

Abtötungs- und Ringelungsversuche an einigen Holzpflanzen.

Von

A. Ursprung.

Nachdem ich früher¹⁾ an einigen wenigen Kraut- und Holzpflanzen die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen nachgewiesen hatte, unterwarf ich nachher die Buche einer eingehenderen Untersuchung²⁾, durch welche die früheren Resultate bestätigt und neue Aufschlüsse gewonnen wurden. Schon die ersten Studien hatten jedoch ergeben, daß das Verhalten verschiedener Pflanzen ein recht abweichendes sein kann, und daß daher vorläufig eine Verallgemeinerung ausgeschlossen ist. Es machten sich nun vor allem zwei Bedürfnisse geltend; die Untersuchungen mußten in die Tiefe und in die Breite geführt werden. Der ersten Forderung suchte ich vorläufig durch die Arbeit über *Fagus* einigermaßen nachzukommen. Zur Erfüllung der zweiten Forderung bildet diese Abhandlung einen kleinen Beitrag. Sie enthält die Resultate von Experimenten, die im Sommer 1906 an einer größeren Zahl von Holzgewächsen ausgeführt worden sind. Infolge hindernder äußerer Umstände konnten die Versuche nicht die beabsichtigte Ausdehnung erhalten.

Die Methoden sind im wesentlichen dieselben wie früher. Die Versuche wurden im Wald ausgeführt, alle Teile der Pflanzen, von denen keine Veränderungen angegeben wurden, blieben vollständig unversehrt. Die Stämmchen oder Äste wurden auf eine kürzere oder längere Strecke mit Dampf abgetötet, indem man durch ein

1) A. Ursprung, Untersuchungen über die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Beih. z. Bot. Centralbl., 1904, S. 147.

2) Derselbe, Die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Jahrb. f. wiss. Bot., 1906, S. 503.

Rohr, das um die abzutötende Strecke herumgelegt war, eine Viertel- bis eine halbe Stunde lang Wasserdampf leitete. Das Rohr selbst hatte den früher¹⁾ geschilderten Bau und stand in verschiedenen, längeren und kürzeren Exemplaren zur Verfügung. Oft wurde übrigens auch, wenn die zu tötende Strecke kurz war, ein einfacher aus Holz gefertigter Apparat oder das früher²⁾ beschriebene Gabelrohr verwendet. Hand in Hand mit den Abtötungsversuchen ging die mikroskopische Untersuchung der abgetöteten und angrenzenden Partie. Gewöhnlich wurden auch Ringelungsversuche ausgeführt, da dieselben, wie die Erfahrungen an *Fagus* gelehrt hatten, oft wertvolle Beiträge liefern.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf die folgenden Arten: *Larix decidua*, *Picea excelsa*, *Pinus silvestris*, *Pinus strobus*, *Abies alba*, *Prunus avium*, *Viburnum lantana*, *Lonicera xylosteum*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus aria*, *Cornus sanguinea*, *Salix caprea*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus montana*, *Populus alba*, *Quercus robur*, *Robinia pseudacacia*.

Ich lasse nun der Reihe nach die Beschreibung der an den einzelnen Arten angestellten Versuche folgen.

1. *Larix decidua*.

Sämtliche Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die einen halben bis zwei Meter über dem Boden inseriert waren. Die Resultate sind tabellarisch zusammengestellt. Tabelle 1 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf. Es wurde jeweils angegeben die Länge des Zweiges, die Zahl der Nadelbüschel über der toten Strecke, die Länge der abgetöteten Strecke, die Lage der abgetöteten Strecke, der Zeitpunkt der Versuchsanstellung und der Verlauf des Versuches.

Diese Versuche zeigen, daß bei partieller Abtötung die über der toten Strecke liegenden Nadeln nach kürzerer oder längerer Zeit dürr werden. Die Nadeln bleiben unter sonst gleichen Umständen um so länger turgeszent, je kürzer die tote Strecke ist. Bei einer Länge der toten Strecke von 80 cm konnten sie nach 10 Tagen, bei 10 cm Länge nach 14 Tagen, bei 3 cm Länge sogar nach anderthalb Monaten noch turgeszent sein.

1) A. Ursprung, a. a. O., Beih. z. Botan. Centralbl., S. 156.

2) Derselbe, a. a. O., Jahrb. f. wiss. Bot., 1906, S. 532.

Tabelle 1.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,5 m	400	80 cm	0 m	28. V.	Nadeln nach 10 Tagen noch turgeszent, nach 14 Tagen halbdürr; die sofort ausgeführte anatomische Untersuchung zeigte sehr wenig Verstopfungen.
1,7 "	10	80 "	0 "	28. V.	Nadeln nach 10 Tagen etwas welk, nach 14 Tagen halbdürr, nach 19 Tagen dürr.
1,4 m	130	10 cm	0,7 m	2. V.	Die Nadeln blieben 14 Tage vollständig normal, hierauf verfärbten sie sich etwas und waren nach 30 Tagen halbdürr.
1,4 "	170	10 "	0,8 "	2. V.	Die Nadeln blieben 1 Woche normal, begannen hierauf sich zu verfärben und waren nach 30 Tagen halbdürr, nach 36 Tagen dürr.
1,1 "	170	10 "	0 "	2. V.	Die Nadeln blieben 1 Woche normal, begannen hierauf schwach zu welken und waren nach 30 Tagen halbdürr. Die anatomische Untersuchung ergab keine Verstopfungen.
1,2 "	120	10 "	0 "	2. V.	Verhalten wie im vorigen Fall. Die Nadeln waren nach 36 Tagen dürr. Die anatomische Untersuchg. ergab dasselbe Resultat.
1,7 m	420	10 cm	0 m	28. V.	Die Nadeln blieben 14 Tage normal, nach 19 Tagen waren sie halbdürr.
1,5 "	10	10 "	0 "	28. V.	Die Nadeln blieben 1 Woche normal, nach 10 Tagen waren sie welk, nach 14 Tagen halbdürr, nach 19 Tagen dürr.
0,7 m	130	3 cm	0 m	25. VI.	Nach 7 Wochen begannen die Nadeln zu welken, nach 8 Wochen waren sie dürr.
0,9 "	10	3 "	0 "	25. VI.	Nach 6 Wochen begannen die Nadeln zu welken, nach 7 Wochen waren sie dürr.

Der Einfluß der Größe der transpirierenden Fläche, der bei den früher mitgeteilten Versuchen mit *Fagus*¹⁾ deutlich aufgefallen war, ist auch hier wieder zu erkennen. Aus einer Vergleichung der drei korrespondierenden Zweigpaare geht hervor, daß unter sonst gleichen Umständen die Nadeln etwas länger frisch blieben, wenn sie in größerer Zahl vorhanden waren. Bei kurzer toter Strecke war dies auch bei *Fagus* der Fall, bei der Abtötung auf 80 cm welkten dagegen bei *Fagus* die blattreichen Äste rascher als die blattarmen, während sie bei *Larix*, nach den vorliegenden

1) Die Erklärung dieser Erscheinungen ist in der bereits zitierten Abhandlung über *Fagus* (Jahrb. f. wiss. Bot., 1906) nachzusehen.

Versuchen ebenfalls länger turgeszent bleiben. Die bisher bekannten Tatsachen machen es wahrscheinlich, daß der Transpirationssaugung bei *Larix* eine etwas größere Bedeutung zukommt als bei *Fagus*, da sie ihre Wirkung auf eine längere Strecke geltend machen kann. Es können aber auch individuelle Verschiedenheiten im Spiele sein, so daß es, bei der geringen Größe der vorhandenen Differenzen, jedenfalls geboten ist, noch eine größere Zahl entsprechender Versuche anzustellen. Ein Einfluß der Lage der toten Strecke ist aus den wenigen diesbezüglichen Versuchen nicht ersichtlich. Dagegen scheint der Zeitpunkt der Versuchsanstellung einen wesentlichen Einfluß zu haben. In den Experimenten vom 2. Mai waren die Nadeln bei 10 cm langer toter Strecke nach 30 Tagen halbdürr, bei den Experimenten vom 28. Mai dagegen schon nach 19 oder gar nach 14 Tagen. Es ist dies jedenfalls auf den verschiedenen Entwicklungszustand der Nadeln zurückzuführen. Was die Erklärung betrifft, so halte ich es für wahrscheinlich, daß die folgende Vermutung der Wahrheit nahe kommt. Da Anfangs Mai die jungen Nadeln noch sehr zart waren, aber doch schon eine bedeutende Größe erreicht hatten, so ist es wahrscheinlich, daß nicht nur die relative, sondern auch die absolute Transpiration stärker war als Ende Mai. Das längere Frischbleiben der jungen Nadeln wäre auf stärkere Saugung zurückzuführen und würde sich somit auf dieselbe Weise erklären lassen, wie das vorhin erwähnte längere Frischbleiben des stärker belaubten Zweiges.

In Tabelle 2 sind die Rindenringelungsversuche zusammengestellt. Es wurde jeweils angegeben die Länge des Zweiges, die Zahl der Nadelbüschel über der geringelten Strecke, die Länge der geringelten Strecke, der Zeitpunkt der Versuchsanstellung und der Verlauf des Versuches. Zudem ist angeführt, ob die geringelte Stelle mit Lack oder Harz bestrichen oder nackt gelassen worden war.

Vergleicht man diese Tatsachen mit der heute noch ziemlich allgemein verbreiteten Lehre von der Nichtbeteiligung der Rinde am Saftsteigen, so springt der Widerspruch sofort in die Augen. Schon früher hatte ich gezeigt, daß die Versuche, welche der Schlußfolgerung auf Nichtbeteiligung der Rinde zugrunde lagen, nicht beweiskräftig sind. Die Experimente mit *Fagus* führten zu dem Resultate, daß eine völlige Nichtbeteiligung sich nicht beweisen läßt, daß aber eine allfällige Einwirkung der Rinde nicht bedeutend sein kann und jedenfalls auf die jungen Teile beschränkt ist. Die neuen Versuche mit *Larix* liefern noch ungünstigere Ergebnisse.

Bei Entfernung der Rinde bis nahe zur Astspitze blieben die Nadeln im günstigsten Falle ca. 15 Tage turgeszent, sie konnten aber schon nach 10 Tagen z. T. dürr sein. Das Bestreichen der geringelten

Tabelle 2.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der geringelten Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelten Strecke	Zeit der Versuchsaustellung	
1,1 m	250	1 m	0 m	nackt	7. V.	Nadeln nach 8 Tagen turgeszent, nach 15 Tagen welk, nach 25 Tagen dürr.
0,8 "	180	0,7 "	0 "	Baumwachs	7. V.	Nadeln nach 15 Tagen turgeszent, nach 21 Tagen welk, nach 25 Tagen dürr.
0,9 "	110	0,8 "	0 "	Asphaltlack	29. V.	Nadeln nach 10 Tagen schwach welk, nach 14 Tagen dürr.
1,1 "	10	1,0 "	0 "	"	29. V.	Nadeln nach 10 Tagen z. T. dürr, nach 14 Tagen dürr.
1,3 m	200	0,1 m	0 m	nackt	4. V.	Nadeln nach 5 Tagen schwach welk, nach 11 Tagen dürr. Nur eine schmale periphere Zone besaß normale Tracheiden, die inneren waren meist mit braunen Massen verstopft.
1,3 "	480	0,1 "	0 "	"	4. V.	Nadeln nach 5 Tagen schwach welk, nach 11 Tagen welk, nach 18 Tagen welk, nach 24 Tagen dürr.
1,1 "	10	0,1 "	0 "	"	4. V.	Nadeln nach 8 Tagen turgeszent, nach 11 Tagen welk, nach 24 Tagen dürr. Entrindete Stelle 8 mm dick. Braune Verstopfungen im Spätholz. Zahlreiche Luftblasen in den Tracheiden.
1,2 "	10	0,1 "	0 "	"	4. V.	Nadeln nach 8 Tagen turgeszent, nach 11 Tagen welk, nach 18 Tagen dürr.
1,1 "	10	0,1 "	0 "	Asphaltlack	29. V.	Nadeln nach 9 Tagen welk bis dürr, nach 18 Tagen dürr.
2,2 "	600	0,1 "	0 "	"	29. V.	Nadeln nach 49 Tagen turgeszent, nach 2½ Monaten dürr.
1,5 m	240	0,1 m	0,8 m	nackt	4. V.	Nadeln nach 24 Tagen turgeszent; der Ast wurde hierauf abgeschnitten und untersucht. Entrindete Stelle 4 mm dick. Verstopfungen selten. Zahlreiche Luftblasen.
1,8 "	190	0,1 "	1,1 "	"	4. V.	Nadeln nach 24 Tagen turgeszent, nach 28 Tagen dürr.
1,3 "	10	0,1 "	0,8 "	Asphaltlack	29. V.	Nadeln nach 28 Tagen turgeszent, nach 30 Tagen dürr.
1,5 "	406	0,1 "	0,8 "	"	29. V.	Nadeln nach 49 Tagen, als die regelmäßigen Beobachtungen abgebrochen werden mußten, turgeszent. Nach 73 Tagen waren die Nadeln dürr.

Fortsetzung der Tabelle 2.

Asllänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der geringelten Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelten Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,2 m	300	0,01 m	0 m	nackt	25. VI.	Nadeln nach 4 Monaten turgeszent. An der geringelten Stelle hatte sich ein Harzüberzug gebildet.
1,2 "	10	0,01 "	0 "	"	25. VI.	Nadeln nach 4 Monaten turgeszent.
0,9 "	300	0,01 "	0,6 "	"	25. VI.	" " $3\frac{1}{2}$ " " , nach 4 Monaten dürr.
0,9 "	10	0,01 "	0,6 "	"	25. VI.	Nadeln nach $3\frac{1}{2}$ Monaten turgeszent, nach 4 Monaten dürr.
1,3 m	200	Ringelung von $\frac{1}{2}$ cm Länge, in Distanzen von je 5 cm; von der Basis bis zur Spitze.		nackt	25. VI.	Nadeln nach 2 Monaten turgeszent, nach 3 Monaten welk, nach 4 Monaten dürr.
1,0 "	120			"	25. VI.	Nadeln nach 2 Monaten turgeszent, nach 3 Monaten dürr.
0,9 m	10	0,1 m	0 m	nackt	25. VI.	Ringelung erstreckt sich hier nur auf $\frac{3}{4}$ des Umfanges. Nadeln nach 4 Monaten turgeszent.
1,2 "	330	0,1 "	0 "	"	25. VI.	Ringelung erstreckt sich auf $\frac{5}{6}$ des Umfanges. Nadeln nach 2 Monaten turgeszent. Weitere Kontrolle nicht möglich, weil der Ast abgerissen worden war.
1,1 m	10	0,1 m	0 m	nackt	25. VI.	Ringelung erstreckt sich auf $\frac{3}{4}$ des Umfanges. Rindenstücke vom Holz losgelöst. Nadeln nach 22 Tagen turgeszent, nach 48 Tagen dürr.
1,1 "	300	0,1 "	0 "	"	25. VI.	Desgleichen.
2,5 m	80	0,1 m	2 m	nackt	25. VI.	Desgleichen.
1,5 "	10	0,1 "	1,1 "	"	25. VI.	Desgleichen.

Strecke mit Lack oder Baumwachs veränderte das Resultat nicht in merkbarer Weise. War die geringelte Strecke nur 1 dm lang und an der Astbasis gelegen, so fand das Welken in der Regel ebenso rasch oder sogar noch rascher statt, als bei fast vollständiger Entfernung der Rinde. In zwei Fällen begannen die Nadeln schon nach 5 Tagen zu welken; gewöhnlich geschah es nach 9—11 Tagen und nur in einem Ausnahmefall blieben sie ca. $1\frac{1}{2}$ Monate turgeszent. Ein Einfluß des Lacküberzuges konnte auch hier nicht nachgewiesen werden. Ob größere Differenzen in der Nadelzahl von Bedeutung sind, läßt sich aus den vorliegenden Versuchen nicht mit Sicherheit ersehen. Die größere Nadelzahl scheint in einigen Fällen das Welken zu verlangsamen, andere

Versuche sprechen aber dagegen. Befand sich die 1 dm lange geringelte Strecke nicht an der Astbasis sondern in der Nähe der Astspitze, so erfolgte unter sonst gleichen Umständen das Welken langsamer. Statt 5—8 Tage blieben die Nadeln 24—28 Tage turgeszent. Dieses Resultat war für mich auffallend, da das entgegengesetzte Verhalten nach den bisherigen Erfahrungen verständlicher gewesen wäre. Durch die Ringelung an der Basis wird eine viel geringere Verkleinerung der Querschnittfläche bewirkt, und zudem ist auch das über der Ringelung liegende Wasserreservoir bedeutend größer. Die in der Mehrzahl der Fälle größere Schädlichkeit der Basisringelung erklärt sich vielleicht dadurch, daß in der Regel bei den Versuchszweigen das ältere Holz zahlreiche Verstopfungen aufwies und daher für die Leitung weniger tauglich war. Wenn nun in den ältern und jüngern Zweigpartien annähernd gleichviel leitendes Gewebe vorhanden war, dann mußte allerdings durch die Ringelung der älteren Partien die Schädigung eine größere sein, weil eben infolge des stärkeren Zweigdurchmessers eine größere Holzfläche bloßgelegt wurde. In wie weit diese Vermutungen das Richtige treffen, kann nur durch ausführlichere Untersuchungen klargelegt werden. War die geringelte Strecke nur 1 cm lang, so blieben die Nadeln bis 4 Monate turgeszent, d. h. so lange als die Beobachtungen dauerten.

