

3. *Phaseolus vulgaris*. Wurzelspitze.

Tab. XIX.

Wurzelspitze	Datum	Saugkraft		
		Mol Rohr.	Atm.	
Wurzelhaar . . . . .	9. I. 17 a. m.	= 0,16	4,2	
do.	do.	> 0,18	5,3	
do.	do.	= 0,20	5,3	
Rinde {	Schicht 1 (außen) . . . . .	10. I. 17 a. m.	< 0,24	6,1
	do.	do.	< 0,26	6,1
	Schicht 2 . . . . .	do. p. m.	< 0,30	7,3
	do.	do.	< 0,28	7,3
	Schicht 3 . . . . .	11. I. 17 a. m.	> 0,32	9,0
	do.	do.	< 0,34	9,0
	Schicht 4 (innen) . . . . .	do. p. m.	> 0,34	9,6
	do.	do.	< 0,36	9,6

Wir untersuchten eine im Laboratorium in Sägespänen kultivierte, 15 cm hohe Topfpflanze. Die Messungen wurden 10 bis 15 mm hinter der Wurzelspitze ausgeführt und erstrecken sich auf kurze Wurzelhaare und 4 Rindenschichten (Tab. XIX). Zahlreiche Probemessungen, die wir Ende Dezember 1916 an einem ähnlichen Topfexemplar ausführten, hatten fast übereinstimmende Werte ergeben und können daher übergangen werden.

## 70. A. Ursprung und G. Blum: Besprechung unserer bisherigen Saugkraftmessungen.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 27. November 1918.)

Nachdem unsere Saugkraftmessungen, die sich früher nur auf die Blattspreite und Wurzelspitze bezogen hatten, neuerdings auch auf den Blattstiel, den Stamm und die ältere Wurzelpartie ausgedehnt werden konnten, scheint uns eine Besprechung der bisherigen Resultate am Platze zu sein.

Am eingehendsten untersucht ist eine im Zimmer gehaltene Topfpflanze von Efeu; die Messungen sind in den Tabellen der vorhergehenden Mitteilung<sup>1)</sup> enthalten und zum Teil in Abb. 1 der vorliegenden Arbeit übersichtlich zusammengestellt. Das Verhalten

in der Absorptionszone der Wurzel ist besonders bei der Bohne<sup>1)</sup>, der Einfluß der Höhe der Blattinsertion bei der Buche<sup>1)</sup> studiert worden.

Die niedrigsten Saugkraftwerte der ganzen Pflanze sind offenbar in der Absorptionszone der Wurzel zu erwarten. Am schönsten fanden wir dies beim Efeu bestätigt, über den ja auch die meisten Messungen vorliegen<sup>3)</sup>; auch die Buche gab dasselbe Resultat<sup>2)</sup>.

Eine Ausnahme bildeten nur die nahe der Bodenoberfläche befindlichen Saugwürzelchen der Buche<sup>4)</sup>, deren Saugkräfte sogar die Maxima der Blätter noch bedeutend übertrafen. Dieses Verhalten ist nach allen unseren bisherigen Erfahrungen völlig abnormal und, wie wir vermuten, prämortal. Entsprechende Wassergehaltsdifferenzen waren im Boden nicht aufzufinden; dagegen fanden sich in den oberen Bodenschichten nur noch selten Saugwürzelchen, während sie weiter unten reichlich vorkamen und die normale niedrige Saugkraft hatten; sie schienen oben im Absterben begriffen zu sein. Bekanntlich ist ein prämortales Ansteigen für den osmotischen Wert schon mehrfach<sup>5)</sup> konstatiert worden. Hier dürfte somit die Saugkraftmessung einen interessanten Aufschluß über die Tätigkeit verschiedener, normal aussehender Saugwürzelchen gegeben haben, der auf anderem Wege kaum mit dieser Deutlichkeit zu erhalten gewesen wäre.

Vergleichen wir die Wurzelspitzen der drei Versuchspflanzen miteinander, so finden wir bei der Bohne eine mittlere Saugkraft von 7,2 Atm., bei der Buche von 5,3 Atm., beim Efeu aber nur von 1,3 Atm. Wie soll man sich diese Unterschiede erklären? Eine wichtige Rolle werden die Bodenverhältnisse gespielt haben. Beim Efeu, mit der geringsten Saugkraft, wurde die Erde des Topfes regelmäßig jeden Tag begossen; die Buche stand an einem sonnigen Waldrand und wurde in einer ziemlich trockenen Periode untersucht; unter noch ungünstigeren Bedingungen dürfte die Bohnenwurzel sich befunden haben, handelte es sich doch um eine Kultur in Sägespänen, die nicht regelmäßig Wasser erhielt.

Zu erwarten ist, daß die Saugkraft in der Absorptionszone

1) URSPRUNG und BLUM, Zur Kenntnis der Saugkraft. II. Diese Berichte, vorhergehende Mitteilung.

2) URSPRUNG und BLUM, Zur Kenntnis der Saugkraft. I. Diese Berichte 1916 p. 553.

3) Vgl. die Tabellen der vorhergehenden Mitteilung, sowie die Übersicht in Fig. 1 dieser Arbeit.

4) URSPRUNG und BLUM, Zur Kenntnis der Saugkraft. I. Diese Berichte 1916 p. 549.

5) Auch kürzlich wieder in einer noch nicht veröffentlichten Arbeit von BÄCHER.

der Wurzel von der Epidermis gegen die Endodermis hin zunehmen wird, was sich bestätigte. Der Efeu zeigt in der Epidermis 1,0, in der Innenrinde 1,6 Atm. (Tab. XVII). Noch instruktiver ist die Bohnenwurzel, weil hier das Wurzelhaar und alle vier Rindenschichten gemessen wurden; die Saugkraft steigt von außen nach innen regelmäßig an: 4,2—5,3  $\rightarrow$  5,1  $\rightarrow$  7,3  $\rightarrow$  9,0  $\rightarrow$  9,6 (Tab. XIX). Weniger einleuchtend ist die Größe dieser Zunahme. Die Wurzelrinde besteht bei Efeu und Bohne an der untersuchten Stelle aus vier Schichten. Zum Durchwandern derselben stehen beim Efeu 0,6 Atm., bei der Bohne aber 4,7 Atm. zur Verfügung. In unseren Notizen findet sich die Angabe, daß die Efeurinde ca.  $\frac{1}{4}$  mm, die Bohnenrinde ca.  $\frac{1}{2}$  mm dick war. Zur Aufklärung sollte vor allem die Geschwindigkeit bekannt sein, mit der das Wasser die Wurzelrinde der beiden Pflanzen zu durchwandern hatte. Hier haben weitere Untersuchungen einzusetzen.

Eine ältere Wurzelpartie wurde nur beim Efeu gemessen. Wir finden in dieser, 18 cm hinter der Wurzelspitze liegenden Zone, in allen Geweben höhere Werte als an der Spitze (vgl. Tab. XVI und die Übersicht in Abb. 1). Das war zu erwarten; ferner ist anzunehmen, daß auf einem solchen Wurzelquerschnitt die Saugkräfte im wasserführenden Hadrom am kleinsten sein werden. Tatsächlich fanden wir in einer an ein Gefäß grenzenden Markstrahlzelle 2,1 Atm., in der mittleren Rinde 2,4 und im Phellogen 3,2 Atm., also ein kontinuierliches Ansteigen mit zunehmender Entfernung von den Wasserbahnen. Von der gemessenen Stelle im Wurzelholz bis zum Phellogen waren ca. 12 Zellschichten zu durchwandern, wozu eine Saugkraft von rund 1 Atm. zur Verfügung stand, während wir an der Wurzelspitze für den Transport über 4 Zellschichten 0,6 Atm., also verhältnismäßig bedeutend mehr gefunden hatten. Das kann nicht überraschen, hängt doch vom Transport quer durch die Absorptionszone die Wasserversorgung der ganzen Pflanze ab, während es sich weiter hinten nur um geringere lokale Bedürfnisse handelt.

