19. I.	8	0,15	13	0,15	18	13
		0,15	13	0,15	18	13

Auch hier zeigt das Verhalten nach Erneuerung der Schnittflächen, daß die Erhöhung des Filtrationswiderstandes nicht eine Folge des Abtötens ist, sondern auf Verstopfung der Schnittflächen beruht.

4. *Betula pendula Roth.*

Kontrollzweigstück: 47 cm lang, mittlerer Durchmesser 8 mm.
Versuchszweigstück: 47 cm lang, mittlerer Durchmesser 8,2 mm.

[1] Nach Messung beginnt Erwärmung.
[2] Nach Messung Schnittflächen erneuert.
[3] Nach Messung Schnittflächen erneuert.

Die Messung des Filtrationswiderstandes beginnt 3 ½ Stunden nach Einstellung des Versuches. 10 cm in der Mitte des Versuchszweiges werden während 60 Minuten mit siedendem Wasser abgetötet (Tab. 82).

Tab. 82.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 15 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in cm³	in % des Anfangsw.	in cm³	in % des Anfangsw.	
28. I.	15	1,2	100	1,15	100	19
		1,2	100	1,1	96	19
		1,2	100	1,1	96	19
		1,15	96	1,1 [1]	96	19
	16	1,15	96	1,2	104	97 ½
		1,15	96	1,4	122	97 ½
		1,1	92	1,35	117	97 ½
		1,1	92	1,25	109	97 ½
		1,1	92	1,3	113	97 ½
		1,05	88	0,8	70	20
		1,0	83	0,9	78	20
		1,0	83	1,0	87	20
		0,95	79	0,9	78	19
		0,9	75	0,85	74	19
29. I.	9	0,2	17	0,35	30	19
		0,25 [2]	21	0,4 [2]	35	19
		1,25	104	1,1	96	19
		1,25	104	1,1	96	19
		1,2	100	1,05	91	19
		1,15	96	10,5	91	19
31. I.	8	0	0	0	0	19
		0 [3]	0	0 [3]	0	19
		0,35	29	0,3	26	19
		0,35	29	0,3	26	19

Daß nach Erneuerung der Schnittfläche der Kontrollzweig die filtrierte Wassermenge auf 104 % steigern konnte, hängt offenbar damit zusammen, daß die Messung erst 3 ½ Stunden nach Einstellung des Versuches begann, also nach teilweiser Verstopfung der Schnittflächen.

[1] Nach Messung beginnt Erwärmung.
[2] Nach Messung Schnittflächen erneuert.
[3] Nach Messung Schnittflächen erneuert.

Auch hier kann die Erhöhung des Filtrationswiderstandes nicht der Abtötung zugeschrieben werden, da der Kontrollzweig dasselbe Verhalten zeigt.

5. *Plectranthus fruticosus L'Hérit.*

III. Kontrollzweigstück : 27 cm lang, mittlerer Durchmesser 13,2 mm.
IV. Versuchszweigstück : 27 cm lang, mittlerer Durchmesser 13,5 mm.

Die Messungen der Filtrationsgeschwindigkeit beginnen 3 Stunden nach Einstellung des Versuches. Ein 10 cm langes Stengelstück des Versuchszweiges wird abgetötet durch 60 Minuten dauerndes Untertauchen in heißes Wasser (Tab. 83).

Tab. 83.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 15 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in cm³	in % des Anfangsw.	in cm³	in % des Anfangsw.	
4. II.	14	0,55	100	0,6	100	17
		0,5	91	0,55	92	17
		0,5	91	0,55 [1]	92	17
	14.45	0,4	73	0,7	117	70
		0,4	73	0,95	158	97
		0,4	73	0,65	108	97
		0,35	64	0,65	108	97
		0,35	64	0,6	100	97
		0,35	64	0,6	100	97
		0,3	55	0,3	50	18
		0,25	46	0,45	75	18
		0,25	46	0,45	75	17 ½
		0,25	46	0,45	75	17
5. II.	9	0,15	27	0,2	33	15
		0,1 [2]	18	0,2 [2]	33	15
		0,7	127	0,7	117	15
		0,65	118	0,6	100	15
		0,6	109	0,5	83	15
7. II.	9	0,75 [3]	136	0,85 [3]	142	15
		0,65	118	0,65	108	15
		0,6	109	0,55	92	15

[1] Nach Messung beginnt Erwärmung.
[2] Nach Messung Schnittflächen erneuert.
[3] Vor Messung Schnittflächen erneuert.