Lehrreich waren die Versuche, bei denen in Abständen von 5 cm Ringelungen von je $\frac{1}{2}$ cm Länge angebracht wurden. Das Turgeszentbleiben der Nadeln dieser Zweige zeigt, daß nicht etwa die Gesamtlänge der geringelten Strecke maßgebend ist. Eine große Zahl kurzer Ringelungen wird 2 Monate lang schadlos ertragen, während eine einzige längere Ringelung, trotzdem sie kürzer ist, als die Gesamtlänge der kurzen Ringelungen, in viel kürzerer Zeit Welken verursacht. Wenn aber eine größere Ringelung einen ungünstigen Einfluß ausübt, so dürfen wir annehmen, daß dies in geringerem Grade auch bei einer kleineren Ringelung der Fall ist. Hieraus folgt, daß die Transportkräfte nicht etwa nur an der Basis oder in der Krone des Stammes bzw. an der belaubten Spitze des Zweiges ihren Sitz haben, denn es wäre nicht einzusehen, wie dieselbe Kraft ein größeres Hindernis in dem einen Falle überwindet, in dem andern dagegen ein kleineres nicht; zudem würden nach den physikalischen Erfahrungen über die Bewegung Jaminischer Ketten viele kleine Luftblasen viel schädlicher sein, als wenig größere, da eben der Widerstand, den eine Jaminische Kette der

Verschiebung entgegengesetzt, proportional ist der Zahl der Luftblasen, aber unabhängig von der Länge der Luftblasen. Wir kommen also auch hier wieder zu dem Resultat, daß die Transportkräfte über die ganze Länge der Zweige verteilt sind; schon früher hatten wir durch Abtötungsversuche dasselbe für *Fagus* gefunden. Es bestätigt sich somit die Schlußfolgerung, die Nägeli und Schwendener vor 30 Jahren im Mikroskop gezogen hatten, wonach die wasserbewegenden Kräfte „auf zahlreiche naheliegende Punkte zu verteilen“ sind.

Wurde bei der 1 dm langen Basisringelung die Rinde nicht vollständig entfernt, sondern eine Rindenbrücke übrig gelassen, deren Breite $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ des Umfanges betrug, so fand eine ausreichende Wasserbeförderung statt. Dies zeigt, daß ein geringer Teil des Querschnittes genügend Wasser zu transportieren vermag, so lange er im normalen Zustand sich befindet. Früher hatten wir auf anderm Wege gefunden, daß bei *Fagus* zu einer ausreichenden Wasserleitung über eine 1 dm lange Strecke ein geringer Bruchteil der Leitungsbahnen ausreicht, wenn in der betreffenden Partie die Holzzellen lebend sind. — Wurde die Rindenbrücke vom Holz losgelöst, so erfolgte das Welken rascher als im vorigen Falle, aber immerhin bedeutend langsamer als bei vollständigem Fehlen der Rindenbrücke. Dieses Resultat läßt sich verschieden deuten. Einmal erklärt es sich durch die Annahme, die Rinde bilde ein Stück der Leitbahn. Bekanntlich ließ Westermaier¹⁾ in seiner Kletterhypothese das Wasser vorwiegend in den Parenchymzellen des Holzes steigen. Schon Godlewski²⁾ hatte gegen diese Hypothese den Einwand erhoben, daß sie auf die Abietineen nicht anzuwenden sei, weil das die Markstrahlen verbindende Holzparenchym fehle. Schwendener³⁾ verteidigte Westermaier diesem Angriff gegenüber, indem er bemerkte, daß die Markstrahlen durch das Rindenparenchym auch in der Längsrichtung verbunden seien. Ist die Westermaiersche Hypothese richtig, dann muß das Saftsteigen durch die Rindenringelung unterbrochen werden. Für 1 dm lange Basisringelungen trifft dies auch in den meisten Fällen annähernd zu, für

1) Westermaier, Zur Kenntnis der osmotischen Leistungen des lebenden Parenchyms. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1883.

2) Godlewski, Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XV, Heft 4, 1884.

3) Schwendener, Untersuchungen über das Saftsteigen. Sitzber. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wiss., 1886.

gleichlange Ringelungen in der Nähe der Astspitze gilt dieser Schluß kaum mehr, und bei Ringelungen von 1 cm Länge wird er völlig ungültig. Das abweichende Verhalten der dezimeterlangen Ringelungen mit und ohne Rindenbrücke würde zwar wieder für Westermaier sprechen, und auch die Versuche mit losgelöster Rindenbrücke ließen sich zur Not in diesem Sinne deuten. Mehrere Experimente sprechen aber direkt gegen die vorausgesetzte Beteiligung des Rindenparenchyms, und die eben erwähnten Versuche lassen sich auch auf andere Weise erklären. Das Resultat jener dezimeterlangen Basisringelung, bei der die Nadeln $1\frac{1}{2}$ Monate turgeszent blieben, wie auch die Resultate sämtlicher in der Nähe der Spitze ausgeführten Ringelungen und der zentimeterlangen Ringelungen sind mit der Annahme eines endosmotischen Transportes durch das Rindenparenchym unvereinbar. Es geht dies sofort aus dem Verhalten abgeschnittener Zweige hervor, die nach den in Tabelle 3 zusammengestellten Experimenten schon nach wenigen Tagen welken.

Tabelle 3.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Zeit der Versuchsanstellung	
1,3 m	280	3. V.	Nadeln beginnen nach 5 Tagen zu welken, nach 12 Tagen sind sie dürr.
1,3 "	300	3. V.	Nadeln sind nach 5 Tagen schon ziemlich welk, nach 12 Tagen dürr.

Die Zweige wurden einfach abgeschnitten und im Walde frei aufgehängt.

Das verschiedene Verhalten der Nadeln, je nachdem die Rindenbrücke vorhanden ist, vom Holz losgelöst ist oder fehlt, läßt sich aber auch durch die Annahme einer Schutzwirkung der Rinde auf das Holz erklären. Diese Erklärung hat schon a priori den Vorzug, daß die zugrunde liegende Annahme sicher richtig ist. Durch die Entfernung der Rinde wird einmal eine schützende Hülle entfernt, und dadurch der Austritt von Wasser und der Eintritt von Luft erleichtert. Ferner erleiden hierdurch die benachbarten lebenden Holzzellen eine mehr oder weniger starke Schädigung, wie das allgemein bei den an eine solche Wundfläche angrenzenden lebenden Zellen der Fall ist. Unter der Rindenbrücke bleiben diese nachteiligen Veränderungen aus, und der Wassertransport kann

hier ungestört seinen Fortgang nehmen. Bei vollständiger Ringelung treten beide Schädigungen ein; die negativen Erfolge der Lacküberzüge zeigen jedoch, daß die Beschädigung des Holzparenchyms viel nachteiliger wirkt, als der seitliche Wasserverlust. Auch dieses Resultat deckt sich mit den Resultaten, die wir früher auf anderm Wege an *Fagus* gewonnen hatten. Wird die Rindenbrücke vom Holz losgelöst, so haben wir eine weniger starke Schädigung als bei ihrer vollständigen Entfernung; entsprechend erfolgt auch das Welken weniger rasch.

Bedeutend rascher als bei der Rindenringelung erfolgte das Welken, wenn mit der Rinde auch ein Teil des Holzkörpers entfernt wurde. Bei den beiden in der folgenden Tabelle angeführten Versuchen erstreckte sich die Ringelung so weit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert wurde.

Tabelle 4.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Astdurchmesser vor d. Ringelg.	Zeit der Versuchsanstellung	
1,1 m	250	0,1 m	0 m	nackt	11 mm	7. V.	Am folgenden Tag waren die Nadeln bereits welk, nach 8 Tagen beinahe dürr; gänzlich dürr erst nach 2 Wochen.
1,1 "	260	0,1 "	0 m	"	10 "	7. V.	

Der Wassertransport erfolgt somit, wenigstens in den älteren Partien der *Larix*-Äste, in dem peripheren Teile des Holzkörpers. Die Lärche verhält sich in dieser Beziehung anders als die Buche, bei welcher nach gleich starker Ringelung die Blätter bis über 2 Wochen lang turgeszent bleiben konnten. Dies erklärt sich dadurch, daß bei der Lärche im Gegensatz zur Buche die Kernbildung früher beginnt.

Tabelle 5.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der oper. Strecke	Entfernung der oper. Strecke von d. Astbasis	Größe des wegoperierten Sektors in Bruchteilen des Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,8 m	100	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	7. V.	Nach 5½ Monaten waren die Nadeln noch vollständig turgeszent.
1 "	280	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	
1,1 "	270	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	7. V.	
1,1 "	300	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	

Wie früher bei *Fagus*, so wurden auch hier Versuche an- gestellt, bei welchen nicht eine periphere ringförmige Partie, sondern ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Quer- schnittes betrug (Tab. 5).

Gleich wie bei *Fagus*, so vermag auch hier ein geringer Bruch- teil des Querschnittes auf eine Länge von 10 cm genügend Wasser zu leiten, wenn nur der übrig bleibende Teil intakt gelassen wird.

Die vorliegenden Versuche mit *Larix* lassen sich folgender- maßen zusammenfassen:

Ein ausreichender Wassertransport durch die *Larix*-Äste ist ohne die Beteiligung lebender Astzellen an der Hebungsarbeit un- möglich. Die Rinde ist besonders in den älteren Partien der Äste gewöhnlich von großem Einfluß auf das Saftsteigen. Wahrschein- lich dient sie aber weder als Leitbahn noch zur Erzeugung von Transportkräften (jedenfalls nicht im Sinne Westermayers), sondern einfach als schützender Mantel. Die Wasserleitung erfolgt haupt- sächlich in den peripheren Teilen des Holzkörpers und bedarf so- wohl an der Astbasis wie auch an höher gelegenen Stellen der Mitwirkung der lebenden Zellen des Holzkörpers. Zur genügenden Leitung über eine dezimeterlange Strecke reicht ein geringer Bruch- teil des Querschnittes aus, solange derselbe unversehrt ist. Den von den lebenden Zellen herrührenden Kraftkomponenten kommt im Vergleich zu den rein physikalischen eine große Bedeutung zu, doch scheint die Transpirationssaugung hier über eine etwas größere Distanz zu wirken als bei *Fagus*.

II. *Picea excelsa*.

Sämtliche Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die einen halben bis zwei Meter über dem Boden inseriert waren. Tabelle 6 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 6.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der abgetöt. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Ver- suchsanstellung	
1,2 m	1800	0,1 m	0 m	2. V.	} Während eines Monats erhielten sich die Nadeln frisch und unverändert, begannen dann aber nach einigen Tagen abzufallen. Die Knospen entwickelten sich nicht.
1,3 "	2000	0,1 "	0 "	2. V.	

Fortsetzung der Tabelle 6.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der abgetöt. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,5 m	700	0,1 m	1,2 m	2. V.	} Die Nadeln blieben 1½ Monate normal, wurden dann dürr und fielen ab. Die darauf folgende Untersuchung zeigte weder ober- noch unterhalb der toten Strecke Verstopfungen. Die Knospen hatten sich nicht entwickelt.
1,4 "	—	0,1 "	1 "	7. V.	

Die Nadeln veränderten sich hier bedeutend langsamer als bei *Larix*. Dies ist jedenfalls in erster Linie auf ihren derben Bau zurückzuführen, der sie vor Wasserverlust besser schützt und die Folgen ungenügender Wasserzufuhr erst spät erkennen läßt. Die Abtötungen in der Nähe der Astspitze scheinen besser ertragen zu werden als an der Astbasis. Es hat das seinen Grund vielleicht darin, daß die Wirkung der Transpirationssaugung in der Nähe der Spitze stärker ist. Nach den bisherigen Erfahrungen ist es gewiß berechtigt anzunehmen, daß auch bei *Picea* bei größerer Länge der toten Strecke das Absterben rascher erfolgt wäre.

Daß über die tote Strecke noch Wasser befördert worden ist, geht aus den beiden folgenden Versuchen hervor, bei welchen die Äste abgeschnitten und im Wald aufgehängt wurden.

Tabelle 7.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Zeit der Versuchsanstellung	
1,3 m	3200	3. V.	} Nach 12 Tagen begannen die Nadeln beim Berühren abzufallen.
1,2 "	2500	3. V.	

Wie lange den Nadeln bei den Abtötungsversuchen ausreichend Wasser zugeführt wurde, ist nicht genau zu ermitteln, da die Nadeln eben infolge ihres derben Baues auf ungenügende Wasserzufuhr nur sehr schlecht reagieren. Jedenfalls sind aber auch hier die lebenden Astzellen zum Saftsteigen nötig.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Rindenringelungsversuche (Tab. 8) einigen Aufschluß.

Die dezimeterlange Rindenringelung an der Basis wirkt hier viel weniger nachteilig als bei *Larix*, was wahrscheinlich auf die schwächere Verkernung zurückzuführen ist, die auch den älteren

Partien des Holzkörpers eine Beteiligung am Saftsteigen erlaubt. Bei größerer Länge der geringelten Strecke verdorrten aber auch hier die Nadeln nach relativ kurzer Zeit. Somit ist auch bei *Picea* das Vorhandensein der Rinde für eine ausreichende Wasserzufuhr nötig. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat sie gleich wie bei *Larix* den Holzkörper zu schützen und dient daher weder als Leitbahn für das Wasser noch zur Erzeugung von Transportkräften.

Tabelle 8.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,1 m	800	1 m	0 m	Baumwachs	7. V.	} Nach 1 Monat begannen die Nadeln beim Berühren abzufallen. Die Knospen entwickelten sich nicht weiter.
0,9 "	800	1 "	0 "	nackt	7. V.	
1,3 m	2200	0,1 m	0 m	nackt	3. V.	Die Nadeln blieben beinahe 2 Monate unverändert, hierauf verdorrten sie rasch. Die Knospen hatten sich unterdessen bedeutend entwickelt.
1,1 "	1800	0,1 "	0 "	"	3. V.	Die Nadeln waren 2½ Monate unverändert geblieben und dann langsam dürr geworden. Die Knospen hatten sich bedeutend entwickelt.

Instruktiv ist das Verhalten der Knospen. Bei starker Rindenringelung wie bei partieller Abtötung hatten sie sich nicht entwickelt, wohl aber bei der Basisringelung. Dies ist ohne Zweifel darauf zurückzuführen, daß im letzteren Falle den Knospen noch längere Zeit genügende Wassermengen zugeführt werden konnten, während dies bei den übrigen Versuchen nicht möglich war.

Bei den beiden folgenden Versuchen erstreckte sich die Ringelung soweit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert wurde.

Tabelle 9.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Astdurchmesser vor d. Ringelg.	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,3 m	1700	0,1 m	0 m	12 mm	nackt	7. V.	} Die Nadeln blieben beinahe 1 Monat unverändert, dann begannen sie abzufallen. Die Knospen hatten sich nicht entwickelt.
1,3 "	2000	0,1 "	0 "	12 "	"	7. V.	

Die Wasserzufuhr war eine bedeutend geringere, als bei bloßer Rindenringelung. Immerhin begann das Absterben soviel später, als bei den entsprechenden Versuchen mit *Larix*, daß vermutlich zur Erklärung neben dem derben Bau vor allem auch die schwächere Verkernung herbeizuziehen ist.

In Tabelle 10 sind Experimente zusammengestellt, in welchen nicht eine periphere ringförmige Partie, sondern ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnittes betrug.

Tabelle 10.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoperierten Sektors in Bruchteilen des Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,5 m	3000	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	7. V.	Nach 5½ Monaten waren die Nadeln noch unverändert. Die Knospen hatten sich entwickelt.
1,2 "	2800	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	
1,1 "	1000	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	7. V.	
1,1 "	1400	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	

Das Resultat ist dasselbe wie bei *Fagus* und *Larix*, die Nadeln bleiben frisch.

Die vorliegenden Versuche mit *Picea* lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Ein ausreichender Wassertransport durch die *Picea*-Äste ist ohne die Beteiligung lebender Astzellen an der Hebearbeit auf die Dauer unmöglich. Die Rinde ist von Bedeutung für das Saftsteigen; wahrscheinlich dient sie aber bloß als schützender Mantel. Die Mitwirkung der lebenden Holzzellen zu einer ausreichenden Wasserleitung ist sowohl an der Basis wie in der Nähe der Spitze der Äste nötig. Zum genügenden Wassertransport über eine dezimeterlange Strecke reicht ein geringer Bruchteil des Querschnittes aus, solange derselbe unversehrt ist. Den von den lebenden Zellen herrührenden Kraftkomponenten kommt im Vergleich zu den rein physikalischen eine große Bedeutung zu. Das Verhältnis dürfte aber an verschiedenen Stellen des Astes ein verschiedenes sein, indem die Transpirationssaugung an der Astspitze eine stärkere Wirkung scheint ausüben zu können als an der Astbasis.

