

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 52 (1942)

Artikel: Zur Kenntnis der Aenderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse durch Wasserunter- und -überbilanz

Autor: Gasser, Rudolf

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36057>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.01.2026

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

Zur Kenntnis der Änderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse durch Wasserunter- und -überbilanz.

Von *Rudolf Gasser*.

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Freiburg.)

Eingegangen am 6. Mai 1941.

	Inhaltsverzeichnis	Seite
I. Einleitung	48	
II. Methode	49	
1. Messung des Sz_g -Wertes	49	
2. Herstellung von Unter- und Ueberbilanz	53	
3. Die Bedeutung des Anfangswertes	55	
4. Vorläufige Orientierung über eine nicht berücksichtigte Fehlerquelle	59	
III. Änderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse (Sz_g) durch Unterbilanz	60	
A. Unterbilanz in trockener Luft	61	
a) Der Endwert liegt deutlich über dem Anfangswert	61	
a) Bisherige Untersuchungen	61	
β) Eigene Messungen	64	
1. Sz_g steigt bei Unterbilanz fortwährend an	64	
2. Sz_g steigt bei Unterbilanz unregelmässig an	66	
b) Der Endwert ist nur wenig höher als der Anfangswert	68	
a) Bisherige Untersuchungen	68	
β) Eigene Messungen	68	
c) Der Endwert von Sz_g liegt deutlich unter dem Anfangswert	70	
a) Bisherige Untersuchungen	70	
β) Eigene Messungen	72	
1. Sz_g fällt bei Unterbilanz fortwährend	72	
2. Sz_g fällt bei Unterbilanz unregelmässig	74	
B. Unterbilanz in Lösungen	75	
a) Bisherige Untersuchungen	75	
β) Eigene Messungen	75	
C. Unterbilanz im Dampfraum	76	
D. Verhalten von Sz_g in verschiedenen Geweben desselben Organs	78	
E. Verhalten von Sz_g in der Epidermis verschiedener Organe der- selben Pflanze	78	
F. Verhalten von Sz_g desselben Gewebes in abgeschnittenen Organen und Topfpflanzen	80	

	Seite
IV. Aenderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse durch Ueberbilanz	80
A. Ueberbilanz im feuchten Raum	82
a) Der Endwert von Sz_g liegt deutlich unter dem Anfangswert	82
α) Bisherige Untersuchungen	82
β) Eigene Messungen	82
1. Sz_g fällt fortwährend bei Ueberbilanz	82
2. Sz_g fällt bei Ueberbilanz ganz unregelmässig	86
b) Der Endwert von Sz_g ist nur wenig verschieden vom Anfangswert	86
α) Bisherige Untersuchungen	86
β) Eigene Messungen	86
c) Der Endwert von Sz_g liegt deutlich über dem Anfangswert	88
α) Bisherige Untersuchungen	88
β) Eigene Messungen	88
B. Verhalten von Sz_g in verschiedenen Geweben desselben Organs	90
C. Verhalten von Sz_g in der Epidermis verschiedener Organe der selben Pflanze	90
D. Verhalten von Sz_g desselben Gewebes in abgetrennten Organen und Topfpflanzen	90
V. Gesamtamplitude der Sz_g -Schwankung	95
A. Gesamtamplitude jener Protoplasten, die bei Unterbilanz Sz_g ansteigen und bei Ueberbilanz fallen lassen	95
B. Gesamtamplitude jener Protoplasten, die bei Unterbilanz Sz_g fallen und bei Ueberbilanz steigen lassen	98
C. Gesamtamplitude jener Protoplasten, die zum Teil unregelmässiges Verhalten zeigten	100
D. Amplitude bei Erzielung von Unterbilanz durch Lösungen	100
VI. Ueber die chemischen und physiologischen Grundlagen der Sz_g -Aenderung	100
VII. Bedeutung der Sz_g -Regulation für die Wasserversorgung	104
VIII. Zusammenfassung	106
Literaturverzeichnis	107

I. Einleitung.

Die Saugkraft der Zelle im normalen Zustand (Sz_n) zeigt bedeutende Tages- und Jahresschwankungen. Diese können, wenn wir die elastischen Eigenschaften der Wand als konstant voraussetzen, beruhen 1. auf Aenderungen des Zelly volumens und den dadurch bedingten Aenderungen des Wassergehaltes und des Wanddruckes, 2. auf Aenderungen im Gehalt an osmotisch wirksamen Stoffen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem zweiten Punkt.

Zu diesem Zwecke hatte ich grenzplasmolytische Untersuchungen auszuführen. Früher glaubte man mit dem Grenzplasmolysewert die Saugkraft oder den Turgordruck der Zelle im normalen Zustand zu messen. Trotzdem dies nicht zutrifft, schenken wir diesem abnormalen

Zustand der Zelle auch heute noch Beachtung, weil er uns einen Einblick verschafft in die Fähigkeit des lebenden Protoplasten, seinen Gehalt an osmotisch wirksamen Stoffen zu regulieren.

In der Natur werden Sz_g -Schwankungen hauptsächlich durch Änderungen der Wasserbilanz hervorgerufen. Meine Aufgabe bestand deshalb darin, durch solche Bilanzänderungen bei verschiedenen Geweben und Pflanzen verschiedener ökologischer Gruppen die Grenzen festzustellen, zwischen denen Sz_g zu variieren vermag.

Die Messungen wurden im Botanischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz) ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Ursprung, der mich zu diesen Untersuchungen veranlasste, sowie Herrn Prof. Dr. G. Blum spreche ich für ihr wohlwollendes Interesse und ihre freundliche Unterstützung, durch die sie den Fortgang dieser Arbeit förderten, meinen aufrichtigen Dank aus.

II. Methode.

1. Messung des Sz_g -Wertes.

Ich hielt mich an die üblichen Vorschriften der Grenzplasmolyse-Methodik (A. Ursprung, 1937, S. 1121—1235). Als Plasmolytikum kam in erster Linie Rohrzucker in Betracht, der durch sein äußerst schweres Permeieren und seine weitgehende Unschädlichkeit am besten geeignet erschien.