Da die Messungen erst 3 Stunden nach Einstellung des Versuches begonnen wurden, waren die Schnittflächen bereits verstopft, so daß nach deren Erneuerung die Filtrationsgeschwindigkeit über den Anfangswert hinausgehen konnte.

Auch hier läßt sich der Rückgang der Filtrationsgeschwindigkeit nicht auf das partielle Abtöten zurückführen.

Es wurden ebenfalls Filtrationsversuche in Angriff genommen mit Stengelstücken von *Pelargonium* und *Sparmannia*, aber wegen zu geringer Filtrationsfähigkeit nicht weiter geführt.

6. *Abies alba Mill. VIII und IX.*

VIII. Kontrollzweigstück: 31 cm lang, mittlerer Durchmesser ohne Rinde 5,7 mm.

IX. Versuchszweigstück: 31 cm lang, mittlerer Durchmesser ohne Rinde 5 mm.

Beide Enden der Zweige wurden ca. 1,5 cm weit entrindet, um die Verstopfung der Schnittflächen mit Harz zu verhindern.

3 Stunden nach Versuchseinstellung beginnt die Messung. Die Abtötung einer 10 cm langen, mittleren Partie des Versuchszweiges erfolgt während 60 Minuten mit siedendem Wasser (Tab. 84).

Tab. 84.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 5 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in mm der Kapillare	in % des Anfangsw.	in mm der Kapillare	in % des Anfangsw.	
21. I.	14	110	100	84	100	15 ½
		108	98	83	99	15 ½
		108	98	82	98	15 ½
		108	98	82 [1]	98	15 ½
	14.20	110	100	91	108	45
		110	100	166	198	97 ½
		110	100	173	206	97 ½
		110	100	124	148	97 ½
		110	100	120	143	97 ½
		110	100	120	143	97 ½
		110	100	118	140	97 ½
		110	100	118	140	97 ½

[1] Nach Messung beginnt Erwärmung.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 5 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in mm der Kapillare	in % des Anfangsw.	in mm der Kapillare	in % des Anfangsw.	
21. I.	15	110	100	118	140	97 ½
		110	100	116	138	97 ½
		110	100	115	137	97 ½
		108	98	112	133	97 ½
		108	98	112	133	97 ½
		105	95	112	133	97 ½
		105	95	63	75	16
		100	91	70	83	16
		100	91	70	83	16
		100	91	70	83	16
		99	90	69	82	16
		95	86	71	84	16
		90	82	71	84	16
		90	82	71	84	16
		90	82	72	86	16
		87	79	71	84	16
		86	78	71	84	16
22. I.	9	25	23	21	25	14 ½
		25 [1]	23	21 [1]	25	14 ½
		142	129	99	118	14 ½
		141	128	99	118	14 ½
		140	127	98	117	14 ½
24. I.	14	18	16	15	18	15
		18 [1]	16	15 [1]	18	15
		157	143	110	131	15
		155	141	109	130	15
		155	141	109	130	15
26. I.	15	17	15	13	15	16 ½
		17 [1]	15	13 [1]	15	16 ½
		153	139	102	121	16 ½
		153	139	101	120	16 ½
		152	138	101	120	16 ½
28. I.	9	17	15	16	19	17
		17 [1]	15	16 [1]	19	17
		146	133	104	124	17
		144	131	102	121	17
		144	131	102	121	17

[1] Nach Messung Schnittflächen erneuert.