III. *Abies alba.*

Sämtliche Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die einen halben bis einen Meter über dem Boden inseriert waren. Tabelle 11 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 11.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der abgetöt. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	1800	0,1 m	0 m	3. V.	Nach 1 Monat begannen die Nadeln sich zu verfärben, sie wurden erst weißlich, dann gelbbraun. Die Knospen hatten sich nicht entwickelt. Bei der anatomischen Untersuchung konnten weder unterhalb noch oberhalb der toten Strecke Verstopfungen nachgewiesen werden.
1,1 "	2200	0,1 "	0 "	3. V.	Wie oben, nur fehlt die anatomische Untersuchung.
0,9 m	160	0,1 m	0,6 m	3. V.	Wie oben.
0,9 "	400	0,1 "	0,5 "	3. V.	Wie oben, nur hatten sich 5 Knospen schwach entwickelt.

Das Verhalten ist annähernd dasselbe wie bei *Picea*. Daß über die tote Strecke noch Wasser befördert worden ist, geht aus den beiden folgenden Versuchen hervor, bei welchen die Äste abgeschnitten und im Wald frei aufgehängt wurden.

Tabelle 12.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Zeit der Versuchsanstellung	
0,9 m	1800	3. V.	} Nach 12 Tagen ließen die Nadeln sich abstreifen.
0,7 "	1800	3. V.	

Die Nadeln von *Abies* sind derb wie diejenigen von *Picea* und zeigen eine ungenügende Wasserzufuhr nur sehr langsam an; es läßt sich daher nicht sagen, wie lange über die abgetötete Strecke eine ausreichende Wassermenge befördert wurde. Jedenfalls sind aber die lebenden Astzellen zu einem auf die Dauer ausreichenden Wassertransport nötig.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Rindenringelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 13.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung d. geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	2300	0,9 m	0 m	nackt	7. V.	Die Knospen begannen sich einige Tage nach der Ringelung stark zu entwickeln. Nach 3 Wochen hingen die meisten jungen Triebe schlaff herunter. Nach 1½ Monaten hatten sich die älteren Nadeln braungelb gefärbt.
0,8 "	700	0,7 "	0 "	Baumwachs	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,9 m	2100	0,1 m	0 m	nackt	7. V.	Verhalten wie vorhin, nur waren die Nadeln nach 1 Monat dürr.

Die starken Ringelungen scheinen hier anfänglich etwas besser ertragen worden zu sein, als bei *Picea*, da sich die Knospen ordentlich entwickelten. Die dezimeterlange Basisringelung wirkte dagegen schädlicher als bei *Picea*. Ob dieses Verhalten die Regel bildet, läßt sich zurzeit nicht sagen, da der zweite Versuchast nach einer Woche von fremder Hand abgerissen worden war. Jedenfalls ist auch bei *Abies* die Rinde nötig, um auf die Dauer eine ausreichende Wasserzufuhr zu ermöglichen. Über die Funktion der Rinde gelten dieselben Vermutungen wie bei *Picea* und *Larix*.

Bei den beiden folgenden Versuchen erstreckte sich die Rindenringelung so weit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert wurde.

Tabelle 14.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Astdurchmesser vor d. Ringelg.	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	1700	0,1 m	0 m	8 mm	nackt	7. V.	Nach 5 Wochen begannen die Nadeln sich weißlich zu verfärben, nach 6 Wochen waren sie gelbbraun. Die Knospen entwick. sich nicht.
1,1 "	3200	0,1 "	0 "	10 "	"	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Die Knospen hatten sich hier nicht entwickelt, woraus geschlossen werden darf, daß die Wasserzufuhr eine schlechtere war, als bei der Rindenringelung.

Tabelle 15 enthält die Versuche, bei denen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald drei Viertel des Querschnittes betrug.

Tabelle 15.

Astlänge	Zahl der Nadeln	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	2600	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	7. V.	Nach 5 1/2 Monaten waren die Nadeln noch unverändert; die Knospen hatten sich entwickelt.
1 „	3200	0,1 „	0 „	„	„	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,9 „	1500	0,1 „	0 „	drei Viertel	„	7. V.	Nach 2 Monaten wurde der Ast von fremder Hand abgerissen. Die Nadeln waren noch unverändert; die Knospen hatten sich entwickelt.
0,9 „	1700	0,1 „	0 „	„	„	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Es ist mit aller Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß bei der Entfernung von 3/4 des Querschnittes die Nadeln auch längere Zeit unverändert geblieben wären. Die Resultate sind somit dieselben, wie bei den früheren Versuchspflanzen.

Die vorliegenden Versuche mit *Abies* lassen sich in derselben Weise zusammenfassen, wie bei *Picea*, nur ist hier über das Verhältnis der vitalen und physikalischen Kraftkomponenten an verschiedenen Stellen des Astes nichts bekannt.

IV. *Pinus silvestris.*

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die einen halben bis drei m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 16 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 16.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der abgetötet. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
0,6 m	150	0,1 m	0 m	4. V.	} 1 Monat blieben die Nadeln unverändert, nach 7 Wochen waren sie dürr.
0,6 „	155	0,1 „	0 „	4. V.	
0,7 m	60	0,1 m	0,4 m	4. V.	} 1 Monat blieben die Nadeln unverändert, nach 7 Wochen waren sie dürr.
0,6 „	90	0,1 „	0,4 „	4. V.	

Das Verhalten ist annähernd dasselbe wie bei *Abies* oder *Picea*, nur war die Lage der toten Strecke in dem vorliegenden Versuche ohne Bedeutung. Über die tote Stelle wurde jedenfalls äußerst wenig Wasser befördert, wie aus dem Verhalten eines abgeschnittenen und im Freien aufgehängten Zweiges zu ersehen ist. Der Zweig war 75 cm lang, besaß 500 Nadelbüschel und wurde am 8. V. abgeschnitten. Noch nach 1 Monat waren die Nadeln zum größten Teile unverändert und ließen sich nur selten abstreifen; erst nach 7 Wochen waren sie dürr. Zu einem auf die Dauer ausreichenden Wassertransport ist jedenfalls auch hier die Mitwirkung der lebenden Astzellen nötig.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Ringelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 17.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,7 m	150	0,6 m	0 m	Baumwachs	4. V.	5 Wochen blieben die Nadeln unverändert; in 7 Wochen waren sie dürr. Die Knospen hatten sich nicht entwickelt.
0,7 "	210	0,6 "	0 "	nackt	4. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,7 m	300	0,1 m	0 "	nackt	4. V.	2 ¹ / ₂ Monate blieben die Nadeln unverändert; die Knospen hatten sich entwickelt. Nach 3 ¹ / ₂ Monaten waren die Nadeln dürr.
0,7 "	280	0,1 "	0 "	"	4. V.	Die Nadeln blieben 1 ¹ / ₂ Monate unverändert; die Knospen entwickelten sich nicht. Nach 2 Monaten waren die Nadeln bereits vollständig dürr.

Die langen Ringelungen verliefen insofern ungünstiger als bei *Abies*, als die Knospen nicht zur Entwicklung kamen. Die kurzen Ringelungen gaben in einem Falle ungefähr das gleiche Resultat wie die langen, im andern Falle dagegen blieben die Nadeln bedeutend länger frisch und die Knospen entwickelten sich. Zweifellos ist auch hier die Rinde nötig, um eine ausreichende Wasserzufuhr zu ermöglichen. Über die Funktion der Rinde gelten dieselben Vermutungen wie bei den früher besprochenen Coniferen.

Bei den beiden folgenden Versuchen erstreckte sich die Ringelung so weit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert wurde.

Tabelle 18.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Astdurchmesser vor d. Ringelg.	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,8 m	400	0,1 m	0 m	12 mm	nackt	4. V.	Die Knospen hatten nach 3 Wochen etwas ausgetrieben, entwickelten sich aber nicht mehr weiter. 5 Wochen blieben die Nadeln unverändert, hierauf begannen sie zu verdorren und waren in 7 Wochen vollständig dürr.
0,5 "	250	0,1 "	0 "	8 "	"	4. V.	Nach 1 Monat wurde der Ast von fremder Hand abgerissen. Bis dahin waren die Nadeln unverändert geblieben und die Knospen hatten etwas ausgetrieben.

Die Holzringelung scheint hier anfänglich weniger nachteilig gewirkt zu haben als bei *Abies* oder *Picea*, da die Knospen etwas ausgetrieben hatten. Es scheinen also die älteren Holzteile der Versuchssäste bei *Pinus silvestris* eine etwas größere Leitfähigkeit zu besitzen als bei den früher untersuchten Coniferen. Immerhin führten die Holzringelungen auch hier bedeutend rascher zum Absterben als die Rindenringelungen.

Tabelle 19 enthält die Versuche, bei denen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnittes betrug.

Tabelle 19.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,8 m	360	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	4. V.	Nach $5\frac{1}{2}$ Monaten waren die Nadeln noch unverändert; die Knospen hatten sich entwickelt.
0,7 "	320	0,1 "	0 "	"	"	4. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,7 "	370	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	4. V.	Desgleichen.
0,7 "	220	0,1 "	0 "	"	"	4. V.	Nach 1 Monat wurde der Ast von fremder Hand gebrochen. Die Knospen hatten sich entwickelt, die Nadeln waren unverändert.

Wie bei den früheren Versuchspflanzen, so ist auch hier ein kleiner Teil des Querschnittes ausreichend.

Die vorliegenden Versuche mit *Pinus silvestris* lassen sich in derselben Weise zusammenfassen wie bei *Abies*.

V. *Pinus Strobus*.

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die 20 cm bis 1 $\frac{1}{2}$ m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 20 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 20.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der abgetöt. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsstellung	
0,5 m	300	0,1 m	0 m	3 V.	Nach 1 Monat wurden die Nadeln gelblich, nach 6 Wochen waren sie braun. Die Knospen hatten sich nicht entwickelt. Die anatomische Untersuchung ergab keine Verstopfungen.
0,5 "	320	0,1 "	0 "	3. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,7 m	140	0,1 m	0,4 m	3. V.	Verhalten wie oben, nur wurden die Nadeln nicht braun, sondern gelbgrün und waren erst nach 2 Monaten dürr.
0,7 "	160	0,1 "	0,4 "	3. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Das Verhalten ist annähernd dasselbe wie bei *Pinus silvestris*, nur scheint die Abtötung in der Nähe der Zweigspitze die Wasserversorgung weniger rasch zu hemmen. Dieselbe Beobachtung hatten wir schon früher bei *Picea* gemacht. Daß über die tote Strecke noch Wasser befördert wurde, geht aus den folgenden Versuchen hervor, in welchen die Äste abgeschnitten und im Wald frei aufgehängt wurden.

Tabelle 21.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Zeit der Versuchsstellung	
0,9 m	430	3. V.	} Nach 12 Tagen waren die Nadeln bereits halbdünn.
0,8 "	360	3. V.	

Die Mitwirkung lebender Astzellen ist aber auch hier nötig, um auf die Dauer einen ausreichenden Wassertransport zu er-

möglichen. Wie die anatomische Untersuchung zeigte, läßt sich das Absterben nicht auf das Auftreten von Verstopfungen zurückführen.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Ringelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 22.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der ringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,6 m	120	0,55 m	0 m	Baumwachs	7. V.	1 Monat blieben die Nadeln unversehrt, hierauf begannen sie zu verdorren. Die Knospen entwickelten sich nicht.
0,7 "	300	0,6 "	0 "	nackt	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,9 m	500	0,1 m	0 m	nackt	7. V.	Die Nadeln blieben 1½ Monate unversehrt, verdorrten dann aber rasch. Die Knospen entwickelten sich nicht.
0,6 "	860	0,1 "	0 "	"	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,8 m	120	0,1 m	0,4 m	nackt	7. V.	Die Nadeln waren nach 5 Wochen dürr. Die Knospen hatten sich nicht entwickelt.

Die Ringelungen wirkten hier ungünstiger als bei *Picea*, *Abies* und *Pinus silvestris*, indem die Knospen in keinem Falle zur Entwicklung kamen. Das Verdorren der Nadeln fand im allgemeinen ebenfalls rascher statt als bei *Pinus silvestris*. Die kurze Ringelung an der Spitze war bedeutend nachteiliger als diejenige an der Basis, im Gegensatz zu *Larix*. Dieses Verhalten ist a priori einleuchtend, weil der Querschnitt des Holzkörpers an der Basis am größten ist, und weil daher durch die Ringelung der innere Teil des Holzkörpers an der Basis weniger leiden wird als in der Nähe der Spitze. Die kurzen Basisringelungen waren viel weniger schädlich, als die langen Ringelungen, während die kurze Spitzenringelung ebenso nachteilig wirkte. Es ist somit zweifellos auch hier die Rinde nötig, um eine genügende Wasserzufuhr zu ermöglichen. Über die Funktion gelten dieselben Vermutungen wie bei den früher behandelten Coniferen.

Bei den folgenden Versuchen erstreckte sich die Ringelung soweit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert wurde.

Tabelle 23.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Astdurchmesser vor d. Ringelg.	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,7 m	300	0,1 m	0 m	8 mm	nackt	7. V.	Die Nadeln blieben 1 Monat unversehrt und begannen hierauf zu verdorren; die Knospen entwickelten sich nicht.
0,6 "	320	0,1 "	0 "	8 "	"	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Das Absterben erfolgte auch hier bedeutend rascher als bei den entsprechenden Rindenringelungen.

Tabelle 24 enthält die Versuche, bei denen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald drei Viertel des Querschnittes betrug.

Tabelle 24.

Astlänge	Zahl der Nadelbüschel	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,5 m	120	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	7. V.	Nach 5 $\frac{1}{2}$ Monaten waren die Nadeln noch unverändert. Die Knospen hatten sich in normaler Weise entwickelt.
0,5 "	270	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	Verhalten wie im vorig. Fall.
0,5 "	190	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	7. V.	Desgleichen.
0,5 "	100	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	Desgleichen.

Auf eine 1 dm lange Strecke ist also auch hier ein kleiner Teil des Querschnittes ausreichend, um eine genügende Wassermenge zu befördern.

Die vorliegenden Versuche mit *Pinus Strobus* lassen sich in ähnlicher Weise zusammenfassen wie bei *Pinus silvestris*, nur scheint die Abtötung in der Nähe der Zweigspitze, ähnlich wie bei *Picea*, die Wasserversorgung weniger rasch zu hemmen, als die Abtötung an der Basis, und die Rindenringelungen wirkten etwas ungünstiger. Im Gegensatz zu *Larix* führte die Ringelung in der Nähe der Spitze rascheres Absterben herbei als die Ringelung an der Basis.

VI. *Prunus avium*.

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die 1—2 m über dem Boden inseriert waren.

Tabelle 25 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 25.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchs-anstellung	
1 m	95	0,1 m	0 m	4. V.	1 Monat blieben die Blätter turgeszent, hierauf begannen sie zu welken. Verstopfungen waren selten.
0,9 "	85	0,1 "	0 "	4. V.	Nach 3 Wochen waren die Blätter bereits etwas welk, nach 1 Monat dürr. Oberhalb der toten Strecke fanden sich nur ganz wenige Verstopfungen, unterhalb gar keine. Das Welken konnte somit unmöglich auf Verstopfungen zurückzuführen sein.
1,2 m	35	0,1 m	0,7 m	4. V.	Nach 8 Tagen begannen die Blüten zu welken; nach 1 Monat waren sie dürr. Verstopfungen selten.
0,7 "	55	0,1 "	0,3 "	4. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1 m	170	0,03 m	0 m	25. VI.	3 Wochen blieben die Blätter turgeszent. Nach 1 Monat waren sie welk bis dürr.
0,7 "	10	0,03 "	0 "	25. VI.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Die Länge der toten Strecke, die allerdings auch nur innerhalb geringer Grenzen schwankte, schien hier nicht von Bedeutung zu sein. Bei 3 oder 10 cm langer Abtötung an der Basis blieben die Blätter 3—4 Wochen turgeszent. Bei Abtötung in der Nähe der Spitze erfolgte dagegen das Welken etwa nach 8 Tagen. Wir sehen, daß also auch bei *Prunus avium*, ähnlich wie bei *Fagus*, die von den Blättern ausgehende Saugwirkung nicht imstande ist, auch nur während relativ kurzer Zeit genügend Wasser über die tote Strecke zu befördern, selbst wenn die tote Strecke der Zweigspitze ziemlich nahe liegt. Bei *Picea* wurde umgekehrt die Abtötung in der Nähe der Astspitze besser ertragen, dasselbe war auch, etwas weniger deutlich, bei *Pinus Strobus* zu beobachten. Bei *Larix*, *Abies* und *Pinus silvestris* ließ sich kein Unterschied bemerken. Das Verhalten von *Prunus* möchte ich dadurch erklären, daß einmal bei Abtötung in der Nähe der Spitze die Zahl der über der toten Stelle gelegenen Blätter kleiner und daher auch die Transpirationssaugung geringer war, und daß ferner der leicht ausnutzbare d. h. über der toten Strecke gelegene Wasservorrat bedeutend geringer war als bei Abtötung an der Astbasis. Wie rasch

das Welken frei im Walde aufgehängter Äste erfolgte, geht aus den folgenden Versuchen hervor.