Für die Beförderung von Wasser in der Längsrichtung der Wurzel stehen auf dieser 18 cm langen Strecke folgende Saugkräfte zur Verfügung (vgl. Tab. XVI und XVII und Abb. 1): Für den Transport im Hadrom 0,5 Atm., für den Transport in der Rinde 0,8 bis ca. 2,2 Atm. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß auf der ganzen Strecke die Saugkraft von unten nach oben allmählich wächst, so daß tatsächlich am unteren Ende das Minimum, am oberen das Maximum liegt. Das 18 cm hinter der Wurzelspitze liegende Phellogen kann somit auf zwei Wegen Wasser zugeführt erhalten: einmal durch longitudinale Leitung in der Wurzelrinde,

ohne Beanspruchung des Hadroms, oder aber durch Längsleitung im Hadrom, wobei die Rinde nur auf kurze Strecken für die Querleitung beansprucht wird. Die verfügbare Saugkraft ist in beiden Fällen dieselbe, der Widerstand aber bei Benützung der Gefäße viel geringer, so daß offenbar nur der letztere Weg praktisch von Bedeutung sein wird. Das ergibt sich auch daraus, daß da, wo eine Wasserleitung im Parenchym wirklich stattfinden muß, viel größere Kräfte zur Verfügung stehen. So hatten wir in der Absorptionszone der Wurzel für die Querleitung über eine Strecke von ca.  $\frac{1}{4}$  mm 0,6 Atm., weiter hinten für die Querleitung über ca.  $\frac{3}{4}$  mm etwa 1 Atm. gefunden, während zur Längsleitung über eine 720 bzw. 240 mal längere Strecke eine nur 4 bzw. 2 mal so große Kraft verfügbar wäre.

Das Stämmchen wurde an drei Stellen untersucht 9, 35 und 225 cm über dem Boden (Tab. XIII, XIV und Probemessung, sowie Abb. 1). Auf jedem dieser drei Querschnitte zeigt die Saugkraft das Minimum im Holz und steigt sowohl gegen das Mark, wie auch gegen die Peripherie an. Auf dem untersten Querschnitt erfolgt das Ansteigen allerdings etwas unregelmäßig; wir müssen das nach unsern übrigen Erfahrungen als eine Ausnahme betrachten und haben daher diese Messungsserie nicht in die Übersicht (Abb. 1) aufgenommen. Daß die Saugkraftdifferenz Peripherie-Holz an der Spitze viel größer ist als in der unteren Stammpartie, dürfte teilweise mit der stärkeren Transpiration und dem Chlorophyllgehalt zusammenhängen, bedarf aber weiterer Aufklärung. — In den Markstrahlen beobachteten wir ein Ansteigen vom wasserleitenden Holz gegen die Rinde, ferner ist bemerkenswert, daß auch innerhalb des Holzes jene Markstrahlen, die an ein Gefäß grenzten, etwas niedrigere Saugkräfte aufwiesen als solche, die an Libriform grenzten. Da sich jedoch die betr. Zellen in benachbarten Markstrahlen befanden, läßt sich noch nicht sagen, ob auch aneinanderstoßende Stellen desselben Markstrahls ähnliche Differenzen zeigen (Tab. XV). Wegen der Gefahr nachträglicher Wasseraufnahme ist die Saugkraftmessung bei Zellen, welche an ein Gefäß grenzen, zudem mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. — Vergleichen wir die Saugkraft in 35 cm Stammhöhe mit der Saugkraft in Wurzel-Mitte, so ist ein Ansteigen zu erwarten.

Das findet sich auch für alle Gewebe bestätigt mit Ausnahme des Holzes. Das übereinstimmende Verhalten der übrigen Gewebe weist darauf hin, daß die Abweichung im Holz wahrscheinlich nur eine scheinbare ist und mit der eben erwähnten Fehlerquelle zusammenhängt. Zudem steigt weiter hinauf, von der Stammbasis bis zur Spitze, die Saugkraft in allen Geweben beträchtlich an.

Wir kommen zum Blatt. Das erste was hier auffällt gegenüber dem Stämmchen, das sind die relativ hohen Saugkräfte. In der Stammspitze, also in 225 cm Höhe, lag das Minimum bei 4,2 Atm., in einer Spreite dagegen bei 7,8 Atm., obschon das betr. Blatt nur 20 cm über dem Boden inseriert war.

Der untersuchte Blattstiel befindet sich in einer Höhe von 190 cm (Tab. XI, Abb. 1). Auch hier zeigt die Saugkraft auf dem Querschnitt die gewohnte Verteilung, vom Minimum im Hadrom (8,1 Atm.) ein schwaches Ansteigen zum Mark (8,4 Atm.) und ein starkes über die Rinde zur Epidermis (9,3 Atm.). Daß an der gemessenen Stelle von der mittleren Rinde bis zur Epidermis keine weitere Zunahme erkennbar war, dürfte der Regel nicht entsprechen; so fanden wir an einem anderen Stiel: Innenrinde 8,1 Atm., innere Mittelrinde 9,0 Atm., äußere Mittelrinde 9,3 Atm., Außenrinde 9,6 Atm., Epidermis 9,9 Atm. Aus diesem Grunde wurden die Rindenwerte in Abb. 1 entsprechend abgestuft.

In den vorliegenden Messungen war die Saugkraftdifferenz Epidermis-Hadrom in der Sproßspitze größer als im Blattstiel; ob es sich dabei um eine allgemeine Regel handelt, müssen weitere Untersuchungen zeigen. — In Übereinstimmung mit Stamm und Wurzel ist anzunehmen, daß auch im Blattstiel die Saugkraft eines bestimmten Gewebes in der Richtung des aufsteigenden Wassers zunehmen wird. Die Prüfung beschränkte sich auf direkt an tracheale Bahnen grenzende Zellen (Tab. XII). Wir fanden an der Stielbasis 7,0 Atm., an der Spitze 7,8 Atm. und an einem andern Blatt an der Stielbasis 6,7 Atm., an der Mittelnervbasis 7,8, an der Mittelnervspitze 8,4 Atm.<sup>1)</sup> In diesem Zusammenhang seien auch entsprechende Messungen an Seitennerven 3. und 4. Ordnung erwähnt. „Spitze“ und „Basis“ bedeuten gegen die Spitze bzw. gegen die Basis des betr. Nervs gelegene Zelle; der Abstand der beiden Zellen ist in  $\mu$  beigefügt.

	Abstand	Saugkraft
{ Spitze . . . . .	. . . . .	8,9 Atm.
{ Basis . . . . .	460 $\mu$	8,4 „
{ Spitze . . . . .	. . . . .	8,7 „
{ Basis . . . . .	600 $\mu$	8,4 „
{ Spitze . . . . .	. . . . .	8,4 „
{ Basis . . . . .	380 $\mu$	8,1 „

1) Beide Stiele waren je 8 cm, die Spreite 3 cm lang.

Endlich noch einige Parenchymscheidenwerte von Leitbündelendigungen an der Basis und Spitze derselben Spreite:

Spreitenbasis 8,7—8,9 Atm.

Spreitenspitze 9,0—9,2 Atm.

