

## 9. A. Ursprung und G. Blum: Über die Verteilung des osmotischen Wertes in der Pflanze.

(Eingegangen am 24. Februar 1916.)

Schon längst weiß man, daß verschiedene Gewebe einer Pflanze, ja selbst benachbarte Zellen desselben Gewebes einen verschiedenen osmotischen Wert besitzen können. Die letzten Jahre haben unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete wesentlich bereichert; besonders sind Blattepidermis und Wurzelrinde bei einer größeren Zahl von Gewächsen vergleichend geprüft worden. Es fehlen aber immer noch Untersuchungen, die sich auf alle Gewebe einer Pflanze erstrecken und systematisch während längerer Zeit und unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt worden sind. Da solche vergleichende Messungen für die Pflanzenphysiologie in mehrfacher Hinsicht Interesse besitzen, so hat sich der erst genannte Verfasser entschlossen, mit einigen Mitarbeitern zur Ausfüllung dieser Lücke beizutragen. In diesem und dem folgenden Aufsatz sind einige Resultate aus den Jahren 1913 und 1914 enthalten.

Was zunächst die Terminologie betrifft, so wäre es wünschenswert, ihr in Zukunft etwas mehr Beachtung zu schenken. Ist mit der plasmolytischen Methode gefunden worden, daß eine Lösung von  $x$  Mol Rohrzucker oder Kalisalpeter Grenzplasmolyse herbeiführt, so pflegen dies die verschiedenen Autoren dadurch auszudrücken, daß sie sagen: der Turgor, die Turgorkraft, der Turgordruck, die Turgorspannung, der Turgorwert, die Turgeszenz, der osmotische Druck, der osmotische Wert, der Salpeterwert, die Konzentration des Zellsaftes, die Saugkraft betrage  $x$  Mol Rohrzucker oder Salpeter bzw. die entsprechende mit dem Osmometer gemessene Zahl von Atmosphären.

Daß diese Ausdrücke nicht synonym sind, obschon sie zur Bezeichnung ein und derselben Größe benützt werden, ist genügend bekannt. Jedermann weiß, daß wir durch Ermittlung der Grenzkonzentration weder den „Turgordruck“ noch die „Saugkraft“ finden, sondern ganz einfach den osmotischen Wert des Zellsaftes in Mol Rohrzucker oder Kalisalpeter bestimmen, in dem Moment, wo die Zellwand gerade entspannt ist. Aus diesem Grunde

ist diese Konfusion in der Nomenklatur in der Regel nicht sehr bedenklich; beim Lesen der Arbeit ergibt sich bald, was der Autor unter einem bestimmten Terminus verstanden wissen will. Fühlbarer macht sich der Mißstand, wenn man in derselben Abhandlung den osmotischen Wert, den wirklichen Turgordruck und die wirkliche Saugkraft einer Zelle zu bestimmen hat; für diese drei ganz verschiedenen Größen ergeben sich dann natürlich auch verschiedene Zahlenwerte.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, werden wir daher stets angeben, in welchem Sinne wir die benützten Termini verstehen.

In diesem Aufsatz ist von Untersuchungen die Rede, die mit der plasmolytischen Methode ausgeführt worden sind. Wir ermittelten die Konzentration einer Rohrzucker- oder meist Kalisalpeterlösung, welche Grenzplasmolyse hervorruft, mit dem Zellsaft also als isosmotisch gilt; wir bestimmten somit den „Salpeterwert“ oder allgemeiner ausgedrückt den „osmotischen Wert“. Zur Bezeichnung dieser Größe wird von uns nur der Ausdruck „osmotischer Wert“ benützt. „Osmotischen Druck“ nennen wir diese Größe absichtlich nicht, um Mißverständnissen in späteren Aufsätzen vorzubeugen.

Die synonyme Verwendung von „osmotischem Wert“ und „osmotischem Druck“ läßt sich zwar bis zum einem gewissen Grade rechtfertigen. So schreibt JOST<sup>1)</sup>: „Auf Grund der VAN'T HOFF'schen Anschauung hat man sich in der Physik daran gewöhnt, den Lösungen schlechtweg den osmotischen Druck zuzuschreiben, den sie nach Maßgabe ihrer Zusammensetzung in einem Osmometer entwickeln können. Also auch in einem Reagenzglas schreibt man einer gewichtsmolaren Zuckerlösung einen osmotischen Druck von 24,8 Atm. zu. Wenn äußerlich von diesem Druck nichts bemerkbar wird, so liegt das nach Ansicht der Physiker daran, daß er von dem „Oberflächendruck“ der Flüssigkeit getragen wird.“ Hierzu sei folgende Bemerkung erlaubt. Man kann den osmotischen Druck auffassen entweder als einen kinetischen Druck oder als einen hydrostatischen Druck. Die kinetische Auffassung stammt bekanntlich von VAN'T HOFF. Seine Erklärung des osmotischen Druckes durch Zusammenprall der Molekel, war, wie FINDLAY<sup>2)</sup> sagt, „wegen ihrer Einfachheit besonders anziehend und aus diesem Grunde wird sie bei der elementaren Darlegung des osmotischen Druckes noch vielfach gebraucht. Zweifellos ist größtenteils dem-

1) JOST, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 1913, III. Aufl., p. 26.

2) FINDLAY, Der osmotische Druck. 1914, p. 82.

selben Umstände die Langlebigkeit der Zusammenpralltheorie zuzuschreiben.“ „Die Zusammenprall- oder Gasdrucktheorie ist indessen fast von Anfang an heftigen Angriffen ausgesetzt gewesen, und da es nicht möglich war, mit ihr die osmotischen Drucke konzentrierter Lösungen zu erklären, so ist sie allgemein verlassen worden.“ Wir fügen noch hinzu, daß WILHELM OSTWALD über FINDLAYS Darstellung in einem Vorwort seine „allerlebhafteste Anerkennung“ ausgesprochen hat. Somit hätte man, nach der jetzt herrschenden Ansicht, den osmotischen Druck aufzufassen als hydrostatischen Druck, der durch das Eindringen des Lösungsmittels in die Lösung hervorgerufen wird. Welchem auf dieser Basis stehenden Erklärungsversuch zurzeit der Vorzug zu geben ist, ist eine Frage für sich, die hier nicht erörtert zu werden braucht.