7. *Abies alba Mill. X und XI.*

X. Kontrollzweigstück: 31 cm lang, mittlerer Durchmesser 4,7 mm.
XI. Versuchszweigstück: 31 cm lang, mittlerer Durchmesser 5,5 mm.

Beide Zweige wurden ganz entrindet. Beginn der Messungen 3 Stunden nach Einstellung des Versuches. Abtötung eines 10 cm langen Stengelstückes des Versuchsexemplares mit siedendem Wasser während 50 Minuten (Tab. 85).

Tab. 85.

Datum	Tageszeit	Filtrierte Wassermenge pro 5 Min.				Temperatur des Heizbades in °C
		Kontrollzweig		Versuchszweig		
		in mm der Kapillare	in % des Anfangsw.	in mm der Kapillare	in % des Anfangsw.	
3. II.	14	48	100	50	100	17
		46	96	49	98	17
		46	96	49 [1]	98	17
	14.20	44	92	50	100	24
		44	92	51	102	48
		42	88	63	126	88
		40	83	175	350	97 ½
		38	79	57	114	97 ½
		38	79	49	98	97 ½
		34	71	47	94	97 ½
		32	67	45	90	97 ½
		32	67	44	88	97 ½
		32	67	44	88	97 ½
		31	65	42	84	97 ½
		30	63	41	82	97 ½
		30	63	38	76	97 ½
		29	60	37	74	97 ½
		29	60	25	50	20
		29	60	29	58	19
		29	60	33	66	18
		29	60	34	68	18
		29	60	34	68	18
		28	58	34	58	18
4. II.	9	4	8	6	12	17
		4 [2]	8	6 [2]	12	17
		72	150	88	176	17
		70	146	87	174	17
		69	144	86	172	17
		69	144	86	172	17

[1] Nach Messung beginnt Erwärmung. [2] Nach Messung Schnittflächen erneuert.

Da bei den Versuchen mit *Abies* die ersten Messungen erst 3 Stunden nach Versuchseinstellung erfolgten, waren die Schnittflächen schon verstopft, so daß nach ihrer Erneuerung die Filtrationsgeschwindigkeit über die Anfangswerte steigen konnte.

Auch bei *Abies* ist der Rückgang der Filtrationsgeschwindigkeit einfach der Verstopfung der Schnittflächen zuzuschreiben.

Zusammenfassend haben meine Filtrationsversuche (mit *Fuchsia, Salix, Betula, Plectranthus, Abies*) ergeben, daß der Leitungswiderstand des Stengels durch das Abtöten einer 10 cm langen Partie während der Beobachtungsdauer (25 - 163 Stunden) nicht nachweisbar verändert worden ist (Tab. 86).

Tab. 86.

Pflanze	Filtrierte Wassermenge in % des Anfangswertes			Welk nach	Absorptionsgeschwindigkeit		Transpiration	
	nach part. Abtöten	Kontr.-zweig	Vers.-zweig		nach part. Abtöten	in % des Anfgsw.	nach part. Abtöten	in % des Anfangsw.
Fuchsia	25 Std.	63 %	60 %	15 Std.	16 Std.	11 %		
Salix	42 Std.	13 %	18 %					
Betula	65 Std.	29 %	26 %					
Plectranthus	66 Std.	136 %	142 %	67 ½ Std.			47 Std.	20 %
Abies	163 Std.	133 %	124 %		15 Std.	50 %		
Abies	19 Std.	150 %	176 %					

Noch zuverlässiger wären diese Filtrationsversuche, wenn die Wasserleitung genau in den Elementen und mit der Geschwindigkeit erfolgen würde, wie im intakten Sproß (URSPRUNG, Wasserhaushalt S. 558; vgl. auch SCHAPOSCHNIKOW 1926, S. 133).

Je geringer die Anzahl der Wasserleitbahnen ist, um so eher werden alle Leitbahnen auch wirklich zur Leitung dienen.

