

## **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

### **Der Wurzeldruck in den einzelnen Entwicklungsstadien einer einjährigen Pflanze**

**Hampel-Petrowitsch, Anna**

**Innsbruck, 1933**

211

Begutachtungen

2. Beispiel

Anna Hampel - Petrovitch

[1933]



UB Innsbruck



+C51755602

# Der Wurzeldruck in den einzelnen Entwicklungsstadien einer einjährigen Pflanze.

## I. Einleitung.

1. Oekologische Bedeutung des Wurzeldruckes.
2. Wert der Untersuchungsergebnisse.
3. Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen.
4. Ziele der eigenen Untersuchungen.

## II. Versuchsanordnung.

1. Aufzucht der Versuchspflanzen.
2. Apparatur.
3. Versuchsraum.
4. Methodik der Versuche.

## III. Versuchsergebnisse.

1. Hauptversuche.
2. Nebenversuche.
3. Zusammenfassung der Ergebnisse.

## IV. Erklärung der Versuchsergebnisse.

1. Ursachen der Periodizität.
2. Saugen der transpirierenden Pflanze.

## I. Einleitung.

### 1. Oekologische Bedeutung des Wurzeldruckes.

Die älteren Pflanzenphysiologen vertraten die Ansicht, dass die Wurzel an Saftsteigen der Pflanze in beträchtlicher Masse beteiligt sei.

Die moderne Forschung legt dem Wurzeldruck keine wesentliche Bedeutung bei, da das Saftsteigen durch die Kohäsionstheorie genügend geklärt scheint.

Erst in letzter Zeit mehrten sich wieder die Stimmen (RENNER, KOEHNLEIN), die auch der Wurzel einen gewissen <sup>aktiven</sup> Anteil beimessen. Speziell KOEHNLEIN nimmt auf Grund seiner Versuche an, dass der Wurzeldruck bei mittlerer Transpiration zur Hebung des Wassers beiträgt. Erst bei intensiver Transpiration sei ihre Mitarbeit ausgeschaltet. Die Wasserbeschaffung erfolge dann nur mehr durch die hohen Saugkräfte der transpirierenden Zellen. RENNER neigt sogar zur Ansicht, dass die Wurzelzellen in diesem Stadium der raschen Wasseraufnahme einen gewissen Filtrationswiderstand entgegensetzen.

### 2. Wert der Untersuchungsergebnisse.

Die verwendete Untersuchungsmethode ist mit unvermeidlichen Mängeln behaftet. Die Versuche können erst nach Dekapitation der Pflanze ausgeführt werden. Damit ist aber eine schwere Störung des Gleichgewichtes verbunden. Das Bluten kann erst eintreten, wenn die Wurzel reichlich mit Wasser versorgt ist und das Sättigungsmaximum erreicht hat. Dadurch werden in der Wurzel Bedingungen geschaffen, die den Bedingungen in der unverletzten Pflanze nicht entsprechen müssen. Daher ist es klar, dass die Ergebnisse nicht die tatsächlichen Verhältnisse in der Pflanze aufzeigen. Trotzdem ist die genaue Kenntnis des Blutungsvorganges von Bedeutung und lässt einige Schlüsse auf die Verhältnisse in der unverletzten Pflanze zu.

### 3. Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen.

Zahlreiche Forscher haben den Wurzelndruck in mannigfacher Art geprüft. Ich greife nur jene Untersuchungen heraus, die sich mit der Menge und dem täglichen Verlauf des Saftausflusses beschäftigt haben, wobei der Prozess nicht durch Begiessen mit Lösungen höherer Konzentration oder durch Saugen am Stumpfe beeinflusst wurde.

#### a. Periodizität.

HOFMEISTER (1862), BROSIG (1876), BARANETZKY (1877) und ROMELL (1890) bestätigen übereinstimmend, dass der Saftausfluss eine von äusseren Einflüssen unabhängige Periodizität aufweist. Die täglichen Maxima und Minima fallen keineswegs auf die gleichen Zeitpunkte, doch liegt das Maximum durchschnittlich zwischen 8 und 16<sup>h</sup>, das Minimum um 12 Stunden später.

Ueber die Ursachen der Periodizität gehen die Ansichten weit auseinander. BARANETZKY nimmt an, dass durch äussere Bedingungen, hauptsächlich durch den täglichen Lichtwechsel, in den Gefässen der Pflanze Längs- und Querspannungen hervorgerufen werden; diese haben eine Periodizität des Saftausflusses zur Folge. Er begründet den Einfluss des Lichtwechsels mit Versuchsergebnissen, die zeigen, dass sowohl etioliert gezogene als auch junge Pflanzen keine Periodizität aufweisen. Die ersteren waren dem Lichtwechsel überhaupt nicht ausgesetzt, die letzteren aber nur für kurze Zeit.

WIELER bezweifelt die Erklärung BARANETZKYS.

BROSIG hält die Periodizität für eine ererbte Fähigkeit der Pflanze, die durch den Wechsel der Beleuchtung zur Auswirkung kommt.

ROMELL hält sie für eine autonome Erscheinung, die durch Aussenfaktoren nicht beeinflusst wird.

Andere Forscher wie SCHAPOSCHNIKOW (1912), SABININ (1921), HEYL (1931) vermissen die Periodizität.

### b. Temperatur und Saftausfluss.

Von allen diesen Forschern wird übereinstimmend bestätigt, dass Temperaturerhöhung den Blutungsvorgang fördert. BARANETZKY findet, dass geringe Temperaturschwankungen von 1 - 4° die Periodizität nicht stören, hingegen starke das Bluten so sehr beeinflussen, dass die Periodizität nicht mehr zur Geltung kommt. Der Ausfluss folgt dann mehr oder weniger parallel der Temperatur.

HEYL nimmt an, dass der Saftausfluss der Wurzel nur von der Temperatur abhängig sei; da er bei seinen Versuchen grosse Temperaturschwankungen verwendet, bestätigt er damit die Behauptung von BARANETZKY.

### c. Fehlende Beobachtungen.

Die Erscheinung, dass manchmal dekapitierte Pflanzen, anstatt zu bluten, begierig dargebotenes Wasser einsaugen, ist in der Literatur allgemein angegeben, doch nie näher geprüft worden. Ebenso fehlen bei Beschreibung der Versuche Angaben über das genaue Alter, die Grösse, das Entwicklungsstadium und die Aufzucht der verwendeten Pflanzen. Die Blutungsfähigkeit blühender und fruchtender Pflanzen wurde ebenfalls nie geprüft.

## 4. Ziel der eigenen Untersuchungen.

Es bestand darin, die fehlenden Untersuchungen zu ergänzen, um eine teilweise Aufklärung der Widersprüche zu finden. Zu diesem Zwecke untersuchte ich das Bluten einer krautigen, einjährigen Pflanze (*Helianthus annuus*) während der gesamten Entwicklungsperiode vom Keimen bis zum Fruchten. Dabei wurde auch der äussere Habitus der Pflanze, charakterisiert durch Höhe, Sprossdurchmesser und Blattanzahl, berücksichtigt. Die Erreichung dieses Zieles hielt ich für meine Hauptaufgabe. Ausserdem führte ich noch Ergänzungsversuche aus, um das Ergebnis der Hauptuntersuchungen zu vervollständigen. Um

möglichst vergleichbare Resultate zu erhalten, beobachtete ich ausschliesslich die jeweilig abgeschiedenen Mengen des Blutungssaftes und führte keine Druckuntersuchungen aus. Manometerversuche geben kein eindeutiges Bild über die Wasserausscheidung, da die Hebung der Quecksilbersäule sowohl vom Lumen der Steigröhre, als auch von der Ausflussmenge abhängt.

## II. Versuchsanordnung.

### 1. Aufzucht der Versuchspflanzen.

Zur Ausführung der Versuche wurde ausschliesslich *Helianthus annuus* verwendet, der in Töpfen gezogen worden war. Topfkulturen waren notwendig, um jeder Wurzelverletzung vorzubeugen. Die Topfpflanzen konnte man ohne Störung des Wurzelwerkes vom Standort in das Versuchszimmer tragen.

Am 20. April 1932 wurden 200 Samen in Töpfen ausgesät. Da die Pflanzen unter natürlichen Verhältnissen heranwachsen sollten, standen sie seit Beginn ihrer Entwicklung in Freien an einem sonnigen Standort. Die heranwachsenden Pflanzen wurden von Zeit zu Zeit in grössere Töpfe umgepflanzt. Nach dem Umtopfen wurde mit den weiteren Versuchen 14 Tage bis 3 Wochen zugewartet, bis die Wurzeln wieder Boden gefasst hatten. Im Allgemeinen gediehen die Pflanzen gut. Alle kamen zum Blühen und Fruchten, doch ist es klar, dass sich Topfkulturen nicht so kräftig und zu solcher Höhe entwickeln konnten wie Freilandpflanzen.

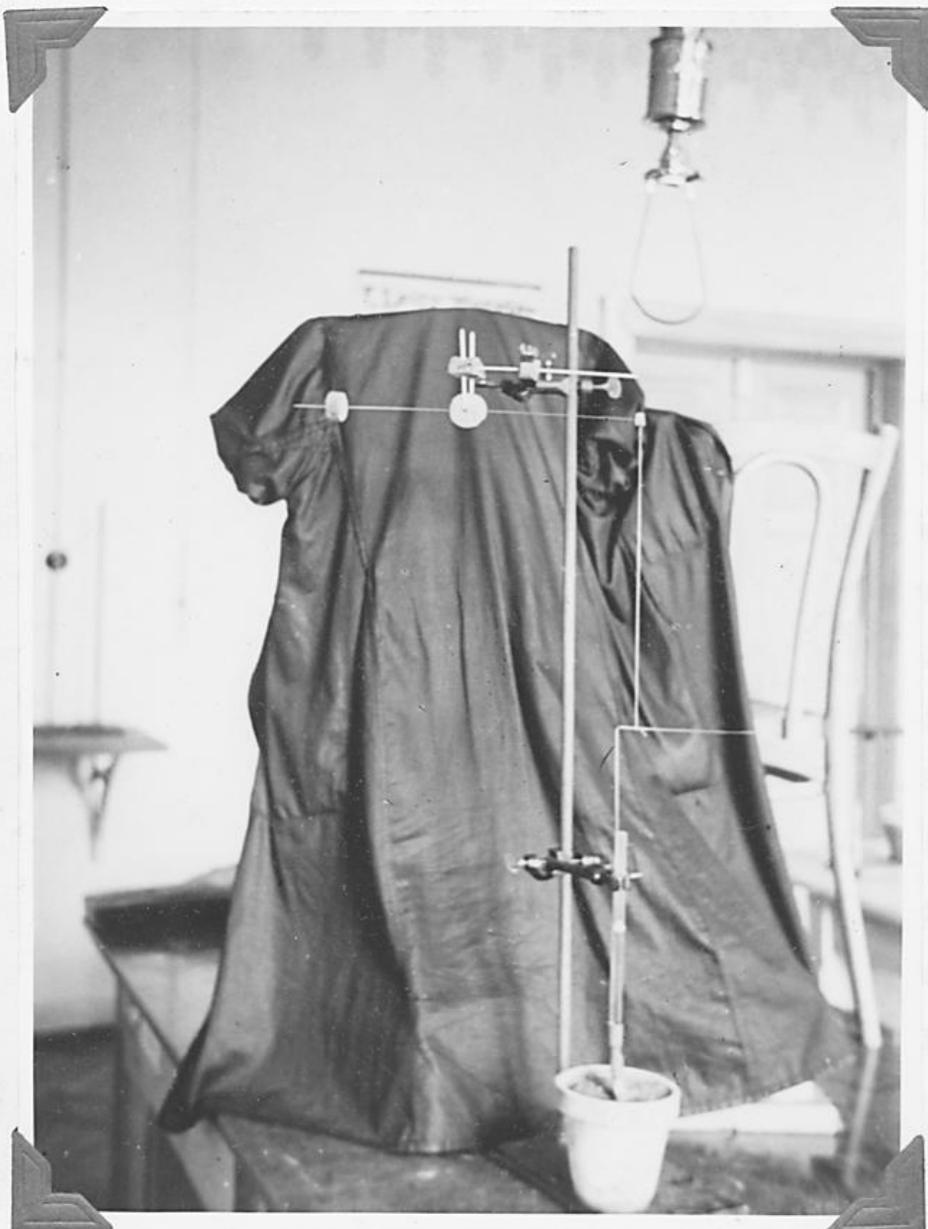
### 2. Apparatur.