Aus volummolaren Stammlösungen wurden durch entsprechende Verdünnung je 10 cm^3 in Abstufungen von 0,05 Mol in 30 cm^3 fassende Fläschchen mit eingeschliffenem Glasstopfen abgefüllt. In diese Lösungen, die ich nach 3—4maligem Gebrauch erneuerte, wurden die zu untersuchenden Objekte eingelegt. Stets achtete ich darauf, dass auch bei Schnitten eine genügende Anzahl völlig intakter Zellen bei der Untersuchung zur Verfügung stand, so dass keine Wundrandzellen, auf deren besonderes Verhalten schon de Vries (1884, S. 447) hingewiesen hatte, zur O_g -Bestimmung verwendet wurden.

Dem Grenzplasmolysewert entspricht jene Konzentration des Plasmolytikums, in welcher die Hälfte der Zellen Abhebung des Plasmas von der Wand zeigt. Bei plasmolysierbaren Zellen ruft natürlich auch jede über dem Grenzplasmolysewert liegende Konzentration eine vorübergehende Grenzplasmolyse hervor (Beck, 1927, Tab. 10—13). Erst durch Abwarten des Gleichgewichtszustandes lässt sich jene minimale Konzentration finden, welche dem wahren Grenzplasmolysewert entspricht. Die Grenzplasmolysezeit, d. h. die Zeit zwischen dem Einlegen des Schnittes bis zur Erreichung des Gleichgewichtszustandes, ist für die einzelnen Plasmolytika und die verschiedenen Zellarten von Pflanze zu Pflanze verschieden. Für Rohrzucker genügen nach Höfle (1931, S. 569) bei *Vallisneria* weniger als eine Minute; nach Tröndle (1922,

Tabelle 1.

Plasmolyse der untern Epidermis des Efeublattes mit LiCl.
n = weniger als 50 %, hp = 50 %, p = mehr als 50 % plasmoliert.

Zeit	Konzentration								
	0,4 23.11.39 17,9	0,5 22,6	0,6 27,4	0,7 32,3	0,8 37,5	0,9 42,7	1,0 48,1	1,5 78,1	2,0 Mol 113,4 Atm.
20"	n	n	n	n	n	p	p	p	p
30	n	n	n	n	n	p	p	p	p
40	n	n	n	n	p	p	p	p	p
50	n	n	n	n	p	p	p	p	p
60	n	n	p	p	p	p	p	p	p
100	n	n	p	p	p	p	p	p	p
2'	n	n	p	p	p	p	p	p	p
3'	n	hp	p	p	p	p	p	p	p
4	n	p	p	p	p	p	p	p	p
5	n	p	p	p	p	p	p	p	p
6	n	p	p	p	p	p	p	p	p
7	n	p	p	p	p	p	p	p	p
8	n	p	p	p	p	p	p	p	p
9	n	p	p	p	p	p	p	p	p
10	n	p	p	p	p	p	p	p	p
15	n	p	p	p	p	p	p	p	p
20	n	p	p	p	p	p	p	p	p
25	n	p	p	p	p	p	p	p	p
30	n	p	p	p	p	p	p	p	p
35	n	p	p	p	p	p	p	p	p
40	n	p	p	p	p	p	p	p	p
1 ^h	n	p	p	p	p	p	p	p	p
2	n	p	p	p	p	p	p	p	p
3	n	p	p	p	p	p	p	p	p
4	n	p	p	p	p	p	p	p	p

In Wasser vollständige Deplasmolyse

S. 48) wurde in den Rindenzellen der *Lupinus*wurzel der Gleichgewichtszustand längstens in zwei Minuten erreicht; dagegen braucht nach A. Müller *Funaria* (unter 0,7 Mol) 2—3 Stunden, und nach Merk t (1938, S. 8) sind für das Assimilationsparenchym von *Taxus*, *Pinus* und *Picea* 1—1½ Stunden nötig. So war ich gezwungen, für jedes untersuchte Objekt in Vorversuchen die Grenzplasmolysezeit festzustellen, die im allgemeinen 1 Stunde nicht überstieg (Ausnahmen z. B. *Taxus*, *Picea*). Bei zu langem Verweilen der Schnitte im Plasmolytikum sind Osmoregulationen, Schädigungen durch Anaerobiose und vor allem Endosmose zu befürchten. Bei meinen Objekten war aber auch nach mehreren Stunden kein Rückgang der Plasmolyse zu beobachten.

In wenigen Fällen (*Selaginella*, *Funaria*), wo Rohrzucker nicht oder sehr langsam durch die Zellwände permeierte und Schrumpfeln verursachte, wurde KNO_3 und in einem Fall (*Trentepohlia*) LiCl als Plasmolytikum verwendet. Für KNO_3 war wegen der oft leicht eintretenden Endosmose (Beck, Tab. 10—13, und A. Müller), die Bestimmung der Grenzplasmolysezeit besonders wichtig; tatsächlich erfolgte auch bei *Funaria* und *Selaginella* nach ca. 60 Minuten Deplasmolyse, während Grenzplasmolyse bei *Funaria* nach 30 und bei *Selaginella* nach 25 Minuten erreicht war. In LiCl trat bei *Trentepohlia* auch während mehrerer Stunden kein Rückgang der Plasmolyse ein, wohl aber war die Deplasmolyse in Wasser deutlich. Da LiCl als Plasmolytikum nicht gebräuchlich ist, seien einige Kontrollversuche mitgeteilt. Beobachtungen an der untern Epidermis des Efeublattes, wie sie von Beck für Rohrzucker und KNO_3 angestellt wurden, zeigten, dass LiCl während mehrerer Stunden nicht permeiert (vgl. Tab. 1).

Tabelle 2 gibt vergleichbare Sz_g -Bestimmungen mit Rohrzucker und LiCl , die eine gute Uebereinstimmung aufweisen.

Tabelle 2.
 Sz_g gemessen mit Rohrzucker und LiCl .