Bezüglich der Methodik ist folgendes zu bemerken. Alle Methoden, die mit Preßsäften arbeiten, waren für uns schon deshalb ausgeschlossen, weil sie nur summarische Werte für ganze Organe oder größere Gewebekomplexe zu geben imstande sind, niemals aber eine einzelne Zelle zu untersuchen gestatten. Von den Fehlerquellen, die sich bei der Verwendung von Preßsäften auch bei exaktem Arbeiten nicht vermeiden lassen, seien einige genannt: Durch das Zerreiben der Zellen werden vorher getrennte Zellsäfte gemischt, was Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung bedingen kann; dasselbe ist durch freiwerdende Enzyme möglich. SABBATANI<sup>1)</sup> fand auch, daß ein in tierisches Gewebe eingestecktes Thermometer einen bedeutend niedrigeren Gefrierpunkt zeigte, nachdem das Gewebe durch Vergiften getötet war. Was für die kryoskopische Methode gilt, hat in noch erhöhtem Maße für die Siedepunktsbestimmung Geltung, indem durch die hohe Temperatur und die Koagulation der Eiweißkörper noch leichter Veränderungen erfolgen können. Dazu gesellt sich die Unmöglichkeit die Säfte ganz auszupressen, ein ev. Wasserverlust durch Verdunsten und anderes mehr. In solchen Geweben endlich, die, wie das Holz, auch saftreiche tote Zellen in großer Menge führen, sind brauchbare Resultate von vorneherein ausgeschlossen.

Auf einzelne Zellen sind auch die Methoden der Gewebespannung, der Wiederverlängerung plasmolysierter Organe durch angehängte Gewichte, sowie die Wägemethode nicht anwendbar.

Wir bedienten uns daher der plasmolytischen Methode und benutzten zuerst aus verschiedenen Gründen Kalisalpeter, verwenden aber jetzt fast ausschließlich Rohrzucker. In diesem und

1) SABBATANI, Journ. de physiol. et de pathol. générale 3, 1901, p. 939.

dem folgenden Aufsatz sind nur die Salpeterwerte mitgeteilt. Wir hatten jedoch schon von Anfang an gelegentliche Kontrollversuche mit Rohrzucker ausgeführt und eine sehr gute Übereinstimmung gefunden.

Die volumnormalen Lösungen (1 Mol in 1000 cm<sup>3</sup> Lösung) wurden in ca. 20 cm<sup>3</sup> fassende, mit Glasstöpsel verschließbare Fläschchen eingefüllt und nach 1- bis 3maligem Gebrauch erneuert. Wir verwendeten Abstufungen von 0,01 oder 0,05 Mol KNO<sub>3</sub>, die für uns vorläufig zu genügen schienen. War Plasmolyse bei einer bestimmten Konzentration noch nicht eingetreten, bei der höheren aber schon stark, so galt das Mittel als der gesuchte Wert.

Folgende Pflanzen gelangten zur Untersuchung: *Helleborus foetidus* (im Unterholz eines Buchenwaldes), *Urtica dioeca* (am Nordrand eines Fichtenwaldes), *Fagus silvatica* (Exemplare mitten aus dem Buchenwald), *Sedum acre* (Molassefelsen), *Funaria hygrometrica* (alte Mauer). Die Standorte sind kaum 3 Minuten vom Institut entfernt (*Sedum* und *Funaria* höchstens 15 Minuten). Die Wurzeln wurden mit Erde ausgegraben; letztere im Laboratorium rasch und sorgfältig unter Leitungswasser entfernt und die Oberfläche sofort mit Filtrierpapier abgetrocknet<sup>1)</sup>. Epidermis und Schwammparenchym untersuchten wir an Flächenschnitten, die Palisaden an Querschnitten, die übrigen Gewebe an radialen oder tangentialen Längsschnitten. Die Schnitte blieben bei allen krautigen Teilen stets 25 Minuten in der Lösung, bei Stamm und Wurzel von *Fagus* 40 Minuten. Um die Grenzplasmolyse bei den verschiedenen Zellformen stets mit Sicherheit feststellen zu können, übte sich der Beobachter für jedes Objekt längere Zeit ein. Wir faßten jene Konzentration als Grenzkonzentration auf, bei welcher mehr als die Hälfte der untersuchten Zellen eben merkliche Plasmolyse zeigte.

Streng wurde darauf geachtet, das Untersuchungsmaterial möglichst rasch zu schneiden und in die Lösungen zu bringen; denn es zeigte sich, daß frei an der Luft liegende krautige Organe schon nach einer Viertelstunde einen höheren osmotischen Wert aufweisen können.

Daß auch die plasmolytische Methode ihre Fehlerquellen hat, ist genugsam bekannt. Manche von ihnen fallen ja gewöhnlich nicht in Betracht, müssen aber trotzdem zur Vorsicht mahnen. Man denke z. B. an die verwickelten Permeabilitätsverhältnisse, die unter Umständen Exosmose und Endosmose erlauben, oder an

1) Dieses unzweckmäßige Verfahren ist jetzt durch ein besseres ersetzt.

die völlige Ignorierung von Quellungs- und Zentraldruck; bezüglich der Verletzung bei Anfertigung der Schnitte sei auf die Bedeutung mechanischer Reizung bei Cynareen und Mimosen hingewiesen. Bei der Plasmolyse wurde auch eine Dehnung und Zerreißung des Plasmas festgestellt, die damit in Zusammenhang stehen dürfte, daß ein und dieselbe Zelle bei wiederholter Plasmolyse verschiedene Resultate liefern kann. Ceteris paribus ergeben kleine und besonders kugelige Zellen weniger genaue Werte, indem der zur Abhebung des Plasmas nötige Konzentrationsberschu der Außenlösung mit der Kleinheit der Zelle wächst. Wesentlich beeinflussen kann das Resultat auch eine Volumveränderung, welche die Zellen eventuell bei der Isolierung aus dem Gewebeverbande erleiden.