Soweit sich die Prüfung bisher erstreckte, fanden wir in dem an tracheale Bahnen grenzenden Parenchym ein fortwährendes Ansteigen von der Stielbasis gegen die Stielspitze, von der Hauptnervbasis gegen die Hauptnervspitze und von der Basis feiner Seitennerven gegen deren Spitze. Die im Hadrom des Blattes *a priori* zu erwartende stetige Zunahme der Saugkraft in Richtung des aufsteigenden Wassers ist damit zwar noch nicht lückenlos erwiesen, ihr tatsächliches Vorhandensein aber immerhin sehr wahrscheinlich gemacht. Um über die Art und Weise dieser Zunahme uns vorläufig zu orientieren, berechneten wir aus den mitgeteilten Daten die Saugkraftdifferenzen pro Längeneinheit (spezifische Saugkraftdifferenzen) und erhielten folgende Werte: feine Seitennerven 8, Hauptnerv 0,2, Blattstiel 0,1, Stämmchen schätzungsweise 0,01. In Anbetracht der geringen Zahl von Messungen und der Schwierigkeiten, die, wie erwähnt, gerade in diesem Falle mit der Erlangung zuverlässiger Resultate verbunden sind, legen wir diesen Verhältniszahlen keine größere Bedeutung bei; bemerkenswert erscheint aber doch die Richtung — Stamm → Stiel → Hauptnerv → Seitennerv — in der diese spezifischen Saugkraftdifferenzen ansteigen.

Hier sei auch darauf hingewiesen, daß wir in allen bisherigen Untersuchungen auf die Gewebespannung keine Rücksicht genommen haben. Da aber in unsern Blattstielen und jungen Stengeln das Mark bekanntlich einen Druck, Rinde und Epidermis einen Zug erleiden, so werden unsere Resultate für das Mark zu groß, für Rinde und Epidermis zu klein ausgefallen sein. Nach Orientierungsversuchen an Efeublattstielen, die den stärksten Einfluß erwarten ließen, scheint jedoch der Fehler unter unseren Versuchsbedingungen von solcher Größenordnung zu sein, daß eine Berücksichtigung der Gewebespannung vorläufig unterbleiben konnte.

Von den Nerven aus sind die übrigen Gewebe der Spreite mit Wasser zu versorgen. Beginnen wir mit dem Palisadenparenchym. Die untersuchten Efeublätter besaßen gewöhnlich 3 übereinander liegende Palisadenschichten; gegen den Rand nahm die Schichtenzahl vielfach auf 2, gegen die Blattspitze auf 1 ab. In Übereinstimmung mit den Befunden in der Wurzel, dem Stamm und dem Blattstiel ist anzunehmen, daß die Saugkraft im Palisaden-

gewebe mit zunehmender Entfernung vom Hadrom ansteigen wird. Da nun das tracheale Leitungssystem ein Netz darstellt und die starken Nerven mehr neben, die feineren unter dem Palisadengewebe verlaufen, so ist von den Parenchymscheiden ausgehend eine Zunahme der Saugkraft sowohl in vertikaler Richtung gegen die Epidermis hin, als auch in horizontaler Richtung in die Maschen des Netzes hinein zu erwarten. Diese Erwartungen zeigten sich in schönster Weise bestätigt. Als wir eine obere Palisadenreihe vom Hauptnerv aus in einer möglichst gefäßbündelfreien Richtung verfolgten, ergab sich folgende Gesetzmäßigkeit (Tab. II): Saugkraft 10,5 Atm. für Zelle 1, dann 9,9 Atm. für die Zellen 2 und 3, hierauf stieg die Saugkraft mit zunehmender Entfernung vom Hauptnerv an bis zu 16,4 Atm. bei der 35. Zelle. Es ist das eine Differenz von ca. 6,5 Atm. für 35 Zellen (Distanz etwa 1 mm), was für 2 benachbarte Zellen einen mittleren Unterschied von ca. 0,2 Atm. ergibt.

Daß nicht die 1. Zelle die niedrigste Saugkraft aufweist, sondern die 2. und 3., wurde mehrfach beobachtet, ist also weder ein Zufall noch ein Messungsfehler und hängt wohl damit zusammen, daß die Zellen 2 und 3 etwas näher an den trachealen Wasserleitungsbahnen liegen (Distanz ca. 4 Zellen) als Zelle 1 (Distanz ca. 6 Zellen).

Verbindet die Palisadenreihe 2 Hauptnerven (Tab. III), so liegt das Maximum in der Mitte. Verläuft die obere Palisadenreihe nicht an einer möglichst nervenfreien Stelle, sondern über mehrere feinere Nerven hinweg, so bemerken wir, neben dem Ansteigen mit zunehmender Entfernung vom Hauptnerv, eine kleine lokale Depression über jedem Seitennerv (Tab. IV und V)<sup>1)</sup>.

Entsprechend steigt die Saugkraft auch in vertikaler Richtung von unten nach oben an (Tab. VI Abb. 1). Bei 3 Palisadenschichten beträgt die Differenz zwischen der untersten und obersten Schicht gewöhnlich 0,6 Atm., bei 2 Schichten 0,3 Atm.

Man wird a priori geneigt sein, neben der Wasserversorgung vor allen auch der Assimilation einen Einfluß auf die Saugkraft zuzuschreiben. Dafür spricht der reiche Gehalt an Chlorophyllkörnern und die gute Belichtung der obersten Palisadenschicht sowie die Abnahme des Chlorophyllgehaltes gegen die Hauptnerven hin. Daß aber der Assimilation nicht die Hauptrolle zukommt, zeigt schon der Umstand, daß in Stengel und Blattstiel die Epi-

1) Lokale Depressionen sind auch in Tab. III und selbst in Tab. II vorhanden; sie rühren, da die betr. Schnitte keine feinen Nerven enthielten, offenbar von benachbarten Nerven her.

dermis, trotz fehlender Assimilation, die stärkste Saugkraft besitzt; auch steigt im Palisadenparenchym mit zunehmender Entfernung vom Hauptnerv der Gehalt an Chlorophyllkörnern lange nicht in dem Maße an wie die Saugkraft.

Die Differenz zwischen der untersten Palisade und der angrenzenden Parenchym Scheide betrug in den untersuchten Fällen 0,2—0,6, im Mittel 0,5 Atm.

Von der Regel, daß die an die Parenchym Scheide grenzende Palisade die niedrigste, die an die Epidermis grenzende die höchste Saugkraft hat, ergaben sich einige Ausnahmen, welche vermuten lassen, es könnte hier, infolge lokaler Störung, die Wasserversorgung nicht wie gewöhnlich von unten, sondern aus der Epidermis — dem Wasserreservoir — erfolgt sein. Dafür spricht der Umstand, daß es in der Messungsserie mit Blatt 31 (Tab. VI) ausschließlich die Palisaden mit maximaler Saugkraft sind, welche diese Erscheinung zeigen, sowie die Tatsache, daß in der Epidermis lokale Erhöhungen der Saugkraft gefunden wurden. Ob allerdings diese abweichenden Stellen in Epidermis und Palisaden auch wirklich koinzidieren, vermögen wir nicht zu sagen, da wir die Epidermis an Flächenschnitten, die Palisaden an Querschnitten gemessen haben. Für gewöhnlich nimmt die Saugkraft im Palisadenparenchym jedoch nur gegen die Gefäßbündel hin ab, woraus wir schließen, daß die Palisaden unter normalen Umständen nur aus den Gefäßbündeln schöpfen.