Tabelle 26.

Aslänge	Blattzahl	Zeit der Versuchsanstellung	
0,6 m	60	8. V.	Nach 4 Tagen waren die Blätter beinahe, nach 7 Tagen vollständig dürr.
0,6 „	45	8. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Wenn somit auch über die abgetötete Astbasis noch ziemlich Wasser transportiert wurde, so ist doch, da wesentliche Verstopfungen nicht vorhanden waren, die Mitwirkung der lebenden Astzellen an der Hebungarbeit nötig, um auf die Dauer eine ausreichende Wasserzufuhr zu ermöglichen.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Rinderingelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 27.

Aslänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,8 m	60	0,7 m	0 m	nackt	7. V.	8 Tage blieben die Blätter vollständig turgeszent, nach 15 Tagen waren sie welk, nach 25 Tagen dürr.
0,6 „	40	0,5 „	0 „	Baumwachs	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,8 m	100	0,1 m	0 m	nackt	7. 5.	3 Monate lang blieben die Blätter turgeszent und begannen hierauf langsam zu dorren.
1 „	140	0,1 „	0 „	„	7. 5.	Die Blätter blieben beinahe 3 Monate turgeszent, nach 3¼ Monat waren sie dürr.

Der Unterschied zwischen der langen und kurzen Ringelung ist hier außerordentlich auffällig. Längere Ringelungen wurden viel weniger gut ertragen als bei *Fagus*, wo die Blätter 1 Monat u. noch länger turgeszent bleiben konnten. Die kurzen Basisringelungen lassen dagegen monatelang keine schädliche Einwirkung bemerken. Immerhin ist auch hier die Rinde unentbehrlich, um auf die Dauer einen ausreichenden Wasserzufluß zu ermöglichen. Über die Funktion gelten dieselben Vermutungen wie bei den Coniferen.

Bei den folgenden Versuchen erstreckte sich die Ringelung soweit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert werde.

Tabelle 28.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Astdurchmesser vor d. Ringelg.	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,8 m	95	0,1 m	0 m	6 mm	nackt	7. V.	15 Tage blieben die Blätter vollständig turgeszent, obschon der Ast gebrochen war, hierauf begannen sie zu welken und waren nach 3 Wochen dürr.
0,8 "	130	0,1 "	0 "	8 "	"	7. V.	Die Blätter blieben 1—2 Tage weniger lang turgeszent, im übrigen war das Verhalten dasselbe; der Ast war ebenfalls gebrochen.

Das Absterben erfolgt außerordentlich viel rascher als bei den entsprechenden Rindenringelungen; der periphere Teil des Holzkörpers wird daher bei der Wasserleitung eine wichtige Rolle spielen. Die folgende Tabelle enthält die Versuche, bei denen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 29.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,9 m	110	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	7. V.	Die Blätter blieben, obschon der Ast gebrochen war, 3 Wochen turgeszent, nach 4 weiteren Tagen waren sie dürr.
0,7 "	65	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	Die Blätter waren, obschon der Ast gebrochen, noch nach 4 Monaten turgeszent
0,7 "	130	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,5 "	90	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	Die Blätter blieben, obschon der Ast gebrochen war, 3 Wochen turgeszent, nach weiteren 4 Tagen waren sie dürr.

Auch hier reicht also ein kleiner Teil des Querschnittes aus, um eine genügende Wassermenge zu befördern, sobald in dem übrig

bleibenden Stück die peripheren Holzschichten intakt gelassen werden. Wenn in 2 Fällen die Blätter bald abstarben, so ist das die Folge der außerordentlich starken Reduzierung des wirksamen Querschnittes durch den Astbruch. Bei den beiden anderen Versuchsästen war die operierte Stelle zwar auch beschädigt, aber doch nicht in so hohem Maße.

Die Resultate der vorliegenden Versuche mit *Prunus avium* lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Ein ausreichender Wassertransport durch die *Prunus*-Äste ist ohne die Beteiligung lebender Astzellen an der Hebungsarbeit unmöglich. Besonders nachteilig wirkte die Abtötung in der Nähe der Spitze, was durch die schwächere Transpirationssaugung, infolge der Reduktion der Blattzahl, und durch das kleinere Wasserreservoir, infolge der Reduktion der über der toten Stelle gelegenen Astpartie, sich erklären dürfte. Auch die Rinde ist unentbehrlich. Wahrscheinlich dient sie aber in der Regel weder als Leitbahn, noch zur Erzeugung von Transportkräften, sondern einfach als schützender Mantel. Die schädliche Wirkung der Holzringelungen im Vergleich mit den entsprechenden Rindenringelungen zeigt, daß die Wasserleitung in den basalen Zweigpartien in den peripheren Teilen des Holzkörpers erfolgt. Zur genügenden Wasserzufuhr über eine dezimeterlange Strecke reicht ein geringer Bruchteil des Querschnittes aus, so lange derselbe intakt gelassen wird. Von Bedeutung ist jedenfalls auch der Umstand, daß der Holzkeil in der peripheren Partie dicker wird, und das daher diejenigen Teile durch Austrocknen am wenigsten zu leiden haben, die in erster Linie am Saftsteigen beteiligt sind.

VII. *Viburnum lantana*.

Die Versuche wurden an Stämmchen ausgeführt. Tabelle 30 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Bei den geringen Differenzen in der Länge der toten Strecke war kein Unterschied im Verhalten der Blätter nachzuweisen. Ähnlich wie bei *Prunus* so erfolgte auch hier das Welken rascher, wenn die tote Strecke nicht an der Basis, sondern näher bei der Spitze lag. Dieser Erscheinung dürfte in beiden Fällen dieselbe Ursache zugrunde liegen. Zu einer ausreichenden Wasserversorgung ist auch bei *Viburnum* die Mitwirkung der lebenden Stammzellen an der Hebungsarbeit erforderlich.

Tabelle 30.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
0,9 m	30	0,1 m	0 m	4. V.	Blätter nach 24 Tagen noch ganz turgeszent, hierauf welkten sie. Das Stämmchen ist an der abgetöteten Stelle 2jährig, Verstopfungen sind selten.
1,3 "	28	0,1 "	0 "	4. V.	Verhalten wie oben, nur fehlten hier die Verstopfungen vollständig.
0,8 m	8	0,1 "	0,4 m	4. V.	Die Blätter begannen nach 18 Tagen zu welken.
0,7 m	6	0,03 m	0 m	25. VI.	Nach 22 Tagen waren die Blätter noch turgeszent, nach 26 Tagen dürr.
0,6 "	15	0,03 "	0 "	25. VI.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Wie rasch das Welken der frei im Walde aufgehängten Sprosse erfolgte, zeigen die folgenden Versuche.

Tabelle 31.

Stammlänge	Blattzahl	Zeit der Versuchsanstellung	
0,7 m	32	8. V.	In 4 Tagen waren die Blätter beinahe, in 7 Tagen völlig dürr. Desgleichen.
0,6 "	25	8. V.	

Hieraus geht hervor, daß über die abgetöteten Strecken anfänglich noch ziemliche Wassermengen befördert werden.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Rinderingelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 32.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,7 m	10	0,6 m	0 m	Baumwachs	7. V.	3 Monate blieben die Blätter turgeszent, nach 3½ Monaten waren sie dürr.
0,9 "	21	0,8 "	0 "	nackt	7. V.	Nach 1 Monat waren noch alle Blätter turgeszent. Nach 2 Monaten waren die oberen Blätter dürr, die unteren turgeszent. Nach 2½ Monaten waren alle Blätter dürr.

Fortsetzung der Tabelle 32.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,5 m	12	0,1 m	0 m	nackt	7. V.	Blätter nach 1 Monat turgeszent, nach 2 Monaten welk, nach 2½ Monaten dürr.
0,9 "	25	0,1 "	0 "	"	7. V.	Die Blätter bleiben 3 Monate turgeszent, nach 3½ Monaten waren sie dürr.

Die Ringelung wurde, besonders in einem Falle, außerordentlich gut ertragen. Auch hier dient die Rinde sicher nur als schützender Mantel. Das monatelange Turgeszentbleiben der Blätter in dem ersten Ringelungsversuch ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß der entblößte Holzkörper mit Baumwachs bedeckt und dadurch der fehlende Rindenschutz einigermaßen ersetzt wurde.

Bei den folgenden Versuchen erstreckte sich die Ringelung so weit in den Holzkörper hinein, daß der Astdurchmesser auf die Hälfte reduziert werde.

Tabelle 33.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Stammdurchmesser vor der Ringelung	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,7 m	46	0,1 m	0 m	6 mm	nackt	7. V.	Nach 8 Tagen begann der Rand an einigen Blättern braun zu werden, aber erst nach 25 Tagen waren die Blätter dürr.
0,4 "	22	0,1 "	0 "	5 "	"	7. V.	Nach 8 Tagen begannen die Blätter zu welken, nach 15 Tagen waren sie dürr.

Das Welken erfolgt außerordentlich viel rascher als bei der entsprechenden Rindenringelung. Hieraus folgt, daß die Wasserleitung im Holzkörper vor sich geht. Da das Mark verhältnismäßig sehr weit ist, so blieb an der geringelten Strecke nur noch ein sehr geringer Bruchteil des Holzkörpers übrig.

Die folgende Tabelle enthält die Versuche, bei denen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 34.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Stammbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schultz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,5 m	16	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	7. V.	Nach 5 1/2 Monaten waren die Blätter noch völlig turgeszent, obschon der Ast gebrochen war.
0,5 "	12	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	7. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,5 "	24	0,1 "	0 "	"	"	7. V.	Desgleichen.

Auch bei *Viburnum lantana* reicht somit ein kleiner Teil des Querschnitts aus, um eine genügende Wassermenge zu befördern, sobald in dem übrig bleibenden Stück die Holzschichten intakt gelassen werden.

Die Resultate der vorliegenden Versuche lassen sich in ähnlicher Weise zusammenfassen wie bei *Prunus avium*. Besonders auffallend ist die geringe Schädigung durch die Rindenringelungen.

VIII. *Lonicera xylosteum*.

Die Versuche wurden an kleinen Stämmchen ausgeführt. Tabelle 35 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 35.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Stammbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
0,6 m	45	0,1 m	0 m	4. V.	Nach 4 Tagen waren die Blätter schwach, nach 5 Tagen deutlich welk. Die anatomische Untersuchung ergab keine Verstopfungen.
0,7 "	45	0,1 "	0 "	4. V.	Verhalten wie oben, nur erfolgte die anatomische Untersuchung erst nach 1 Monat, als die Blätter ganz dürr waren. Keine Verstopfungen.
0,8 "	65	0,1 "	0 "	4. V.	Nach 5 Tagen waren die Blätter welk, nach 1 Monat dürr. Keine Verstopfungen.

Das Welken erfolgte hier sehr rasch, was einerseits auf die starke Reaktionsfähigkeit der Blätter, andererseits aber entschieden auf die große Bedeutung der lebenden Zellen beim Saftsteigen zurückzuführen ist. Die Untersuchung zeigte keine Verstopfungen, so daß also das Welken einzig eine Folge zu schwacher Hebungsarbeit war.

IX. *Sorbus aucuparia*.

Die Versuche wurden an kleinen Stämmchen ausgeführt. Tabelle 36 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 36.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Stammbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,3 m	17	0,1 m	0 m	4. V.	Die Blätter blieben 34 Tage turgeszent, nach 48 Tagen waren sie dürr.
1,1 "	20	0,1 "	0 "	4. V.	Die Blätter blieben 24 Tage turgeszent, nach 28 Tagen waren sie dürr. Oberhalb der toten Strecke fanden sich zahlreiche Verstopfungen; unterhalb fehlten sie.
1,4 m	10	0,1 m	1 m	4. V.	Nach 8 Tagen welkten die Blätter. Über der toten Strecke fanden sich zahlreiche Gefäßverstopfungen; unterhalb fehlten sie.
1,4 "	12	0,1 "	1 "	4. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Diese Versuche zeigen deutlich, daß zu einem ausreichenden Wassertransport auch hier die lebenden Stammzellen erhalten bleiben müssen. Dagegen ist aus den vorliegenden Versuchen nicht zu ersehen, ob das Absterben infolge des Krätedefizits oder nur wegen der zahlreichen Verstopfungen erfolgte.

X. *Sorbus aria*.

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die in einer Höhe von 1—2 m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 37 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 37.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,6 m	50	0,8 m	0 m	1. VI.	Nach 15 Tagen waren die Blätter z. T. welk, nach 20 Tagen welk bis dürr. Oberhalb der toten Strecke fanden sich, besonders im Frühholz, zahlreiche Verstopfungen; unterhalb fehlten sie.
1,7 "	10	0,8 "	0 "	1. VI.	Nach 10 Tagen verfärbten sich die Blattränder braun. Zahlreiche Verstopfungen über der toten Strecke.

Fortsetzung der Tabelle 37.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,5 m	40	0,1 m	0,9 m	1. VI.	Die Blätter blieben 15 Tage ganz turgeszent, nach 20 Tagen waren sie welk. Oberhalb der toten Strecke zahlreiche Verstopfungen, aber nur im Frühholz; verstopfte Zone 1—2 cm lang; unterhalb keine Verstopfungen.
1,3 "	10	0,1 "	0,8 "	1. VI.	Blätter nach 20 Tagen turgeszent, nach 27 Tagen dürr.
0,8 m	10	0,1 m	0 m	1. VI.	Blätter nach 20 Tagen turgeszent, nach 25 Tagen welk.
0,9 "	32	0,1 "	0 "	1. VI.	Blätter nach 15 Tagen turgeszent, nach 20 Tagen welk.
0,5 m	8	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 26 Tagen dürr.
0,9 "	40	0,03 "	0 "	25. VI.	Blätter nach 26 Tagen turgeszent.

Bei verschiedener Länge der abgetöteten Strecke blieben die Blätter nicht gleich lang turgeszent; am längsten hielten sie sich bei der kürzesten Abtötung frisch und am kürzesten bei der längsten. Die Differenzen sind jedoch nicht so groß und nicht so regelmäßig wie bei *Fagus*. Dies dürfte in erster Linie auf die zahlreichen Verstopfungen zurückzuführen sein, da in diesem Falle ein größeres oder geringeres Defizit in der Hebungskraft bedeutungslos ist. Auch die Lage der toten Strecke, die bei anderen Pflanzen oft von großem Einfluß war, ist hier ohne Bedeutung. Die Tatsache, daß bei kurzer abgetöteter Zone die Blätter bis 26 Tage lang turgeszent zu bleiben vermochten, während sie bei langer toter Strecke schon nach 10 Tagen abzusterben begannen, läßt sich nicht durch Verschiedenheiten in der Verstopfung erklären. Wir werden hierdurch vielmehr zur Annahme gezwungen, daß auch bei *Sorbus aria* die lebenden Zellen an der Erzeugung der Hebungsbewegung mitwirken.

Tabelle 38.

Astlänge	Blattzahl	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	} Am folgenden Tage waren die Blätter welk, nach 3 Tagen dürr.
1 "	10	6. VII.	

Die Versuche über das Welken frei aufgehängter Sprosse (Tabelle 38) wurden im Laboratorium ausgeführt und dürften dabei etwas zu kleine Zahlen ergeben haben.

Nach den Versuchen mit Zweigen anderer Pflanzen, die z. T. im Freien, z. T. im Laboratorium aufgehängt wurden, erfolgt das Welken im Laboratorium ungefähr dreimal so rasch. Wenn wir auch die obigen Zahlen verdreifachen, so fand das Welken immerhin doch noch bedeutend rascher statt als bei den Abtötungsversuchen, es mußte also über die tote Strecke noch Wasser transportiert worden sein.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Rinderingelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 39.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsansstellung	
1,1 m	60	1 m	0 m	nackt	16. VI.	10 Tage blieben alle Blätter turgeszent, hierauf wurden die Spitzenblätter dürr, während die anderen turgeszent blieben. Erst nach 5 Woch. waren alle Blätter dürr.
1,1 "	10	1 "	0 "	"	16. VI.	Blätter nach 10 Tag. welk, nach 12 Tag. dürr.
1,1 m	55	0,1 m	0 m	nackt	16. VI.	Blätter nach 5 Wochen turgeszent.
1,1 "	10	0,1 "	0 "	"	16. VI.	Blätter nach 5 Wochen turgeszent, nach 6 Wochen dürr.
1,6 m	35	0,1 m	1 m	nackt	16. VI.	Blätter nach 5 Wochen turgeszent.
1,4 "	8	0,1 "	0,9 "	"	16. VI.	3 Wochen blieben die Blätter turgeszent, hierauf begannen sie zu dorren. Die anatomische Untersuchung ergab die folgenden Resultate: keine nennenswerten Verstopfungen; Luft war in den Gefäßen weder in größerer Menge, noch in anderer Verteilung nachweisbar als in den normalen Zweigen. Der einzige mikroskopisch nachweisbare Unterschied war der, daß die lebenden Zellen in der geringelten Partie getötet waren.