Zu erwähnen ist ferner die Temperatur. Sie schwankte in den Lösungen das ganze Jahr hindurch zwischen 14° und 18° C; es konnten daher die aus dem Freien geholten Zellen im Winter eine Temperaturerhöhung bis über 20° erfahren. Nun gilt eine Erwärmung von 20° für den plasmolytischen Gleichgewichtszustand als bedeutungslos; doch ist hierbei vorausgesetzt, daß chemische Umsetzungen, Regulationen oder in Betracht fallende Permeabilitäts-Änderungen fehlen. Bei der kurzen Versuchsdauer und der meist geringen Temperaturschwankung glaubten auch wir diese Voraussetzung machen zu dürfen. Zwar fand RYSELBERGHE die Permeabilität der *Tradescantia*-Epidermis für  $\text{KNO}_3$  bei 20° ca. 7mal größer als bei 0°, es waren aber zur Deplasmolyse immerhin noch 8 Stunden nötig.

Endlich sei als weitere Fehlerquelle die Kontraktion der Zellwand erwähnt. Auch sie wurde in den meisten bisherigen Untersuchungen vernachlässigt, mußte aber in unserem Falle notwendig berücksichtigt werden, denn die Volumenreduktion<sup>1)</sup> schwankte bei den untersuchten Pflanzenzellen zwischen 4 und 38 pCt., worüber in der ausführlichen Mitteilung genauere Angaben erfolgen werden.

## A. Der osmotische Wert in verschiedenen Zellen desselben Gewebes.

### 1. Zellen in gleicher Höhe.

55 Versuchsreihen mit der Wurzelrinde von *Helleborus* ergaben, daß in 47 Fällen die inneren Zellschichten der Rinde einen höheren Wert besaßen, als die äußeren; in 6 Fällen verhielt es sich umgekehrt, in 2 Fällen war keine Differenz nachweisbar. Das gewöhnliche Verhalten zeigen die 5 Beispiele der folgenden Tabelle (a = junge Wurzel, b—e ältere Wurzeln).

1) Die Zellwand wurde nicht mitgemessen, was bei dünnen Wänden kaum in Betracht fällt, bei dicken aber von Bedeutung sein kann.

Zellschicht der Wurzelrinde	a	b	c	d	e
außen 1	0,344	0,382	0,373	0,433	0,433
2	0,373	0,382	0,382	0,433	0,433
3	0,382	0,396	0,396	0,453	0,453
4	0,382	0,396	0,396	0,453	0,453
5	—	0,396	0,417	0,453	0,474
6	—	0,417	0,435	0,474	0,495
7	—	0,435	0,453	0,495	0,516
8	—	0,435	0,435	0,495	0,495
innen 9	—	0,435	0,435	0,495	0,516

Bei der Wurzelrinde von *Urtica* war von 33 Fällen in 27 der osmotische Wert in der Innenrinde höher, in 3 Fällen niedriger und in 3 Fällen gleich. Bei der Wurzelrinde von *Fagus* war von 18 Fällen in 10 der osmotische Wert in der Innenrinde höher, in 4 Fällen niedriger und in 4 Fällen gleich. Von der *Sedum*wurzelrinde liegen nur 2 Beobachtungen vor, das einemal ist der Wert der Innenrinde höher, das zweitemal waren Differenzen nicht aufzufinden. Wo wir keine Differenzen nachweisen konnten, brauchen dieselben natürlich nicht zu fehlen, sondern können leicht bei feineren Abstufungen des Plasmolytikums zutage treten. Besonders interessant gestalten sich aber die Ausnahmen von der Regel. Ein Vergleich mit der Lufttemperatur (die Bodentemperatur wurde leider nicht gemessen) ergibt nämlich, daß fast jedesmal, wenn die Außenrinde den höheren osmotischen Wert zeigt, die Lufttemperatur vorher beträchtlich gesunken war. Zur Erläuterung diene folgende Beobachtung an einer *Urtica*-Wurzel vom Vormittag des 9. Dezember 1913: Innenrinde 0,578; Außenrinde 0,583.

Lufttemperatur 7. Dez. 8<sup>h</sup> a. m. : 5 ° C

2<sup>h</sup> p. m. : 4 ° C

9<sup>h</sup> p. m. : 1 ° C

8. Dez. 2<sup>h</sup> p. m. : 4,5 ° C

9. Dez. 9<sup>h</sup> a. m. : — 3,4 ° C

Nun ist ja bekannt und soll an anderer Stelle durch weitere Beispiele belegt werden, daß eine Temperaturerniedrigung vielfach von einer Erhöhung des osmotischen Wertes begleitet ist. Es liegt also die Vermutung nahe, es könnte der ausnahmsweise hohe Wert der Außenrinde durch die parallel verlaufende Temperaturerniedrigung verursacht sein.

Ähnlich verhält es sich mit den Blattstielen. Bei der Stielrinde von *Helleborus* war von 66 untersuchten Fällen in 47 der osmotische Wert der Innenrinde höher, in 7 Fällen niedriger, in 12 Fällen gleich. Die Ausnahmen fallen noch um so weniger in

Betracht, als die Außenrinde im Maximum um 0,02 Mol höher war als die Innenrinde, während die Innenrinde die Außenrinde bis um 0,12 Mol übertraf. Ein analoges Verhalten zeigten *Fagus* und *Urtica*, doch waren die Messungen hier weniger zahlreich.

Weniger deutlich liegen die Dinge in der Stengelrinde. Bei *Helleborus* war von 65 Fällen in 35 der osmotische Wert der Innenrinde höher, in 24 niedriger, in 6 gleich. Bei *Urtica* war von 60 Fällen in 45 der osmotische Wert der Innenrinde höher, in 14 niedriger, in 1 gleich. Bei *Fagus* war von 69 Fällen in 19 der osmotische Wert der Innenrinde höher, in 30 niedriger, in 20 gleich. Bei *Sedum* war von 41 Fällen in 28 der osmotische Wert der Innenrinde höher, in 5 niedriger, in 8 gleich.