Über die Verstopfung der Schnittflächen, die Hauptfehlerquelle bei derartigen Versuchen, vergleiche man z. B. v. HÖHNEL 1897; EBES 1937; BRAMBLE 1938.

Schluß.

Nachdem am Ende jedes Abschnittes bereits eine Zusammenfassung gegeben wurde, kann ich mich hier auf eine kurze zusammenhängende Darstellung der wichtigsten Ergebnisse beschränken.

Da es mir nicht möglich war, meine Versuchspflanzen längere Zeit hindurch beständig zu verfolgen und mehrfache Unterbrechungen nötig

wurden, wandte ich die Hauptaufmerksamkeit den Erscheinungen während und kurz nach dem Abtöten zu ; so vermochte ich die Bedeutung des partiellen Abtötens für das Saftsteigen nur zu streifen.

I. Einleitend wurde dargelegt, daß die Frage nach der Beteiligung lebender Stengelzellen am Saftsteigen, noch keine allgemein anerkannte Lösung gefunden hat, und daß es daher erwünscht scheint, die mit der partiellen Erwärmung verbundenen Vorgänge genauer zu analysieren.

II. Absorptionsversuche mit toten Modellen verliefen besonders instruktiv bei einem toten *Abies*zweigstück, dessen Transpirationssaugung durch möglichst konstante Pumpensaugung ersetzt war. Bei rascher Erwärmung fiel die Absorptionsgeschwindigkeit, bei Temperaturkonstanz stieg sie wieder auf jenen Wert an, welcher der Pumpensaugung und der jeweiligen Viskosität entsprach.

III. Eine Pflanze, die vorher normal transpiriert hat, absorbiert auch nach völliger Aufhebung der Transpiration noch stunden- und tagelang Wasser ; die positive Saugkraft der lebenden Zellen und der Unterdruck in den toten Leitbahnen werden nur langsam aufgehoben.

IV. Einfluß der Erwärmung auf die Absorption nicht transpirierender Sprosse. Wie nach II zu erwarten war, ist die Reaktion ohne Wurzel bedeutend stärker als mit Wurzel. Blattlose Stengelstücke reagierten nicht schwächer als beblätterte Sprosse.

Die Erwärmung unterhalb der praemortalen Zone zeigte die aus II bekannten Erscheinungen. Die Erwärmung innerhalb der praemortalen Zone führte zu einem starken Ansteigen der Absorptionsgeschwindigkeit, während in der letalen Zone die Absorptionsgeschwindigkeit rasch und tief fiel infolge des Saftaustrittes aus den abgetöteten Zellen. Die Erklärungsmöglichkeiten dieser Absorptionsänderungen, besonders des praemortalen Anstieges, wurden eingehend diskutiert, was zur Annahme führte, daß der praemortale Anstieg in einer entsprechenden Permeabilitätszunahme des Protoplasmas für Wasser zu suchen sei.

V. Einfluß der partiellen Erwärmung auf die Absorption transpirierender Sprosse. Die Bedeutung der Saugkraft der Luft für die Absorption wurde experimentell geprüft. Die Erwärmung unterhalb, innerhalb und oberhalb der praemortalen Temperaturzone hat ähnliche Folgen wie in Abschnitt IV. Nur strebt hier nach erfolgter Abtötung und Wiederherstellung der Zimmertemperatur die Absorptionsgeschwindig-

keit nicht dem Nullwert zu, sondern einer positiven Größe, deren Höhe abhängt von der jeweiligen Transpiration, der Saugkraft der noch lebenden Stengelzellen und der Wasserleitung. Nach dem partiellen Abtöten fällt die Absorptionsgeschwindigkeit bei allen Versuchspflanzen deutlich ab. Die verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten wurden diskutiert.