In erster Linie war ich bedacht, eine möglichst einfache Apparatur zu finden, die ~~ist~~ eine selbsttätige Registrierung des Saftausflusses und auch der eingesogenen Wassermengen gestattete. Je 4-6 Pflanzen sollten gleichzeitig geprüft werden. Für diesen Zweck stand mir eine Registriertrommel zur Verfügung.



Sie war 18 cm hoch und mit berusstem Papier bespannt. In Verbindung mit einem Uhrwerk vollführte sie in 7 Tagen eine Umdrehung. In 24 Stunden bewegte sie sich um 40 mm weiter. Vor ihrer Verwendung wurde sie auf die Gleichmässigkeit des Ganges geprüft und entsprechend reguliert. Wegen der beschränkten Trommelhöhe musste man Steigröhren mit verschieden weiten Innendurchmesser verwenden, da die Ausflussmengen in der Steigröhre die Höhe der Trommel nicht übersteigen durften. Dieser unangenehme Fall trat zum Beispiel bei der Versuchsreihe IV ein. Andererseits musste die Steigröhre weit genug sein, um das sichere Funktionieren des Schwimmers zu gewährleisten. Ein kurzer Gummischlauch verband den Spross der dekapitierten Pflanze mit der Steigröhre. Die Verbindungsstelle zwischen Spross und Gummi wurde mit lauwarmen Paraffin bestrichen und dadurch verlässlich wasserdicht gemacht.

Die Suche nach einem geeigneten Schwimmer war etwas langwierig. Der Schwimmer musste der Weite des Steigrohres angepasst sein und allen Schwankungen des Wasserstandes unmittelbar folgen können. Gleichzeitig sollte er auch mit dem Schreiber auf der berussten Trommel verbunden sein. Dieser bestand aus einer ca. 25 cm langen Kapillare, die im ersten Drittel umgebogen war. Der umgebogene Teil diente als Schreiber, während am anderen Ende der Kapillare der Schwimmer befestigt war. Die Schwimmkörper aus den verschiedensten Materialien wie Kork und Holundermark erwiesen sich als unbrauchbar. Sie alle vermochten nur eine sehr dünne, stark federnde Kapillare zu tragen. Sie hatten keine glatte Oberfläche, daher bestand zuviel Reibung an den Wänden des Steigrohres. Nach 24 Stunden waren sie mit Wasser getränkt und büssten ihre Schwimmfähigkeit ein. Da sich alle diese Schwimmer als ungeeignet erwiesen, verfertigte ich auf den Rat eines Kollegen - Dr. Kaufhold - eine Vorrichtung, die das Gewicht des Schwimmers durch ein Gegengewicht aufhob. (s. Bild).



Somit waren die oben erwähnten Schwierigkeiten behoben. Diese Balancevorrichtung wurde aus Korkscheiben und Stricknadeln zusammengesetzt und daran der Schwimmer samt Schreiber an einem Seidenfaden befestigt. Als Schwimmkörper wurden Kügelchen aus paraffingetränktem Kork verwendet, die durch einen Ueberzug von Siegellack möglichst glatt und undurchlässig gemacht worden waren. Die Apparatur war zwar etwas primitiv, aber sie erfüllte ihren Zweck vollauf. Sie konnte mit geringen Kosten für eine Anzahl von Versuchen hergestellt werden.

Die Schreiber mit den Versuchspflanzen wurden in gleichmässigen Abständen rings an die Trommel gesetzt. Seitliche Schwankungen der Schreiber wurden durch entsprechende Führungen verhindert. (siehe Bild). Um Verwechslungen auszuschliessen, wurden Beginn und Ende der Ausflusskurve mit der zugehörigen Pflanzennummer bezeichnet. Die Zeitpunkte von Kurvenbeginn- und ende wurden genau notiert. Vor Erneuerung der berussten Fläche wurde der Verlauf der Kurven und ihre Nummern mit Tusche nachgezogen. Die Teilkurven setzte ich später unter genauer Berücksichtigung der Zeitpunkte zu den Gesamtkurven zusammen. (Siehe Beilage). Gestrichelte Teile der Kurve bedeuten den mutmasslichen Verlauf, wenn zufällig die Registrierung versagte.

### 3. Versuchsraum.

Alle Versuche wurden, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt, in einem Dunkelraume vorgenommen, in dem konstante Temperatur und Feuchtigkeit herrschte. Um die Temperatur möglichst gleichmässig zu erhalten, hatte ich dauernd ein elektrisches Heizgitter eingeschaltet. Geringe Schwankungen von einem halben Grade während der Dauer einer Versuchsreihe waren unvermeidlich. Mit zunehmender Allgemeintemperatur von Mai bis August erhöhte sich auch die in Versuchsraum allmählich. Vom 10. Mai bis 25. Juni steigerte sich die Temperatur von 18 auf 20°. Von Mitte Juli bis Ende August weiter



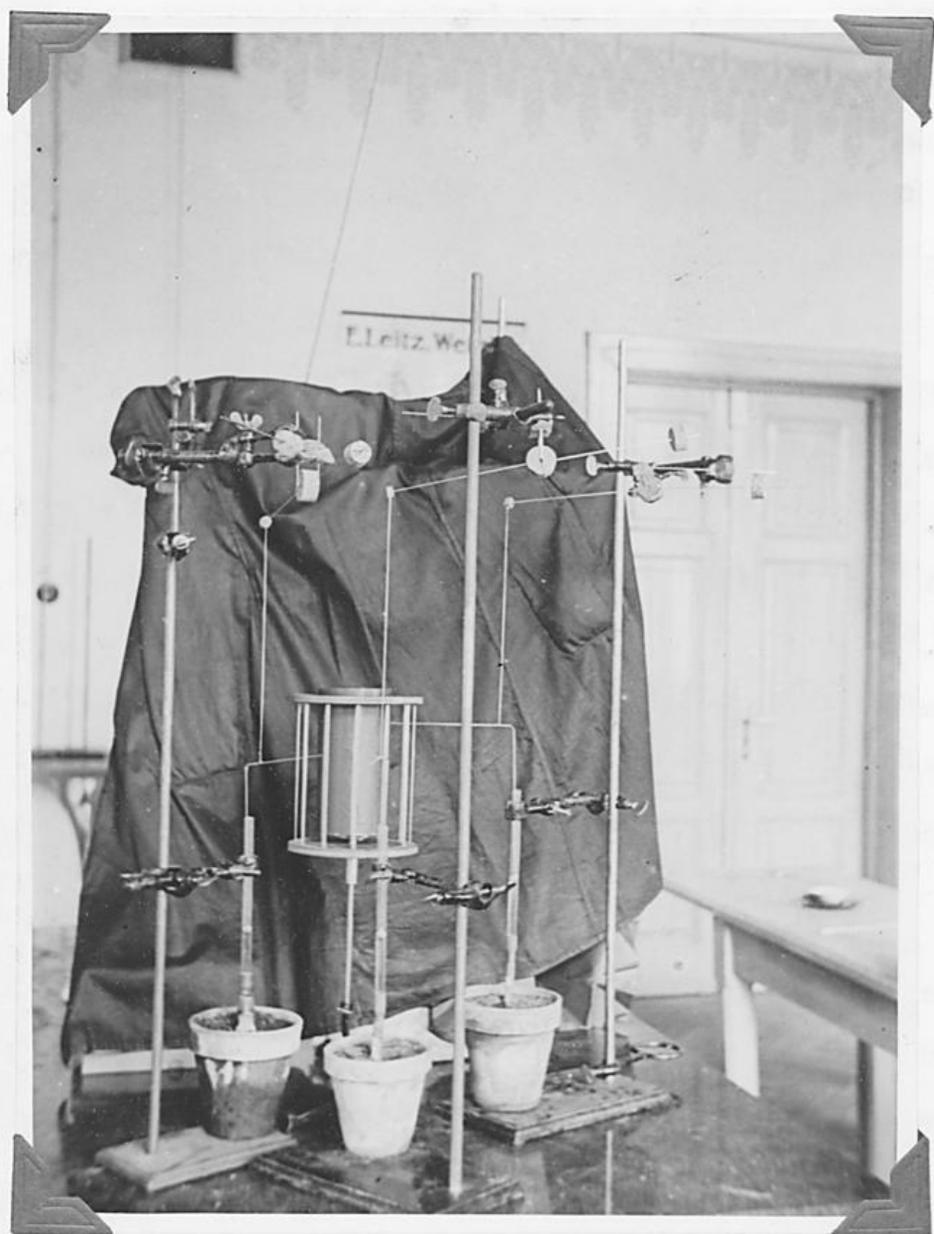
auf 24°. Dieser allmählichen unvermeidlichen Erhöhung ist wohl keine wesentliche Bedeutung beizulegen.

Ebenso wichtig war eine hohe, gleichbleibende Luftfeuchtigkeit, um die Topferde und das Wasser in den Steigrohren vor Wasserverlust zu schützen. Dazu verwendete ich 3 übereinander gestellte runde Wasserbecken. Vom höher gelegenen zum nächst tiefer gelegenen hing ein Tuch aus grobfädigen Sackleinen. (Siehe Bild). Das oberste Gefäß wurde nach je 24 Stunden mit Wasser gefüllt, das unterste in gleichen Zeitabständen entleert. Das Wasser sickerte langsam durch das Stoffgewebe vom höher gelegenen Becken in das nächst tiefere. Auf diese Weise erhielt ich eine dauernd feuchte Fläche von gleichem Ausmasse. Die Luftfeuchtigkeit im Raume blieb verhältnismässig konstant, wie die Registratur eines Thermohydrographen zeigte. (Siehe Beilage). Sie betrug bei 20° ca. 75%. Mit steigender Temperatur änderte sich auch die relative Feuchtigkeit, doch war diese Aenderung auf einen so langen Zeitraum gleichmässig verteilt, dass ein wesentlicher Einfluss auf die Versuchsergebnisse nicht anzunehmen ist.