Verglichen wurde ferner in Stämmen und Ästen von *Fagus* das Verhalten der Markstrahlen beim Übergang vom Holz in die Rinde. Von 67 untersuchten Fällen war in 55 der osmotische Wert im Holz größer als in der Rinde, in 8 niedriger und in 4 gleich. Das Holzparenchym zeigte in derselben Höhe des *Fagus*-stammes einen größeren Salpeterwert in den älteren Jahresringen, einen kleineren in den jüngeren. Die Holzmarkstrahlen, die in jüngeren und älteren Zweigen verglichen wurden, ergaben höhere Werte im älteren Zweig.

	Jahresringe				
	1-3 (außen)	4-6	7-10	11-12	13-16 (innen)
Holzparenchym des Stammes unter- sucht in Bohrspan	0,975	1,00	1,00	1,05	1,075

  

	Alter der Zweige							
	2	4	6-7	7	7	7	8	12
Liegende Holzmark- strahlen . . . . .	0,90	0,975	1,00	1,125	1,175	1,20	1,075	1,20
Stehende Holzmark- strahlen . . . . .	0,925	1,025	1,025	1,15	1,20	1,275	1,175	1,30
Gitterpalisaden . . .	0,925	1,05	1,125	1,175	1,25	1,30	1,225	1,325

## 2. Zellen in verschiedener Höhe.

Im Stengel von *Helleborus* und *Urtica* nimmt der osmotische Wert in der Regel von oben nach unten zu. Zur Erläuterung diene eine Untersuchung an *Urtica*.

Internodium	Epidermis	Rinde		Leptom- paren- chym	Geleit- zellen <sup>1)</sup>	Kam- bium	Hadrom- paren- chym	Mark
		außen	innen					
(Basis) 1	0,585	0,531	0,525	0,603	0,72	0,54	0,659	0,125
2	0,54	0,552	0,525	0,60	0,72	0,54	0,636	0,40
3	0,495	0,577	0,581	0,62	0,72	0,54	0,636	0,45
4	0,45	0,531	0,525	0,64	0,72	0,56	0,636	0,425
5	0,425	0,552	0,525	0,60	0,742	0,52	0,617	0,40
6	0,413	0,51	0,469	0,56	0,72	0,54	0,595	0,40
7	0,434	0,489	0,45	0,54	0,677	0,52	0,552	0,40
8	0,413	0,466	0,431	0,56	0,677	0,48	0,552	0,425
9	0,413	0,435	0,394	0,50	0,677	0,48	0,51	0,41
(Spitze) 10	0,392	0,435	0,375	0,44	—	0,48	0,466	0,35

Unter 168 weiteren vergleichenden Messungen war nur in 14 Fällen der osmotische Wert unten schwach niedriger als oben. Bei der Buche verliefen die Unterschiede zwischen Stamm und Zweigen nicht typisch in einem bestimmten Sinne, ebenso nicht zwischen Zweigbasis, -mitte und -spitze. Die Bestimmungen in verschiedenen Stammhöhen sind noch zu wenig zahlreich um ein Urteil zu erlauben. Im *Sedum*-Stengel fand sich in 28 Fällen der höhere Wert unten, in 14 Fällen oben.

Im Blattstiel von *Helleborus* war in 12 Fällen der osmotische Wert höher an der Basis, in 2 Fällen an der Spitze, in 4 Fällen gleich.

Bei der *Helleborus*wurzel war der osmotische Wert an der Basis in 42 Fällen größer als an der Spitze, in 14 Fällen kleiner, in 7 Fällen gleich.

Bei der *Urtica*wurzel war der osmotische Wert an der Basis in 21 Fällen größer als an der Spitze, in 4 Fällen kleiner, in 5 Fällen gleich.

Bei der *Fagus*wurzel war der osmotische Wert an der Basis in 11 Fällen größer als an der Spitze, in 1 Falle kleiner, in 1 Falle gleich.

In der Blattspreite untersuchten wir die Gewebe in Intervallen von der Spitze (1) bis zur Basis (5) und in der Mitte der Spreite auch vom Mittelnerven (a) bis zum Rand (d). Die für *Helleborus* mitgeteilten Messungen 1—5 sind zu anderer Zeit ausgeführt worden als die Messungen a—d, was wohl zu beachten ist.

1) Geleitzellen nennen wir hier und im folgenden jene Zellen, die den Siebröhren dicht anliegen und vom übrigen Leptoparenchym sich deutlich unterscheiden. Im Leptom von *Helleborus* wurde nur unterschieden zwischen Siebröhren und Geleitzellen.

	Epidermis				Schwamm- parenchym	Palisaden- parenchym
	Mittelnerv Oberseite	Mittelnerv Unterseite	Unterseite	Oberseite		
1	0,48	0,52	0,403	0,50	0,638	0,892
2	0,50	0,54	0,42	0,50	0,638	0,892
3	0,54	0,58	0,403	0,52	0,675	0,91
4	0,56	0,58	0,42	0,54	0,656	0,91
5	0,56	0,58	0,487	0,56	0,694	0,927
a	—	—	0,367	0,46	0,712	0,91
b	—	—	0,385	0,44	0,712	0,875
c	—	—	—	—	—	0,875
d	—	—	0,367	0,40	0,675	0,84

Es steigt also der osmotische Wert von oben nach unten und von außen nach innen. Bei der nun folgenden *Urtica*-Spreite wurden alle Messungen an demselben Tage ausgeführt.