VI. Einfluß der partiellen Abtötung auf die Transpiration absorbierender Sprosse. Durch die partielle Abtötung eines Stengelstückes wird die Transpiration sofort bedeutend reduziert und später noch stärker vermindert, so daß sie bei der Hälfte der Versuchspflanzen nach 3 Tagen, bei den andern spätestens nach 7 Tagen, nicht mehr über 22 % des Anfangswertes beträgt, während bei der Kontrollpflanze die Transpiration häufig über den Anfangswert angestiegen ist. Die Ursache dieser Reduktion der Transpiration wurde diskutiert und die Ausschaltung von Transportkräften in der abgetöteten Stengelzone als wahrscheinlich betrachtet.

VII. Die Transpiration abgeschnittener Sprosse ohne Wasserzufuhr steigt bei dem untersuchten *Ricinus* sofort nach dem Abschneiden deutlich an und fällt dann stark ab. Die Erklärung der vorübergehenden Steigerung wurde in der Erhöhung des Druckes auf den Gefäßinhalt an der Schnittfläche gesucht.

VIII. Es wurde der Einfluß der partiellen Abtötung gleichzeitig auf Absorption und Transpiration derselben Versuchspflanze verfolgt. Nach dem Abtöten sinken Absorption und Transpiration. Die Wasserbilanz Absorption - Transpiration ist am Tage gewöhnlich negativ bei Versuchs- und Kontrollpflanze. Diese Unterbilanz ist aber beim partiell abgetöteten Exemplar größer als bei der Kontrollpflanze, so daß die Kontrolle turgeszent bleibt, also nachts sich genügend erholt, während die Versuchspflanze welkt. Nach dem Welken wird die Bilanz des Versuchsexemplares günstiger als diejenige der Kontrolle, aber das Absterben ist nicht mehr aufzuhalten.

IX. Die Filtrationsversuche mit Stengeln von verschiedenen Arten haben ergeben, daß der Leitungswiderstand durch das partielle Abtöten auf 10 cm Länge während der Versuchsdauer (1 - 7 Tage) nicht nachweisbar verändert wird.

Da meine Beobachtungen über das Welken und meine Filtrationsversuche sehr unvollständig sind, beschränke ich mich auf einige Vergleiche bei *Fuchsia* und *Plectranthus*.

Bei meinen Absorptionsversuchen mit *Fuchsia V* und *VI*, deren Stengel auf 50 cm abgetötet waren, wurde 16 Stunden nach dem Abtöten Welken festgestellt. In meinen Filtrationsversuchen mit *Fuchsia*-stengeln zeigten die auf 10 cm abgetöteten Versuchszweige nach 19 - 25 Stunden keinen größeren Filtrationswiderstand als die turgeszenten Kontrollexemplare. Es liegen somit keine Anhaltspunkte vor, das Welken einer Erschwerung der Leitung (durch Thyllen, Schleim usw.) zuzuschreiben.

Bei meinen Transpirationsversuchen mit *Plectranthus II*, dessen Stengel auf 50 cm abgetötet wurde, konstatierte ich 47 Stunden nach dem Abtöten dürre Blattränder. In meinen Filtrationsversuchen wurde der Stengel auf 10 cm abgetötet und wies nach 66 Stunden keinen größeren Filtrationswiderstand auf als der lebende turgeszente Kontrollzweig. Soweit meine Beobachtungen gehen, hat somit das partielle Abtöten den Filtrationswiderstand nicht nachweisbar erhöht. Es sind also keine Unterlagen vorhanden weder für irgendwelche Verstopfungen an den Grenzen lebend - tot, noch für jene unbekannten, nicht näher definierten Änderungen des Gefäßinhaltes oder der Gefäßwand, welche den Filtrationswiderstand steigern sollen.

Der Vergleich der abgeschnittenen *Ricinus*sprosse mit den partiell abgetöteten zeigt, daß über die tote Strecke noch deutliche Wassermengen geleitet werden ; immerhin beweist das Welken, daß diese Leitung ungenügend ist.

Soweit meine Erfahrungen reichen, besteht die plausibelste Erklärung für das Welken nach partiellem Abtöten in der Annahme von Hebungskräften im Stengel, die durch das Abtöten zerstört werden.