Die kurzen Ringelungen waren viel weniger schädlich als die langen. Die Rinde wirkt auch hier in bezug auf das Saftsteigen hauptsächlich oder gänzlich nur als schützender Mantel. Da die anatomischen Untersuchungen innerhalb der geringelten Strecke keine anderen Veränderungen nachweisen konnten als die Tötung der lebenden Zellen, so ist auch aus diesen Versuchen mit ziemlicher Sicherheit

anzunehmen, daß bei *Sorbus aria* die lebenden Zellen an der Erzeugung der Hebungarbeit mitbeteiligt sind.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnittes betrug.

Tabelle 40.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,4 m	10	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	Nach nahezu 2 Monaten waren die Blätter noch ganz turgeszent; länger konnten die Versuche nicht verfolgt werden, da der Baum umgehauen wurde.
2 "	55	1 "	0 "	"	"	5. VII.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,7 "	10	1 "	0 "	drei Viertel	"	5. VII.	Desgleichen.
1,9 "	85	1 "	0 "	"	"	5. VII.	Desgleichen, obschon der Ast gebrochen war.

Trotzdem hier die operierte Stelle nicht nur 1 dm lang war, wie bei den bisherigen Versuchspflanzen, sondern 1 m, so blieben die Blätter doch völlig turgeszent, solange die Beobachtungen fortgesetzt wurden. Es reicht somit ein kleiner Teil des Querschnittes für $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Astlänge aus, um eine genügende Wassermenge zu befördern. Vorausgesetzt ist nur, daß das übrig bleibende Stück intakt gelassen wird.

XI. *Cornus sanguinea*.

Die Versuche wurden an jungen Stämmen ausgeführt. Tabelle 41 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 41.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetötet. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Stammbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
2,3 m	300	0,8 m	0 m	31. V.	Nach 11 Tagen begann der Rand bei einigen Blättern dürr zu werden. Das Welken und Verdorren schritt aber nur langsam vorwärts. Die oberen Blätter blieben am längsten turgeszent. Erst nach $1\frac{1}{2}$ Monaten waren alle Blätter dürr.

Fortsetzung der Tabelle 41.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetötet. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Stammbasis	Zeit der Verwechsaunstellung	
1,1 m	200	0,1 m	0 m	31. V.	Nach 26 Tagen begannen die Blätter zu welken, nach 28 waren sie dürr.
1,1 "	10	0,1 "	0 "	31. V.	Nach 28 Tagen begannen die Blätter zu welken, nach 1½ Monaten waren sie dürr.
2,1 m	100	0,1 m	1,4 m	31. V.	Nach 7 Tagen begannen die Blätter zu welken, nach 26 waren sie dürr. Die anatomische Untersuchung ergab keine Verstopfungen.

Am nachteiligsten wirkte die Abtötung auf eine kurze Strecke in der Nähe der Zweigspitze. Ob das langsame Absterben bei der basalen Abtötung auf 80 cm Länge auf die größere Blattzahl oder auf andere, unbekannte individuelle Verschiedenheiten zurückzuführen ist, kann nur durch eine größere Zahl analoger Versuche ermittelt werden.

Wie rasch das Welken frei aufgehängter Zweige erfolgt, geht aus den folgenden Versuchen hervor, die allerdings im Laboratorium ausgeführt wurden und daher, ähnlich wie bei *Sorbus aria*, etwas zu kleine Zahlen ergaben.

Tabelle 42.

Stammlänge	Blattzahl	Zeit der Verwechsaunstellung	
1 m	groß	6. VII.	Die Blätter waren schon am folgenden Tag halbdürr.
1 "	10	6. VII.	Desgleichen.

Wenn auch das Welken im Freien etwas langsamer erfolgt sein würde, so geht hieraus doch hervor, das über die abgetötete Strecke noch Wasser transportiert wurde. Das Fehlen von Verstopfungen zeigt, daß das Lebenderhalten des Holzparenchyms nötig ist, um einen Teil der Hebungsarbeit zu beschaffen.

Über die Bedeutung der Rinde geben die folgenden Rinderingelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 43.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Stammbasis	Schutz der geringelten Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,1 m	140	1 m	0 m	Asphaltlack	29. V.	Nach 18 Tagen begannen einige Blätter zu welken. Nach 1 1/2 Monaten waren die Blätter dürr.
1,1 "	10	1 "	0 "	"	29. V.	Die Blätter blieben 9 Tage turgeszent, nach 13 Tagen waren sie dürr.
2 m	230	0,1 m	0 m	Asphaltlack	29. V.	Die Blätter waren noch nach 2 Monaten turgeszent; hierauf Sproß abgebrochen.
1,4 "	10	0,1 "	0 "	"	29. V.	Die Blätter waren noch nach 3 Monaten turgeszent.
2 m	180	0,1 m	1 m	Asphaltlack	29. V.	Die Blätter waren noch nach 2 Monaten turgeszent; hierauf Sproß abgebrochen.
1,2 "	10	0 m	0,6 "	"	29. V.	Die Blätter blieben 1 1/2 Monate turgeszent, nach 2 Monaten waren sie dürr.

Die langen Ringelungen wirkten hier außerordentlich viel nachteiliger als die kurzen.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald 3/4 des Querschnittes betrug.

Tabelle 44.

Stammlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Stammbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,8 m	10	1 m	0 m	Hälfte	nackt	6. VII.	Blätter nach 4 1/2 Monaten noch turgeszent.
2 "	250	1 "	0 "	"	"	6. VII.	
2 m	300	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	6. VII.	
2,2 "	10	0,1 "	0 "	"	"	6. VII.	
3,5 m	600	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	6. VII.	
2,5 "	10	1 "	0 "	"	"	6. VII.	
2 m	10	0,1 m	0 m	drei Viertel	nackt	6. VII.	
2 "	200	0,1 "	0 "	"	"	6. VII.	

Während der ganzen Dauer der Beobachtungen blieben hier die Blätter auch dann turgeszent, wenn die operierte Strecke 1 m lang war. Die Resultate sind also dieselben wie bei *Sorbus aria*.

XII. *Salix caprea*.

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die in 1—2 m Höhe über dem Boden inseriert waren. Tabelle 45 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 45.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetötet. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,8 m	130	0,8 m	0 m	31. V.	Die Blätter waren nach 8 Tagen turgeszent, nach 12 Tagen welk, nach 17 Tagen dürr. Keine Verstopfungen.
1,5 „	10	0,8 „	0 „	31. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
0,9 m	70	0,1 m	0 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen turgeszent, nach 12 Tagen welk, nach 22 Tagen dürr. Die peripheren Gefäße sind verstopft, im Maximum bis auf 30 cm Länge; die übrigen, welche weitaus die Mehrzahl ausmachen, sind nicht verstopft.
1 „	10	0,1 „	0 „	31. V.	Blätter nach 17 Tagen turgeszent, nach 22 Tagen welk, nach 27 Tagen dürr.
1,2 m	60	0,1 m	0,5 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 17 Tagen dürr. Keine Verstopfungen.
1,5 „	10	0,1 „	0,8 „	31. V.	Blätter nach 8 Tagen dürr. Keine Verstopfungen.
1,1 m	130	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter noch nach 1 Monat turgeszent.
0,7 „	10	0,03 „	0 „	25. VI.	Blätter begannen nach 12 Tagen zu welken.

Bei allen Versuchen gingen die Blätter in weniger als 1 Monat zugrunde, nur in einem Fall blieben sie länger turgeszent. Da Verstopfungen häufig gänzlich fehlten, so sind also auch hier die lebenden Astzellen an der Erzeugung der Hebungsarbeit mitbeteiligt. Über die Bedeutung der Länge der toten Strecke und der Blattzahl erlauben die Versuche kein abschließendes Urteil. Dagegen werden — *ceteris paribus* — die Ringelungen an der Basis besser ertragen, als die Ringelungen in der Nähe der Spitze.

Tabelle 46.

Astlänge	Blattzahl	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	} Die Blätter waren schon am folgenden Tage welk.
1 „	10	6. VII.	

Über das Welken der frei aufgehängten Sprosse geben die vorstehenden Laboratoriumsversuche (Tabelle 46) Auskunft, die allerdings, wie früher, etwas zu kleine Zahlen lieferten.

Auch bei *Salix* wurde somit über die abgetöteten Strecken noch Wasser transportiert.

Über die Bedeutung der Rinde für das Saftsteigen geben die folgenden Rindenringelungsversuche einigen Aufschluß.

Tabelle 47.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	10	0,9 m	0 m	nackt	29. V.	Blätter nach 23 Tagen turgeszent, nach 30 Tagen dürr.
0,9 "	70	0,8 "	0 "	"	29. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,4 m	10	0,1 m	0 m	nackt	29. V.	Blätter nach 7 Wochen turgeszent, nach 9 Wochen welk, nach 3 Monaten dürr.
1,2 "	200	0,1 "	0 "	"	29. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,2 m	230	0,1 m	0,6 m	nackt	29. V.	Blätter nach 7 Wochen turgeszent, nach 9 Wochen welk, nach 3 Monaten dürr.
0,9 "	10	0,1 "	0,5 "	"	29. V.	Blättern nach 1 Monat dürr.

Die kurzen Ringelungen wurden besser ertragen als die langen. Zur Beurteilung der Bedeutung der Lage der Ringelung und der Blattzahl reichen die vorliegenden Versuche nicht aus.

XIII. *Acer pseudoplatanus*.

Die Versuche wurden an Ästen ausgeführt die in 0,5—2 m Höhe über dem Boden inseriert waren. Tabelle 48 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 48.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöt. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,2 m	10	0,8 m	0 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen dürr. Keine Verstopfungen.
2,1 "	55	0,8 "	0 "	31. V.	Nach 8 Tagen begannen die Blätter an der Astspitze zu welken; nach 17 Tagen waren noch ein paar Blätter turgeszent. Nach 27 Tagen waren alle Blätter dürr.

Fortsetzung der Tabelle 48.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	22	0,1 m	0 m	31. V.	Blätter nach 17 Tagen turgeszent, nach 22 Tagen welk, nach 27 Tagen dürr.
1,1 "	6	0,1 "	0 "	31. V.	Blätter nach 17 Tagen turgeszent, nach 22 Tagen schwach welk, nach 27 Tagen z. T. dürr.
2 m	25	0,1 m	1,6 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen an der Astspitze welk. Nach 17 Tagen dürr. Zahlreiche Verstopfungen über der toten Strecke.
1,2 "	10	0,1 "	0,9 "	31. V.	Verhalten wie oben, nur fehlt die anatomische Untersuchung.

Unter sonst gleichen Umständen wirkt die Abtötung um so schädlicher, je länger die abgetötete Strecke ist. Die Abtötung an der Astbasis wird — *ceteris paribus* — besser ertragen, als in der Nähe der Astspitze. Da das Absterben der Blätter auch dann erfolgt, wenn Verstopfungen fehlen, so sind auch hier die lebenden Zellen an der Hebungarbeit beteiligt.

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß, bei denen allerdings die Zahlen etwas kleiner sind, als bei entsprechenden Versuchen im Freien.

Tabelle 49.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	} Blätter schon am folgenden Tage welk, nach 3 Tagen dürr.
1 "	10	6. VII.	

Auch hier wurde über die toten Strecken noch Wasser befördert.

Über die Bedeutung der Rinde für das Saftsteigen geben die folgenden Rindenringelungsversuche einigen Aufschluß.

Die langen Ringelungen wirken bedeutend schädlicher als die kurzen; bei den letztern scheinen die Basisringelungen besser ertragen zu werden.

Tabelle 50.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	36	0,9 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter nach 9 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen z. T. welk, nach 28 Tagen dürr.
1 "	10	0,9 "	0 "	"	30. V.	Blätter nach 9 Tag. welk, nach 13 Tag. dürr.
1 "	5	0,9 "	0 "	"	30. V.	Blätter nach 9 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen welk, nach 18 Tagen z. T. dürr.
1,8 m	60	0,1 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter nach 7 Wochen turgeszent, nach 9 Wochen welk, nach 11 Wochen dürr.
1,7 "	10	0,1 "	0 "	"	30. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,3 m	30	0,1 m	0,9 m	nackt	30. V.	Blätter nach 5 1/2 Wochen noch turgeszent, obschon der Ast gebrochen war; nach 7 Wochen dürr.

XIV. *Acer campestre.*

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die 1/2 bis 2 m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 51 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 51.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,7 m	140	0,8 m	0 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 12 Tagen z. T. dürr. Ziemlich viel Verstopfungen über der toten Strecke.
1,5 "	10	0,8 "	0 "	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 17 Tagen dürr.
1,1 m	180	0,1 m	0 m	31. V.	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 29 Tagen dürr. Periphere Verstopfungen über der toten Strecke.
0,9 "	10	0,1 "	0 "	31. V.	Blätter nach 17 Tag. turgeszent, nach 27 Tag. dürr.
1,3 m	10	0,1 m	0,9 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 12 Tagen dürr. Sehr wenige periphere Verstopfungen über der toten Strecke, keine Verstopfungen unterhalb.
1,9 "	45	0,1 "	1,3 "	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 17 Tagen dürr.
0,9 m	50	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter nach 22 Tag. turgeszent, nach 2 Mon. dürr.
0,8 "	10	0,03 "	0 "	25. VI.	Desgleichen.

Bei Abtötung an der Basis erfolgt das Welken um so rascher, je länger die tote Zone ist. Besonders ungünstig wirkt die Ab-

tötung in der Nähe der Zweigspitze; das Welken erfolgte hier bei kurzer toter Strecke ebenso rasch wie bei der basalen Abtötung auf 80 cm Länge. Da das Absterben auch dann erfolgt, wenn nur sehr wenig Verstopfungen vorhanden sind, so haben wir auch hier eine Beteiligung der lebenden Zellen an der Hebungarbeit anzunehmen.

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß, die gleich wie die entsprechenden früheren Experimenten etwas zu kleine Werte liefern.

Tabelle 52.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	Blätter am folgenden Tage halbdürr, nach 3 Tagen dürr.
1 "	10	6. VII.	Blätter am folgenden Tage z. T. turgeszent, z. T. halbdürr, nach 3 Tagen dürr.

Auch hier wurde also über die tote Strecke Wasser befördert. Tabelle 53 enthält die Rindenringelungsversuche.

Tabelle 53.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,1 m	120	1 m	0 m	nackt	29. V.	Blätter nach 10 Tagen welk, erst nach 29 Tagen dürr.
1,1 "	10	1 "	0 "	"	29. V.	
1 m	80	0,9 m	0 m	Asphaltlack	28. V.	Blätter beginnen nach 11 Tagen zu welken, nach 25 Tagen sind sie dürr.
0,9 m	90	0,8 "	0 "	"	28. V.	
1,4 m	210	0,1 m	0 m	nackt	29. V.	Blätter nach 24 Tagen turgeszent, nach 31 Tagen dürr.
1,3 "	10	0,1 "	0 "	"	29. V.	
2 m	100	0,1 m	0 m	Asphaltlack	28. V.	Blätter nach 30 Tagen turgeszent, nach 41 Tagen dürr.
1,3 m	10	0,1 "	0 "	"	28. V.	
1,2 m	60	0,1 m	0,5 m	Asphaltlack	28. V.	Blätter nach 25 Tagen turgeszent, nach 32 Tagen dürr.
1,2 "	10	0,1 "	0,6 "	"	28. V.	Blätter nach 20 Tagen turgeszent, nach 25 Tagen welk, nach 32 Tagen dürr.

Die Blätter welken um so rascher, je länger die Ringelung ist, Der Überzug der geringelten Strecke mit Asphaltlack verlangsamt

bei den kürzeren Ringelungen an der Basis das Absterben bedeutend. Auch hier waren die Ringelungen in der Nähe der Spitze etwas nachteiliger als die entsprechenden Ringelungen an der Basis.

Die folgende Tabelle enthält die Versuche, bei denen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnittes betrug.

Tabelle 54.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der oper. Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,8 m	150	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	Blätter nach 4 $\frac{1}{2}$ Monaten turgeszent.
1,8 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,2 m	100	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	
1,2 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,6 m	140	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
2 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,4 m	140	0,1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
1,6 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	

Die Blätter blieben also auch hier, selbst bei 1 m langer operierter Strecke, während der ganzen Dauer der Beobachtungen turgeszent. Die Resultate sind somit dieselben wie bei den entsprechenden Versuchen mit andern Pflanzen.

XV. *Corylus avellana*.

Die Versuche wurden an Ästen ausgeführt, die in 1—2 m Höhe über dem Boden inseriert waren. Tabelle 55 (S. 328) enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Bei kürzern toten Strecken blieben die Blätter länger turgeszent. Ein Einfluß der Lage der toten Strecke und der Zahl der Blätter ist aus den vorliegenden Versuchen nicht mit Sicherheit zu erkennen. Obschon in dem einzigen anatomisch untersuchten Ast Verstopfungen vorhanden waren, so können sie allein das Welken nicht erklären; da nämlich die Verstopfungen innerhalb der toten Strecke fehlen, so hätte die Länge der toten Strecke für die Schnelligkeit des Welkens bedeutungslos sein müssen. Wir haben somit auch hier anzunehmen, daß die lebenden Zellen an der Hebungsarbeit beteiligt sind.