	Epidermis				Schwamm- parenchym	Palisaden- parenchym
	Mittelnerv Unterseite	Seitennerv	Unterseite	Oberseite		
1	0,338	—	0,375	0,357	0,60	0,884
2	0,375	—	0,393	0,375	0,60	0,884
3	0,393	—	0,432	0,412	0,60	0,906
4	0,393	—	0,45	0,412	0,62	0,923
5	0,393	—	0,485	0,45	0,64	0,942
6	0,432	—	0,506	0,468	0,66	0,96
7	0,45	—	0,506	0,485	0,64	0,96
a	—	0,432	0,485	0,45	0,64	0,923
b	—	0,432	0,468	0,45	0,62	0,906
c	—	0,412	0,45	0,412	0,62	0,906
d	—	0,375	0,412	0,393	0,62	0,884
e	—	0,375	0,393	0,375	0,60	0,884

Unter den zahlreichen Untersuchungen an der *Funaria*-Spreite sei die nachfolgende herausgegriffen.

	Blattspreite	Blattnerv
1	0,273	0,336
2	0,297	0,36
3	0,319	0,405
4	0,382	0,425
5	0,404	0,495

Blätter desselben Individuums, die in verschiedener Höhe inseriert waren, zeigten die folgenden Differenzen. (Stiel und Spreite jeweils in der Mitte gemessen.)

Blattstiele von *Urtica*:

Nummer des Knotens	1 Basis	2	3	4	5	6	7	8	9 Spitze
Epidermis . . . . .	0,44	0,424	0,424	0,408	0,424	0,408	0,387	0,367	0,367
Außenrinde . . . . .	0,44	0,44	0,40	0,42	0,42	0,42	0,38	0,36	0,38
Innenrinde . . . . .	0,48	0,44	0,44	0,46	0,44	0,42	0,42	0,40	0,40
Leptoparenchym . . . . .	0,434	0,452	0,434	0,413	0,413	0,413	0,392	0,413	0,392
Geleitzellen . . . . .	0,434	0,413	0,434	0,413	0,413	0,413	0,392	0,413	0,413
Kambium . . . . .	0,424	0,44	0,424	0,408	0,424	0,424	0,408	0,408	0,408
Hadroparenchym . . . . .	0,517	0,495	0,517	0,495	0,472	0,472	0,517	0,54	0,517
Mittelwert	0,453	0,443	0,439	0,431	0,429	0,424	0,414	0,414	0,411

Blattspreiten von *Urtica*:

Nummer des Knotens	1 Basis	2	3	4	5	6	7	8	9
Epidermis, Mittelnerv (Unterseite) . . . . .	0,45	0,469	0,45	0,431	0,41	0,41	0,394	0,41	0,394
Epidermis Unterseite . . . . .	0,431	0,41	0,41	0,394	0,41	0,394	0,394	0,375	0,375
Epidermis Oberseite . . . . .	0,469	0,45	0,45	0,41	0,439	0,439	0,41	0,41	0,394
Schwammparenchym . . . . .	0,62	0,62	0,64	0,64	0,62	0,60	0,58	0,60	0,60
Palisadenparenchym . . . . .	0,937	0,937	0,937	0,956	0,975	0,956	0,956	0,956	0,919
Mittelwert	0,581	0,577	0,577	0,566	0,571	0,560	0,547	0,550	0,536

Bei *Urtica* nimmt also der osmotische Wert in Stiel und Spreite ab von der Basis zur Spitze des Sprosses; in der gleichen Richtung nimmt auch Alter und Größe der Blätter ab, so daß wir also in den jüngsten Blättern dem kleinsten osmotischen Wert begegnen.

Wir gelangen somit zu einem andern Resultat als E. PRINGSHEIM<sup>1)</sup>, der allerdings für andere Pflanzen fand, „daß der Turgordruck von der Basis nach der wachsenden Spitze hin zunimmt“.

Bei *Fagus* wurden möglichst gleich große und gleich alte Spreiten an demselben Stamm in verschiedenen Höhen verglichen. Aus den folgenden 4 Versuchsreihen geht übereinstimmend hervor, daß zwischen dem osmotischen Wert und der Insertionshöhe des Blattes durchaus kein gesetzmäßiger Zusammenhang nachgewiesen werden konnte; vielfach haben allerdings die obersten Blätter höhere Werte als die untersten.

Höhe über dem Boden	1 m	2,5 m	4 m	5,5 m
Epidermis Unterseite . . . . .	0,394	0,431	0,41	0,41
„ Oberseite . . . . .	0,408	0,424	0,44	0,424
Schwammparenchym . . . . .	0,601	0,62	0,631	0,639
Palisadenparenchym . . . . .	0,975	0,975	0,956	0,975
Nervenparenchym (Mittelnerv) . . . . .	0,42	0,40	0,42	0,44
„ (Seitennerv) . . . . .	0,44	0,44	0,42	0,44
Mittel	0,540	0,548	0,546	0,556

1) E. PRINGSHEIM, Wasserbewegung und Turgorregulation. Jahrb. f. wiss. Bot. 43, 1906, p. 111.

Höhe über dem Boden	0,5 m	1 m	5 m	7 m
Epidermis Mittelnerv Unterseite . . .	0,40	0,40	0,425	0,425
„ Seitennerv I „ . . .	0,375	0,35	0,40	0,40
„ Seitennerv II „ . . .	0,375	0,35	0,425	0,375
„ Unterseite . . . . .	0,30	0,294	0,394	0,31
„ Oberseite . . . . .	0,294	0,30	0,394	0,30
Schwammparenchym . . . . .	0,522	0,563	0,542	0,542
Palisadenparenchym . . . . .	0,975	1,030	0,994	1,047
Mittel	0,463	0,469	0,511	0,486

Höhe über dem Boden	1 m	2 m	4 m	5,5 m
Epidermis Mittelnerv Unterseite . . .	0,506	0,506	0,525	0,524
„ Seitennerv „ . . .	0,563	0,55	0,575	0,575
„ Unterseite . . . . .	0,45	0,431	0,41	0,41
„ Oberseite . . . . .	0,44	0,465	0,44	0,44
Schwammparenchym . . . . .	0,66	0,64	0,655	0,64
Palisadenparenchym . . . . .	0,937	0,956	0,937	0,919
Mittel	0,593	0,591	0,590	0,585