Pflanze	Gewebe	Sz_g	
		Rohrzucker	LiCl
<i>Hedera Helix</i> . . .	Obere Epidermis	19,5	19,8
<i>Vinca major</i> . . .	»	17,2	17,9
<i>Vinca rosea</i> . . .	»	9,7	9,7

Diese wenigen Angaben zeigen, dass auch LiCl für Plasmolyseversuche in Betracht fallen kann. Es wird sich speziell um Fälle handeln, in denen Rohrzucker Schrumpfeln statt Plasmolyse verursacht.

Bei jeder Plasmolyse muss das Protoplasma von der Wand losgelöst werden. Falls die Adhäsion des Protoplasten beträchtlich ist, wird ein zu hoher O_g -Wert vorgetäuscht. Auf solche Fehler ist in letzter Zeit besonders von Buhmann (1935, S. 596) hingewiesen worden. Sie bestimmte neben der Grenzplasmolyse (« PO_g ») auch den Grenzwert der Deplasmolyse (« DO_g »), welcher jener Rohrzuckerkonzentration entspricht, in welcher in der Hälfte der Zellen die zuvor in hypertoner Lösung erzeugte Plasmolyse zurückgegangen ist. In verschiedenen Fällen fand sie infolge der Adhäsion PO_g zu hoch, bei *Pinus Laricio* trat im Februar sogar eine Differenz von 27 Atm. auf. Mert (Tab. 5) wiederholte diese Versuche von Buhmann bei *Taxus*, *Pinus* und *Picea*, fand aber, wie schon Bärlund (1929, S. 55) an *Rhoeo discolor*, keine oder nur geringe Unterschiede. Zu hohe Werte wurden vorgetäuscht, wenn er die Zellen zu kurze Zeit in den Lösungen liess.

Um einen weiteren Beitrag zu dieser Frage zu liefern, habe ich bei einer grossen Zahl meiner Untersuchungen noch einen II. Plasmolysewert bestimmt, indem ich nach Messung der I. Plasmolyse die Schnitte eine Konzentrationsstufe (0,05 Mol) tiefer einlegte und nach Ablauf der vorher benötigten Grenzplasmolysezeit Sz_g von neuem bestimmte. Zwischen den beiden Sz_g -Werten I und II waren die Unterschiede in den meisten Fällen gering. Besonders auffallend aber war, dass in der gleichen Messungsserie Sz_g II nicht nur kleiner oder gleich, sondern auch grösser sein kann als Sz_g I. So fand ich in der innern Epidermis des Perigons von *Tulipa Gesneriana* von 19 Messungen 8mal Sz_g I = Sz_g II, 9mal Sz_g I > Sz_g II (maximale Differenz 0,6 Atm. oder 4 % von Sz_g I) und 2mal Sz_g I < Sz_g II (maximale Differenz 1,1 Atm. oder 7,3 % von Sz_g I). Grössere Differenzen zwischen Sz_g I und Sz_g II konstatierte ich nur bei *Chenopodium Bonus Henricus* (1,9 Atm. oder 10 % von Sz_g I) und *Trentepohlia aurea* (34 Atm. oder 12 % von Sz_g I).

Zur Erläuterung der Methode beschreibe ich den Gang einer Messung an der oben Epidermis des Blattes von *Sanguisorba minor*. Nach Vorversuchen lag O_g zwischen 0,6 und 0,8 Mol Rohrzucker. Neue Flächenschnitte kamen nun in Konzentrationen zwischen diesen beiden Grenzen in Abstufungen von 0,05 Mol. Nach einer Stunde wurde die Messung vorgenommen, indem man in jedem Schnitt abzählte, wie viele von 30 gesund erscheinenden Zellen plasmolysiert waren. Darauf legte ich jeden Schnitt in eine 0,05 Mol tiefere Konzentration und zählte nach einer weiteren Stunde nochmals die Zahl der plasmolysierten Zellen. Nach dieser zweiten Bestimmung wurde mit Filtrierpapier langsam Leitungswasser unter dem Deckglas durchgesogen und nach zirka 45 bis 60 Minuten kontrolliert, wie viele der vorher untersuchten 30 Zellen keine Deplasmolyse zeigten, also nicht normal waren. Die Zahlenwerte dieser Messung sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3.
Obere Epidermis von *Sanguisorba minor*.

Konzentration Mol Rohrzucker	Plasmolyse I		Plasmolyse II	Deplasmolyse
	von je 30 Zellen scheinen plasmolysiert	von je 30 Zellen scheinen plasmolysiert	von den vorher gezählten Zellen zeigen keine Deplasmolyse	
0,60	2	1	0	
0,65	8	10	0	
0,70	15	16	1	
0,75	22	22	0	
0,80	29			

Aus Tabelle 3 folgt, dass bei der I. Plasmolyse in 0,70 Mol 50 % der untersuchten Zellen Grenzplasmolyse zeigten, wobei die nachfolgende

Deplasmolyse erwies (Ergebnis wegen der II. Plasmolyse eine Konzentrationsstufe tiefer), dass alle Zellen gesund waren. $O_g I$ betrug also 0,70 Mol Rohrzucker. Meistens findet sich aber der O_g -Wert zwischen zwei Konzentrationen, wie das bei der II. Plasmolyse der Fall ist. In 0,70 Mol scheinen 16 von 30 Zellen plasmolysiert zu sein, doch gibt die Deplasmolyse eine als geschädigt an, so dass also 15 von 29 Zellen, oder 15,5 von 30, plasmolysiert waren. In 0,65 Mol zeigen, da alle Zellen deplasmolysierten, 10 von 30 Plasmolyse, also weniger als 50 %. Der gesuchte $O_g II$ -Wert muss nun zwischen diesen beiden Konzentrationen liegen und lässt sich nach der Proportion berechnen :

$$(O_g II - 0,65) : (15 - 10) = (0,70 - 0,65) : (15,5 - 10)$$
$$O_g II = 0,695.$$

Aus dem Grenzplasmolysewert O_g erhält man durch Umrechnen in Atmosphären (vgl. Ursprung, S. 1275—1297) die Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse Sz_g ($= Sg$). Im vorigen Beispiel beträgt also $Sz_g I = 21,8$ und $Sz_g II = 21,6$ Atm.