LITERATURVERZEICHNIS

ARNDT C. H., Water absorption in the cotton plant as affected by soil and water temperatures. Plant Physiol. 1937. **12,** 703.

BÄCHER J., Über die Abhängigkeit des osmotischen Wertes von einigen Außenfaktoren. Beih. Bot. Centralbl. 1920. **37,** 63.

BACHMANN F., Das Saftsteigen der Pflanzen. Ergebnisse der Biologie 1926. **1,** 343.

BĚLEHRÁDEK J., Temperature and living matter. Protoplasma - Monographien 1935. **8.**

BENECKE - JOST, Pflanzenphysiologie. 1924. **1.**

BOEHM J., Ursache des Saftsteigens. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1889. **7,** 46.

BRAMBLE W. C., Effect of Endothia parasitica on conduction. Amer. Journ. Bot. 1938. **25,** 61.

BRAUNER L., Über den Einfluß der Saugspannung auf die Wasserpermeabilität toter und lebender Gewebe. Protoplasma 1935. **22,** 539.

BREWIG A., Permeabilitätsänderungen der Wurzelgewebe, die vom Sproß beeinflußt werden. Zeitschr. f. Bot. 1937. **31,** 481.

— — Auslösung leichter Wasserdurchlässigkeit an Wurzeln von Vicia Faba. Planta 1939. **29,** 341.

CHWOLSON O. D., Lehrbuch der Physik. 1905. **3.**

CONVAY V. M., Growth rates and water loss in Cladium Mariscus R. Br. Annal. of Bot. 1940. **4,** 151.

CRAFTS A. S., Further studies on exudation in cucurbits. Plant Physiol. 1936. **11,** 63.

CURTIS O. F., Studies on solute translocation. Experiments indicating that translocation is dependent on the activity of living cells. Amer. Journ. Bot. 1929. **16,** 154. Ref. in Bot. Centralbl. 1930. N. F. **16,** 323.

CZAPEK F., Die Ernährungsphysiologie der Pflanzen seit 1896. Progressus rei botanicae 1906. **1,** 419.

— — Referat über Ursprung. Jahrb. f. wiss. Bot. 1907. **44,** 287 ; in Bot. Ztg. 1907. **65,** II, Sp. 392.

DELF E. M., Studies of protoplasmic permeability. Annal. of Bot. 1916. **30,** 283.

DIXON H., Note on the supply of water to leaves on a dead branch. Scient. Proc. of the Royal Dublin Society 1905. **11,** No. 2.

— — Vitality and the transmission of water through the stems of plants. Bot. School of Trinity College, Dublin 1909. **2.**

DIXON and JOLY, The path of the transpiration - current. Annal. of Bot. 1895. **9.**

DÖRING B., Die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme und ihre ökologische Bedeutung. Zeitschr. f. Bot. 1934/35. **28,** 305.

EBES K., Vorming van Thyllen in geveld beukenhout. Diss. Wageningen 1937. Referat in Bot. Centralbl. 1938. **31,** 130.

FIRBAS FR., Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Hochmoorpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1931. **74,** 459.

GAMMA H., Zur Kenntnis der Saugkraft und des Grenzplamolyse-Wertes der Submersen. Protoplasma 1932. **16,** 489.

GELLHORN E., Das Permeabilitätsproblem. Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere. 1929. **16.**

GODLEWSKI E., Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1884. **15,** 569.

DE HAAN IZ., Protoplasmaquellung und Wasserpermeabilität. Recueil des travaux botaniques néerlandais 1933. **30,** 234.

HABERLANDT G., Physiolog. Pflanzenanatomie. 6. Aufl. 1924.

HANDLEY W. R. C., The effect of prolonged chilling on water movement an radial growth in trees. Annal. of Bot. 1939. **3,** 803.

HENDERSON L., Relations between root respiration and absorption. Plant Physiol. 1934. **9,** 283.

HEYL J. G., Der Einfluß von Außenfaktoren auf das Bluten der Pflanzen. Planta 1933. **20,** 294.