Tabelle 55.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetötet. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,5 m	70	0,8 m	0 m	1. VI.	Blätter nach 6 Tag. z. T. welk, nach 20 Tag. dürr.
1,2 m	100	0,1 m	0 m	1. VI.	Blätter nach 28 Tag. turgeszent, nach 44 Tag. dürr.
1 „	10	0,1 „	0 „	1. VI.	Blätter nach 16 Tag. turgeszent, nach 26 Tag. dürr.
1,4 m	50	0,1 m	0,8 m	1. VI.	Blätter nach 16 Tagen etwas welk, nach 26 Tagen dürr. Verstopfungen vorhanden.
2 „	10	0,1 „	1,4 „	1. VI.	Blätter nach 16 Tag. turgeszent, nach 26 Tag. dürr.
0,8 m	10	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter nach 22 Tag. turgeszent, nach 26 Tag. dürr.
1,4 „	70	0,03 „	0 „	25. VI.	

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß.

Tabelle 56.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	Blätter am folgenden Tage welk bis dürr, nach 3 Tag. dürr.
1 „	10	6. VII.	Blätter am folgenden Tage welk, nach 3 Tagen dürr.

Wenn im Laboratorium das Welken auch etwas rascher erfolgte als in der freien Natur, so mußte doch über die toten Strecken,

Tabelle 57.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,8 m	35	0,7 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter nach 8 Tagen z. T., nach 17 Tagen ganz dürr.
0,8 „	10	0,7 „	0 „	„	30. V.	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 17 Tagen dürr.
1,1 m	100	0,1 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter noch nach nahezu 3 Monaten turgeszent.
1,1 „	10	0,1 „	0 „	„	30. V.	Blätter nach 38 Tagen turgeszent, nach 48 Tagen dürr.
1 m	10	0,1 m	0,5 m	nackt	30. V.	Blätter nach 40 Tagen turgeszent, nach 48 Tagen dürr.
1,3 „	35	0,1 „	0,8 „	„	30. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.

besonders wenn sie kurz waren, noch Wasser in ziemlicher Menge geleitet werden.

Tabelle 57 (S. 328) enthält die Rindenringelungsversuche.

Die langen Ringelungen sind nachteiliger als die kurzen. In einem Falle wurde die Ringelung an der Basis bedeutend besser ertragen, als die entsprechende Ringelung in der Nähe der Spitze.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnittes betrug.

Tabelle 58.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
2,5 m	180	1 m	0 m	Hälfte	nackt	6. VII.	Blätter nach $4\frac{1}{2}$ Monaten turgeszent.
3 "	10	1 "	0 "	"	"	6. VII.	
1 m	90	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	6. VII.	
1,5 "	10	0,1 "	0 "	"	"	6. VII.	
1,8 m	150	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	6. VII.	
1,5 "	10	1 "	0 "	"	"	6. VII.	
0,7 m	50	0,1 m	0 m	drei Viertel	nackt	6. VII.	
1 "	10	0,1 "	0 "	"	"	6. VII.	

Die Resultate sind dieselben wie bei den entsprechenden Versuchen mit andern Pflanzen.

XVI. *Fraxinus excelsior.*

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die $\frac{1}{2}$ —5 m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 59 (S. 330) enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Die Blätter blieben um so länger turgeszent, je kürzer die abgetötete Strecke war. Ein Einfluß der Lage der toten Strecke und der Zahl der Blätter ließ sich nicht bemerken, dagegen ist die Versuchszeit von Einfluß, indem unter sonst gleichen Umständen das Welken im Juni rascher erfolgte als im Juli, was jedenfalls auf das größere Alter und die damit verbundene derbere Beschaffenheit der Blätter zurückzuführen ist. Verstopfungen fehlten, so daß also auch hier eine Beteiligung der lebenden Zellen an der Hebungarbeit anzunehmen ist.

Tabelle 59.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchs-anstellung	
1,2 m	6	0,8 m	0 m	31. V.	Blätter schon am folgenden Tag etwas welk. Die nach 8 Tagen erfolgende anatomische Untersuchung ergab keine Verstopfungen.
1,4 "	15	0,8 "	0 "	31. V.	Verhalten wie oben; die nach 22 Tagen erfolgende Untersuchung ergab keine Verstopfungen.
1,4 "	9	0,8 "	0 "	2. VII.	Blätter nach 1 Woche welk.
1,7 "	11	0,8 "	0 "	2. VII.	Desgleichen.
1 m	14	0,1 m	0 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk.
1 "	23	0,1 "	0 "	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 22 Tagen dürr.
1,8 m	15	0,1 m	1,2 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, keine Verstopfungen.
1,6 "	17	0,1 "	0,9 "	31. V.	Desgleichen.
1,1 m	35	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter nach 19 Tagen turgeszent, nach 22 Tagen welk, nach 26 Tagen dürr.
0,6 "	10	0,03 "	0 "	25. VI.	Blätter nach 22 Tagen turgeszent, nach 26 Tagen dürr.

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß.

Tabelle 60.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchs-anstellung	
1 m	groß	6. VII.	} Blätter nach 1 Tag welk, nach 3 Tagen beinahe dürr.
1 "	10	6. VII.	

Hier wurde somit wenigstens über die kurzen toten Zonen mit Sicherheit noch Wasser befördert.

Die folgende Tabelle enthält die Rindenringelungsversuche.

Tabelle 61.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchs-anstellung	
0,5 m	16	0,45 m	0 m	nackt	30. V.	Nach 9 Tagen beginnen die Blätter zu welken, erst nach 29 Tagen sind sie völlig dürr.
0,9 "	17	0,8 "	0 "	"	30. V.	Nach 2 Tagen beginnen die Blätter zu welken, nach 9 Tagen sind sie z. T. dürr.

Fortsetzung der Tabelle 61.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,3 m	52	0,1 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter nach 23 Tagen turgeszent, nach 28 Tagen welk, erst nach 39 Tagen dürr.
2,1 "	10	0,1 "	0 "	"	30. V.	Blätter nach 39 Tagen turgeszent.
1,3 m	8	0,1 m	1 m	nackt	30. V.	Blätter nach 23 Tagen turgeszent, nach 30 Tagen dürr.
2,3 "	17	0,1 "	2 "	"	30. V.	Blätter nach 23 Tagen z. T. welk, nach 30 Tagen dürr.

Die langen Ringelungen sind nachteiliger als die kurzen. Eine Bedeutung der Lage der Ringelung und der Blatzzahl ist aus den vorliegenden Versuchen nicht zu ersehen.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 62.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
2,3 m	30	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	} nach $4\frac{1}{2}$ Monaten waren die Blätter turgeszent.
2,5 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,1 m	8	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	
2,3 m	10	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
2 "	30	1 "	0 "	"	"	5. VII.	

Die Resultate sind dieselben wie bei den entsprechenden Versuchen mit anderen Pflanzen.

XVII. *Ulmus montana*.

Die Versuche wurden an Asten ausgeführt, die in einer Höhe von $\frac{1}{2}$ bis 2 m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 63 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Die Abtötung auf 80 cm Länge wirkte bedeutend nachteiliger, als die Abtötung auf eine kürzere Strecke. Unter sonst gleichen Umständen ist die Abtötung an der Basis weniger schädlich, als in der Nähe der Spitze. Da das Absterben mit gleicher Schnellig-

keit auch dann erfolgte, wenn Verstopfungen fehlten, so haben wir auch hier eine Beteiligung der lebenden Zellen an der Erzeugung der Hebungsarbeit anzunehmen.

Tabelle 63.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöt. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,4 m	55	0,8 m	0 m	31. V.	Blätter am folgenden Tage welk bis dürr, nach 8 Tagen dürr, einige wenige periphere Verstopfungen.
1,5 "	70	0,8 "	0 "	31. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,2 "	28	0,8 "	0 "	2. VII.	Blätter am folgenden Tag z. T. welk, nach 2 Tagen vollständig welk.
1,4 "	10	0,8 "	0 "	2. VII.	Verhalten wie oben; keine Verstopfungen.
1 m	60	0,1 m	0 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen turgeszent, nach 12 Tagen welk bis dürr, nach 22 Tagen dürr. Ziemlich viel Verstopfungen über der toten Strecke, keine unterhalb.
0,9 "	10	0,1 "	0 "	13. V.	Verhalten wie oben, aber nur wenige periphere Verstopfungen.
2 m	10	0,1 m	1,4 m	31. V.	Blätter nach 8 Tagen welk, nach 12 Tagen dürr.
1,3 "	70	0,1 "	0,6 "	31. V.	Blätter nach 8 Tagen dürr, sehr wenig periphere Verstopfungen.
0,5 m	10	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter nach 3 Tagen turgeszent, nach 8 Tagen dürr. Keine nennenswerten Verstopfungen.
0,6 "	40	0,03 "	0 "	25. VI.	Blätter nach 8 Tag. turgeszent, nach 14 Tag. dürr

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß.

Tabelle 64.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	Blätter am folgenden Tage welk bis dürr, nach 3 Tagen dürr.
1 "	10	6. VII.	Blätter am folgenden Tage welk, nach 3 Tagen dürr.

Hieraus folgt, daß über die kurzen toten Zonen Wasser transportiert wurde.

Die folgende Tabelle enthält die Rindenringelungsversuche.

Tabelle 65.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
0,9 m	60	0,8 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter nach 2 Tagen schwach welk, nach 8 Tagen dürr.
1 "	130	0,9 "	0 "	"	30. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,2 m	10	0,1 m	0 m	nackt	30. V.	Blätter nach 2 Tagen turgeszent, nach 8 Tagen welk, nach 12 Tagen dürr.
1,6 "	350	0,1 "	0 "	"	30. V.	Verhalten wie im vorigen Fall.
1,2 m	10	0,1 m	0,8 m	nackt	30. V.	Blätter nach 2 Tagen turgeszent, nach 8 Tagen dürr.
2,1 "	55	0,1 "	1,6 "	"	30. V.	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 17 Tagen dürr.

Die langen Ringelungen wirken schädlicher als die kurzen. Ein Einfluß der Lage der Ringelung und der Blattzahl ist aus den vorliegenden Versuchen nicht mit Sicherheit zu entnehmen.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 66.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,8 m	200	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	Blätter nach 4 1/2 Monaten turgeszent.
1,6 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1 m	120	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	
1,1 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,2 m	10	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
1,3 "	80	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,2 m	80	0,1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
1 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	

Die Resultate sind dieselben wie bei den entsprechenden Versuchen mit andern Pflanzen.

XVIII. *Populus alba.*

Die Versuche wurden an Zweigen ausgeführt, die 1—2 m über dem Boden inseriert waren. Tabelle 67 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 67.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,2 m	60	0,8 m	0 m	2. VII.	Das Absterben der Blätter begann am folgenden Tag. Keine Verstopfungen.
1,2 "	10	0,8 "	0 "	2. VII.	Das Absterben der Blätter begann nach 2 Tagen. Keine Verstopfungen.
1,1 m	110	0,1 m	0,6 m	31. V.	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 17 Tagen welk, nach 22 Tagen dürr. Über der toten Strecke auf eine Länge von 1 cm ziemlich viel Verstopfungen, unterhalb keine.
0,9 "	10	0,1 "	0,4 "	31. V.	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 17 Tagen welk, nach 22 Tagen dürr. Wenige Verstopfungen über der toten Strecke.
0,8 m	110	0,03 m	0 m	25. VI.	Nach 12 Tagen begannen die Blätter abzusterben, nach 19 Tagen waren sie dürr.
1 "	10	0,03 "	0 "	25. VI.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Das Absterben der Blätter erfolgte bedeutend rascher, wenn die tote Strecke 80 cm lang war, als wenn sie eine Länge von 10 oder 3 cm besaß. Da das Absterben auch beim Nichtvorhandensein von Verstopfungen erfolgte, so ist auf eine Beteiligung der lebenden Zellen bei der Erzeugung der Hebungskraft zu schließen.

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß.

Tabelle 68.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	Blätter am folgenden Tage welk bis dürr, nach 3 Tagen dürr.
1 "	10	6. VII.	Verhalten wie im vorigen Fall.

Auch hier wurde somit über die kurzen toten Strecken Wasser befördert.

Bei sämtlichen Rindenringelungsversuchen waren die Blätter nach 9 Tagen noch unversehrt. Weiter konnten die Beobachtungen nicht fortgesetzt werden, da die Äste von fremder Hand abgerissen worden waren.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 69.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der oper. Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schnitz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
2 m	160	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	Blätter nach 4 1/2 Monaten turgeszent.
1,5 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,3 m	160	0,1 m	0 "	Hälfte	nackt	5. VII.	
1,1 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	
2 m	300	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
2 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
0,8 m	10	0,1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	Verhalten wie oben, obschon der Ast gebrochen war.
0,8 "	100	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	

Das Resultat ist somit dasselbe wie bei den entsprechenden Versuchen mit anderen Pflanzen.

XIX. *Quercus robur.*

Die Versuche wurden an Ästen ausgeführt, die in 1/2 bis 2 m Höhe über dem Boden inseriert waren. Tabelle 70 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 70.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetöteten Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,7 m	10	0,8 m	0 m	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen welk bis dürr. Zahlreiche Verstopfungen.
1,8 "	120	0,8 "	0 "	15. VI.	
2 "	10	0,8 "	0 "	2. VII.	Nach 5 Tagen begannen die Blätter abzusterben. Wenig zahlreiche Verstopfungen in den peripheren Gefäßen.
1,5 "	100	0,8 "	0 "	2. VII.	Blätter nach 7 Tagen turgeszent, nach 12 Tagen z. T. turgeszent z. T. dürr, nach 18 Tag. dürr.
1 m	160	0,1 m	0 m	15. VI.	Blätter nach 11 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen z. T. dürr z. T. turgeszent, nach 29 Tag. dürr.
1 "	10	0,1 "	0 "	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen turgeszent, nach 11 Tagen z. T. dürr, nach 29 Tagen dürr.
1,7 m	200	0,1 m	1 m	15. VI.	Blätter nach 11 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen z. T. dürr z. T. turgeszent, nach 29 Tag. dürr.
1,6 "	10	0,1 "	1 "	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen turgeszent, nach 11 Tagen z. T. dürr, nach 29 Tagen dürr.
1,5 m	50	0,03 m	0 m	25. VI.	Blätter nach 26 Tag. turgeszent, nach 45 Tag. dürr.
1 "	10	0,03 "	0 "	25. VI.	Blätter nach 22 Tag. turgeszent, nach 26 Tag. dürr.

Die Blätter blieben im allgemeinen um so länger turgeszent, je kürzer die tote Strecke war. Ein Einfluß der Lage der toten Strecke ist aus den vorliegenden Versuchen nicht zu ersehen. Dagegen fand bei großer Blattzahl das Absterben langsamer statt. Besonders auffallend ist das relativ lange Frischbleiben der Blätter, wenn die tote Strecke nur 3 cm lang war. Aus dieser letzten Tatsache geht hervor, daß die Verstopfungen allein das Welken nicht verursachen können, denn sonst müßte es, da die Verstopfungen innerhalb der toten Strecke fehlen, von der Länge der toten Strecke unabhängig sein. Wir kommen somit auch hier zum Schluß, daß eine Beteiligung der lebenden Zellen bei der Hebungsarbeit anzunehmen ist.

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß.

Tabelle 71.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	groß	6. VII.	} Blätter am folgenden Tage welk bis dürr, nach 3 Tagen dürr.
1 "	10	6. VII.	

Wenn auch das Welken im Laboratorium etwas rascher erfolgte als im Freien, so mußte doch, wenigstens über die 3 cm lange tote Strecke, sicher noch viel Wasser transportiert worden sein.

Tabelle 72 enthält die Rindenringelungsversuche.

Tabelle 72.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1 m	110	0,9 m	0 m	nackt	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen dürr.
1,1 "	10	1 "	0 "	"	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen z. T. welk, nach 13 Tagen dürr.
2,1 m	200	0,1 m	0 m	nackt	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen dürr.
1,7 "	10	0,1 "	0 "	"	15. VI.	Verhalten wie im vorigen Fall.
2 m	160	0,1 m	1,2 m	nackt	15. VI.	Blätter nach 18 Tagen turgeszent, nach 21 Tagen z. T. dürr, nach 29 Tagen dürr.
1,8 "	10	"	1 "	"	15. VI.	Blätter nach 22 Tagen turgeszent, nach 29 Tagen dürr.

Bei den Basisringelungen ist die Länge der geringelten Strecke nach den vorliegenden Versuchen ohne Einfluß, ebenso die Zahl der Blätter. Unter sonst gleichen Umständen werden hier die Ringelungen in der Nähe der Spitze viel besser ertragen, als die Ringelungen an der Basis.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 73.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
2,2 m	200	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	Blätter nach $4\frac{1}{2}$ Monaten turgeszent.
1,8 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,1 m	180	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	
1 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	
2,3 m	120	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
2,5 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,1 m	180	0,1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
1,5 "	10	0,1 "	0 "	"	"	5. VII.	