2. Herstellung von Unter- und Ueberbilanz.

Um in erster Annäherung die Grenzen zu erhalten, zwischen denen die Zellen Sz_g zu regulieren vermögen, ging ich von der Erfahrung aus, dass gewöhnlich bei längerer Unterbilanz Sz_g anzusteigen und bei längerer Ueberbilanz zu fallen pflegt. Ich suchte daher durch langsame Steigerung der Unterbilanz und der Ueberbilanz bis zum Absterben der Zellen mich den gesuchten Grenzwerten nach Möglichkeit zu nähern. Ich verhehle mir keineswegs, dass ich das erstrebte Ziel nur unvollkommen erreicht haben werde. Als instruktivstes Beispiel erwähne ich *Sempervivum tectorum*. In den Gastlosen hatte Blum (1926, S. 16) nach längerer Trockenperiode Sz_n -Werte (Streifenmethode) bis zu zirka 45 Atm. gefunden, während in seinen Austrocknungsversuchen im Laboratorium die Saugkraft bei der gleichen Methode nicht über 15 Atm., in einem andern Experiment nur auf 25 Atm. anstieg; Gehler (1930, S. 81) war in ähnlichen Laboratoriumsversuchen bis auf 16 Atm. gekommen. Auch die Sz_g -Werte der Blattepidermis von *Sempervivum* gehen bei Meier (1916; S. 21 mit KNO_3) nur bis zu 14 Atm. und bei Gehler (Tabelle 63) bis zu 16 Atm. Die Sz_n -Werte von 45 Atm. standen also vereinzelt da und wurden viel angezweifelt, bis es Ursprung und Blum (1938) gelang, in Laboratoriumsversuchen nach möglichst langsamer und langer Austrocknung, die Saugkraft nachweisbar lebender Blätter von *Sempervivum tectorum* auf 40, ja sogar auf 80 und 100 Atm. ansteigen zu lassen; auch Sz_g erreichte an diesem Material Werte bis zu 100 Atm. Wir sehen also, dass mit derselben Spezies sehr verschiedene Sz_g -Maxima erhalten werden können (16 Atm. bis 100 Atm.), je nach dem Austrocknungsverfahren. Daraus folgt :

- a) dass die von mir erhaltenen Maxima keine absoluten Werte darstellen werden, sondern nur für meine Versuchsbedingungen Gültigkeit haben;
- b) dass vergleichbare Maxima nur unter vergleichbaren Versuchsbedingungen zu erhalten sein werden.

Ich habe mich nun bemüht, diese Versuchsbedingungen bei allen Versuchspflanzen möglichst gleich zu gestalten. Wasserunter- und -überbilanz wurden meist an abgeschnittenen Blättern oder Blüten, vereinzelt aber auch an Blättern und Blüten eingetopfter Pflanzen untersucht. Das Versuchsmaterial stammte aus dem neben dem Institut gelegenen botanischen Garten.

Zur Herstellung von *Unterbilanz* kamen die meisten Objekte bei Laboratoriumstemperatur und diffusem Licht in Glasschalen mit überfallendem Deckel von 10—14 cm Durchmesser und 5—6 cm Höhe. Für grössere Blätter wurden entsprechend grössere Glasschalen verwendet. Da a priori anzunehmen war, dass die Osmoregulationen Zeit brauchen, musste für ein möglichst langes Lebendbleiben der Versuchsobjekte Sorge getragen werden. Zu diesem Zwecke wurde in den Glasschalen zu Beginn des Versuches durch Anbringen feuchter Filterpapierstreifen am Deckel eine Luftfeuchtigkeit von ca. 90% hergestellt, die dann langsam auf ca. 50% sank. Blätter von *Rhoeo discolor* blieben auf diese Weise 14 Tage am Leben und erreichten ein Sz_g von 19,1 Atm., während sie im Exsikkator ($CaCl_2$) schon nach 8 Tagen abstarben, wobei Sz_g nur 11,6 Atm. betrug. Topfpflanzen dagegen liess ich unbegossen, vor direktem Sonnenlicht geschützt, im Laboratorium bei einer Temperatur von ca. $20^\circ C$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 50 % stehen.

Für die Untersuchungen bei *Ueberbilanz* wurden gleiche Glasschalen benutzt, die mit Filterpapier ausgekleidet waren und im untern Drittel Wasser enthielten. Die Objekte befanden sich in dampfgesättigter Luft, mit Ausnahme der Schnittfläche, die in Wasser tauchte. Die absorbierende Fläche war durch mehrere Längsschnitte vergrössert. Gegenüber dem völligen Untertauchen unter Wasser wurde dieser Versuchsanordnung der Vorzug gegeben, da die Lebensdauer grösser war und da meist auch ein tieferes Minimum erreicht wurde, wie folgende Zusammenstellung (Tabelle 4) zeigt.

Tabelle 4.

Pflanzen	Organ	Gewebe	Im feuchten Raum		Unter Wasser	
			Lebens-dauer Tage	Sz_g Atm.	Lebens-dauer Tage	Sz_g Atm.
<i>Anemone Hepatica</i> . . .	Kronb.	U. E.	8	7,9	6	8,5
<i>Iberis amara</i>	Blatt	O. E.	10	7,3	7	9,1
<i>Rhododendron ferrug.</i>	Blatt	O. E.	24	25,0	20	28,5

Ferner weist H o f m e i s t e r (1938, S. 411, vgl. auch U r s p r u n g 1937, S. 1141) darauf hin, dass das Wässern von Schnitten die Permeabilität des Protoplasmas erhöhen kann. Ebenso pflegt bekanntlich das Wässern die Ablösung des Protoplasten zu begünstigen und verursacht dadurch eine Verkürzung der Plasmolysezeit (vgl. S c h m i d t , 1939, S. 29). Es gibt zwar Pflanzen, die das Untertauchen gut ertragen, wie z. B. die Angabe von B o a s (1939, S. 44) zeigt, nach welcher Blätter von *Salix babylonica* 117 Tage unter Wasser leben können.

Topfpflanzen wurden reichlich begossen und unter Glasglocken, die mit feuchtem Filtrerpapier ausgekleidet waren, gehalten.