V. HÖHNEL FR., Über die Ursache der raschen Verminderung der Filtrationsfähigkeit von Zweigen für Wasser. Bot. Ztg. 1879. S. 1.

HUBER B. und HÖFLER K., Die Wasserpermeabilität des Protoplasmas. Jahrb. f. wiss. Bot. 1930. **73,** 351.

JANSE J. M., Die Mitwirkung der Markstrahlen bei der Wasserbewegung im Holze. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887. **18,** 1.

JOST L., Erwiderung auf die «Bemerkungen» A. Ursprungs. Bot. Ztg. II. Abt. 1905. **63,** 244.

KOSAROFF P., Einfluß verschiedener äußerer Faktoren auf die Wasseraufnahme der Pflanzen. Inaug. Diss. Leipzig 1897.

KOSTYTSCHEW S. - WENT F. A. F. C., Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. 1931. **2.**

KRABBE G., Über den Einfluß der Temperatur auf die osmotischen Prozesse lebender Zellen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1896. **29,** 441.

KRAMER P. J., The absorption of water by root systems of plants. Amer. Journ. Bot. 1932. **19,** 148.

— — The intake of water trough dead root systems and its relation to the problem of absorption by transpiring plants. Amer. Journ. Bot. 1933. **20,** 481. Referat in Bot. Centralbl. 1934. **24,** 273.

— — Root resistance as a cause of the absorption lag. Amer. Journ. Bot. 1938. **25,** 110.

— — Root resistance as a cause of decreased water absorption by plants at low temperatures. Plant Physiol. 1940. **15,** 63.

LANDOLT - BÖRNSTEIN, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl.

LEPESCHKIN W., Kolloidchemie des Protoplasmas. 2. Aufl. 1938. Wiss. Forschungsber. Naturw. Reihe, **47.**

MARCET F., Untersuchungen über gewisse Umstände, welche auf die Temperatur des Siedepunkts der Flüssigkeiten von Einfluß sind. Ann. d. Phys. und Chem. 1842. **57,** 218.

MAYER E., Beiträge zur Kenntnis des winterlichen Wasserhaushaltes und der Winterknospen der Bäume. Jenaische Zeitschr. Naturwiss. 1932. **66,** 535.

MORSE H. N., The osmotic pressure of aqueous solutions. Carnegie Instit. Washington. Publ. Nr. 198. 1914.

MOUSSON A., Einige Tatsachen betreffend das Schmelzen und Gefrieren des Wassers. Ann. d. Phys. und Chem. 1858. **105,** 161.

NÄGELI C., Über Versuche, betreffend die Capillarwirkungen bei vermindertem Luftdruck. Sitzungsber. d. königl. bayer. Akademie der Wissenschaften zu München. 1866. **1,** 353.

NITSCHE H., Einfluß der Wurzelabkühlung auf Wasseraufnahme und Transpiration. Österreich. Bot. Zeitschr. 1937. **86,** 161.

OVERTON J. B., Studies on the relation of the living cells to transpiration and sap-flow in Cyperus I and II. Bot. Gaz. 1911. **51,** 28, 102.

PAPPENHEIM K., Eine Methode zur Bestimmung der Gasspannung. Diss. Berlin 1892.

PEIRCE G. J., Observations on sap hydraulics. Amer. Journ. Bot. 1934. **21,** 211.

— — The state of water in ducts and tracheids. Plant Physiol. 1936. **11,** 623.

— — Are living cells involved in the ascent of sap ? Amer. Journ. Bot. 1936. **23,** 159.

PFLEIDERER H., Kritische Untersuchungen zur Methodik der Transpirationsbestimmung an abgeschnittenen Sprossen. Zeitschr. f. Bot. 1933. **26,** 305.

ROSHARDT P. A., Über die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen bei Pflanzen von niedrigem Wuchs. Beih. Bot. Centralbl. 1910. **25,** Abt. I, 243.

ROUSCHAL E., Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme ganzer Pflanzen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften in Wien 1935. Abt. I, **144,** 313.