#### 4. Methodik der Versuche.

Jeder Versuch wurde mit 5 - 6 gleichartig entwickelten Pflanzen durchgeführt. Dazu wählte ich Pflanzen, die in der Ausbildung des Blütenansatzes oder der Frucht übereinstimmten, Höhe und Blattanzahl des Sprosses liess ich unberücksichtigt.

Ungefähr 14 Stunden vor Versuchsbeginn, zwischen 18 und 20<sup>h</sup>, wurden die Pflanzen von ihrem Standort ins Zimmer für konstante Temperatur gebracht und mit der gleichen Wassermenge begossen. Das geschah aus folgenden Gründen: 1. Die Pflanze soll nicht untertags aus heftiger Transpiration herausgerissen werden, 2. Die unverletzte Pflanze soll keine Störung durch den Lichtwechsel erleiden; von 20<sup>h</sup> an besteht zwischen der Dämmerung im Freien und der Dunkelheit im Zimmer für konstante Temperatur kein sprunghafter Unterschied mehr.



3. Die Temperatur der Topferde und der Pflanze soll an die des Versuchsraumes angeglichen werden.

An folgenden Tage dekapitierte ich die Versuchspflanzen der Reihe nach zwischen 8 und 10<sup>h</sup> vormittags, befeuchtete gleich die Schnittfläche mit Wasser und stülpte vorsichtig den Gummischlauch mit dem Steigrohr über den Strunk. Das erforderte bei jüngeren Pflanzen besondere Vorsicht, um ein Quetschen und Verbiegen des weichen Sprosses zu vermeiden. Dann füllte ich das untere Drittel der Steigröhren mit destilliertem Wasser und kennzeichnete den Wasserstand mit einer Tuschmarke. Hierauf dichtete ich die Verbindungsstelle zwischen Spross und Gummi mit lauwarmem Paraffin ab. Von allen Versuchspflanzen wurden die Höhe, die Sprossdicke, die Blattanzahl und der Entwicklungszustand aufgeschrieben. Nachdem die Dichtungen aller Versuchspflanzen auf ihre Wasserundurchlässigkeit geprüft worden waren, setzte ich den Schwimmer mit den Gegengewichten auf und stellte bei allen das Gleichgewicht her. Diese Vorbereitung dauerte ca. 1½ Stunden. Alsdann wurde der Wasserstand in den Steigröhren wieder vermerkt und die Versuche an die Registriertrommel gerückt. Es bedurfte einiger Sorgfalt, damit der Schreiber nicht zu fest oder zu locker der Trommel aufsass. Im ersten Falle verspreizte sich der Schwimmer und konnte den Schwankungen des Wasserstandes in der Steigröhre nicht mehr folgen, im anderen Falle entfernte sich der Schreiber von der berussten Fläche. Dann wurden seine Bewegungen nicht mehr registriert.

Die Pflanzen wurden täglich mit einem geringen, für alle gleichbleibenden Quantum Wasser begossen. Auf den Kurvenverlauf hatte dieses Begiessen keinerlei merklichen Einfluss. Die Schnittflächen der Pflanzen wurden jeden 3. oder 4. Tag erneuert. Das war nötig, um einer Verstopfung und Verschmutzung der Gefässe durch Bakterien, Schleim und Thyllen vorzubeugen. Bei älteren Pflanzen ging das Mark des Sprosses bei der verhältnismässig hohen Temperatur nach 3 Tagen in Fäulnis über und machte ebenfalls die häufige Erneuerung der

Schnittfläche notwendig.

Aus den Kurven der Ausflussmengen ist allenthalben ersichtlich, dass die Erneuerung der Schnittfläche keine Störung des Saftausflusses hervorrief, wie sie z.B. BARANETZKY und WIELER beobachtet hatten.

An die Versuchsanordnung möchte ich noch einige kritische Betrachtungen anfügen. Die Dekapitation der Pflanze ist, wie schon erwähnt, ein gewaltsamer Eingriff und hat schwere Störungen der Druckverhältnisse zur Folge. Doch ist es die einzige Methode, um gesonderte Untersuchungen an der Wurzel ausführen zu können. Meine Versuchsanordnung ist gegenüber denen anderer Autoren insoferne ungünstiger, als auf der Schnittfläche eine etwas längere Wassersäule lastet. (Max. 20cm). Das entspricht einer Druckvermehrung um 0.02 Atm. gegenüber der Versuchsanordnung von BARANETZKY u.a., ist also gegenüber der grossen durch das Dekapitieren hervorgerufenen Druckstörung bedeutungslos. Diese Versuchsanordnung hatte den grossen Vorteil, dass durch die direkte Verbindung des Schwimmers mit dem Schreiber die Originalkurven des Saftausflusses erhalten wurden und dass auch die Registrierung der vom Strunke aufgesogenen Wassermengen möglich war. Allerdings waren auch gewisse Nachteile vorhanden, denn die Pflanze musste samt dem Topf und der übrigen Apparatur an die Registriertrömel angeschoben werden. Dadurch war keine exakt genaue Zeitmessung zu erzielen, denn beim Ansetzen machte sich eine gewisse Federung der Schreiber störend bemerkbar. Immerhin sind die Ablesungen auf halbe Stunden genau. Einen weiteren Nachteil bildete die Gegengewichtsvorrichtung, die nicht ganz reibungslos funktionierte. Doch war bei den wesentlichsten Versuchen keine Störung zu bemerken, wie die beigelegten Kurven zeigen. Zusammenfassend möchte ich jedoch betonen, dass die einzelnen Versuchsexemplare auch unter gleichen äusseren Bedingungen so stark variierten, dass auch eine exaktere Registrierung keine wesentlichen Vorteile geboten hätte.

4 - 6 Versuche, die zu gleicher Zeit ausgeführt wurden, galten als eine Versuchsreihe. Alle Versuche, bei welchen die Abhängigkeit des Saftausflusses vom Entwicklungszustand (Alter, Höhe, Sprossdurchmesser, Blattzahl) geprüft wurde, sind in die Serie der Hauptversuche eingereiht worden. Alle übrigen Versuche, die zur Klärung einer anderen Frage dienten, wurden als Ergänzungs- oder Nebenversuche zusammengefasst. Insgesamt führte ich 13 Versuchsreihen aus.

### III. Versuchsergebnisse.

#### 1. Hauptversuche.

##### Versuchsreihe I. (Vom 10. bis 17. Mai).

Der erste Versuch wurde mit 14 Tage alten FF Pflanzen ausgeführt. Bei noch jüngeren Exemplaren gelang es nicht, dem ungemein zarten und dünnen Spross ohne Schaden das Steigrohr aufzusetzen. Daher musste erst zugewartet werden, bis die Sprosse genügend widerstandsfähig waren.

Höhe der Sprosse 35mm, Durchmesser der Sprosse 2.5mm, Steigrohrdurchmesser 4mm.

Ergebnis. Am ersten Tag ist der Saftausfluss nicht so gleichmässig wie an den 4 folgenden, dann verflacht sich die Kurve bei 2 Exemplaren merklich, bei den anderen steigt sie bis zum 7. Tage gleichmässig an. Es ist keine tägliche Periodizität vorhanden.

##### Versuchsreihe II. (Vom 7. bis 9. Juni).

Alter 42 Tage, Sprosshöhe 56mm, Durchmesser 3.5mm, 4 Blätter, Steigrohrdurchmesser 4mm.

Ergebnis. Dieser Versuch dauerte nur 2½ Tage, da die Trommel nicht funktionierte. Während 1½ Tagen steigt die Kurve, um 18<sup>h</sup> des zweiten Tages verflacht sie bei 3 Exemplaren. An den Kurven ist keine Periodizität zu erkennen.

Schnittfläche notwendig.

Aus den Kurven der Ausflussmengen ist allenthalben ersichtlich, dass die Erneuerung der Schnittfläche keine Störung des Saftausflusses hervorrief, wie sie z.B. BARANETZKY und WIELER beobachtet hatten.

An die Versuchsanordnung möchte ich noch einige kritische Betrachtungen anfügen. Die Dekapitation der Pflanze ist, wie schon erwähnt, ein gewaltsamer Eingriff und hat schwere Störungen der Druckverhältnisse zur Folge. Doch ist es die einzige Methode, um gesonderte Untersuchungen an der Wurzel ausführen zu können. Meine Versuchsanordnung ist gegenüber denen anderer Autoren insoferne ungünstiger, als auf der Schnittfläche eine etwas längere Wassersäule lastet. (Max. 20cm). Das entspricht einer Druckvermehrung um 0.02 Atm. gegenüber der Versuchsanordnung von BARANETZKY u.a., ist also gegenüber der grossen durch das Dekapitieren hervorgerufenen Druckstörung bedeutungslos. Diese Versuchsanordnung hatte den grossen Vorteil, dass durch die direkte Verbindung des Schwimmers mit dem Schreiber die Originalkurven des Saftausflusses erhalten wurden und dass auch die Registrierung der vom Strunke aufgesogenen Wassermengen möglich war. Allerdings waren auch gewisse Nachteile vorhanden, denn die Pflanze musste samt dem Topf und der übrigen Apparatur an die Registriertrömel angeschoben werden. Dadurch war keine exakt genaue Zeitmessung zu erzielen, denn beim Ansetzen machte sich eine gewisse Federung der Schreiber störend bemerkbar. Immerhin sind die Ablesungen auf halbe Stunden genau. Einen weiteren Nachteil bildete die Gegengewichtsvorrichtung, die nicht ganz reibungslos funktionierte. Doch war bei den wesentlichsten Versuchen keine Störung zu bemerken, wie die beigelegten Kurven zeigen. Zusammenfassend möchte ich jedoch betonen, dass die einzelnen Versuchsexemplare auch unter gleichen äusseren Bedingungen so stark variierten, dass auch eine exaktere Registrierung keine wesentlichen Vorteile geboten hätte.

4 - 6 Versuche, die zu gleicher Zeit ausgeführt wurden, galten als eine Versuchsreihe. Alle Versuche, bei welchen die Abhängigkeit des Saftausflusses vom Entwicklungszustand (Alter, Höhe, Sprossdurchmesser, Blattzahl) geprüft wurde, sind in die Serie der Hauptversuche eingereiht worden. Alle übrigen Versuche, die zur Klärung einer anderen Frage dienten, wurden als Ergänzungs- oder Nebenversuche zusammengefasst. Insgesamt führte ich 13 Versuchsreihen aus.

### III. Versuchsergebnisse.

#### 1. Hauptversuche.

##### Versuchsreihe I. (Vom 10. bis 17. Mai).

Der erste Versuch wurde mit 14 Tage alten FF Pflanzen ausgeführt. Bei noch jüngeren Exemplaren gelang es nicht, dem ungemein zarten und dünnen Spross ohne Schaden das Steigrohr aufzusetzen. Daher musste erst zugewartet werden, bis die Sprosse genügend widerstandsfähig waren.

Höhe der Sprosse 35mm, Durchmesser der Sprosse 2.5mm, Steigrohrdurchmesser 4mm.

Ergebnis. Am ersten Tag ist der Saftausfluss nicht so gleichmässig wie an den 4 folgenden, dann verflacht sich die Kurve bei 2 Exemplaren merklich, bei den anderen steigt sie bis zum 7. Tage gleichmässig an. Es ist keine tägliche Periodizität vorhanden.