Aber auch bei Gleichheit dieser äusseren Bedingungen waren doch durch das Versuchsmaterial selbst zahlreiche Verschiedenheiten gegeben. Die einen Objekte starben langsamer ab als andere, was Unterschiede in der *Versuchsdauer* bedingte.

3. Die Bedeutung des Anfangswertes.

Die Höhe des Sz_g -Wertes kann schon in benachbarten Geweben desselben Organs verschieden sein, sie hängt ferner ab vom Alter sowie vor allem auch von Kälte-, Regen- und Trockenperioden. Der *Anfangswert* ist insofern von Bedeutung, als er den durch Unter- oder Ueberbilanz erreichbaren Endwert wesentlich beeinflusst. Einige Beispiele sollen zur Erläuterung dienen :

U r s p r u n g und B l u m (1919, S. 454) fanden im abgeschnittenen, austrocknenden *Hederablatt* folgende Sz_g -Werte :

obere Epidermis frisch 21,8 Atm., nach 3 Tagen 25,9 Atm.

Palisaden . . . frisch 25,9 Atm., nach 3 Tagen 35,2 Atm.

Natürlich ist für den höhern Endwert der Palisaden nicht nur der höhere Anfangswert massgebend, sondern auch die grössere Reaktionsfähigkeit.

Der Einfluss des Alters ist verschieden; bald wurden die jungen Organe höher gefunden (z. B. P r i n g s h e i m , 1906, S. 121, KNO_3), bald die älteren (z. B. U r s p r u n g und B l u m , 1916, S. 97, KNO_3 ; M e r k t , 1939, S. 18, Rohrzucker). Aus meinen eigenen Erfahrungen greife ich die obere Blattepidermis von *Pachysandra terminalis* im November 1938 heraus.

Diesjähriges Blatt :

Anfangswert 24,5 Atm., Endwert nach Unterbilanz 35,2 Atm.

Letztjähriges Blatt :

Anfangswert 27,2 Atm., Endwert nach Unterbilanz 41,5 Atm.

Die Bedeutung der *Temperatur* für den Anfangswert lässt die obere Epidermis des *Rhododendronblattes* erkennen :

November 1938, bei +6° C :

Anfangswert 30,4 Atm., Endwert nach Unterbilanz 38,3 Atm.
März 1939, bei —10° C :

Anfangswert 46,0 Atm., Endwert nach Unterbilanz 61,1 Atm.

Eine Erhöhung der Sz_g -Werte durch Temperaturerniedrigung konstatierten z. B. B l u m (1916, S. 48, KNO_3), M e i e r (1916, S. 61, KNO_3), B ä c h e r (1920, S. 64), M e r k t (1938, S. 25).

Niedere Temperaturen bewirken auch ein Ansteigen von Si_n , z. B. W a l t e r (1931, S. 79), T h r e n (1934, S. 507), K e s s l e r (1935, S. 345). Früher brachte man die hohe Frostresistenz in direkte Beziehung zu hohen Sz_g - oder Si_n -Werten. Heute wissen wir, dass dieser Parallelismus vorhanden sein kann, aber nicht vorhanden sein muss, dass somit die Verhältnisse komplizierter liegen, als man früher glaubte (U l m e r, 1936, S. 558, K e s s l e r, 1935, S. 345, K e s s l e r und R u h l a n d, 1938, S. 199).

Die Wirkung einer *Trockenperiode* zeigt die obere Blattepidermis von *Morina longifolia*:

vor Trockenperiode :

Anfangswert 16,9 Atm., Endwert nach Unterbilanz 23,8 Atm.
nach 10tägiger Trockenheit :

Anfangswert 21,8 Atm., Endwert nach Unterbilanz 24,2 Atm.

Verschieden verhielten sich auch zwei Sprosse von *Vinca major*, von denen der eine dem Garten, der andere dem feuchten Gewächshaus entnommen wurde :

aus Garten :

Anfangswert 21,0 Atm., Endwert nach Unterbilanz 36,7 Atm.
aus Gewächshaus :

Anfangswert 16,2 Atm., Endwert nach Unterbilanz 29,0 Atm.

Die *Tagesschwankung* untersuchte ich bei *Vaccinium Vitis idaea*; ein Einfluss war hier nicht nachzuweisen (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5.

Einfluss der Tagesschwankung auf Sz_g -Maxima und -Minima.
Obere Blattepidermis von *Vaccinium Vitis idaea*.

	Morgenwerte		Mittagswerte	
	Unterbilanz Atm.	Ueberbilanz Atm.	Unterbilanz Atm.	Ueberbilanz Atm.
Beginn (27.11.39)	29,4	29,4	32,3	32,3
Nach 1 Tag	34,7	27,6	34,7	28,5
Nach 2 Tagen	39,9	25,9	39,3	25,4
Nach 3 Tagen	41,5	24,6	41,0	24,2
Nach 4 Tagen	43,7	23,8	44,3	23,8

Tabelle 5 a.
Vergleich der Sz_g -Werte verschiedener Stellen der Blattepidermis von *Helleborus*.
(Sz_g -Werte in Atm.)

	Blattspitzen		Blattbasen		Ganzes Blatt	
	Frisches Blatt	Nach 3 Tagen Unterbilanz	Frisches Blatt	Nach 3 Tagen Unterbilanz	Frisches Blatt	Nach 3 Tagen Unterbilanz
Blattstellen	1	18,7	22,2	18,4	22,2	—
	2	18,7	22,2	18,0	22,5	—
	3	18,4	21,8	18,7	21,8	—
	4	18,7	22,5	18,7	21,8	—
	5	19,1	22,9	18,4	22,2	—
	6	18,7	22,2	18,4	22,2	—
	7	18,4	22,2	18,0	21,8	—
Höchster Sz_g -Wert	19,1	22,9	18,7	22,5	19,1	22,9
Tiefster Sz_g -Wert	18,4	21,8	18,0	21,8	18,0	21,8
Streuung	0,7 (3,84 %)	1,1 (4,9 %)	0,7 (3,8 %)	0,7 (3,2 %)	1,1 (5,9 %)	1,1 (5,0 %)
Stärkste Abweichung vom arith. Mittel	+0,4 (2,1 %)	+0,6 (2,7 %)	-0,4 (2,2 %)	+0,4 (1,8 %)	+0,6 (3,2 %)	+0,8 (3,6 %)
Sz_g unter Berücksichtigung des mittleren Fehlers	18,7 ± 0,09	22,3 ± 0,13	18,4 ± 0,11	22,1 ± 0,1	18,5 ± 0,08	22,1 ± 0,09