Höhe über dem Boden	10 cm	1,5 m	3 m	4,5 m
Epidermis Unterseite . . . . .	0,356	0,375	0,356	0,394
„ Oberseite . . . . .	0,387	0,387	0,367	0,408
Schwammparenchym . . . . .	0,582	0,582	0,563	0,582
Palisadenparenchym . . . . .	0,919	0,956	0,956	0,937
Mittel	0,561	0,575	0,561	0,580

## B. Der osmotische Wert in verschiedenen Geweben derselben Pflanze.

In einer bestimmten Pflanze ist der osmotische Wert desselben Gewebes verschieden 1. je nach der Witterung, 2. bei möglichster Konstanz derselben je nach der Tages- und Jahreszeit, 3. vielfach je nach der Lage im Pflanzenkörper. Für jedes Gewebe werden daher im folgenden mehrere Messungen mitgeteilt, die zu verschiedenen Jahreszeiten unter möglichst normalen Außenverhältnissen an jener Stelle ausgeführt wurden, die nach unseren früheren Erfahrungen Mittelwerte ergibt.

1. *Helleborus foetidus*. Es wurden gemessen: die Blattspreite in der Mitte zwischen Basis und Spitze unmittelbar neben dem Mittelnerv, der Blattstiel in der Mitte, seine Rinde auf der Unterseite; der Stengel oben (d. h. über der Blattregion) und unten (d. h. unmittelbar über dem Boden); die Wurzel an der Spitze und ca. 4 cm hinter derselben.

## Blattspreite:

Datum der Untersuchung	Epidermis			Schwamm-parenchym	Palisaden-parenchym
	Mittelnerv Unterseite	Unterseite	Oberseite		
29. I. 13	0,50	0,437	0,50	0,675	0,977
26. III. 13	0,50	0,455	0,52	0,656	0,91
26. V. 13	0,40	0,332	0,42	0,544	0,84
7. VI. 13	0,36	0,332	0,36	0,544	0,769
17. VIII. 13	0,52	0,42	0,48	0,525	0,875
23. X. 13	0,42	0,385	0,40	0,508	0,857
Mittelwert	0,45	0,394	0,447	0,575	0,871

## Blattstiel:

Datum der Untersuchung	Epidermis	Außenrinde	Innenrinde	Geleitzellen	Kambium	Hadrom-parenchym
7. I. 13	0,525	0,56	0,56	0,525	0,525	0,516
26. III. 13	0,506	0,52	0,54	0,569	0,591	0,56
16. IV. 13	0,431	0,50	0,52	0,569	0,547	0,538
11. VI. 13	0,375	0,46	0,48	0,562	0,585	0,585
31. VII. 13	0,394	0,46	0,52	0,613	0,591	0,489
23. X. 13	0,431	0,48	0,54	0,652	0,489	0,538
Mittelwert	0,444	0,497	0,527	0,582	0,555	0,538

## Stengel oben:

Datum der Untersuchung	Epidermis	Außenrinde	Innenrinde	Geleitzellen	Kambium	Hadrom-parenchym	Markzellen
13. I. 13	0,431	0,435	0,435	0,472	0,447	0,466	0,495
11. III. 13	0,487	0,471	0,495	0,562	0,551	0,552	0,585
23. VI. 13	0,425	0,54	0,517	0,585	0,562	0,607	0,489
9. VII. 13	0,431	0,417	0,435	0,562	0,562	0,495	0,45
19. IX. 13	0,607	0,585	0,63	0,607	0,607	0,63	0,595
17. XI. 13	0,517	0,54	0,562	0,63	0,585	0,607	0,495
Mittelwert	0,483	0,498	0,512	0,570	0,552	0,560	0,518

## Stengel unten:

5. I. 13	0,525	0,527	0,509	0,517	0,51	0,531	0,517
11. III. 13	0,626	0,607	0,63	0,577	0,577	0,595	0,552
23. VI. 13	0,45	0,585	0,562	0,562	0,585	0,607	0,51
9. VII. 13	0,45	0,45	0,472	0,54	0,54	0,562	0,45
19. IX. 13	0,585	0,698	0,698	0,652	0,652	0,675	0,62
17. XI. 13	0,495	0,585	0,562	0,54	0,517	0,54	0,495
Mittelwert	0,522	0,575	0,572	0,565	0,564	0,585	0,524

## Wurzel:

Datum der Untersuchung	Spitze	4 cm hinter der Spitze				
	Epidermis	Außenrinde	Innenrinde	Geleitzellen	Kambium	Hadromparenchym
7. I. 13	0,543	0,634	0,613	0,562	0,54	0,54
11. III. 13	0,56	0,469	0,431	0,63	0,585	0,607
23. VI. 13	0,508	0,404	0,552	0,562	0,54	0,585
9. VII. 13	0,508	0,41	0,447	0,585	0,516	0,538
19. IX. 13	0,56	0,577	0,636	0,63	0,63	0,63
17. XI. 13	0,577	0,60	0,60	0,585	0,562	0,607
Mittelwert	0,543	0,516	0,547	0,592	0,562	0,585

Mittelwerte von *Helleborus*:

	Epidermis	Schwammparenchym	Palisadenparenchym	Außenrinde	Innenrinde	Geleitzellen	Kambium	Junge Siebröhren	Hadromparenchym	Markzellen
Blattspreite . . . .	0,430 <sup>1)</sup>	0,575	0,871	—	—	—	—	—	—	—
Blattstiel . . . .	0,444	—	—	0,497	0,527	0,582	0,555	—	0,538	—
Stengel oben . . . .	0,483	—	—	0,498	0,512	0,570	0,552	—	0,560	0,518
„ unten . . . .	0,522	—	—	0,575	0,572	0,565	0,564	—	0,585	0,524
Wurzel . . . .	0,543	—	—	0,516	0,547	0,592	0,562	0,630	0,585	—
Gesamtmittel	0,484	0,575	0,871	0,522	0,539	0,577	0,558	0,630	0,567	0,521

2. *Urtica dioica*. Es wurden gemessen: die Blattspreite in der Mitte zwischen Spitze und Basis neben dem Mittelnerv; der Blattstiel in der Mitte; der Stengel im dritten oder vierten Internodium, von dem auch die Blätter stammen; die Wurzel in der Mitte zwischen Basis und Spitze.