Aus dem Gesagten folgt ferner, daß ein Vergleich der Palisadensaugkräfte an Spitze und Basis des Blattes nur brauchbare Werte ergibt, wenn die Palisadenzellen der gleichen Schicht angehören und gleich weit von einem Nerv derselben Ordnung entfernt sind.

Von den Palisaden wenden wir uns zum Schwammparenchym. Es besitzt beim Efeu (Tab. VII) eine mittlere Saugkraft von 10,3 Atm., die also gleich wie bei *Fagus* niedriger ist als in den Palisaden. Da auch bei ihm für gewöhnlich ein Schöpfen aus den Nerven anzunehmen ist, sind in ähnlichem Sinn verlaufende Saugkraftdifferenzen zu erwarten wie in den Palisaden. Tatsächlich fanden wir in der äußersten, an die Epidermis grenzenden Schicht die höchsten, in der innersten die niedrigsten Werte; die Differenzen benachbarter Schichten dürften ca. 0,3 Atm. betragen (Abb. 1). Ebenso sind, wie Blatt 36 (Tab. VII) zeigt, die Saugkräfte an einer nervenfreien Stelle deutlich höher, als unter einem Nerv.

Wir kommen zur Epidermis. Im Stengel und Blattstiel war die Saugkraft vom Hadrom gegen die Peripherie beständig angestiegen und hatte in der Epidermis das Maximum erreicht.

In der Spreite fanden wir ebenfalls, sowohl im Palisaden- wie im Schwammparenchym, ein Ansteigen von der innersten zur äußersten Schicht, was auch hier das Maximum in den Epidermen erwarten läßt. Es sollte somit die obere Epidermis ein Mittel von über 12,5 Atm., die untere ein Mittel von über 11 Atm. besitzen. Tatsächlich beträgt aber das Mittel für die obere Epidermis 8 Atm., für die untere 7,3 Atm. Die Saugkraft steigt also von der innersten bis zur äußersten Palisade an mit einer Differenz von 0,3 Atm. zwischen 2 Zellen, um dann beim Übergang in die obere Epidermis plötzlich um 4,5 Atm. im Mittel zu fallen. Der Saugkraftsprung beim Übergang in die Epidermis kann jedoch weit über diesen Mittelwert hinausgehen, fanden wir doch in der oberen Epidermis ein Minimum von 7,0 und in der obersten Palisadenschicht ein Maximum von 16,4 Atm., was einer Differenz von 9,4 Atm. entspricht. Das Gefälle kann aber auch bis gegen Null sinken, da das Maximum der oberen Epidermis 8,7 und das Minimum der obersten Palisadenschicht 8,7 beträgt. Die Blattunterseite zeigt ein entsprechendes Verhalten und ähnlich liegen die Dinge auch im Buchenblatt.

Wir fanden bisher in allen hierauf untersuchten Geweben, daß die Saugkraft in Richtung des aufsteigenden Wassers, sowie mit zunehmender Entfernung vom Hadrom anstieg. Dementsprechend ist in der Spreitenepidermis eine Zunahme z. B. von der Hauptnervbasis gegen die Hauptnervspitze, von einem Nerv gegen eine nervenfreie Stelle, sowie allgemein gegen den Blattrand hin zu erwarten. Diese Erwartungen wurden durch unsere früheren Messungen (Tab. I) nicht bestätigt. In einigen neueren, speziell auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen an ein und derselben Spreite fanden wir:

Ob. Epidermis	Basis von Hauptnerv	I: 9,0—9,2	Atm.
	Spitze „ „	I: 9,0—9,6	„
	„ „ „	II: 9,9	
	Blattrand zw. Hauptnerv		
		I u. II: 9,6	
	Über feinem Seitennerv:	9,0	
	Nervenfreie Stellen in		
	verschiedenen Gegenden		
		der Spreite: 8,7—9,2	
Unt. Epidermis	Basis von Hauptnerv	I: 8,0—8,3	Atm.
	Spitze „ „	I: 8,3	
	Nervenfreie Stellen in		
	verschiedenen Gegenden		
		der Spreite: 8,1—9,4	

Auch hier fallen in einer bestimmten Epidermis die verhältnismäßig geringen Schwankungen der Saugkraft auf. Ein deutliches, regelmäßiges Ansteigen von der Nervenbasis bis zur Nervenspitze wie in den Parenchymcheiden war in der Epidermis nicht aufzufinden, obschon Hauptnervspitze und Blattrand mehrfach höhere Werte zeigten. Noch weniger ließ sich — wie beim Palisadenparenchym — eine regelmäßige Zunahme in die nervenfreien Maschen hinein nachweisen. Das Auffällige und Abweichende besteht somit einmal in der relativ gleichmäßigen Verteilung der Saugkraft in einer bestimmten Spreitenepidermis und ferner in dem großen Saugkraftsprung zwischen der Epidermis und dem angrenzenden grünen Gewebe.

Bei einem so auffälligen Resultat drängt sich zunächst die Frage auf, ob es nicht vielleicht durch Fehlerquellen ganz oder teilweise vorgetäuscht sein könnte. Dazu sei folgendes bemerkt: 1. Wir erhielten beim Efeu mit verschiedenen Blättern derselben Pflanze, mit verschiedenen Pflanzen, zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten stets annähernd dieselben Werte und auch die Buche verhielt sich gleich. 2. Bei den meisten Messungen an der Efeu-epidermis beurteilten wir die Volumänderungen aus den an Flächenschnitten erkennbaren Flächenänderungen. Diese Flächenänderungen sind aber durch die derbe Epidermisaußenwand zweifellos erschwert, so daß uns kleinere Saugkraftdifferenzen entgangen sein können. Größere Fehler dürften jedoch hierdurch kaum verschuldet worden sein, da wir immer von 2 Rohrzuckerlösungen ausgingen, deren eine die Fläche vergrößerte, die andere aber verkleinerte. Zur Kontrolle untersuchten wir die Epidermis auch an Längsschnitten durch einen Hauptnerv, wobei in den Flächenmessungen die Änderungen der Zelldicke zum Ausdruck kommen mußten; trotzdem ergab sich die gleiche Saugkraft. Auch hatten wir früher beim Buchenblatt zwar Flächenschnitte benützt, aber zugleich noch die Dicke gemessen und ebenfalls das nämliche Resultat bekommen. 3. ist an die Möglichkeit zu denken, daß dieselbe Methode, die bei den übrigen Geweben, ja selbst bei Stiel- und Stengelepidermis scheinbar gute Werte lieferte, bei der Spreitenepidermis versagen könnte. Es müßte dann eine für die Spreitenepidermis spezifische Fehlerquelle vorliegen. Man kann sich nun vorstellen, daß die Spreitenepidermis beim einstündigen Liegen in Rohrzucker viel mehr osmotisch wirksame Stoffe austreten bzw. den osmotischen Wert durch Regulation stärker sinken läßt als die Stiel-, die Stengelepidermis und die andern Gewebe überhaupt; dabei könnte bei unserer Methode — ein-

ständiges Liegenlassen in der Rohrzuckerlösung vor der Volumkontrolle — wohl eine zu kleine Saugkraft resultieren. Die auffällige Uebereinstimmung aller Messungen an der Spreitenepidermis macht allerdings eine bedeutende Fälschung durch diese Fehlerquelle von vornherein wenig wahrscheinlich. Zur Orientierung brachten wir eine Epidermiszelle in eine Lösung von Rohrzucker, in der nach 1 Stunde keine Volumänderung gegenüber Paraffinöl konstatierbar war. Wir maßen aber das Volumen nicht erst nach 1 Stunde, sondern von Anfang an von 5 zu 5 Minuten. Es hätte sich nun, wenn die wirkliche Saugkraft größer ist, erst eine Volumzunahme bis zu einem Maximum und dann, infolge der Exosmose etc., eine Volumabnahme erwarten lassen, die nach 1 Stunde zum Paraffinölvolumen geführt haben würde. Soweit unsere Prüfung reicht, vermag der hierdurch bedingte Fehler einen so großen Saugkraftsprung zwischen Epidermis und Mesophyll nicht vorzutäuschen, so daß eine Diskussion unserer Epidermisresultate erlaubt erscheint.