Die untersuchten Blätter starben nicht an allen Stellen gleichzeitig ab; so war ich gezwungen, im Verlaufe des Versuches Sz_g an *verschiedenen Blattstellen* zu messen. Die Versuche am *Helleborus*blatt in Tabelle 5 a, wo kleinere Sz_g-Änderungen in der Epidermis besonders zahlreich waren, zeigen, dass Schwankungen von $\pm 0,55$ Atm. durch die verschiedene Sz_g-Verteilung im Blatt und nicht durch Unter- und Ueberbilanz verursacht werden. Die Streuung ist natürlich in den verschiedenen Blättern verschieden; bei *Vinca major* z. B. war sie nach Bauer bedeutend geringer.

Tabelle 6.

Längenänderung der Kronblattstreifen bei Unter- und Ueberbilanz (in μ).

Pflanze	Normallänge (μ)		Anzahl Stunden	Unterbilanz	Ueberbilanz
	Paraffinöl	Plas-molysiert		Unter- oder Ueberbilanz	Plas-molysiert
<i>Dianthus Caryophyllus</i> . . .	10 000	8500			
		8484	2	8501	8537
		8467	4	8519	8607
			9	8483	8677
			17	tot	8907
			24		9242
			48		9436
			72		9471
<i>Pelargonium zonale</i>	10 000	8129			
		8056			
		8077			
			2	8034	8139
			5	8087	8348
			17		8661
			24		8974
			48		9043
<i>Chrysanthemum Leucanthemum</i>	10 000		1		9072
			1	9022	
			6	9062	
			6		9687
		8969	72		9561

4. Vorläufige Orientierung über eine nicht berücksichtigte Fehlerquelle.

Eine Fehlerquelle, die gewöhnlich nicht berücksichtigt wird, knüpft sich an folgende Betrachtung (Ursprung, S. 1177). Gegeben sei eine Zelle, für welche $O_n = 0,60$ Mol Rohrzucker beträgt und für welche

die Beziehung $\frac{O_n}{O_g} = \frac{V_g}{V_n}$ gilt. Erfolgt bei Grenzplasmolyse eine Volumverringerung:

um $\frac{1}{6}$, so wird $O_g = 0,72$ Mol,

um $\frac{2}{6}$, so wird $O_g = 0,90$ Mol,

um $\frac{3}{6}$, so wird $O_g = 1,20$ Mol.

Da nun die Volumkontraktion bei Pflanzen trockener Standorte stärker zu sein pflegt, als bei Pflanzen feuchter Standorte, speziell bei Submersen (Ursprung, S. 1492), war zu prüfen, ob meine Versuchsanordnung (Unterbilanz, Ueberbilanz) das Grenzplasmolysevolumen nicht wesentlich beeinflussen kann, sei es durch Wachstum, durch Ueberdehnung, durch Deformation oder auf andere Weise. Eingehende Untersuchungen habe ich nicht ausgeführt, aber immerhin die folgenden Versuche vorgenommen.

Tabelle 7.

Längenänderung von Kronblattstreifen bei Unter- und Ueberbilanz (in μ)
(in Wasser von 4—8° C).

Pflanze	Normallänge (μ)		Anzahl Stunden	Unterbilanz		Ueberbilanz	
	Paraffinöl	Plasmolysiert		Unter- und Ueberbilanz	Plasmolysiert	Plasmolysiert	Plasmolysiert
<i>Dianthus Caryophyllus</i> . . .	10 000	8474					
		8493					
			2	8517	8465		
			4	8482	8534		
			9	8534	8551		
			17		8517		
			24		8488		
			48		8551		
<i>Pelargonium zonale</i> . . .	10 000	8120					
		8052					
			2	8146	8123		
			5	8067	8133		
			17		8048		
			24		8181		
			48		8104		

Gleich lange Streifen aus Kronblättern von *Dianthus Caryophyllus*, *Pelargonium zonale* und *Chrysanthemum Leucanthemum* wurden sofort, ferner nach längerer Unterbilanz (durch Liegenlassen in den S. 54 beschriebenen Glasschalen) und Ueberbilanz (unter Wasser von Zimmertemperatur getaucht) in 1 Mol NaCl plasmolysiert (vgl. Tabelle 6).

Aus Tabelle 6 folgt, dass bei langem Liegen unter Wasser von Zimmertemperatur die Streifen sich deutlich weniger stark verkürzen als bei Plasmolyse im frischen Zustand. Dass Wasser von 4—8° C diesen Einfluss nicht besass, deutet auf Störung durch Wachstum hin (Tabelle 7).

Da ich meine Versuchsstoffe nicht unter Wasser tauchte, sind diese Resultate auf meine Methode nicht direkt anwendbar. Ausserdem müsste in entscheidenden Experimenten natürlich auch die Wandfläche von Einzelzellen geprüft werden. Immerhin ist durch diese Vorversuche auf eine Fehlerquelle hingewiesen, deren genaue Prüfung erwünscht wäre.

Ist das Volumen der entspannten Zelle im Laufe des Versuches gleichgeblieben, so deutet eine Sz_g -Änderung während des Versuches auf eine entsprechende Änderung der osmotisch wirksamen Substanz hin.