## Blattspreite:

Datum der Untersuchungen	Epidermis			Schwammparenchym	Palisadenparenchym
	Mittelnerv	Unterseite	Oberseite		
8. IV. 13	0,410	0,471	0,487	0,64	1,031
16. VI. 13	0,469	0,506	0,469	0,58	0,956
20. VIII. 13	0,469	0,453	0,487	0,66	1,013
23. X. 13	0,525	0,562	0,581	0,66	1,058
Mittelwert	0,468	0,498	0,506	0,635	1,015

1) Mittel aus Mittelnerv, Unter- u. Oberseite.

## Blattstiel:

Datum der Untersuchung	Epidermis	Außenrinde	Innenrinde	Geleitzellen	Leptomparenchym	Kambium	Hadromparenchym
8. IV. 13	0,465	0,50	0,44	—	0,516	0,585	0,54
6. VI. 13	0,40	0,346	0,341	0,443	0,41	0,45	0,594?
3. VII. 13	0,325	0,34	0,38	0,503	0,434	0,367	0,503
15. IX. 13	0,424	0,42	0,46	0,547	0,495	—	0,607
23. X. 13	0,50	0,474	0,471	0,742?	0,490	0,54	0,624
Mittelwert	0,423	0,416	0,418	0,557	0,469	0,485	0,574

## Stengel:

Datum der Untersuchung	Epidermis	Außenrinde	Innenrinde	Leptomparenchym	Geleitzellen	Kambium	Hadromparenchym	Markzellen
8. IV. 13	0,472	0,525	0,525	0,562	0,63	0,562	0,562	0,48
6. VI. 13	0,436	0,378	0,501	0,405	0,506	0,54	0,518	0,40
3. VII. 13	0,405	0,45	0,487	0,54	0,54	0,54	0,607	0,40
15. IX. 13	0,603	0,569	0,613	0,652	0,72	0,675	0,690	—
25. XI. 13	0,50	0,598	0,631	0,602	0,728	0,582	0,693	0,603
Mittelwert	0,483	0,504	0,551	0,552	0,625	0,580	0,614	0,471

## Wurzel:

Datum der Untersuchung	Außenrinde	Innenrinde	Leptomparenchym	Geleitzellen	Kambium	Hadromparenchym
8. IV. 13	0,502	0,544	0,482	0,63	0,597	0,585
6. VI. 13	0,45	0,469	0,503	0,577	0,522	0,495
3. VII. 13	0,40	0,42	0,504	0,540	0,54	0,517
15. IX. 13	0,581	0,60	0,652	0,63	0,63	0,675
25. XI. 13	0,548	0,548	0,525	0,604	0,607	0,63
Mittelwert	0,496	0,516	0,533	0,596	0,579	0,580

Mittelwerte von *Urtica*:

	Epidermis	Schwammparenchym	Palisadenparenchym	Außenrinde	Innenrinde	Leptomparenchym	Geleitzellen	Kambium	Hadromparenchym	Markzellen
Blattspreite . . . .	0,491 <sup>1)</sup>	0,635	1,015	—	—	—	—	—	—	—
Blattstiel . . . .	0,423	—	—	0,416	0,418	0,469	0,557	0,485	0,574	—
Stengel . . . .	0,483	—	—	0,504	0,551	0,552	0,625	0,580	0,614	0,471
Wurzel . . . .	0,496 <sup>2)</sup>	—	—	0,496	0,516	0,533	0,596	0,579	0,580	—
Gesamtmittel	0,473 *	0,635	1,015	0,472	0,495	0,518	0,556	0,548	0,59	0,471

1) Mittel aus Mittelnerv unten, Unterseite und Oberseite.

2) Wurzelspitze.

3. *Fagus silvatica*. Es wurden gemessen an demselben 5 m hohen Exemplar: die Spreite in der Mitte zwischen Basis und Spitze neben dem Mittelnerv (von der Spitze des Baumes); der Zweig 1 m unter der Baumspitze (an der Untersuchungsstelle ca. 0,5 cm dick); der Stamm 1,5 m über dem Boden (junge Partien aus sek. Rinde und Holz); die Wurzel 15—20 cm von deren Spitze entfernt 1 mm dick).

## Blattspreite:

Datum der Untersuchung	Epidermis		Schwamm- parenchym	Palisaden- parenchym
	Oberseite	Unterseite		
9. V. 13	0,424	0,41	0,62	0,975
5. VII. 13	0,367	0,337	0,522	0,937
30. VIII. 13	0,325	0,356	0,639	1,013
28. X. 13	0,387	0,356	0,502	1,142
Mittelwert	0,376	0,365	0,571	1,017

## Zweig:

Datum der Untersuchung	I Außen- rinde	I Innenrinde	Leptom- parenchym	Geleitzellen	Kambium	Holz- parenchym	Rinden- markstrahl	Holz- markstrahl
20. I. 14	0,675	0,70	0,517	0,625	0,60	1,225	0,80	1,15
24. III. 14	0,675	0,65	0,625	0,70	0,65	1,175	0,825	1,025
9. V. 13	0,65	0,65	0,63	0,775	0,675	0,825	0,775	0,80
5. VII. 13	0,70	0,70	0,562	0,85	—	0,925	0,80	0,80
30. VIII. 13	0,65	0,70	0,562	0,675	0,625	0,925	0,875	0,925
28. XI. 13	0,65	0,625	0,54	0,70	0,65	0,975	0,775	1,025
Mittelwert	0,667	0,671	0,573	0,721	0,64	1,008	0,808	0,954