Die Resultate sind dieselben wie bei den entsprechenden Versuchen mit anderen Pflanzen.

XX. *Robinia pseudacacia*.

Die Versuche wurden an Ästen ausgeführt, die in 1—2 m Höhe über dem Boden inseriert waren. Tabelle 74 enthält die Abtötungsversuche mit Wasserdampf.

Tabelle 74.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der abgetötet. Strecke	Entfernung der abgetöteten Strecke von der Astbasis	Zeit der Versuchsanstellung	
1,5 m	10	0,8 m	0 m	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen dürr. Sehr wenige, periphere Verstopfungen.
1,8 "	100	0,8 "	0 "	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen dürr.
1,2 m	40	0,1 m	0,7 m	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen turgeszent, nach 11 Tag. dürr.
1,1 "	10	0,1 "	0,7 "	15. VI.	Blätter nach 6 Tagen welk.

Die kurzen toten Strecken wirken weniger nachteilig als die langen. Bei dem sehr spärlichen Vorkommen von Verstopfungen haben wir auch hier eine Beteiligung der lebenden Zellen an der Hebungsarbeit anzunehmen.

Über das Welken der abgeschnittenen Sprosse geben die folgenden Laboratoriumsversuche Aufschluß.

Tabelle 75.

Astlänge	Zahl der Blätter	Zeit der Versuchs- anstellung	
1 m	groß	6. VII. 4 ^h p. m.	} Nach ½ Stunde waren die Blätter welk, nach 1 Tag dürr.
1 "	10	6. VII. 4 ^h p. m.	
1 "	groß	6. VII. 5 ^h p. m.	} Nach 1 Stunde waren mehrere Blätter deutlich welk, nach 1 Tag waren die Blätter dürr.
1 "	10	6. VII. 5 ^h p. m.	

Es ist auffällig, wie außerordentlich rasch die Blätter welken. Wenn auch im Freien das Welken etwas langsamer stattfinden wird, so mußte immerhin über die toten Strecken noch Wasser transportiert worden sein.

Tabelle 76 enthält die Rindenringelungsversuche.

Tabelle 76.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der geringelt. Strecke	Entfernung der geringelten Strecke von der Astbasis	Schutz der geringelt. Strecke	Zeit der Versuchs- anstellung	
1,1 m	50	1 m	0 m	nackt	15. VI.	} Blätter nach 6 Tagen dürr.
1,2 "	10	1,1 "	0 "	"	15. VI.	
2 m	180	0,1 m	0 m	nackt	15. VI.	Blätter nach 11 Tagen turgeszent, nach 13 Tagen dürr.
2 "	10	0,1 "	0 "	"	25. VI.	Blätter nach 22 Tagen turgeszent, nach 26 Tagen dürr.
2 m	10	0,1 m	1,3 m	nackt	25. VI.	Blätter nach 8 Tagen turgeszent, nach 14 Tagen dürr.
2 "	75	0,1 "	1,3 "	"	25. VI.	Blätter nach 22 Tagen turgeszent, nach 26 Tagen dürr.

Die kurzen Ringelungen werden besser ertragen als die langen. Ein Einfluß der Lage der geringelten Strecken oder der Blattzahl ist nicht nachzuweisen.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein Sektor entfernt, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 77.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
1,1 m	60	0,1 m	0 m	Hälfte	nackt	6. VII.	Blätter nach 4 Monaten turgeszent, obschon der Ast gebrochen.
0,8 "	10	0,1 "	0 "	"	"	6. VII.	
1,3 "	10	0,1 "	0 "	drei Viertel	"	6. VII.	Blätter nach 4 Mon. turgeszent.
1,1 "	70	0,1 "	0 "	"	"	6. VII.	
							Verhalten wie oben, obschon der Ast gebrochen.

Das Resultat ist also dasselbe wie bei den entsprechenden Versuchen mit anderen Pflanzen.

XXI. *Fagus sylvatica*.

Mit *Fagus*-Ästen wurden einige Versuche ausgeführt, bei welchen ein Sektor entfernt wurde, der bald die Hälfte, bald $\frac{3}{4}$ des Querschnitts betrug.

Tabelle 78.

Astlänge	Zahl der Blätter	Länge der oper. Strecke	Entfernung der operierten Strecke von der Astbasis	Größe des wegoper. Sektors in Bruchteilen d. Querschnitts	Schutz der oper. Strecke	Zeit der Versuchsanstellung	
3 m	300	1 m	0 m	Hälfte	nackt	5. VII.	Blätter nach 4 $\frac{1}{2}$ Monaten turgeszent.
2 "	10	1 "	0 "	"	"	5. VII.	
1,8 m	10	1 m	0 m	drei Viertel	nackt	5. VII.	
2 "	150	1 "	0 "	"	"	5. VII.	

Das Resultat ist also auch hier dasselbe wie bei den übrigen entsprechenden Versuchen. Ähnliche Experimente hatte ich schon früher mit *Fagus* angestellt, nur war damals die operierte Strecke immer unter 30 cm geblieben. Der weitere Verlauf der meisten im vorigen Jahre an *Fagus* ausgeführten und in der schon mehrfach zitierten Arbeit¹⁾ beschriebenen Versuche konnte nicht verfolgt werden, da die Mehrzahl der Versuchsbäume im Winter gefällt worden war. Die Beobachtungen an den wenigen noch vorhandenen Ästen sind im folgenden zusammengestellt.

1) Jahrb. f. wiss. Bot. 1906.

An einem Ast mit 10 cm langer, tiefer Holzringelung, die einen schützenden Mantel von Baumwachs und Stanniol besaß, hatten sich 170 Blätter entwickelt; das weitere Verhalten konnte nicht verfolgt werden, da der Ast von fremder Hand abgebrochen wurde. Ein zweiter in gleicher Weise geringelter Ast zeigte ein ähnliches Verhalten; auch dieser Ast wurde nachher abgebrochen. An einem Ast, an welchem auf ca. 2 dm der halbe Querschnitt entfernt worden war, hatten sich 15 Blätter entwickelt. Bei allen den Beobachtungen noch zugänglichen Ästen mit abgetöteten Strecken waren die Knospen nicht zur Entwicklung gelangt.

Bei einigen Pflanzen wurden Abtötungsversuche an den Blättern vorgenommen. Die Resultate sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Die Versuche wurden in der Art ausgeführt, daß man den Stiel der im Walde am Baum befindlichen Blätter, in der Nähe des basalen Endes auf 2 cm mit Wasserdampf abtötete. Die Versuchsanstellung erfolgte bei allen Blättern am 27. oder 28. Juni. Tabelle 79 enthält die Experimente mit *Acer pseudoplatanus*.

Tabelle 79.

Länge des Blattstiels	Länge der Spreite	
15 cm	11 cm	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, hierauf begannen sie abzufallen, nach 19 Tagen waren alle Blätter abgefallen.
9 "	11 "	
10 "	10 "	
9 "	10 "	
4 "	6 "	
5 "	7 "	
8 "	9 "	
11 "	11 "	
7 "	8 "	
7 "	9 "	
8 "	10 "	
17 "	12 "	

Bei den entsprechenden 1 dm langen Abtötungen des Zweiges in der Nähe der Spitze waren die Blätter 17 Tage turgeszent geblieben. Bei Abtötung des Blattstiels wurde eine längere Beobachtung durch das Abfallen der Blätter unmöglich gemacht.

Tabelle 80 enthält die Versuche mit *Acer campestre*.

Tabelle 80.

Länge des Blattstiels	Länge der Spreite	
4,5 cm	5,5 cm	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 19 Tagen waren die meisten Blätter abgefallen, die übrigen turgeszent.
8 "	6 "	
5 "	4,5 "	
9 "	5 "	
8 "	5 "	
8 "	5,5 "	
5,5 "	6 "	
6 "	6 "	
4,5 "	5,5 "	
3,5 "	5,5 "	
4 "	5,5 "	

Bei den entsprechenden 3 cm langen Abtötungen der Äste waren die Blätter noch nach 22 Tagen turgeszent. Bei der Abtötung der Blattstiele wurde eine längere Beobachtung durch das Abfallen der Blätter unmöglich gemacht.

Tabelle 81 enthält die Versuche mit *Fraxinus excelsior*. Außer der Länge des Blattes wurde noch die Zahl der Teilblätter angegeben, da ich häufig, um die Größe der transpirierenden Fläche zu variieren, einige Teilblätter entfernte.

Tabelle 81.

Länge des Blattes	Zahl der Teilblätter		Länge des Blattes	Zahl der Teilblätter	
30 cm	9	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 19 Tagen abgefallen.	21 cm	3	Blätter nach 12 Tagen turgeszent, nach 19 Tagen abgefallen.
30 "	9		21 "	3	
19 "	10		15 "	1	
25 "	10		20 "	1	
29 "	8		19 "	5	
17 "	8		17 "	5	
31 "	5		30 "	9	
28 "	5		25 "	9	

Bei den entsprechenden 3 cm langen Abtötungen der Äste waren die Blätter noch nach 19—22 Tagen turgeszent. Bei der Abtötung der Blattstiele wurde eine längere Beobachtung durch das Abfallen der Blätter unmöglich gemacht. Ein Einfluß der Größe der transpirierenden Fläche war nicht nachzuweisen. Es wurden weitere

19 Versuche ausgeführt, die nicht im einzelnen angeführt werden sollen. Es wurde hierbei jeweils nur 1 Teilblatt übrig gelassen; bald ließ ich das apikale, bald das basale, bald irgend ein zwischenliegendes Teilblatt stehen. Sämtliche Blätter blieben 12 Tage turgeszent; nach 15 Tagen waren viele Blätter an der Blattspindelbasis abgefallen, die übrigen welk. Es läßt sich nicht sagen, ob das Welken eine Folge des Defizits in der Hebungskraft ist. Die Lage des Teilblattes war nicht von Bedeutung.

Entsprechende Versuche wurden ferner mit den Blättern von *Robinia pseudacacia* gemacht.

Tabelle 82.

Zahl der Teilblätter	
7	Nach 6 Tagen turgeszent, nach 8 Tagen welk, nach 11 Tagen dürr.
7	" 6 " " " 8 " " " 11 " "
7	" 6 " " " 8 " " " 11 " "
7	Nach 8 Tagen turgeszent, nach 11 Tagen welk.
11	" 9 " " " 11 " "
11	" 8 " " " 9 " "
9	" 6 " " " 8 " "
9	" 6 " " " 8 " "
13	" 6 " " " 8 " "
13	" 8 " " " 9 " "
10	" 6 " " " 8 " "
3	" 8 " " " 9 " "
1	" 9 " " " 11 " "
1	" 9 " " " 11 " "

Ein Einfluß der Größe der Transpirationsfläche ist nicht zu erkennen.

Auch hier läßt sich aus demselben Grunde wie bei *Fraxinus* nicht mit Sicherheit sagen, worauf das Welken zurückzuführen ist. In einer anderen Versuchsreihe wurde, gleich wie bei *Fraxinus*, jeweils nur ein Teilblatt übrig gelassen. Sämtliche Blätter waren nach 7 Tagen turgeszent und nach 12 Tagen dürr oder an der Basis der Blattspindel abgefallen. Die Lage des Teilblattes war nicht von Bedeutung.

Auf die Besprechung des Verhaltens der einzelnen untersuchten Pflanzen lassen wir nun die vergleichende Betrachtung der erhaltenen Resultate folgen. Um die Übersicht zu erleichtern stellen wir die-

jenigen Experimente, die in großer Zahl vorliegen, und die bei den verschiedenen Arten einen abweichenden Verlauf zeigten, tabellarisch zusammen. Die Koniferen mit mehrjährigen Nadeln sind weggelassen, weil sie langsamer als die übrigen Versuchspflanzen auf Wassermangel reagieren und daher keine direkt vergleichbaren Resultate liefern. In der mit t überschriebenen Kolonne ist die Zahl der Tage angegeben, während welcher die Blätter turgeszent blieben; Kolonne d gibt an, in wie viel Tagen die Blätter welkten.

Tabelle 83.

	Abtötung mit Wasserdampf auf						Rindenringelung auf																			
	80 cm an der Ast- basis		10 cm an der Ast- basis		10 cm in Nähe der Astspitze		beinahe die ganze Astlänge		10 cm an der Ast- basis		10 cm in Nähe der Astspitze															
	viel Blätter	wenig Blätter	viel Blätter	wenig Blätter	viel Blätter	wenig Blätter	viel Blätter	wenig Blätter	viel Blätter	wenig Blätter	viel Blätter	wenig Blätter														
	t	d	t	d	t	d	t	d	t	d	t	d														
<i>Larix</i>	10	19	9	19	14	—	7	19	9	36	—	—	11	21	8	14	19	37	8	20	33	43	28	30		
<i>Prunus</i>	25	35	—	—	—	—	—	—	7	30	—	—	—	8	25	—	—	90	105	—	—	—	—	—		
<i>Viburnum</i> . .	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—	—	—	—	17	27	45	75	90	103	90	105	50	75	—	—	
<i>Lonicera</i> . . .	—	—	—	—	3	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
<i>Sorbus aucup.</i>	—	—	—	—	29	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
<i>Sorbus aria</i> .	13	—	8	—	15	—	20	—	15	—	20	27	10	37	10	12	37	—	37	44	37	—	21	—		
<i>Cornus</i>	9	45	—	—	24	28	26	45	6	26	—	—	17	45	9	13	60	—	90	—	60	—	45	60		
<i>Salix</i>	8	17	8	17	8	22	17	27	7	17	3	8	23	30	23	30	50	90	50	90	50	90	50	90	19	30
<i>Acer pseudopl.</i>	7	27	4	—	8	17	27	17	30	7	17	7	17	9	28	8	16	50	80	50	80	40	50	—	—	
<i>Acer camp.</i> . .	7	17	7	17	12	29	17	27	7	17	7	12	10	26	10	19	24	31	24	31	30	41	30	41	—	
<i>Corylus</i>	5	20	—	—	28	44	16	26	15	26	16	26	6	17	12	17	90	—	38	48	40	48	40	48	—	
<i>Fraxinus</i> . . .	—	—	2	—	7	22	7	22	—	—	7	—	—	—	4	—	23	39	39	—	—	—	23	30	—	
<i>Ulmus</i>	1	8	1	8	8	22	8	22	4	8	7	12	1	8	—	—	2	12	2	12	12	17	2	8	—	
<i>Populus</i> . . .	1	—	1	—	—	—	—	—	12	22	12	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Quercus</i> . . .	6	14	4	—	11	29	6	29	11	29	6	29	6	13	5	13	6	13	6	13	18	29	22	29	—	
<i>Robinia</i> . . .	2	6	2	6	—	—	—	—	6	11	4	10	2	6	2	6	11	13	22	26	22	26	8	14	—	

Bei der Abtötung auf 80 cm Länge blieben *Ulmus*, *Populus*, *Fraxinus* und *Robinia* nur 1—2 Tage turgeszent, während bei *Prunus* das Welken erst nach 25 Tagen erfolgte. Wenn wir die Versuchspflanzen in der Weise anordnen, daß wir zuerst diejenigen stellen, welche bei reichbeblätterten Ästen am längsten turgeszent bleiben, und stufenweise zu den rascher welkenden fortschreiten, so erhalten wir die folgende Reihe:

Prunus, *Sorbus aria*, *Larix*, *Cornus*, *Salix*, *Acer pseudopl.*, *Acer camp.*, *Quercus*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Robinia*, *Populus*, *Ulmus*.