Die Ausnahmestellung der Spreitenepidermis ist von großer Bedeutung sowohl für den Weg, auf dem sie mit Wasser versorgt wird, wie auch für ihre Funktion als Wasserreservoir. Beginnen wir mit der Wasserversorgung. Im Stengel und Blattstiel erfolgt die Wasserversorgung der Epidermis durch die Rinde. Das ergibt sich sowohl aus dem anatomischen Bau, wie aus der Verteilung der Saugkraft. In der Spreite soll nach WESTERMAIER<sup>1)</sup> die obere Epidermis durch die Palisaden hindurch versorgt werden. Suchen wir nach Beweisen, so finden wir die Angabe (p. 70), daß dieser Versorgung nach dem anatomischen Befund im allgemeinen kein Hindernis entgegensteht. Hervorzuheben ist aber vor allem, daß aus den feineren Nerven das Wasser auf keinem anderen Wege in die Epidermis gelangen kann, als eben durch die Palisaden. Indessen vermag die Anatomie, so wichtig sie für die Beurteilung dieser Frage ist, nicht allein, sondern nur in Verbindung mit physiologischen Untersuchungen einen befriedigenden Aufschluß zu geben. Soll nun die Epidermis aus den Palisaden Wasser saugen, ähnlich wie im Stiel und Stengel aus der Rinde, so muß die Saugkraft der Spreitenepidermis größer sein als die der Palisaden, wie auch in Stiel und Stengel die Saugkraft der Epidermis die der Rinde übertrifft. Nun findet aber beim Übergang aus den Palisaden in die Epidermis kein Steigen, sondern ein Sinken statt.

1) WESTERMAIER, Über Bau und Funktion des pflanzlichen Hautgewebesystems. Jahrb. f. wiss. Bot. 14, p. 69, 70.

Eine Versorgung der Epidermis durch die Palisaden erscheint somit nur möglich, wenn den letzteren Blutungstätigkeit zukommt. Die Prüfung der Palisaden auf Bluten ist eine Aufgabe für sich; hier soll nur untersucht werden, ob die Spreitenepidermis auf anderem Wege Wasser durch bloßes Säugen erhalten kann. Das ist offenbar nur möglich, wenn es Stellen gibt, an denen die Saugkraft von der Epidermis bis zu den trachealen Wasserbahnen beständig abnimmt. Zunächst verglichen wir die beiden Endglieder der Kette, d. h. Zellen der Epidermis mit direkt an Gefäße oder Tracheiden stoßenden Scheidenzellen, und zwar mußten beide Zellarten, um möglichst vergleichbare Werte zu geben, stets von derselben Blattstelle stammen<sup>1)</sup>. Dabei war die Parenchymseide stets etwas niedriger als die untere Epidermis; z. B. untere Epidermis in mehreren Messungen stets 8,6 Atm., während die Scheidenzellen zwischen 7,3 und 7,8 Atm. schwankten. Dieser möglichst exakte Vergleich wurde absichtlich mit der unteren Epidermis durchgeführt, weil sie eine tiefere Saugkraft besitzt als die obere (vgl. Tab. I). Nachdem die Endglieder der Kette ein befriedigendes Resultat ergeben hatten, handelte es sich darum, nach den Zwischengliedern zu suchen. Feinere Nerven schienen wegen der hohen Palisadenwerte keinen Erfolg zu versprechen, da ihre Scheiden durch eben diese Palisaden von der Epidermis getrennt sind. Wir wandten uns daher stärkeren Nerven zu, deren chlorophyllarme, das lebhaft grüne Mesophyll durchbrechende Scheiden eine Brücke zwischen Gefäßbündel und Epidermis darstellen, welche die Möglichkeit eines Wasserverkehrs nahelegt. Querschnitte durch einen Hauptnerv zeigen das Gefäßbündel meist oben und unten von Bastsicheln begrenzt, die seitlich mehr oder weniger übergreifen, die Flanken des Hadroms aber frei lassen. Darauf folgen mehrere Schichten chlorophyllarmen Parenchyms, das an der Seite des Nervs direkt in die Epidermis übergeht, in der Medianpartie dagegen durch Kollenchym von der Epidermis getrennt ist. Dieser Bau läßt vermuten, daß das Wasser in der Bastlücke aus dem Hadrom tritt und von hier auf kürzestem Wege in die obere Epidermis dringt; das hätte auch den Vorzug, daß dabei kein Kollenchym, sondern nur dünnwandiges Parenchym zu durchwandern wäre. Die Saugkraftmessungen, die alle an demselben Blatt vorgenommen wurden, ergaben für die obere Epidermis des Hauptnervs 8,1—8,7 Atm., für das chlorophyllarme Nerven-

1) Durch schiefes Schneiden konnten beide Zellen in demselben Schnitt gemessen werden.

parenchym bis 9,2 und 9,7 Atm. Es ist daher besonders bemerkenswert, daß die kristallführenden, chlorophyllfreien Zellen, die gerade im Nerv so häufig sind, eine bedeutend geringere Saugkraft aufweisen, als die benachbarten kristallfreien Zellen. So maßen wir in den palisadenartigen, an die Epidermis grenzenden Zellen bei Vorhandensein von Kristallen 7,6; 8,0; 8,1; 8,1; 8,1, 8,1; 8,3; 8,3 Atm.; dagegen 9,0 Atm., wenn Kristalle fehlten. In der Nähe der Bastlücke ergab kristallführendes Parenchym 8,0, mitten im Nervenparenchym 8,4 Atm. In der innersten Kollenchymschicht fanden wir hier 9,0 Atm., während früher (Tab. IX) an einem Blatt eines anderen Efeustockes die Saugkraft eher etwas unter dem Epidermiswert gelegen hatte. Demnach sind in den großen Nerven zwischen Hadrom und oberer Epidermis (auf die wir uns hierbei beschränkten) zweifellos Zellen vorhanden, die keine höhere Saugkraft als die Epidermis besitzen. Ob diese Zellen eine lückenlose Verbindung zwischen Epidermis und Hadrom bilden können oder ob es nur zerstreute Inseln sind, das allerdings bleibt noch dahingestellt. Übrigens haben wir auch über feineren Nerven kristallführende Zellen neben gewöhnlichen Palisaden beobachtet, so daß also selbst da die Möglichkeit einer Wasserversorgung durch bloßes Saugen nicht ausgeschlossen erscheint. Daß die Kristallzellen eine niedrigere Saugkraft besitzen als ihre kristallfreien Nachbarn ist leicht verständlich, denn erstens können sie infolge des Chlorophyllmangels nicht assimilieren und zweitens werden durch die Bildung von Calciumoxalat osmotisch wirksame Stoffe in unlösliche, also unwirksame Form übergeführt. Dieser Befund bei *Hedera* dürfte von allgemeinerem Interesse sein, weil kristallführendes Nervenparenchym weit verbreitet ist; wir verweisen nur auf die Angaben WESTERMAIERS (l. c. p. 71) und seine hübsche Abbildung aus einem Eucalyptusblatt (l. c. Taf. VI, Abb. 2), sowie auf den Querschnitt durch ein Buchenblatt im Bonner Lehrbuch (13. Aufl., Fig. 124). Es scheint also der Erzeugung von oxalsaurem Kalk eine weitere, bisher nicht bekannte Bedeutung zufallen zu können.