## Stamm:

20. I. 14	0,65	0,675	0,495	0,725	0,65	1,10	1,10	1,125
24. III. 14	0,65	0,65	0,585	0,70	0,65	1,075	1,075	0,875
9. V. 13	0,70	0,725	0,652	0,80	0,675	0,85	0,675	0,725
5. VII. 13	0,75	0,725	0,517	0,80	0,60	0,95	0,825	0,775
30. VIII. 13	0,75	0,75	0,517	0,675	0,625	0,875	0,925	1,00
28. XI. 13	0,675	0,65	0,607	0,775	0,625	0,925	0,975	1,025
Mittelwert	0,696	0,696	0,562	0,746	0,638	0,963	0,929	0,921

## Wurzel:

Datum der Untersuchung	Außenrinde	Innenrinde	Leptomparenchym	Geleitzellen	Kambium	Holzparenchym
20. I. 14	0,725	0,70	0,527	0,70	0,60	1,275
24. III. 14	0,65	0,675	0,70	0,675	0,65	0,925
9. V. 13	0,675	0,725	0,562	0,70	0,625	0,80
5. VII. 13	0,60	0,575	0,472	—	0,625	0,875
30. VIII. 13	0,625	0,725	0,63	0,725	0,625	0,875
28. XI. 13	0,625	0,625	0,607	0,70	0,625	1,125
Mittelwert	0,650	0,671	0,583	0,70	0,625	0,979

Mittelwerte von *Fagus*:

	Epidermis	Schwammparenchym	Palisadenparenchym	Außenrinde	Innenrinde	Leptomparenchym	Geleitzellen	Kambium	Holzparenchym	Rindenmarkstrahl	Holzmarkstrahl
Blattspreite . . .	0,371 <sup>1)</sup>	0,571	1,017	—	—	—	—	—	—	—	—
Zweig . . . . .	—	—	—	0,667	0,671	0,573	0,721	0,64	1,008	0,808	0,954
Stamm . . . . .	—	—	—	0,696	0,696	0,562	0,746	0,638	0,963	0,929	0,921
Wurzel . . . . .	—	—	—	0,65	0,671	0,583	0,70	0,625	0,979	—	—
Gesamtmittel	0,371	0,571	1,017	0,671	0,679	0,573	0,722	0,634	0,983	0,869	0,938

4. *Sedum acre*. Es wurden gemessen: im Blatt die Epidermis auf der Oberseite und das anliegende Mesophyll; der Stengel beim Übergang vom blattlosen zum blatttragenden Teil; die Wurzel ca. 1 cm hinter der Spitze.

Datum der Untersuchung	Blatt		Stengel						Wurzel	
	Epidermis	Mesophyll	Epidermis	Außenrinde	Innenrinde	Geleitzellen	Kambium	Hadromparenchym	Epidermis	Parenchym
18. IV. 13	0,25	0,319	0,25	0,34	0,40	0,472	0,46	0,613	0,50	0,52
28. V. 13	0,205	0,243	0,25	0,330	0,34	0,562	0,405	0,437	0,44	0,48
14. VI. 13	0,367	0,36	0,264	0,32	0,34	0,517	0,405	0,517	0,38	0,38
14. VII. 13	0,297	0,325	0,328	0,38	0,40	0,482	0,395	0,482	0,42	0,44
18. IX. 13	0,297	0,375	0,297	0,34	0,40	0,46	0,395	0,46	0,48	0,50
24. XI. 13	0,288	0,356	0,25	0,38	0,38	0,46	0,405	0,46	0,54	0,52
Mittelwert	0,284	0,330	0,273	0,348	0,377	0,492	0,411	0,495	0,46	0,473

1) Mittel aus Unter- und Oberseite.

## Zusammenstellung der Gesamtmittel.

	Epidermis	Schwamm- parenchym	Palisaden- parenchym	Außenrinde	Innenrinde	Leptom- parenchym	Geleitzellen	Kambium	Hadrom- parenchym	Markzellen	Rindenmark- strahlen	Holzmark- strahlen
<i>Helleborus</i> . . .	0,484	0,575	0,871	0,522	0,532	—	0,577	0,558	0,567	0,521	—	—
<i>Urtica</i> . . . .	0,473	0,635	1,015	0,472	0,495	0,518	0,556	0,548	0,59	0,471	—	—
<i>Fagus</i> . . . .	0,371	0,571	1,017	0,671	0,679	0,573	0,722	0,634	0,983	—	0,869	0,938
<i>Sedum</i> . . . .	0,278	0,330	0,348	0,377	—	—	0,492	0,411	0,495	—	—	—

Die wichtigsten Resultate lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

a) Nicht zu weit voneinander entfernte Zellen desselben Gewebes zeigen in gleicher Höhe über dem Boden annähernd denselben Wert, wenn sie derselben Schicht angehören.

b) Eng benachbarte Zellen desselben Gewebes können wesentlich differieren, sobald sie verschiedenen Schichten angehören.

c) In ungleicher Distanz vom Boden zeigt der osmotische Wert in demselben Gewebe bedeutende Unterschiede; er ist in Wurzel, Stengel, Blattstiel und Spreite gewöhnlich an der jeweiligen Basis größer als an der Spitze.

d) Der osmotische Wert ist in jüngeren Blättern kleiner als in älteren und nimmt daher in den *Urtica*-Spreiten von der Basis gegen die Spitze der Pflanze hin ab.

e) Bei gleich alten *Fagus*-Blättern konnte zwischen dem osmotischen Wert und der Insertionshöhe des Blattes kein gesetzmäßiger Zusammenhang nachgewiesen werden.

f) Unter den verschiedenen Gewebeformen der ganzen Pflanze besaßen den höchsten Wert bei *Helleborus* und *Urtica* die Palisaden, bei *Fagus* Palisaden, Holzparenchym und Holzmarkstrahlen. Die Minima fanden sich bei *Helleborus* und *Fagus* in der unteren Blattepidermis, bei *Urtica* in der Blattstielrinde.

g) *Sedum* zeigt in allen Geweben relativ kleine Werte, wie das für Fettpflanzen charakteristisch ist.

# 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: 1916

Band/Volume: [34](#)

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

Artikel/Article: [Über die Verteilung des osmotischen Wertes in der Pflanze 88-104](#)