##### Versuchsreihe II. (Vom 7. bis 9. Juni).

Alter 42 Tage, Sprosshöhe 56mm, Durchmesser 3.5mm, 4 Blätter, Steigrohrdurchmesser 4mm.

Ergebnis. Dieser Versuch dauerte nur 2½ Tage, da die Trommel nicht funktionierte. Während 1½ Tagen steigt die Kurve, um 18<sup>h</sup> des zweiten Tages verflacht sie bei 3 Exemplaren. An den Kurven ist keine Periodizität zu erkennen.

Tabellen der Versuchswerte,

# Haupt ~

Vers.- reihe	Pflanzen Nro.	Alter in Tagen	Sproß-		Blatt-		abgesch. Flüssigkeit, cm <sup>3</sup>		Anmerkung
			höhe, mm	durchm., mm	Zahl	fläche, cm <sup>2</sup>	Gesamt	Tagesmittel	
I	148	14	40	2'5	2	3'6	0'920	0'176	Keimlinge
	186	14	30	2'5	2	3'6	1'059	0'161	
	210	14	35	2'5	2	3'6	1'172	0'312	
	176	14	38	2'5	2	3'6	0'795	0'221	
II	192	30	35	3'0	3	7'0	.	0'189	
	31	30	40	3'0	3	7'0	.	0'296	
	132	42	64	4'0	4	.	.	0'600	
	117	42	48	3'2	4	.	.	0'505	
III	156	49	140	3'5	4	.	0'706	0'118	
	38	49	95	4'0	4	.	0'804	0'143	
	122	49	140	4'5	4	.	1'282	0'163	
	8	49	115	4'2	4	.	1'332	0'235	
	136	49	155	4'5	4	.	0'647	0'129	
	47	49	130	4'5	4	.	1'410	0'281	
IV	198	59	315	4'0	8	197	3'96	1'085	
	190	59	321	6'2	8	142'4	3'82	0'895	
	153	59	320	6'0	10	.	6'28	0'667	
	191	59	260	.	6	.	5'08	1'112	
	22	59	295	6'5	7	.	7'22	1'175	
	97	59	270	5'5	8	.	6'04	1'105	
V	288	77	555	4'5	9	.	.	1'183	Blütenknospe
	83	77	725	9'0	10	395'1	12'66	1'635	Karino rotter
	139	77	605	8'0	11	356'4	13'05	2'320	ber.
VI	185	105	940	12'5	18	1050'8	31'63	6'23	Blütenknospe
	33	105	740	11'0	14	635'7	36'18	4'42	ca 20 mm
	196	105	860	11'0	16	521'8	25'01	4'03	unperf.

# Versuche

1.Tag		2.Tag		3.Tag		4.Tag		5.Tag		6.Tag		7.Tag		Mittel	
Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
-	-	12	0	8	3	12	21	-	-	-	-	-	-	11	0
-	-	19	11	16	6	0	9	-	-	-	-	-	-	18	9
-	-	11	-	9	18	6	21	6	21	-	-	-	-	8	20
-	-	15	10	18	8	21	6	21	6	-	-	-	-	19	7 <sup>30</sup>
-	-	11	21	7	21	-	2	-	-	-	-	-	-	9	23
-	-	15	9	18	6	-	9	-	-	-	-	-	-	16 <sup>30</sup>	8
-	-	-	18	3	15	6	13	6	-	-	-	-	-	4	15
-	-	-	24	12	4	11	8	-	-	-	-	-	-	12	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	6	18	6	21	-	-	-	-	-	-	-	-	6	19 <sup>30</sup>
-	-	13 <sup>30</sup>	3	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	14	4 <sup>30</sup>

Mittelwerte  
 Max. 8<sup>00</sup>  
 Min. 20<sup>40</sup>  
 16<sup>10</sup> 6<sup>30</sup>

-	-	11	24	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 <sup>00</sup>	0
-	-	15	6	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	6
-	-	-	24	12	24	13	2	15	3	15	5	16	3	14	2
-	-	18	8	17	7	20	9	21	9	21	10	21	12	20	9 <sup>30</sup>
-	-	9	15	-	21	10	24	12	23	-	24	12	23	10 <sup>30</sup>	22
-	-	-	-	-	6	13	6	15	4	-	4	16	5	15	4 <sup>40</sup>
-	-	-	-	11	-	12	3	15	2	15	6	-	-	13	4
-	-	-	-	21	-	20	9	20	8	21	12	-	-	20 <sup>30</sup>	10
-	-	21	12	-	-	-	-	14	-	14	3	-	5	13	2
-	-	9	15	-	-	-	-	18	-	22	9	24	12	20	10
-	-	-	-	-	-	12	0	-	0	-	-	-	-	12	0
-	-	-	-	-	-	15	5	-	6	-	-	-	-	15	5 <sup>30</sup>

Max. 12<sup>20</sup>  
 Min. 0  
 17<sup>20</sup> 7  
 Max. 13<sup>10</sup>  
 Min. 1<sup>50</sup>  
 18<sup>30</sup> 8<sup>50</sup>

Vers. reihe	Pflanzen Nro.	Alter in Tagen	Sproß-		Blatt-		abgesch. Flüssigkeit, cm <sup>3</sup>		Anmerkung
			höhe, mm	durchm., mm	zahl	fläche, cm <sup>2</sup>	Gesamt	Tagesmittel	
	286	121	1350	170	2		-	- 9'83	blühpant
	262	121	1250	185	6		- 28'4	- 8'93	
<u>II</u>	310	121	1340	150	8		- 23'9	- 3'84	
	302	121	1190	205	4		- 24'9	- 6'92	
	296	121	1420	165	11		- 44'3	- 12'42	
	51	136	1130	200	3			- 6'38	frühpant
	120	136	1300	150	12			- 4'07	Knoppe
	287	124	1300	160	8			- 6'95	Knoppe
	111	124	1550	170	12			- 6'83	Knoppe
<u>VIII</u>	86	136	1370	180	11			- 9'55	blühpant
	90	124	1450	180	11			- 4'95	blühpant
	256	124	1450	210	8			- 8'52	blühpant
	15	136	790	190	1			- 6'32	frühpant
	158	136	1430	150	12			- 0'63	blühpant
	imbun.	136	1220	200	11			- 10'46	Knoppe

Nr.	1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		Mittel	
	Min.	Max.	Min.	Max.												
-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	18	-	-	-	-	9	18
-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	21	-	-	-	-	15	21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	20	12	24	12	24	12	23
-	-	15	24	12	21	12	3	12	21	15	6	16	6	15 <sup>20</sup>	6	
-	-	18	6	15	9	18	9	15	3	-	-	-	-	13	23	
-	-	-	-	-	-	21	-	15	3	14	3	14	3	16 <sup>30</sup>	7	
-	-	-	-	-	24	-	22	6	20	9	21	9	22	8		
-	21	14	3	14	3	15	20	-	-	-	-	-	-	14	0	
-	3	18	10	18	11	18	21	-	-	-	-	-	-	18	5	

Mittelwerte

Max. 13<sup>20</sup>  
17  
Min. 23<sup>20</sup>  
8<sup>10</sup>

Max. 14  
18  
Min. 0  
5

# Neben-

Vers. reihe	Pflanzen-Nro.	Alter in Tagen	Sproß-		Blatt-		abgesch. Flüssigkeit, cm <sup>3</sup>		Anmerkung
			höhe, mm	durchm., mm	zahl	fläche, cm <sup>2</sup>	Gesamt	Tagesmittel	
Ia	a	67	270	4.5	7	1.071	1.071	0.186	Knospenreif
	b	67	270	4.5	6	-	-	0.218	
	c	67	110	3.0	4	0.126	0.126	0.034	
	d	67	190	4.0	4	0.240	0.240	0.054	
	e	67	190	4.5	6	0.820	0.820	0.101	
IIa	172	71	710	11.0	12	1.397	1.397	0.700	Tageshauptknospe
	146	71	625	7.0	10	9.23	9.23	1.588	
	197	71	530	10.5	12	6.36	6.36	1.061	
	285	71	680	8.0	10	11.24	11.24	1.715	
IIIa	128	111	780	10.7	7	-4.00	-4.00	-0.508	7 <sup>2.30</sup> gefüllt
	56	111	1120	10.5	9	+0.250	+0.250	-0.282	7 <sup>2.30</sup> ...
	273n	111	950	10.5	7	+	+	-1.098	12 <sup>2.00</sup> ...
	273e	111	940	10.0	13	-21.5	-21.3	-3.54	12 <sup>2.00</sup> ...
	155	111	1100	9.5	12	-7.50	-7.50	-3.10	12 <sup>2.00</sup> ...
	35	111	1010	11.5	10	-1.33	-1.33	-0.572	16 <sup>2.00</sup> ...
	118	111	940	12.5	10	-31.1	-31.1	-5.32	16 <sup>2.00</sup> ...
	99	111	1020	9.5	11	-20.7	-20.7	-4.15	16 <sup>2.00</sup> ...
	70	111	880	8.0	10	-8.72	-8.72	-1.315	20 <sup>2.00</sup> ...
IVa	45	111	700	7.0	6	-5.15	-5.15	-0.528	20 <sup>2.00</sup> ...
	48	106	1190	12.8	14	-	-	-6.75	unvollständige Knospe
	160	106	1140	15.0	16	-33.5	-33.5	-7.75	
	175	106	910	14.5	21	-38.7	-38.7	-11.35	
	87	126	960	10.0	8	-7.74	-7.74	-3.17	stolische Knospe
	100	126	1060	9.5	7	-13.65	-13.65	-3.25	
	43	126	1080	10.0	5	-	-	-0.57	
	23	126	1000	10.0	7	-6.78	-6.78	-1.08	
	199	126	1150	11.5	7	-4.81	-4.81	-1.46	

# Versuche

1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		Mittel	
Max.	Min.	Max.	Min.												
-	-	-	-	9	18	9	18	11	21	11	21	8	18	19 <sup>00</sup>	19 <sup>40</sup>
21	9	23	9	15	23	15	24	12	24	10	24	10	24	15	5 <sup>10</sup>
3	12	5	15	3	15	4	15	8	8	18	6	15	6	14 <sup>40</sup>	4 <sup>00</sup>
-	-	18	8	24	9	21	9	20	9	21	11	21	11	14 <sup>10</sup>	20 <sup>10</sup>
-	-	4	14	6	15	9	15	2	14	3	14	3	14	14 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>
-	-	1	12	24	13	3	13	-	-	3	11	1	12	12 <sup>10</sup>	1 <sup>20</sup>
-	-	7	15	6	18	9	15	-	-	10	17	9	16	16 <sup>10</sup>	6 <sup>10</sup>
-	9	21	9	21	7	21	7	3	12	0	12	0	9 <sup>30</sup>	23 <sup>00</sup>	
-	15	3	12	8	10	5	10	6	15	6	15	9	12 <sup>10</sup>	6 <sup>10</sup>	
-	-	24	12	3	13	21	15	3	16	3	12	-	13 <sup>30</sup>	22 <sup>10</sup>	
-	-	3	15	6	16	5	17	10	21	9	16	-	17	6 <sup>40</sup>	
-	-	23	15	24	6	-	-	-	-	-	-	-	10 <sup>30</sup>	23 <sup>30</sup>	
-	-	1	18	6	12	-	-	-	-	-	-	-	15	8 <sup>30</sup>	
-	-	-	-	-	10	24	11	1	12	1	12	24	11 <sup>10</sup>	0 <sup>30</sup>	
-	-	-	-	-	15	9	14	8	15	8	16	8	15	8 <sup>10</sup>	
-	-	24	12	24	13	24	-	24	11	3	12	3	12	1 <sup>00</sup>	
-	-	10	15	7	21	12	12	8	15	7	16	6	16 <sup>10</sup>	8 <sup>20</sup>	

Mittelwerte  
 Max. 10<sup>00</sup>  
 Min. 22<sup>10</sup>  
 15<sup>00</sup> 5<sup>20</sup>

Max. 11<sup>30</sup>  
 Min. 23<sup>00</sup>  
 14<sup>40</sup> 6<sup>30</sup>  
 11<sup>40</sup> 0<sup>30</sup>  
 15<sup>30</sup> 8<sup>20</sup>

Versuchsreihe III. (Vom 15. - 22. Juni).