Die Geschwindigkeit des Absterbens der Blätter ist abhängig einmal von ihrer Empfindlichkeit und ferner von der Wasserzufuhr. Das raschere Absterben kann also durch eine größere Empfindlichkeit oder durch eine geringere Wasserzufuhr oder durch beide Momente zusammen hervorgerufen sein. Über die Empfindlichkeit der Blätter geben die Versuche mit den abgeschnittenen und aufgehängten Ästen einigen Aufschluß. Die Resultate lassen sich kurz zusammenfassen. Zieht man in Betracht, daß diese Versuche bei 3 Pflanzen im Freien, bei den übrigen im Laboratorium ausgeführt wurden, und daß in letzterem Falle das Welken etwa dreimal rascher erfolgte, so ergibt sich, daß das Welken überall ungefähr mit der gleichen Geschwindigkeit vor sich ging, die Empfindlichkeit somit überall ungefähr dieselbe war¹⁾. Nur *Robinia* besaß eine deutlich größere Empfindlichkeit. Wir gelangen somit zum Schluß, daß zum mindesten die größeren Differenzen in der Zeit, die bei den verschiedenen Pflanzen zwischen der partiellen Abtötung des Astes und dem Absterben der Blätter verstrich, auf Unterschiede im Wassertransport zurückzuführen ist. Ein langsamerer Wassertransport kann durch Zunahme der Widerstände in den Leitungsbahnen, durch Abnahme der Transportkräfte und durch eine kombinierte Wirkung beider Faktoren hervorgerufen werden. Eine Vermehrung der Leitungswiderstände erfolgt durch die Verstopfungen. Da nun die Verstopfungen in der Regel fehlten, und auch da, wo sie vorhanden waren, keine Spur von Proportionalität zwischen ihrer Stärke und der Schnelligkeit des Absterbens vorlag (*Sorbus aria* hatte viel Verstopfungen und blieb relativ lange turgeszent, *Populus* hatte keine Verstopfungen und starb rasch ab) so werden wir zur Annahme von Verschiedenheiten in den Transportkräften geführt. Die Transportkräfte sind zum Teil rein physikalischer, zum Teil vitaler Natur. Diejenigen vitalen Kräfte, die in den abgetöteten Zellen ihren Sitz hatten, wurden durch die Abtötung vernichtet. Eine dauernde Veränderung der physikalischen Kräfte ist dagegen nicht anzunehmen. Hiernach beruht also das Kräftedefizit auf einer Verminderung der vitalen Kräfte. Dieses Kräftedefizit wirkte nun auf die verschiedenen Pflanzen verschieden schädlich, woraus folgt, daß es bei verschiedenen Pflanzen verschieden groß ist. Es erklärt sich dies durch die Annahme, daß das Verhältnis

1) Es ist klar, daß auf diesem Wege nur größere Differenzen nachgewiesen werden konnten.

der physikalischen zur vitalen Komponente, oder die Hubhöhe der vitalen Kräfte bei verschiedenen Pflanzen verschieden ist. Je größer die physikalische Komponente ist, um so weniger wird — *ceteris paribus* — die Entfernung von vitalen Kräften schaden. Je größer die Hubhöhe der vitalen Kräfte ist, um so länger wird die Strecke sein, die ohne Schaden abgetötet werden kann. Das lange Turgeszentbleiben von *Prunus* und *Sorbus aria* würde also auf eine größere physikalische Komponente oder auf eine größere Hubhöhe der vitalen Kräfte, das rasche Absterben von *Populus* und *Ulmus* auf geringe Werte dieser beiden Faktoren zurückzuführen sein. Ein gewisser Aufschluß über den Einfluß der physikalischen Kräfte wäre von der Bedeutung der Blattzahl und eventuell auch von der Bedeutung der Lage der toten Strecke zu erhalten. Die vorliegenden Versuche führen aber in dieser Hinsicht zu keinem Resultat.

Bei der Abtötung auf 10 cm Länge an der Ast- bzw. Stamm-basis erfolgt das Absterben der Versuchspflanzen ebenfalls mit verschiedener Geschwindigkeit. Sie lassen sich, wenn man mit den am längsten turgeszent bleibenden beginnt, in die folgende Reihe anordnen:

Sorbus aucuparia, *Corylus*, *Viburnum*, *Cornus*, *Acer pseudopl.*, *Sorbus aria*, *Larix*, *Acer camp.*, *Quercus*, *Salix*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Lonicera*.

In dieser wie in der letzten Reihe stehen *Fraxinus* und *Ulmus* am Ende. Am abweichendsten ist das Verhalten von *Corylus*, die in der einen Reihe in der Nähe des Anfangs, in der anderen in der Nähe des Endes steht; da aber die Zahl der Versuche gering ist und wir immer mit individuellen Verschiedenheiten zu rechnen haben, so möchten wir hierauf kein zu großes Gewicht legen.

Bei der Abtötung auf 10 cm Länge in der Nähe der Astspitze erhalten wir eine Reihe — *Sorbus aria*, *Corylus*, *Populus*, *Quercus*, *Larix*, *Prunus*, *Salix*, *Acer pseud.*, *Acer camp.*, *Cornus*, *Robinia*, *Ulmus* — in welcher die Pflanzen wieder eine andere Anordnung besitzen.

Bei der Abtötung auf 3 cm Länge an der Astbasis ergibt sich die folgende Reihe:

Larix, *Salix*, *Sorbus aria*, *Quercus*, *Acer campestre*, *Corylus*, *Prunus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Ulmus*.

Die Reihenfolge ist also in allen 4 Fällen verschieden. Als gemeinsames Merkmal finden wir überall das mehr oder weniger rasche Absterben der Blätter nach der partiellen Abtötung des Astes oder Stammes und die geringe Widerstandsfähigkeit der Ulme, die in allen 4 Reihen beinahe oder ganz am Ende steht.

Die Bedeutung der Länge der toten Strecke ergibt sich am besten bei einem Vergleich der beiden extremen Fälle, d. h. bei 80 und 3 cm Länge. Wir geben das Verhältnis in Bruchform an, wobei der Zähler anzeigt, wie lange die Blätter bei 80 cm Länge turgeszent blieben, während der Nenner dasselbe für 3 cm Länge aussagt. *Larix* $\frac{1}{4} \frac{0}{5}$, *Prunus* $\frac{2}{2} \frac{5}{1}$, *Sorbus aria* $\frac{1}{2} \frac{3}{6}$, *Salix* $\frac{8}{3} \frac{0}{0}$, *Acer camp.* $\frac{7}{2} \frac{2}{2}$, *Corylus* $\frac{5}{2} \frac{5}{2}$, *Fraxinus* $\frac{2}{1} \frac{9}{9}$, *Ulmus* $\frac{1}{8}$, *Populus* $\frac{1}{1} \frac{0}{0}$, *Quercus* $\frac{6}{2} \frac{6}{6}$. Mit einer Ausnahme (*Prunus*) blieben somit die Blätter länger — im Maximum 10 Mal länger — turgeszent, wenn die tote Strecke 3 cm statt 80 cm lang war. Diese Erscheinung erklärt sich durch die Zunahme des Defizits an vitalen Kräften mit zunehmender Länge der toten Strecke. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß das abweichende Verhalten von *Prunus* auf eine Verschiedenheit der übrigen äußeren Umstände sich wird zurückführen lassen (vielleicht auf die verschiedene Zeit der Versuchsanstellung).

Über die Bedeutung der Lage der toten Strecke (bei gleicher Länge) gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß. Der Zähler jedes Bruches gibt die Dauer des Turgeszentbleibens für Abtötung an der Astbasis, der Nenner für Abtötung in der Nähe der Astspitze an. *Larix* $\frac{1}{9} \frac{4}{9}$, *Sorbus aria* $\frac{1}{1} \frac{5}{5}$, *Cornus* $\frac{2}{6} \frac{4}{4}$, *Salix* $\frac{8}{7}$, *Acer pseudopl.* $\frac{1}{7} \frac{7}{7}$, *Acer camp.* $\frac{1}{2} \frac{2}{2}$, *Corylus* $\frac{2}{1} \frac{8}{8}$, *Ulmus* $\frac{8}{4}$, *Quercus* $\frac{1}{1} \frac{1}{1}$. In der Regel fand also das Absterben bedeutend rascher statt (im Maximum 4 mal so rasch) wenn die Abtötung in der Nähe der Astspitze erfolgte.

Die Rindenringelungen, die sich auf beinahe die ganze Länge des Astes oder Stammes erstreckten, ergaben bei den verschiedenen Pflanzen ebenfalls sehr abweichende Resultate. Wir können die Versuchspflanzen, wenn wir mit den am längsten turgeszent bleibenden beginnen, in die folgende Reihe anordnen: *Viburnum*, *Salix*, *Cornus*, *Larix*, *Sorbus aria*, *Acer camp.*, *Acer pseudopl.*, *Prunus*, *Corylus*, *Quercus*, *Robinia*, *Ulmus*. Die Extreme bilden *Viburnum*, das 45 Tage turgeszent blieb, und *Ulmus*, die schon nach 1 Tag zu welken begann. Die Ulme ist also auch bei diesen Ringelungsversuchen am wenigsten widerstandsfähig. Als Ursachen für das Absterben der geringelten Äste sind apriori 2 Faktoren denkbar, eine Vergrößerung der Leitungswiderstände und eine Verkleinerung der Transportkräfte. Die an *Larix* ausgeführten Versuche, bei welchen eine große Zahl kurzer Ringelungen angebracht wurde, sowie die anatomischen Untersuchungen an *Sorbus aria* und der meist geringe oder ganz fehlende Einfluß der Lack- und Wachsüberzüge

zeigen, daß bei den untersuchten Holzpflanzen die Vergrößerung der Leitungswiderstände von keiner oder doch von nur untergeordneter Bedeutung sein kann. Eine wesentliche Verkleinerung der physikalischen Transportkräfte ist ebenfalls unwahrscheinlich. Wir werden somit dazu geführt die Schädlichkeit der Rindenringelungen in dem Absterben der lebenden Holzzellen und der dadurch bedingten Verringerung der vitalen Kräfte zu suchen.

Bei Rindenringelungen auf 10 cm Länge an der Astbasis oder in der Nähe der Astspitze erfolgte das Absterben langsamer; die Reihen, in welche wir die Versuchspflanzen nach der Geschwindigkeit des Absterbens anordnen können, sind aber sowohl voneinander, wie auch von der obigen Reihe verschieden, was zum Teil auf individuelle Ungleichheiten zurückzuführen sein wird, die bei einer größeren Versuchszahl verschwinden dürften. Gemeinsam ist dagegen auch hier die außerordentlich geringe Widerstandsfähigkeit der Ulme, die bei allen Ringelungsversuchen am raschesten zugrunde ging.

Um eine Übersicht zu gewinnen über den Einfluß der Länge der geringelten Strecke, führen wir hinter jeder Pflanze die Resultate der Ringelungen in Bruchform an. Der Zähler gibt an, wie lange die Blätter bei langer Ringelung turgeszent blieben, der Nenner gibt an, wie lange sie sich bei 10 cm langer Basisringelung turgeszent erhielten.

Larix $\frac{1}{9}$, *Prunus* $\frac{8}{0}$, *Viburnum* $\frac{4}{9}$, *Sorbus aria* $\frac{1}{3}$, *Cornus* $\frac{1}{6}$, *Salix* $\frac{2}{5}$, *Acer pseudopl.* $\frac{9}{0}$, *Acer camp.* $\frac{1}{4}$, *Corylus* $\frac{6}{9}$, *Ulmus* $\frac{1}{2}$, *Quercus* $\frac{6}{6}$, *Robinia* $\frac{2}{1}$. Bei kurzer Ringelung bleiben somit die Blätter länger — im Maximum 15 Mal länger — turgeszent, als bei langer Ringelung; nur in einem Falle war kein Unterschied zu konstatieren.

Die Bedeutung der Lage der geringelten Strecke geht aus den folgenden, ebenfalls in Bruchform angeführten Resultaten hervor; der Zähler gibt die Länge des Turgeszentbleibens bei 10 cm langer Ringelung an der Basis an, der Nenner sagt dasselbe für die 10 cm lange Ringelung in der Nähe der Astspitze aus. *Larix* $\frac{1}{3}$, *Sorbus aria* $\frac{3}{7}$, *Cornus* $\frac{6}{6}$, *Salix* $\frac{5}{0}$, *Acer pseudopl.* $\frac{5}{4}$, *Acer camp.* $\frac{2}{3}$, *Corylus* $\frac{9}{4}$, *Ulmus* $\frac{2}{1}$, *Quercus* $\frac{6}{18}$, *Robinia* $\frac{1}{2}$. Die Versuche führten zu sehr verschiedenen Ergebnissen, bald war die Basisringelung schädlicher, bald weniger schädlich, bald war überhaupt kein Unterschied vorhanden. Auch hier können erst dann weitere Schlüsse gezogen werden, wenn durch größere Versuchsreihen der Einfluß individueller Störungen eliminiert worden ist.

Die Holzringelungen erstreckten sich auf eine 10 cm lange periphere Partie des Holzkörpers und zeigten, daß die Bedeutung der jüngern Holzschichten für das Saftsteigen zwar nicht überall dieselbe ist, daß ihnen aber immerhin bei manchen Pflanzen sicher die Hauptrolle beim Wassertransport zufällt. Bei *Larix* und *Pinus silvestris* starben die Nadeln an den geringelten Zweigen ebenso rasch ab, wie an den abgeschnittenen.

Da nach unsern jetzigen Kenntnissen die Schädlichkeit der Rindenringelung in erster Linie auf das Absterben der lebenden Zellen zurückzuführen ist, so müssen die Ringelungs- und Abtötungsversuche zu ähnlichen Resultaten führen, nur ist im allgemeinen durch die Ringelungen ein langsames Welken zu erwarten, da eben auch das Absterben der Holzzellen langsamer erfolgt. Wir führen die entsprechenden Versuchsergebnisse wieder in Bruchform an. Der Zähler gibt an, wie lange die Blätter turgeszent blieben bei 80 cm langer Abtötung des Astes, der Nenner sagt aus, wie lange das Frischbleiben anhielt bei langer Rindenringelung.

Larix $\frac{1^0}{11}$, *Prunus* $\frac{2^5}{8}$, *Sorbus aria* $\frac{1^3}{10}$, *Cornus* $\frac{9}{17}$, *Salix* $\frac{8}{23}$, *Acer pseudopl.* $\frac{7}{9}$, *Acer camp.* $\frac{7}{10}$, *Corylus* $\frac{5}{6}$, *Ulmus* $\frac{1}{1}$, *Quercus* $\frac{6}{6}$, *Robinia* $\frac{2}{2}$.

Die Versuche führen also zu dem erwarteten Resultat. Eine Ausnahme bilden nur *Sorbus aria* und *Prunus*. Bei *Sorbus aria* ist die Differenz aber nur gering und daher ohne Bedeutung; bei *Prunus* wäre das Verhalten durch neue Versuche nachzuprüfen. Wir sahen übrigens schon früher bei Besprechung der Bedeutung der Länge der toten Strecke *Prunus* eine Ausnahmestellung einnehmen. Bei der Abtötung und Ringelung in der Nähe der Astspitze entsprechen die Versuche vollständig dem erwarteten Resultate, und bei der Abtötung und Ringelung an der Astbasis ist dies, von 2 kleinen Ausnahmen abgesehen, auch der Fall.

Die Bedeutung der Blattzahl läßt sich folgendermaßen zusammenfassen. Bei der Abtötung auf 80 cm Länge wirkte die größere Blattzahl, wo überhaupt ein Einfluß zu konstatieren ist, verzögernd auf das Absterben, in allen übrigen Fällen ist keine Regelmäßigkeit zu bemerken.

Vollständig übereinstimmende Resultate lieferten dagegen die Versuche, bei welchen ein Sektor von der Hälfte oder drei Vierteln des Querschnittes entfernt wurde. Die Blätter blieben immer während der ganzen Dauer der Beobachtungen turgeszent. Da dies auch dann zutraf, wenn die operierte Strecke 1 Meter lang war, bei einer Länge des Astes von 1,2 Meter, so ist damit be-

wiesen, daß ein kleiner Bruchteil des Astquerschnittes genügt, um eine ausreichende Wasserversorgung der Blätter zu ermöglichen, sobald der übrig bleibende Astteil unversehrt gelassen wird. Ein Vergleich dieser Versuche mit den Rindenringelungen zeigt, daß die peripheren Holzschichten die Hauptrolle beim Saftsteigen spielen, indem eben eine kleine periphere Partie des Holzkörpers ausreicht, so lange sie noch unversehrt, d. h. in organischem Kontakt mit der Rinde ist. Daß die Ringelungsversuche nicht in dem Sinne einer direkten Beteiligung der Rinde am Saftsteigen — als Leitbahn oder als Erzeugerin von Hebungskräften — zu deuten sind, ist apriori wahrscheinlich, da der anatomische Bau und die allgemeinen experimentellen Erfahrungen dagegen sprechen. Daß die Coniferenrinde die ihr von Westermaier zugeschriebene Hebungarbeit nicht leistet, wurde bei der Besprechung von *Larix* auseinandergesetzt.

Die wichtigsten Resultate der vorliegenden Untersuchungen lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

Die Ausdehnung der früher an *Fagus* ausgeführten Experimente auf 20 weitere Holzpflanzen zeigte, daß bei allen Versuchspflanzen eine Beteiligung der lebenden Zellen der Äste bzw. Stämme an der Erzeugung der Hebungarbeit anzunehmen ist. Nur bei *Sorbus aucuparia* ist die Funktion der lebenden Zellen am Saftsteigen noch nicht ermittelt.

Die Wasserleitung findet hauptsächlich in den jüngeren Schichten des Holzkörpers statt.

Die Rinde muß bei allen untersuchten Pflanzen vorhanden sein, um auf die Dauer einen ausreichenden Wassertransport zu ermöglichen; ihre Entfernung wirkt aber nicht überall gleich nachteilig. Die Bedeutung der Rinde für das Saftsteigen liegt wahrscheinlich in der auf die peripheren Holzpartien ausgeübten Schutzwirkung.

Zu einem ausreichenden Wassertransport genügt ein geringer Bruchteil der Leitungsbahnen, falls in der betreffenden Partie die Holzzellen lebend sind.

Den von den lebenden Zellen herrührenden Kraftkomponenten kommt im Vergleich zu den rein physikalischen eine große Bedeutung zu.

Die Westermayersche Kletterhypothese ist auf die Coniferen nicht anwendbar.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Ursprung Alfred

Artikel/Article: [Abtötungs- und Ringelungsversuche an einigen Holzpflanzen. 287-349](#)