Ist das Volumen der entspannten Zelle im Laufe des Versuches grösser geworden (Wachstum, Ueberdehnung), so sind verschiedene Möglichkeiten zu unterscheiden. Ist die osmotische Substanz gleichgeblieben, so wird Sz_g kleiner. Hat die osmotische Substanz zugenommen, aber nicht entsprechend der Volumenvergrösserung, so hat dies ebenfalls eine, wenn auch geringere Abnahme von Sz_g zur Folge. Hat die osmotische Substanz abgenommen, so ist die stärkste Sz_g -Abnahme zu erwarten. Haben osmotische Substanz und Volumen in gleichem Masse zugenommen, so ist Sz_g gleichgeblieben. Hat die osmotische Substanz stärker zugenommen, so ist Sz_g grösser geworden.

III. Änderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse (Sz_g) durch Unterbilanz.

Ueberblicken wir die bisherigen Untersuchungen über das Verhalten von Sz_g bei Unterbilanz, so zeigt nach älteren Erfahrungen (bis 1918 bei Bächer 1920 zusammengestellt) Sz_g allgemein nur Ansteigen. Später wurden aber bald auch Ausnahmen bekannt mit einem zeitweisen oder konstanten Sinken. So fand Gehler (1930, S. 79) in 65 Unterbilanzversuchen 40mal ein Ansteigen, 19mal blieb der Sz_g -Wert während der ganzen Dauer des Versuches gleich, 3mal wies er unregelmässige Schwankungen auf und 3mal (*Dianthus Caryophyllus*, *Jasminum nudiflorum*, *Chrysanthemum indicum*) wurde er kleiner. Die Untersuchungen

von Simonis (1936), Härtel (1936), sowie Markt (1938) und A. Müller lernten weitere Ausnahmen kennen, und Beck (1930) wies auf das verschiedene Verhalten verschiedener Gewebe desselben Blattes hin.

Betrachten wir das Verhalten von Si_n bei Unterbilanz, so begegnen wir in der Regel wieder einer Zunahme. Es ist ja auch klar, dass die direkte Folge des Wasserverlustes eine Konzentrationszunahme des Zellsaftes sein muss. So gibt Walter (1929, S. 613) für *Stachys germanica* in einer Trockenperiode 37,0 und in einer Regenperiode 9,7 Atm. an. Aber auch hier lernte man bald Ausnahmen kennen; sie sind um so merkwürdiger, weil sie ein besonders starkes Sinken von Sz_g voraussetzen, da die primäre Folge der Unterbilanz ja stets eine Wasserabnahme und damit eine Si_n -Zunahme sein muss.

A. Unterbilanz in trockener Luft.

Abgeschnittene Blätter, Blüten und Sprosse, sowie auch *Trente-pohlia*, kamen in die S. 54 beschriebenen Glasschalen, deren relative Luftfeuchtigkeit allmählich von 90 auf ca. 50 % zurückging. Die Topfpflanzen wurden im Laboratorium, vor direktem Sonnenlicht geschützt, bei einer Temperatur von ca. 20° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 50 % aufbewahrt und nicht begossen.

Nach dem Verlauf der Sz_g -Änderung bei Unterbilanz habe ich meine Versuchsstoffe in folgende Kategorien eingeteilt:

- a) Der Endwert liegt deutlich über dem Anfangswert.
- b) Der Endwert ist nur wenig verschieden vom Anfangswert.
- c) Der Endwert liegt deutlich unter dem Anfangswert.

a) Der Endwert liegt deutlich über dem Anfangswert.

a) Bisherige Untersuchungen.

Nach den bisherigen Erfahrungen ergab Unterbilanz bei den meisten Objekten ein deutliches Ansteigen von Sz_g . So wiesen Ursprung und Blum (1916, S. 134) an mehreren Pflanzen mit abnehmender Bodenfeuchtigkeit und Einwirkung von Wind ein deutliches Ansteigen der Sz_g -Werte nach. Zum gleichen Ergebnis führten ferner die Laboratoriumsversuche von Meier (1916, S. 7); Ursprung und Blum (1919, S. 454), Bächer (1920, S. 97); Iljin (1929, S. 51). Besonders hohe Werte erhielt Meier (S. 8), wenn er Blätter in einer Botanisierbüchse der Sonne exponierte. Die Versuche von Beck (1930, S. 70) am *Hederablatt* zeigten ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Gewebe; am stärksten war der Anstieg in den Palisaden, geringer und

Tabelle 8.
Pflanzen mit fortwährendem Ansteigen von Sz_g bei Unterbilanz.
(Sz_g -Werte in Atn.)

Gruppe	Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Anfangswert	Endwert	Lebensdauer (Tage)	Untersuchungszeit	Gesamt-ansteigen		Anstieg pro Tag ¹ Atn.
								Atm.	%	
I	<i>Uvularia grandiflora</i>	•	•	•	•	•	Abg. B.	0. E.	12,2	18,0
	<i>Convallaria majalis</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	12,2	18,2
	<i>Rumex maritimus</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	9,7	17,6
	<i>Vaccaria pyramidata</i>	•	•	•	•	•	Abg. Bl.	O. E. Kronb.	14,1	21,4
	<i>Trentepohlia aurea</i>	•	•	•	•	•	Rasen	Zellfaden	123,4	291,4
II	<i>Chelidonium majus</i>	•	•	•	•	•	Abg. B.	O. E.	15,8	22,9
	<i>Globularia vulgaris</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	25,4	40,4
	<i>Sanguisorba minor</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	19,1	28,1
	<i>Thlaspi perfoliatum</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	12,5	16,5
	<i>Saponaria officinalis</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	19,1	24,2
III	<i>Lilium tigrinum</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	22,2	37,3
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	6,4	20,6
	<i>Rhoeo discolor</i>	•	•	•	•	•	»	U. E.	5,9	19,1
	<i>Funaria hygrometrica</i>	•	•	•	•	•	Rasen	B. Oberseite	16,1	24,9
	<i>Papaver Rhoeas</i>	•	•	•	•	•	Abg. Bl.	O. E. Kronb.	18,0	21,8
III	<i>Primula Auricula</i>	•	•	•	•	•	Abg. B.	O. E.	15,8	19,8
	<i>Peltaria alliacea</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	13,8	21,4
	<i>Potentilla argentea</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	21,0	35,2
	<i>Vinca major</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	21,0	36,7
	<i>Calendula officinalis</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	9,7	16,9
	<i>Iberis amara</i>	•	•	•	•	•	»	O. E.	11,8	18,0