Alter 49 Tage, Sprosshöhe 120mm, Sprossdurchmesser 4mm, 4 Blätter, Steigrohrdurchmesser 5mm.

Ergebnis. Bei diesen Pflanzen macht sich zum ersten Mal eine leichte Periodizität des Saftausflusses geltend. Diese ist keineswegs ausgeprägt, sondern eben erkennbar und klingt nach dem dritten Tage wieder ab. Von da an erfolgt der Saftausfluss gleichmässig.

Versuchsreihe IV. (Vom 25. Juni - 3. Juli).

Alter 59 Tage, Sprosshöhe 260 - 320mm, Sprossdurchmesser 6mm, Blattanzahl 6 - 12, Steigrohrdurchmesser 5 mm.

Ergebnis. Bei diesen Versuche erwiesen sich die verwendeten Steigröhren zu eng, da die Pflanzen überaus reichlich bluteten. Die Intensität des Blutens war nach den Ergebnissen der vorigen Versuchsreihe überraschend. Ich hatte für weitere Steigröhren noch keine Schwimmer vorbereitet. Daher war es nicht möglich, die Registriertrommel zu verwenden. Die Kurven mussten nach täglich mehrmaligen Ablesungen rekonstruiert werden. Bei dieser Kurvendarstellung ist es nicht möglich, eine eventuell vorhandene Periodizität zu erkennen. Eine Ausnahme macht der dritte Tag. An diesem zeigt sich eindeutig Periodizität. Interessant ist die starke Abnahme des Saftausflusses am 3. oder 4. Tage bei 4 Pflanzen.

Versuchsreihe V.(Vom 13. - 21. Juli).

Alter 77 Tage, Sprosshöhe 555 - 725mm, Sprossdurchmesser 7.5 - 10mm, Blattzahl 8 - 12, Steigrohrdurchmesser 9 mm, der Blütenansatz ist eben erkennbar.

Ergebnis. Diese Pflanzen zeigen und andauernde ausgeprägte Periodizität. Nur am ersten Tage macht sich ein leichtes Saugen bemerkbar. Nr. 83 und 139 behalten die Intensität und Periodizität des Saftausflusses bis zum letzten Tage bei. Nr. 288 blutet vom 5. Tage an nur mehr sehr schwach.

Versuchsreihe VI. (Vom 10. - 24. August).

Alter 105 Tage, Sprosshöhe 740 - 970mm, Sprossdurchmesser 10.5 - 12.5mm, Blattzahl 14 - 20, Steigrohrdurchmesser 9 und 11mm, Entwicklung: die Blütenkonospe hat einen Durchmesser von 20mm.

Ergebnis. Bei diesen Versuche war die Blutungsintensität stärker als ich erwartete. 3 Tage nach Versuchsbeginn musste ich die Steigröhren von 9mm mit solchen von 11mm auswechseln, da die Schreiber während meiner dreitägigen Abwesenheit hochgedrückt und dabei zerbrochen oder festgeklemmt worden waren. Daher setzte die ordnungsgemässe Registrierung erst am dritten Tage ein.

Nr.33 zeigt vom ersten bis zum 7. Tage ausgesprochene Periodizität, die nur am Tage der Schnittflächenerneuerung für 30 Stunden gestört wurde. Nr.196 und 185 zeigen vom 3. Tage (Beginn der ordnungsgemässen Registrierung) bis zum 7. ebenfalls Periodizität. Im Vergleich zu Nr.33 und den Ergebnissen der vorigen Versuche ist anzunehmen, dass alle vom ersten Tage an periodische Schwankungen aufweisen. Bei allen Versuchen nimmt die Intensität des Blutens vom 3. Tage an rapid um die Hälfte bis  $2/3$  ab. Die Periodizität ist bei allen vom 7. Tage an verschwunden.

Versuchsreihe VII. (Vom 26. August bis 2. September).

Alter 121 Tage, Sprosshöhe 1200 - 1400mm, Sprossdurchmesser 16.5 - 20mm, Blattzahl 2 - 11, blühend.

Am 12.VIII. waren die Pflanzen ungetopft worden, ohne grösseren Schaden zu nehmen. Am 24. begannen sie aufzublühen. Bei einzelnen Pflanzen verdorrten die untersten Blätter, denn seit 8. August war heisses, schönes Wetter. Die Ergebnisse dieses Versuches waren überraschend. An Stelle der bisherigen Wasserekkretion trat eine deutliche Wasseraufnahme des Wurzelwerkes. Die Pflanzen saugen anfänglich sehr heftig mit gleichbleibender Intensität, die erst vom dritten Tage an abnimmt. Von diesem Zeitpunkte an zeigen die aufgeso-

genen Wassermengen dieselbe Periodizität wie früher die sezernierten. Zur selben Zeit, da bei früheren Versuchen das Maximum des Saftausflusses auftrat, ca. von 13 - 17<sup>h</sup>, war die Saugung merklich schwächer. Von 23 - 8<sup>h</sup>, zur Zeit des Minimums, saugen die Pflanzen erheblich stärker. Bei Nr. 262 und 296 wird die vorhin beschriebene Periodizität vom 4. Tage an noch ausgeprägter. Zur Zeit des Minimums bluten die Pflanzen in geringem, aber deutlich erkennbarem Masse, zur Zeit des Maximums saugen sie.

#### Versuchsreihe VIII. (Vom 10. - 14. September).

Das schöne Wetter hielt unverändert an. Bei diesem Versuche verwendete ich Pflanzen, die in verschiedenen Entwicklungsstadien standen.

fruchtend	blühend	Knospe unbenannt
51	86	140
15	90	111
287	256	
	158	

Alter 124 - 136 Tage, Sprossdurchmesser 15 - 20mm, Blattanzahl 1 - 12, Steigrohrdurchmesser 11mm. Die noch nicht blühenden Exemplare waren kümmerliche, in der Entwicklung zurückgebliebene Pflanzen.

Ergebnis. Die Pflanzen saugen während der ersten drei Tage sehr heftig, an den folgenden Tagen viel weniger. Periodizität ist nicht vorhanden. Eine Ausnahme macht Nr. 158. Sie hat eine deutliche Periodizität, die zwischen Saftausfluss und Saugen wechselt.

#### 2. Nebenversuche.

##### Versuchsreihe IIIa. (Vom 7. - 15. Juli).

Alter 71 Tage, Sprosshöhe 530 - 710mm, Durchmesser 7 - 11mm, Blattzahl 10 - 12.

Diese Versuche sollten zeigen, welche Veränderung sich ergibt, wenn die Pflanzen nicht unter konstanten Bedingungen, sondern bei normalen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen und dem normalen Lichtwechsel bluten. Die Pflanzen standen in einem nordseitigen

Zimmer und waren gleich alt wie jene der Versuchsreihe V. (77 Tage). In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse der Versuchsreihe IIIa und V. gegenübergestellt.

	Tagesmittelmengen			Maximum	Minimum
Versuchsr. V	1,183 cm <sup>3</sup>	1,635	2,320	12 <sup>320</sup> - 17 <sup>320</sup>	0 <sup>200</sup> - 7 <sup>200</sup>
Versuchsr. IIIa	1,061 cm <sup>3</sup>	1,588	1,715	10 <sup>200</sup> - 15 <sup>200</sup>	22 <sup>120</sup> - 5 <sup>20</sup>

Ein Vergleich zeigt, dass die Tagesmittelmengen nicht stark differieren. Bei Versuch IIIa fällt das Maximum und Minimum des Saftausflusses um 2 Stunden früher als bei Versuch V. Man kann annehmen, dass das Vorrücken durch den Einfluss der wechselnden Licht, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse bei Tag und Nacht hervorgerufen wurde.

#### Versuchsreihe IVa. ( Vom 16. - 25. August).

Alter 111 Tage, Sprosshöhe 780 - 1120mm, Durchmesser 7.0 - 22.5mm, 6 - 13 Blätter.

Der Versuch sollte zeigen, wie sich Pflanzen verhalten, die während intensiver Transpiration dekapitiert wurden.

Seit Anfang August war herrliches Sommerwetter. Am 16. VIII. holte ich um 8<sup>h</sup> früh, um 12<sup>h</sup>, um 16<sup>h</sup> und um 20<sup>h</sup> mehrere Versuchspflanzen aus dem Garten und dekapitierte sie ohne jede Vorbereitung. Alter und Entwicklung entsprach ungefähr denen der Versuchsreihe VI. ( Alter 106 Tage). Die Versuchspflanzen wurden untermittags fleißig begossen.

Um 8<sup>h</sup> früh, bei +20°, holte ich die Pflanzen Nr.156 und 128 von den noch beschatteten Standorten. Nr. 156 saugte während der ersten 2 Stunden mässig, dann begann sie zu bluten. Nr.128 saugte während der ganzen Versuchsdauer.

Um 12<sup>h</sup> mittags bei +33°C wurden 3 weitere Versuchspflanzen geholt. Davon waren 2 Exemplare, 273n und 273e, in einem Topfe aufgezogen worden. Es zeigte sich, dass diese beiden, stets gleich behandelten und im gleichen Entwicklungszustand befindlichen Pflanzen

sich durchaus nicht gleich verhielten. 273e saugte bis 21<sup>h</sup> des gleichen Tages, während der weiteren drückte und saugte sie in ungleichmässigem Wechsel, wobei das Drücken überwog. Bei 273n war die Wasseraufnahme bis 21<sup>h</sup> des gleichen Tages sehr stark. Die Pflanze saugt mit kurzen Unterbrechungen am ersten und fünften Tage bis zum 7. Tag. An den beiden genannten Tagen tritt für 8 - 10 Stunden ein kräftiges Bluten ein. Vom 7. Tage an bewegt sich die Kurve mässig aufwärts. Nr.155, die dritte Versuchspflanze, nahm bis zum 3. Tag mässig Wasser auf. Von da an bis zum 8. Tage blutete sie mässig. An den beiden letzten Versuchstagen saugte sie wieder,

Um 16<sup>h</sup> wurden bei +30.5°C die Pflanzen Nr.35, 118, 99 geholt, dekapitiert und an die Trommel gesetzt. Nr.35 saugte bis am nächsten Morgen, drückte und saugte von da an in gleichmässigen Rhythmus. Das Maximum - der Saftausfluss - dauerte von 9<sup>h</sup>20 bis 12<sup>h</sup>50, das Minimum - das Saugen - von 23<sup>h</sup> bis 6<sup>h</sup>. Nr.118 saugte während der ganzen Versuchsdauer. Sie wies von allen Pflanzen die grösste Wasseraufnahme - 31.1cm<sup>3</sup> - auf. Diese Wasseraufnahme ging jedoch nicht gleichmässig sondern mit einer gewissen Periodizität vor sich. Das Maximum - geringste Wasseraufnahme - fällt in die Zeit von 13<sup>h</sup>30 bis 17<sup>h</sup>. Das Minimum - stärkste Wasseraufnahme - von 22<sup>h</sup>50 bis 6<sup>h</sup>40. Nr.99 saugte ebenfalls während der ganzen Versuchsdauer, zeigt keine ausgesprochene Periodizität.