Wir wenden uns zur Funktion der Spreitenepidermis als Wasserspeicher. Die heute geläufige Auffassung der Epidermis — nicht nur der Blattspreite, sondern der vegetativen Organe überhaupt — als peripheres Wassergewebe geht bekanntlich auf WESTERMAIER (l. c.) zurück. Die Versuche, die er anstellte, um diese Funktion nachzuweisen, erstrecken sich auf Blattspreiten von *Peperomia latifolia* mit sehr stark entwickeltem Hypoderm, von *Tradescantia discolor* mit mäßig ausgebildetem Wassergewebe und

von *Luzula maxima* mit einschichtiger, hoher Blattepidermis. Beschrieben ist jedoch allein das Experiment mit *Peperomia*. Es besteht in dem Nachweis, daß die Wassergewebezellen bei ungenügender Wasserzufuhr kollabieren, während die Assimilationszellen ihr ursprüngliches Volumen noch beibehalten und daß das Wassergewebe bei erneuter Wasserzufuhr sich wieder füllt. Von *Tradescantia* und *Luzula* heißt es nur, daß sie „im Wesentlichen“ „ein analoges Resultat ergeben“. Um aber die einschichtige Epidermis nicht nur in dem besonders günstigen Fall von *Luzula*, sondern in allen Blattspreiten als Wasserreservoir auffassen zu dürfen, hätten die Versuche auf zahlreiche und anatomisch abweichende Fälle (niedere und hohe Epidermis, dicke und dünne, gewellte und nicht gewellte Radialwände etc.) ausgedehnt und durch Angaben über die Größe der Wasserabgabe ergänzt werden sollen. HABERLANDT<sup>1)</sup> hat nun allerdings für einschichtige Blattepidermen einige Berechnungen über die Größe der Wasserabgabe angestellt mit dem Ergebnis, daß bei seinen Versuchspflanzen die Epidermis den Transpirationsverlust bei offenen Spaltöffnungen  $\frac{1}{2}$ —2 Stunden lang, bei geschlossenen Spaltöffnungen 6—16 Stunden lang zu decken vermag. Diese Berechnungen beruhen aber auf der willkürlichen Annahme, die Epidermis habe ihr Volumen durch Wasserabgabe auf die Hälfte reduziert, ohne daß untersucht worden wäre, ob eine solche Reduktion auch wirklich erfolgt. Demnach ist das Beweismaterial schon für die Blattspreite unzureichend. In noch viel höherem Maße gilt das, wenn von der Spreitenepidermis auf die Epidermis generalisiert wird. Wir wollen hier diese Frage vom Standpunkt der Saugkraftverteilung aus betrachten. Dabei gehen wir von der Annahme aus, die Saugkraft sei in der ganzen Zelle dieselbe, so daß Zelle A nur dann aus B Wasser schöpfen kann, wenn die nach unserer Methode gemessene Saugkraft in  $A > B$  ist.

WESTERMAIER und HABERLANDT schreiben dem chlorophyllhaltigen Parenchym allgemein eine größere osmotische Saugkraft zu als der angrenzenden Epidermis. Das trifft, nach unseren Messungen, in der reichlich mit Wasser versorgten Pflanze nur für die Blattspreite zu, nicht aber für Stengel und Blattstiel. Somit wäre unter normalen Verhältnissen wohl in der Spreite, nicht aber in Stengel und Stiel ein Wasserentzug aus der Epidermis möglich (vorausgesetzt ist dabei die Fähigkeit der Volumverkleinerung und das Fehlen anderer Hindernisse für den Wasser-

1) HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, 5. Aufl. p. 140.

übertritt). Aber unter normalen Verhältnissen soll ja — nach der allgemeinen Annahme — das epidermale Reservoir gar nicht in Anspruch genommen, sondern aus den Gefäßbündeln geschöpft werden. Wie sich die Saugkraftverteilung beim Welken verändert, haben wir experimentell noch nicht geprüft und beschränken uns daher hier absichtlich auf den normalen Zustand. Da drängen sich nun sofort folgende Fragen auf: 1. Tritt wirklich für gewöhnlich kein Wasser aus der Spreitenepidermis in das Mesophyll, 2. wenn ja, wie ist das bei dem großen Saugkraftsprung von mehreren Atmosphären zu erklären und 3. welche Bedeutung ist dieser Saugkraftverteilung zuzuschreiben?

Beginnen wir mit Punkt 1. In einer Palisadenreihe, die von einem Hauptnerv in einer nervenfreien Richtung verlief, nahm die Saugkraft mit der Entfernung vom Nerv zu; in einer Palisadenreihe, die 2 Hauptnerven verband, lag das Maximum in der Mitte. Entsprechend wird man in einem dreischichtigen Palisadengewebe, wenn es gleichzeitig von unten und von oben (aus der Epidermis) Wasser erhält, das Maximum in der mittleren Schicht erwarten. Da wir nun das Maximum fast immer in der obersten Schicht fanden, so spricht das jedenfalls nicht für einen nennenswerten Wassereintritt aus der Epidermis. Erinnern wir uns weiter an die Saugkraftdifferenzen zwischen einer Palisade der obersten Schicht und den angrenzenden Zellen. Sie betragen gegen die Epidermis 4,5 bis über 9 Atm., gegen die untere Palisadenschicht 0,3 Atm., gegen die Nachbarzellen derselben Schicht 0,2 Atm. Wir können uns nicht vorstellen, wie bei einem fortwährenden, regen Wasserübertritt aus der Epidermis eine derartige Verteilung der Saugkraft möglich sein sollte. Betrachten wir noch die Verhältnisse in der Epidermis selbst. In allen Geweben, die Wasser aus den Gefäßbündeln bezogen, war dies an der Verteilung der Saugkraft leicht zu erkennen. Wir erinnern nur an die Palisaden, deren Saugkraft mit zunehmender Entfernung vom Hauptnerv besonders stark anstieg: 6 Atm. pro 1 mm. In ähnlicher Weise sollte auch in der angrenzenden Epidermis die Saugkraft vom Nervennetz in die Maschen hinein anwachsen. Tatsächlich war das aber nicht der Fall und auch sonst ist die Saugkraft in der Epidermis ziemlich gleichförmig verteilt. Alles das spricht dafür, daß die Spreitenepidermis für gewöhnlich weder Wasser in bedeutenden Mengen aus den Gefäßbündeln bezieht, noch an das Mesophyll abgibt, daß sie also ein gefülltes Reservoir darstellt, das für Zeiten der Not bestimmt ist. Es mag vielleicht auf den ersten Blick auffallen, daß in diesem Reservoir auch unter normalen