VAN RYSSELBERGHE FR., Influence de la température sur la perméabilité du protoplasma vivant pour l'eau et les substances dissoutes. Rec. de l'Inst. Bot. de Bruxelles 1902. **5,** 209.

SCHAPOSCHNIKOW W., Die Abhängigkeit des Blutens von der Zahl der geöffneten Gefäße. Beih. Bot. Centralbl. 1926. **43,** Abt. I, 133.

SCHWENDENER S., Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik, bearbeitet von C. HOLTERMANN. 1909.

SIERP H., in Lehrbuch der Botanik für Hochschulen 1939. **20,** 179.

SPRANGER E., Das Erfrieren der Pflanzen über 0 Grad mit besonderer Berücksichtigung der Warmhauspflanzen. Die Gartenbauwissenschaft 1941. **16,** 90.

STILES and JORGENSEN, Studies in Permeability. Ann. of Bot. 1917. S. 415.

STRASBURGER E., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen. Fischer, Jena 1891.

TAGAWA T., The influence of the temperature of the culture water on the water absorption by the root and on stomatal aperture. Journ. Fac. Agric. Hokkaido Imp. Univ. Sapporo 1937. **39,** 271.

— — Further studies on the influence of the water temperature on the water absorption and the stomatal aperture. Journ. Fac. Agric. Hokkaido Imp. Univ. Sapporo 1938. **45,** 1.

URSPRUNG A., Untersuchungen über die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Beih. Bot. Centralbl. 1905. **18,** Abt. I, 147.

— — Die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1906. **42,** 503.

— — Über die Ursache des Welkens. Beih. Bot. Centralbl. 1907. **21,** Abt. I, 67.

— — Abtötungs- und Ringelungsversuche an einigen Holzpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1907. **44,** 287.

— — Zur Frage nach der Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Beih. Bot. Centralbl. 1912. **28,** Abt. I, 311.

— — Der heutige Stand des Saftsteigungsproblems. Verhandlungen der Schweiz. Naturforsch. Ges. 1911. **1.**

— — Zur Demonstration der Flüssigkeitskohäsion. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1913. **31,** 388.

— — Zweiter Beitrag zur Demonstration der Flüssigkeitskohäsion. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1915. **33,** 253.

— — Zur Demonstration der Blasenbildung in Wasser von verschiedenem Luftgehalt. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1915. **33,** 108.

— — Über die Blasenbildung in Tonometern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1915. **33,** 140.

— — Auftrieb und Stofftransport. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1916. **34,** 412.

— — Über den Einfluß der Erwärmung auf die Wasseraufnahme untergetauchter Sprosse. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1918. **36,** 514.

— — Einige Resultate der neuesten Saugkraftstudien. Flora 1925. **18-19,** 566.

— — Über die Beziehungen zwischen der Wasserbilanz und einigen osmotischen Zustandsgrößen. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 1933. **42,** 225.

— — Wasserhaushalt der Pflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. 2. Aufl. 1935. **10,** 548.

— — Die Messung der osmotischen Zustandsgrößen pflanzlicher Zellen und Gewebe. ABDERHALDEN, Handbuch der biologischen Arbeitsmethode, Abt. XI, Teil 4. 1937, S. 1259 und 1268.

VESQUE J., Sur le prétendu rôle des tissus vivants du bois, dans l'ascension de la sève. Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Paris 1885. **101, 2,** S. 757.

WARTIOVAARA VEIJO, Über die Temperaturabhängigkeit der Protoplasmapermeabilität. Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fennicae 1942. **16,** No. 1.

WEBER C. A., Über den Einfluß höherer Temperaturen auf die Fähigkeit des Holzes den Transpirationsstrom zu leiten. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1885. **3,** 345.

WINKELMANN A., Handbuch der Physik. 1906. **3.**

ZIJLSTRA K., Bijdragen tot de kennis der waterbeweging in de planten. Versl. kon. Ak. Wet. A'dam 9 Febr. 1910.