Um 20<sup>h</sup>, bei +23°C, wurden Nr.70 und 75 geholt, dekapitiert und an die Trommel gesetzt. Beide Versuchspflanzen zeigen ein ziemlich gleichmässiges Verhalten. Sie saugen zuerst mässig, drücken und saugen hierauf im gleichmässigen Wechsel, wobei jedoch die Wasseraufnahme überwiegt. Die Maxima dauern durchschnittlich von 11<sup>h</sup>40 bis 15<sup>h</sup>40. Die Minima von 0<sup>h</sup>50 bis 8<sup>h</sup>20.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Die mitten aus der Transpiration herausgerissenen Pflanzen zeigen im Gegensatz zu den ungefährgleichaltrigen, kräftig blutenden Pflanzen der Versuchsreihe VI

starke Wasseraufnahme. Die Wasseraufnahme bei den um 8<sup>h</sup> früh geholten Pflanzen ist am geringsten, hierauf folgen die um 20<sup>h</sup> geholten, dann die um 12<sup>h</sup> und schliesslich die um 16<sup>h</sup> geholten. Die letzten saugen am stärksten. Es zeigt sich hier deutlich eine Parallelität mit der Transpiration. Die meisten Pflanzen zeigen ausgesprochene Periodizität. Gegenüber der Versuchsreihe VI (Maximum 13<sup>h</sup>10 bis 18<sup>h</sup>30, Minimum 1<sup>h</sup>50 bis 8<sup>h</sup>50) tritt sowohl das Maximum als auch das Minimum früher ein, und zwar ist die Verfrühung bei den um 16<sup>h</sup> geholten grösser wie bei den um 20<sup>h</sup> geholten. Die aktiven WURZEL Druckkräfte der Wurzel scheinen also bei heftiger Transpiration zu versagen.

#### Versuchsreihe Va. (Vom 11. - 25. August).

Alter 106 Tage, Sprosshöhe 910 - 1190mm, Sprossdurchmesser 12.8 - 15.0mm, 14 bis 21 Blätter.

Schon bei den Vorversuchen war mir aufgefallen, dass Pflanzen mit verletzter Wurzel, anstatt zu bluten, Wasser einsogen. Darum prüfte ich bei diesem Versuche die Auswirkung der Wurzelverletzung auf das Blutungsvermögen der Pflanze.

Die Wurzeln wurden absichtlich etwas verletzt. Die Folge war, dass die Sprosse durch 4 Tage begierig Wasser einsogen. Nun waren auch die ungewöhnlichen Ausflusskurven am Tage der Schnittflächen-erneuerung bei einigen Pflanzen der Hauptversuche geklärt, weil beim Abnehmen des festsitzenden Dichtungsgummis die Möglichkeit einer Wurzelverletzung bestand. Pflanze Nr.33 der Versuchsreihe VI saugt am Tage der Schnittflächen-erneuerung und beginnt erst nach 30 Stunden wieder zu bluten. Nr.106 der Versuchsreihe V hatte eine verletzte Wurzel. Die Pflanze saugt am ersten Tage, während der übrigen Versuchstage ist der Saftausfluss gleich Null, erst am 5. Tage stellt sich leichtes Bluten ein.

Die Verletzung der Wurzel hat augenscheinlich eine schwere Stö-

rung der osmotischen Verhältnisse zur Folge, die aber je nach dem Grade der Verletzung wieder ausgeglichen wird. Stark verletzte Wurzeln saugen dauernd Wasser ein. Die Wurzel ist also nicht mehr imstande, die Folgen der Verwundung auszugleichen.

#### Versuchsreihe VIIa. ( Vom 31. August - 9. September ).

Alter 126 Tage, Sprosshöhe 960 - 1150mm, Sprossdurchmesser 9.5 - 11.5mm, 5 - 8 Blätter.

Mit diesen Versuchen sollte die Ansicht BARANETZKYS, dass etiolierte Pflanzen keine Periodizität aufweisen, näher geprüft werden. Die Pflanzen standen vom 26. bis 31. August im Zimmer für konstante Temperatur. Sie waren also bei konstanten Temperatur- und Feuchtigkeitverhältnissen etioliert. Es waren schwächliche Exemplare, zum Teil im Aufblühen begriffen, zum Teil fruchtend.

Ergebnis. Die Pflanzen saugen von ersten Tag an, doch bei weitem nicht so intensiv, wie die gleichaltrigen der Versuchsreihe VIII. Während der ganzen Versuchsdauer ist keine Periodizität erkennbar. Nur Nr. 102 macht eine Ausnahme. Sie war von allen die am kräftigsten entwickelte Pflanze und begann vom 6. Tage an periodisch zu bluten.

### 3. Zusammenfassung der Ergebnisse.

a. Periodizität. Die Untersuchungen bestätigen eindeutig die Ansicht von WIELER und BARANETZKY und anderen, dass der Saftausfluss eine tägliche Periodizität besitzt. Diese Periodizität zeigt sich auch unter gleichbleibenden Aussenbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Dunkelheit) und ist daher nicht unmittelbar von äusseren Faktoren abhängig.

BARANETZKY und WIELER sprechen die Vermutung aus, dass die Periodizität erst mit zunehmendem Alter zustande komme. Zur Begründung derselben reichten jedoch ihre Versuchsergebnisse nicht aus. Die Ergebnisse meiner Untersuchungen haben einwandfrei bestätigt, dass die Periodizität erst bei einem gewissen Alter der Pflanze auftritt.

Die Tagesschwankungen zeigen sich zum ersten Male bei der Versuchsreihe III an 49 Tage alten Pflanzen, aber nur während der ersten drei Versuchstage. Mit zunehmendem Alter wird die Periodizität immer ausgeprägter und andauernder. Sie währt aber bei allen Versuchen mit wenigen Ausnahmen nur bis zum 7. - 8. Versuchstage und klingt dann ab.

Unbekannt und neu ist die Tatsache, dass die Periodizität auch dann erhalten bleibt, wenn der Strunk Wasser einsaugt.

Die Pflanzen einer Versuchsreihe weisen untereinander Unterschiede auf, die auf individuellen Schwankungen beruhen dürften, wie schon BARANETZKY und WIELER vermutet haben. Es wurden daher die Mittelwerte aus den einzelnen Versuchsreihen zu Vergleichen herangezogen. Die nachstehende Tabelle gibt ein Bild über den Zeitpunkt und die Dauer der Maxima und Minima <sup>bei</sup> Errechnung der Mittelwerte der einzelnen Versuchsreihen.

Versuchs. Nr.	III	I	II	IV	V
Maximum	8 <sup>h00</sup> - 16 <sup>h10</sup>	12 <sup>h20</sup> - 17 <sup>h20</sup>	13 <sup>h10</sup> - 18 <sup>h30</sup>	19 <sup>h20</sup> - 17 <sup>h00</sup>	14 <sup>h00</sup> - 18 <sup>h00</sup>
Minimum	20 <sup>h40</sup> - 6 <sup>h30</sup>	0 <sup>h00</sup> - 7 <sup>h00</sup>	1 <sup>h30</sup> - 8 <sup>h30</sup>	20 <sup>h40</sup> - 8 <sup>h10</sup>	0 <sup>h00</sup> - 5 <sup>h00</sup>

Aus ihr geht hervor, dass die Dauer der Maxima und Minima mit dem zunehmenden Alter von 8 Stunden (47 Tage alt) auf 4 Stunden (136 Tage alt), die der Minima von 10 Stunden auf 5 Stunden abnimmt. Ferner verschiebt sich der Beginn des Maximums und Minimums bei jeder Versuchesreihe auf einen späteren Zeitpunkt.

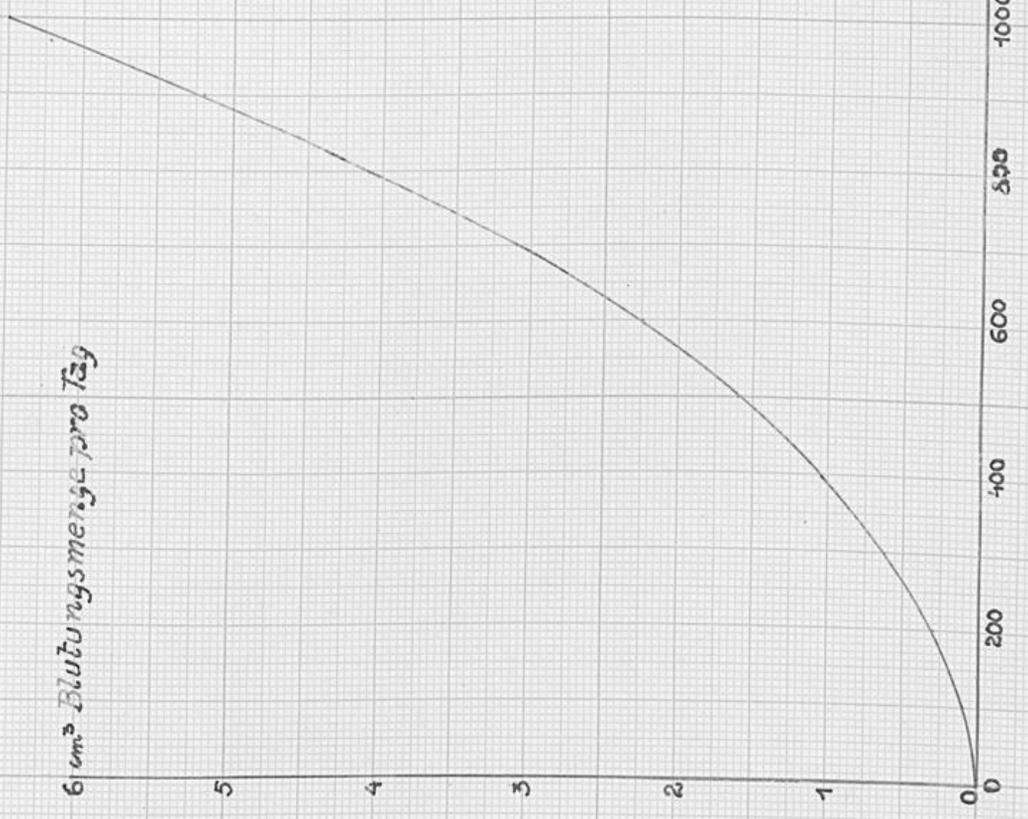
Wie die nähere Prüfung der Tabellen Seite 12 - 18 zeigt, weisen die Zeitpunkte der Maxima und Minima wohl individuelle Schwankungen auf, lassen aber trotzdem eine deutliche Abhängigkeit vom Alter erkennen. Die letztere Tatsache war bisher unbekannt. Daher wurden von HOFMEISTER und allen anderen diese Schwankungen nur auf individuelle Unterschiede zurückgeführt.