Umständen, wo es also kein Wasser an das Mesophyll abgibt, die Saugkraft einen so hohen Wert behält. Das ist jedoch leicht verständlich; denn da die Epidermis aus den Gefäßbündeln gefüllt werden muß, kann ihre Saugkraft nicht unter die der Parenchym-scheiden heruntergehen, wohl aber dieselbe annähernd erreichen, wenn das Reservoir gefüllt ist, und wirklich stehen sich auch die beiden Werte so nahe (die Epidermis ein wenig höher) als das nur erwartet werden kann. Das Fehlen eines Wasserübertritts aus der Epidermis in das Mesophyll unter normalen Umständen deckt sich also nicht nur mit unseren Messungen für das Palisaden- und Schwammparenchym, sondern es erlaubt auch ev. Saugkraft-differenzen in der Epidermis sich auszugleichen und stimmt daher mit unseren Epidermisbefunden überein. Wir gelangen damit für die Blattspreite zu der geläufigen Vorstellung, die HABERLANDT<sup>1)</sup> folgendermaßen formuliert: „Während bei ungehinderter Wasserzufuhr das Chlorophyllparenchym seinen Bedarf an Wasser und gelösten Nährsalzen von den Gefäßbündeln her deckt, wird nach dem Versiegen dieser Quellen das gefüllte Wasserreservoir in Anspruch genommen.“

Daß die Epidermis schon im normalen Zustand, wo sie gar nicht als Reservoir in Anspruch genommen wird, eine viel niedrigere Saugkraft besitzt als das Mesophyll, kann für ihre Funktion als Speichergewebe nur zweckmäßig sein. Denn in Zeiten der Not vermag die Epidermis — entsprechendes Kontraktionsvermögen vorausgesetzt — natürlich höchstens so lange Wasser abzugeben, bis ihre Saugkraft der des angrenzenden Mesophylls gleich geworden ist; das muß aber *cet. par.* um so länger dauern, je niedriger die Epidermissaugkraft anfänglich war.

Allein hieraus resultiert die oben in Punkt 2 ausgesprochene Schwierigkeit. Das Fehlen eines Wasserübertrittes aus der Epidermis in das Mesophyll wäre leicht verständlich, wenn entweder Saugkraftdifferenzen fehlten oder entsprechende Filtrationswiderstände sich nachweisen ließen. Nun steht aber nach unseren Messungen einer oberen Palisade zur Wasserentnahme aus der Epidermis eine bis 15- ja bis 40mal größere Kraft zur Verfügung als zum Wasserentzug aus den Nachbarpalisaden, und von einem besonderen Filtrationswiderstand an der Grenze Epidermis-Palisaden ist bei unseren Versuchspflanzen nichts bekannt und anatomisch wie mikrochemisch nichts zu entdecken. Außerdem geben Epidermiszellen und Palisaden, die in Rohrzuckerlösung liegen, Wasser

1) HABERLANDT, l. c. p. 377.

ab bzw. nehmen solches auf, wenn das Saugkraftgefälle noch weit unter 1 Atm. liegt. Auch sind hohe Widerstände — wie sie etwa durch Verdickung, schwache Verkorkung etc. der Wand an der Berührungsfläche realisierbar wären — von vornherein wenig wahrscheinlich, da sie die Entleerung des Reservoirs in Zeiten der Not und den Ersatz der in der oberen Epidermis durch Atmung verbrauchten Substanz aus den Palisaden erschweren würde. Wir sehen daher nur noch eine Erklärungsmöglichkeit: das Saugkraftgefälle Epidermis-Mesophyll ist in Wirklichkeit kleiner, als es nach unseren Messungen zu sein scheint.

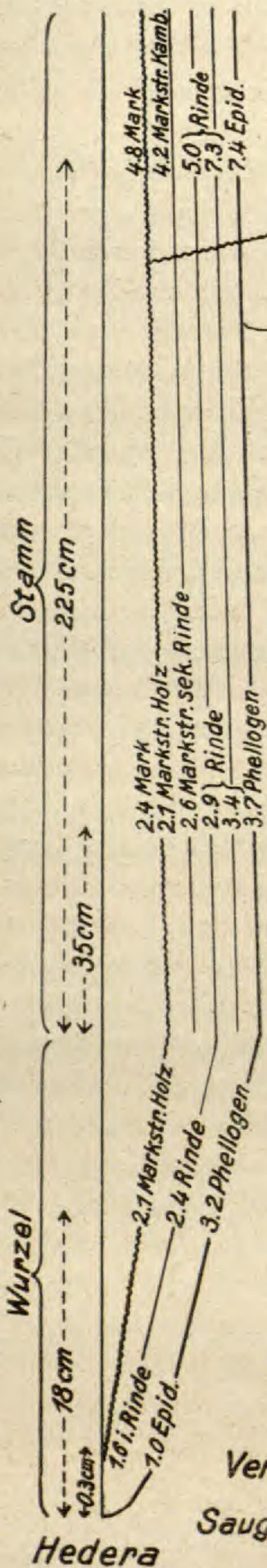
Bisher setzten wir stets voraus, die Saugkraft sei in der ganzen Zelle dieselbe. Diese Annahme ist zweifellos die einfachste, und es sollte zunächst untersucht werden, zu welchen Resultaten sie führt. Aber schon in unserer ersten Mitteilung wiesen wir darauf hin, daß dieser einfachste Fall durchaus nicht notwendig verwirklicht sein muß. Nehmen wir nun an, es sei die Saugkraft in verschiedenen Teilen einer Zelle verschieden, aber so verteilt, daß sie an der Berührungsfläche einer Epidermis- mit einer Palisadenzelle in beiden Zellen gleich ist, dann wird zwischen diesen beiden Zellen das Saugkraftgefälle und somit auch die Wassertransportkraft Null. Was wir mit unserer Methode gemessen hatten, das waren natürlich nicht diese Spezialwerte an der Berührungsfläche, sondern Durchschnittswerte, die bei ungleicher Verteilung, wie leicht ersichtlich, ein anderes Resultat ergeben mußten. Eine Diskussion dieser Verhältnisse auf experimenteller Grundlage ist in Aussicht genommen.

Bei unseren zahlreichen Messungen am Efeu (Tab. I), aber auch bei den früheren Untersuchungen an der Buche, fanden wir die Saugkraft der unteren Blattepidermis stets niedriger als die der oberen. Das mag damit zusammenhängen, daß die untere Epidermis weniger stark exponiert ist als die obere, und das angrenzende Schwammparenchym schwächer assimiliert als die Palisaden. Die geringere Saugkraft der untern Epidermis dürfte der Pflanze aber auch von Vorteil sein; denn erstens hat das Schwammparenchym, das in Zeiten der Not auf die untere Epidermis angewiesen sein wird, eine weniger hohe Saugkraft als die Palisaden, und zweitens finden sich in der unteren Epidermis die Schließzellen, deren Versorgung auf diese Weise erleichtert werden muß.

Damit sind wir bei den Schließzellen angelangt, die beim Efeu nur in der unteren Epidermis sich finden. Ihre Saugkraft ist

im Mittel um 3,7 Atm. höher als in der unteren Epidermis (Tab. X); bei der Buche verlief das Gefälle im gleichen Sinne, war aber etwas kleiner. Eine Differenz zu Gunsten der Schließzellen war a priori zu erwarten, da diese ja sonst kein Wasser ansaugen könnten; auffällig bleibt aber doch die Größe dieser Differenz. Während in der Regel das Saugkraftgefälle zwischen benachbarten Zellen gering ist, steigt es in der Spreite zwischen Epidermis-Mesophyll und Epidermis-Schließzellen auf mehrere Atmosphären an. In beiden Fällen handelt es sich um Differenzen zwischen assimilierenden und nicht assimilierenden Zellen, was die Entstehung der großen Unterschiede verständlicher macht. Unschwer ist auch der Nutzen einzusehen, den das hohe Gefälle den Schließzellen bieten wird; handelt es sich doch um Zellen, deren Funktionsfähigkeit für das Leben der Pflanze von größter Wichtigkeit ist (Assimilation, Regulierung der Transpiration), deren gesicherte Wasserversorgung also ganz besonders nötig erscheint. Weniger leicht ist es, die dauernde Erhaltung des großen Gefälles Epidermis-Schließzellen plausibel zu machen. Wir begegnen denselben Schwierigkeiten wie beim Saugkraftsprung Epidermis-Mesophyll und sehen auch hier keinen anderen Ausweg als die Annahme von Saugkraftdifferenzen in der Zelle selbst.

