

**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

**Kapitel:** I: Bisherige Untersuchungen und ihre Beurteilung

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-306868>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

# I. Bisherige Untersuchungen und ihre Beurteilung

Wir beschränken uns im wesentlichen auf Versuche, bei welchen Wurzeln und Blätter intakt blieben, und nur der Stengel bzw. 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  $\frac{3}{4}$  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 andererseits 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  $\frac{1}{3}$  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  $-7^{\circ}$  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  $-10^{\circ}$  bis  $-11^{\circ}$ . 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  $0^{\circ}$  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  $-6^{\circ}$  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.  $2^{\circ}$  bis ca.  $0^{\circ}$  ab. Andauernde Temperatur von  $2^{\circ}$  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.  $0^{\circ}$  bis  $-1^{\circ}$  welkten die Blätter nach einigen Stunden, bei erneuter Temperatursteigerung auf  $2^{\circ}$  bis  $6^{\circ}$  wurden sie wieder turgeszent. Die physikalischen Faktoren allein erklären das Welken der betreffenden Versuchspflanzen nicht, da Eisbildung in Gefäßen bei ca.  $0^{\circ}$  ausgeschlossen und die Viskositätszunahme von untergeordneter Bedeutung ist. So folgert der Autor, daß die partielle Abkühlung die Tätigkeit der lebenden Holzzellen zeitweise gehemmt habe. Erinnerung 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 Hebungarbeit 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 Versuchsergebnisse 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.