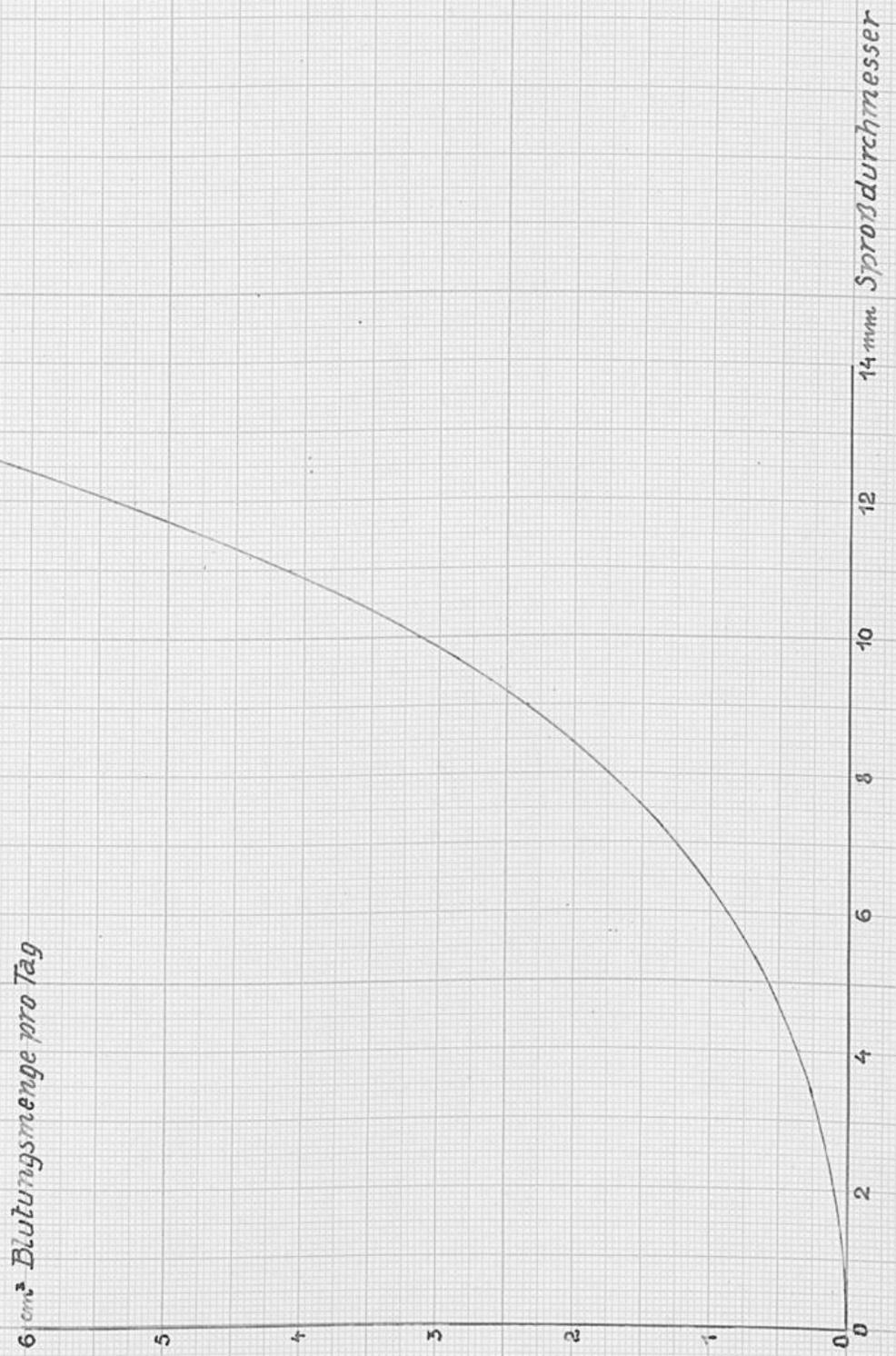
b. Blutungsfähigkeit und Alter. Der Saftausfluss zeigt sich schon beim Keimling und nimmt mit zunehmendem Alter bis zum Blühen an Stärke zu. Vom Zeitpunkte des Blühens an tritt an Stelle des Blutens eine intensive Wasserzungung.

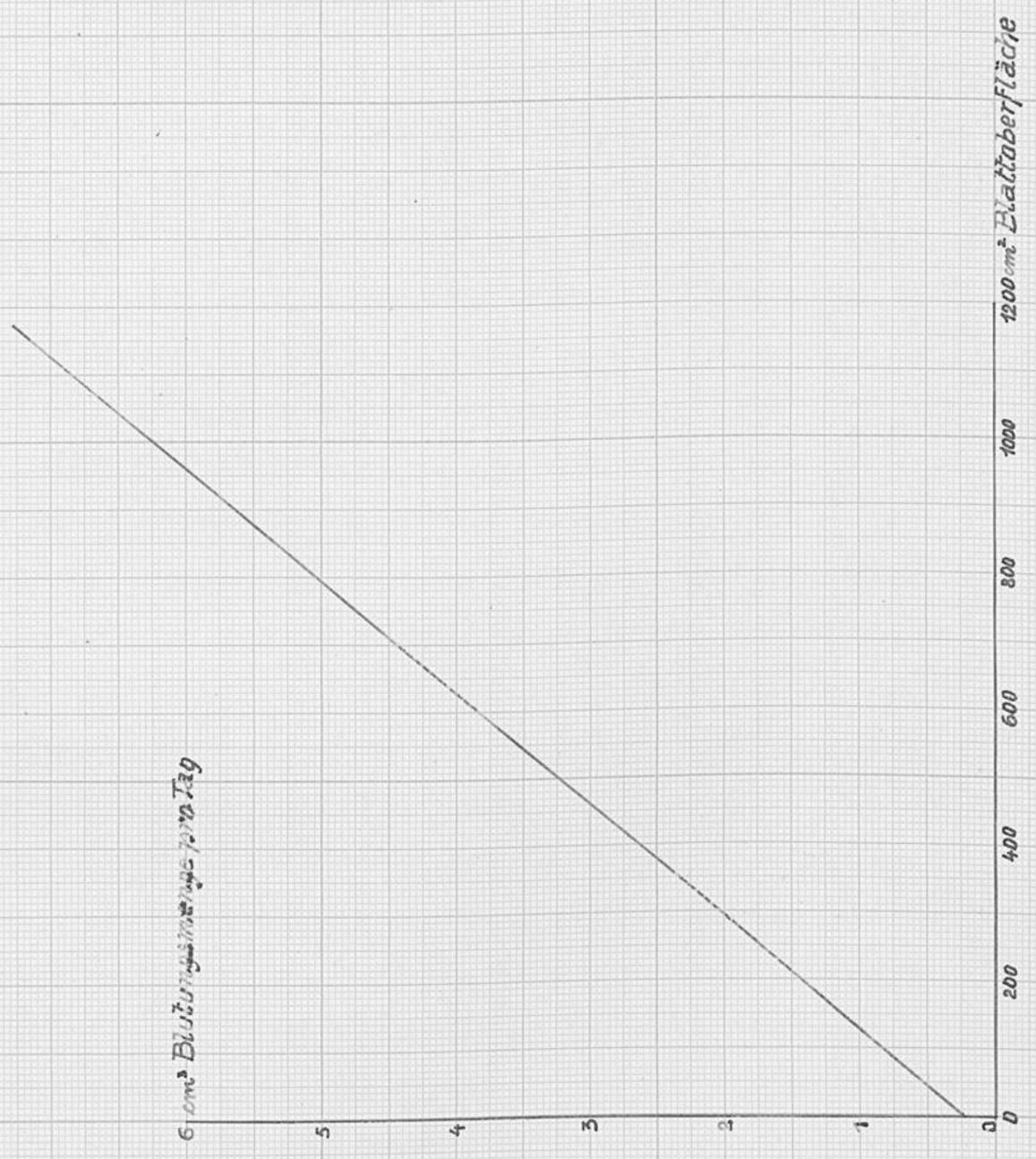
c. Abhängigkeit des Saftausflusses von der Grösse der Pflanze. Es wäre von Bedeutung, die Wasserekkretion zunächst in Abhängigkeit von der Grösse der Wurzel zu prüfen. Diese liesse sich am genauesten durch das Gewicht bestimmen, wenn das durchführbar wäre. Leider ist es aber nicht möglich, das genaue Wurzelgewicht zu bestimmen, denn die feinen Haarwürzelchen lassen sich nicht von umklammerten Holz- und Gestein<sup>s</sup>partikelchen befreien, und das ermittelte Gewicht weicht vom wirklichen Wurzelgewicht erheblich ab. Daß man annehmen kann, dass sich die Wurzel harmonisch mit dem oberirdischen Spross vergrössert, wurde versucht, zwischen Grösse des Sprosses und den exzernierten Saftmengen der Wurzel einen Zusammenhang zu finden. Als Masse dienten: 1. die Sprosshöhe, 2. der Sprossdurchmesser, 3. die Grösse der Blattfläche (nur für einen Teil der Pflanzen bestimmt). Die beiliegenden graphischen Darstellungen zeigen diese Abhängigkeit, die sich trotz der individuellen Schwankungen in Ausgleichskurven darstellen lässt. Die Abhängigkeitskurve zwischen Saftausfluss und Sprosshöhe ist von parabolischer Form. Eine ähnliche Kurve ergibt die Abhängigkeit des Blutens vom Sprossdurchmesser. Wir ersehen daraus, dass die Blutungsfähigkeit mit der Vergrösserung des Pflanzenkörpers zunächst allmählich und dann immer stärker werdend zunimmt. Die Blutungsmenge scheint hingegen der Blattfläche direkt proportional zu sein, doch reichen die Blattflächenmessungen nicht aus, um das mit voller Sicherheit annehmen zu können.

6 cm<sup>3</sup> Blutungsmerkmale pro Tag

1600 mmHg Sproßhöhe







#### IV. Erklärung der Versuchsergebnisse.

##### 1. Ursachen der Periodizität.

Die Periodizität ist eine Folge des rhythmischen Wechsels der osmotischen Verhältnisse in den Wurzelzellen. Sie zeigt sich beim Keimling nicht und tritt erst von einem gewissen Alter an auf. Sie klingt am 7. Tage nach der Dekapitation wieder ab, obwohl die Blütungs-fähigkeit der Wurzel noch keineswegs erschöpft ist. Pflanzen, die vor der Dekapitation 6-8 Tage bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit im Dunkeln gehalten werden, zeigen keine Periodizität. Diese Gründe berechtigen zur Annahme, dass sie keine ererbte Fähigkeit ist, sondern durch den Wechsel äusserer Faktoren, die längere Zeit auf die Pflanze eingewirkt haben, verursacht wurde. Als solche kommen vor allem Licht, Temperatur und Feuchtigkeit in Betracht. Nach der Ansicht HEYLS ist das Bluten ausschliesslich von der Temperatur abhängig. Bei seinen Versuchen kam dies - allerdings bei Anwendung sehr starker Temperaturschwankungen (von 13-34°) innerhalb eines Zeitraumes von 24 Stunden, deutlich zum Ausdruck. Damit ist jedoch die Mitwirkung anderer Faktoren nicht ausgeschlossen. Vielleicht erklärt sich die klare Abhängigkeit von der Temperatur auch daraus, dass HEYL Treibhauspflanzen verwendete, die unter ziemlich gleichmässigen Aussenbedingungen erwachsen waren.