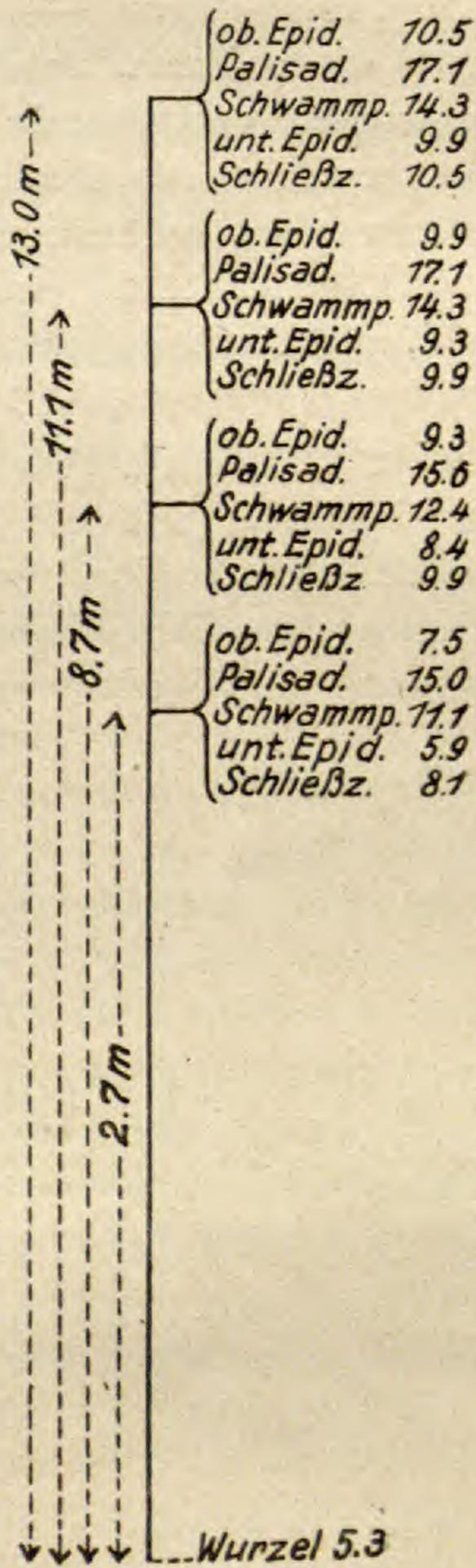
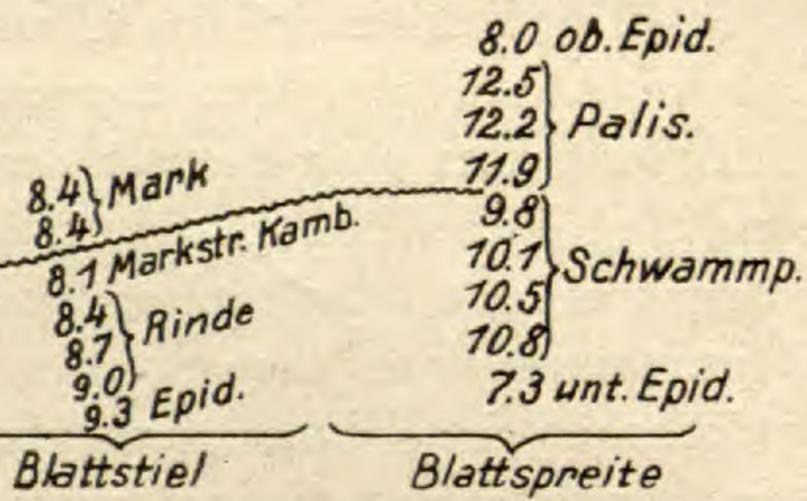
Endlich bleibt noch zu untersuchen, ob unsere Saugkraftmessungen einen Schluß erlauben auf die Spannungsverhältnisse im Gefäßwasser. Tritt Wasser aus einer toten Leitbahn (Gefäß, Tracheide) in eine anliegende lebende Zelle, z. B. in eine Parenchym Scheide, so wird es entweder von der lebenden Zelle eingesaugt oder vom Gefäß in dieselbe eingepreßt. Von der zweiten Möglichkeit sehen wir ab, da sie für gewöhnlich sicher nicht zutrifft. Ein Einsaugen in die Parenchym Scheide ist natürlich nur möglich, wenn die Saugkraft der Scheidenzelle die des Gefäßwassers übertrifft. Setzen wir voraus, das Gefälle Scheide-Gefäß sei gleich dem Gefälle untere Palisade-Scheide, also 0,6 Atm., so würde für die toten Leitbahnen in unserem Efeublatt ein Kohäsionszug von 7,8 Atm. resultieren. Wir wissen aber nicht, ob diese Voraussetzung richtig ist, da wir das Gefälle Scheide-Gefäß nicht kennen, und doch hängt von ihm alles ab. Die Annahme lag ja zunächst nahe, es werde die Saugkraft des Gefäßes von derjenigen der Scheide nicht viel differieren. Nachdem wir aber mit unserer Methode — die nur Durchschnittswerte gibt — zwischen benachbarten Zellen bleibende Unterschiede von 0 bis 9 Atm. gefunden haben, glauben wir zur Zeit über das Gefälle Scheide-Gefäß nichts Sicheres aussagen zu können. Von Untersuchungen über die Ver-



Verteilung  
 der  
 Saugkraft bei

Hedera

Abb. 1.



Fagus

Abb. 2.

teilung der Saugkraft in einer Scheidenzelle ist hier weiterer Aufschluß zu erwarten.

Zum Schluß sei noch auf die Übersicht über die Verteilung der Saugkraft in Abb. 1 und Abb. 2 verwiesen. Abb. 1 zeigt, daß die Saugkraft in jedem Gewebe mit der Entfernung von der Absorptionszone der Wurzel zunimmt und daß sie auf dem Querschnitt durch ein Organ mit der Entfernung vom wasserleitenden Hadrom ansteigt. Ausnahmen von der zweiten Regel fanden wir nur in der Absorptionszone der Wurzel, wo das Gefälle, wie leicht verständlich, in umgekehrtem Sinne verläuft, und in der Epidermis der Blattspreite. Wenn — was weitere Untersuchungen zeigen müssen — die auffallend niedrige Saugkraft der Spreitenepidermis eine besonders weitgehende Ausnutzung ihres Wassergehaltes ermöglicht, erscheint die Wasserversorgung des Mesophylls in Zeiten der Not besonders begünstigt (tracheales und epidermales Wassergewebe WESTERMAIERS), was mit seiner besonderen Inanspruchnahme durch Assimilation und Transpiration gut harmonieren würde.

Abb. 2 läßt, nach Messungen an einer Buche, den Einfluß der Insertionshöhe auf die Saugkraft der Blattspreite erkennen. Die Zunahme der Saugkraft mit der Höhe ist aus der zunehmenden Schwierigkeit des Wassernachschubes und aus der zunehmenden Begünstigung der Verdunstungsbedingungen leicht verständlich.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Ursprung Alfred, Blum Gebhard

Artikel/Article: [Besprechungen unserer bisherigen Saugkraftmessungen. 599-618](#)