Auffallend stimmt die Aktivität der Wurzel mit dem wechselnden Wasserbedürfnis des transpirierenden Sprosses überein. Das Maximum des Saftausflusses der Wurzeln fällt zeitlich mit dem Maximum der Transpiration zusammen, so dass die Annahme begründet erscheint, die Aktivität der Wurzeln sei dem Wasserbedürfnis des Sprosses angepasst. Diese Anpassung zeigt sich erst bei einem länger dauernden Einfluss des wechselnden Wasserbedürfnisses des Sprosses. Das wird durch die Abhängigkeit der Periodizität vom Alter bewiesen. Die rhythmische

Änderung der osmotischen Verhältnisse ist also keine ausschliessliche Reaktion der Wurzelgewebe auf äussere Faktoren, sondern wird zweifellos vom Spross beeinflusst. Sie dauert noch 5-7 Tage nach der Dekapitation fort, obwohl der Anreiz hiezu von Seite des Sprosses nicht mehr gegeben ist.

## 2. Saugen der transpirierenden Pflanze.

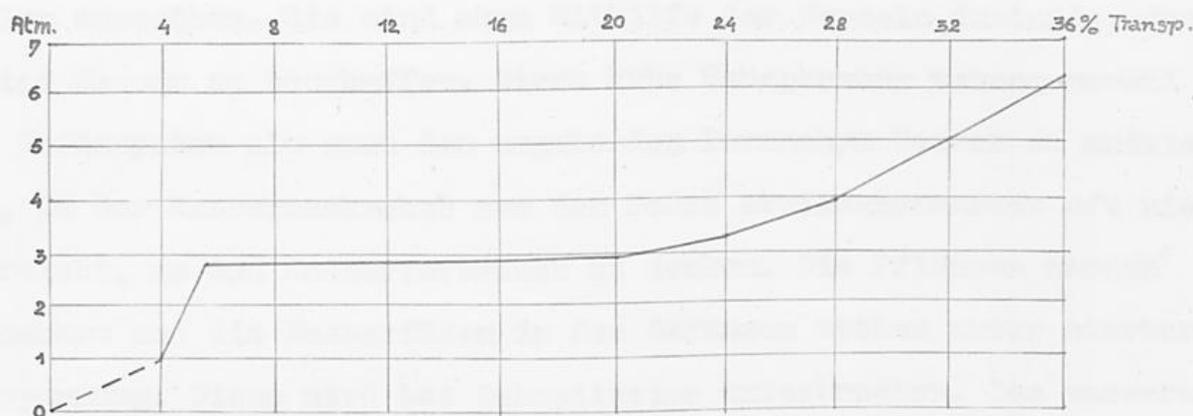
Nach dem Vorigen scheint die Wurzel im Dienste des Transpirationsstromes zunächst nach seinen wechselnden Bedürfnissen zu stehen. Damit steht auch die Proportionalität zwischen der Ausbildung der Blattfläche und Blutungsmenge im Einklang. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, dass Pflanzen Wasser einsaugen, die während heftiger Transpiration dekapitiert werden; bei hohem Wasserbedarf versagt die aktive Mithilfe der Wurzel.

Dieser Widerspruch hat durch die Versuche von KOEHNLEIN eine einigermaßen befriedigende Erklärung gefunden. Ich will aber vorher noch kurz die Ergebnisse von JOST erwähnen, weil sich KOEHNLEIN auf dessen Anschauungen stützt.

JOST sucht die Saugwirkung des Sprosses auf die Wurzeln kennen zu lernen, indem er an <sup>Strunke</sup> ~~den~~ dekapitierten Pflanzen mit einer Pumpe saugt. Es zeigt sich, dass die Wurzel auf niedere negative Drucke anders reagiert, wie auf höhere. Durch die letzteren wird die Blutungstätigkeit der Wurzeln in ungleich stärkerem Masse gefördert. Er nimmt daher eine vitale Beeinflussung der Wurzel durch höhere negative Drucke an, die auf die Wurzelzellen einen Reiz ausüben und ihre Tätigkeit stimulieren. Auch ROMELL hat ähnliche Resultate erzielt.

KOEHNLEIN gelang es durch eine geschickte Methode, die Saugkräfte zu ermitteln, die die Blätter bei wechselnder Transpiration auf die Wurzeln ausüben. Er kommt zu folgenden Ergebnis:

Abhängigkeit des Wurzelwiderstandes von der Transpirationsgrösse,  
bemessen nach der Saugkraft der Blätter.



Die Saugkraft zeigt zunächst von 0.7 bis 2.8 Atm. einen der Transpirationsgrösse von  $1\frac{1}{2}$  bis 6% (Verhältnis von Transpirationsmenge pro Stunde zum Frischgewicht) proportionalen Anstieg, nimmt aber bei weiterer Erhöhung der Transpiration von 6 auf 20% nur unwesentlich zu und wächst erst bei extremer Steigerung der Transpiration von 20 auf 26% sehr stark an. Die minimale Zunahme der Saugkraft bei einer so erheblichen Vergrösserung des Wasserstromes von 6 auf 20% ist nach seiner Ansicht nur erklärlich, wenn man ein gleichzeitiges Einsetzen der aktiven Wurzelstätigkeit annimmt. Diese Wurzelstätigkeit kann sich auch in einer Verringerung des Filtrationswiderstandes der Wurzel auswirken, wodurch trotz minimaler Erhöhung der Saugspannung transpirierender Blattzellen die Saugleistung beträchtlich vergrössert werden kann. Da diese Reaktion erst eintritt, wenn die Saugspannung der Blattzellen einen Wert von 2.8 Atm. erreicht hat, scheint die Annahme von JOST berechtigt, dass erst negative Drucke von einer bestimmten Höhe die Wurzel in einen Reizzustand versetzen können.

Hienit scheint die Annahme des fördernden Einflusses normaler Transpiration auf die Wurzelstätigkeit berechtigt. Damit steht auch das Zustandekommen der täglichen Periodizität im Einklang, die bei normaler Transpiration dem steigenden Wasserbedürfnis des Sprosses deutlich angepasst ist. Geht die Transpiration über eine Intensität

von 20% hinaus, so wachsen die Saugkräfte der Blattzellen proportional mit ihr. Sie scheinen keine Reizwirkung mehr auf die Wurzelzellen auszuüben. Sie sind ohne Mithilfe der Wurzeln imstande, das nötige Wasser zu beschaffen. Diese hohe Sauspannung vermag sowohl dem Gefässsystem als auch dem umgebenden Parenchym Wasser zu entziehen, da der Wassernachschub aus dem Boden erwiesenermassen oft nicht ausreicht, um den Wasserverbrauch zu decken. Die Pflanzen werden wasserarm und die Wasserfüden in den Gefässen stehen unter starker Zugspannung. Diese wird bei Dekapitation unterbrochen. Das wasserarme Wurzelsystem saugt daher solange begierig Wasser ein, das an der Schnittfläche dargeboten wird, bis das Wasserdefizit wieder gedeckt ist. Diese Wasseraufnahme geht ebenfalls mit periodisch wechselnder Intensität vor sich. Die Periodizität bleibt auch in diesem Stadium erhalten.

Hiedurch wird der scheinbare Widerspruch geklärt, dass die Wurzel einerseits durch ihre Periodizität in Dienste der Transpiration steht, andererseits bei heftiger Transpiration versagt. Bei mässiger Transpiration wird die Wurzeltätigkeit stimuliert, bei intensiver werden die Saugkräfte der Blätter erhöht.

Durch diese Darlegungen scheint auch das Ergebnis der Versuchsreihe VII und VIII (blühende und fruchtende Pflanzen) geklärt. Beide waren während einer langandauernden Schönwetterperiode untersucht worden. In der Wurzel herrschte infolge andauernder heftiger Transpiration grosser Wassermangel. Als weitere Ursache der Inaktivität der Wurzel dürfte wohl auch der allgemeine Mangel an osmotisch wirksamer Substanz in den Wurzelzellen in Betracht kommen, da sie grösstenteils in den Spross transportiert und zur Ausbildung von Blüte und Frucht verwendet wird.

Zusammenfassend sei gesagt, dass die Ergebnisse dieser Versuche die Annahmen von RENNER, KOEHNLEIN und anderen bestätigen, dass die Wurzeln an der Hebung des Wassers nicht unwesentlich beteiligt sind.

## Literaturverzeichnis.

- J. BARANETZKY, Untersuchungen über die Periodizität des Blutens der krautartigen Pflanzen und deren Ursache. Abhandlungen der Naturforscher Gesellschaft Halle, 13. Bd. 1873.
- W. DETMER, Beiträge zur Theorie des Wurzeldruckes. Sammlung physiologischer Abhandlungen, 1. Bd. 1877.
- J. BOEHM, Ueber einen eigentümlichen Stammdruck. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 10. Bd. 1892.
- A. WIELER, Das Bluten der Pflanzen. Beiträge zur Biologie, herausgegeben von Cohn, 6. Bd. 1893.
- W. MOLISCH, Ueber lokalen Blutungsdruck und seine Ursachen. Botanische Zeitung 1902.
- L. JOST, Versuche über die Wasserleitung in der Pflanze. Zeitschrift für Botanik, 8/I. Bd. 1916.
- L. JOST, Pflanzenphysiologie. 4. Aufl. 1924.
- H. WALTER, Neue Gesichtspunkte zur Beurteilung der Wasserökologie der Pflanzen. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 47. Bd. 1929.
- G. MONTFORT, Physiologische Grundlegung einer Guttationsmethode zur relativen Prüfung der Wasseraufnahme. Jahrbuch der Botanik, 59. Bd. 1920.
- O. RENNER, Versuche zur Bestimmung des Filtrationswiderstandes der Wurzel. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, 70. Bd. 1929.
- A. FREY WYSSLING, Theorie der Blutens, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 47. Bd. 1929.
- J.G. HEYL, Blutungserscheinungen bei Pflanzen. Koninklike Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, 1930.
- S. KOSTITSCHEW WENT, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, 1931.
- E. KOEHNLEIN, Untersuchungen über die Höhe des Wurzelwiderstandes und die Bedeutung aktiver Wurzelaktivität für die Wasserver-

sorgung der Pflanzen. Planta, 10.Bd. 1930.

A. KOECKEMANN, Vergleichend messende Untersuchungen von Saugspannungen, Saugleistungen und Widerständen bei der Wasserleitung in Pflanzen. Planta, 17.Bd. 1932.