III	<i>Pastinaca sativa</i>	9,7	19,1	14	9.	— 23.10.38	9,4	96,9
	<i>Morina longifolia</i>	16,9	23,8	21	11.11.	— 2.12.38	6,9	40,8
	<i>Veronica gentianoides</i>	16,5	25,9	12	2.	— 14.12.38	9,4	56,9
	<i>Genista tinctoria</i>	18,4	26,7	9	7.	— 16. 7.38	8,3	45,1
	<i>Satureia vulgaris</i>	19,8	29,0	12	1.	— 13. 9.38	9,2	46,4
	<i>Pentstemon barbatus</i>	24,2	36,2	11	2.	— 13.12.38	12,0	49,6
	<i>Digitalis nervosa</i>	17,2	40,4	20	11.11.	— 1.12.38	23,2	134,8
	<i>Aeonium cuneatum</i>	6,2	11,8	22	15. 3.	— 6. 4.39	5,6	90,3
	<i>Crassula lactea</i>	2,7	8,2	18,2	21. 3.	— 19. 9.39	5,5	203,6
	<i>Sempervivum tectorum</i>	9,7	21,8	25	28.10.	— 22.11.38	12,8	131,9
IV	<i>Helleborus foetidus</i>	29,9	58,9	8	31. 3.	— 8. 4.38	29,0	96,9
	<i>Erica carnea</i>	25,9	38,8	24	25.11.	— 19.12.38	12,9	49,8
	<i>Selaginella Martensii</i>	14,1	29,4	2	7.	— 9. 8.40	15,3	108,5
	<i>Selaginella Emmeliana</i>	17,3	32,0	3	7.	— 10. 8.40	14,7	84,9
	<i>Narcissus poeticus</i>	7,9	16,9	18	23. 5.	— 10. 6.39	9,0	113,9
	<i>Crocus sativus</i>	15,5	26,3	78	4.11.38—21.	1.39	10,8	69,7
	<i>Anemone Hepatica</i>	13,5	23,4	6	14.	— 20. 3.38	9,9	73,3
	<i>Melandrium album</i>	12,2	21,8	8	29. 9.	— 7.10.38	9,6	78,7
	<i>Gypsophila paniculata</i>	12,2	25,9	9	29. 9.	— 8.10.38	13,7	112,3
	<i>Silene Armeria</i>	12,2	26,7	10	20.	— 30. 9.38	14,5	118,8
IV	<i>Hyssopus officinalis</i>	19,5	29,4	22	23.11.	— 15.12.38	9,9	50,7
	<i>Senecio vulgaris</i>	11,2	23,8	14	25.11.	— 9.12.38	12,6	112,5
	<i>Saponaria officinalis</i>	10,3	20,2	10	20.	— 30. 9.38	9,9	96,1
	<i>Silene Armeria</i>	16,9	22,9	9	20.	— 29. 9.38	6,0	35,5
	<i>Syringa vulgaris</i>	25,2	29,4	17	26. 7.	— 12. 8.39	4,2	16,7
	<i>Rhododendron ferrug.</i>	61,1	16	18. 3.	— 3.	4.39	15,1	32,8
		46,0						1,0

Abkürzungen: Abg. B. = abgeschnittenes Laubblatt; Abg. Bl. = abgeschnittene Blüte; O. E. = obere Epidermis; U. E. = untere Epidermis.

Berechnung: Gesamtänderung Zahl der Tage bis zur Bestimmung des Endwertes

weniger regelmässig dagegen in der Epidermis. Die Untersuchungen von G e h l e r (S. 80) ergaben in 48 Versuchen mit welkenden Kronblättern 30mal und in 17 Proben mit Laubblättern 10mal ein deutliches Ansteigen von Sz_g . In den Unterbilanzversuchen von S i m o n i s (S. 200) mit Topfpflanzen erlitten vor allem die Hartlaubpflanzen und die Xerophyten starke Sz_g -Zunahmen, aber auch in den meisten Sumpf- und Schattenpflanzen stieg Sz_g deutlich an. H ä r t e l (S. 35) beobachtete unter anderem bei *Globularia cordifolia* und *Anthyllis vulneraria* Sz_g -Anstieg in der Trockenzeit.

β) Eigene Messungen.

Ein höherer Endwert kann erreicht werden

1. durch fortwährendes Ansteigen des Anfangswertes bis zum Absterben des Versuchsobjektes,
2. durch vorübergehendes Steigen und Fallen der Sz_g -Werte.

1. Sz_g steigt bei Unterbilanz fortwährend an.

Der grösste Teil meiner Untersuchungsobjekte zeigte bei Unterbilanz fortwährendes Ansteigen von Sz_g bis zum Absterben. Tabelle 8 gibt eine Uebersicht. (Zur Vereinfachung der Tabelle werden die 2 bis 4 Sz_g -Bestimmungen im Verlauf des Versuches nicht angeführt.) Diese andauernde Sz_g -Zunahme kann in verschiedener Weise vor sich gehen, wonach die Gruppen I—IV unterschieden worden sind. Der Anstieg erfolgt in

- Gruppe I geradlinig,
» II anfangs schwächer, dann stärker,
» III anfangs stärker, dann schwächer,
» IV abwechselnd stärker und schwächer.

Vergleichen wir unter Benützung von Tabelle 8 zunächst die *Laubblattepidermen*. Die Anfangswerte bewegen sich zwischen 2,7 (*Crassula lactea*) und 46,0 Atm. (*Rhododendron ferrugineum*), die Endwerte zwischen 8,2 (*Crassula*) und 61,1 Atm. (*Rhododendron*). Dass der tiefste Anfangswert auf eine Sukkulente, der höchste auf den Winterwert einer immergrünen Pflanze fällt, deckt sich mit den bisherigen Erfahrungen. Indessen erlaubt der Anfangswert durchaus keinen Schluss auf den Endwert. So steigt z. B. *Digitalis nervosa* von 17,2 auf 40,4 Atm. an, *Syringa vulgaris* aber mit höherem Anfangswert von 25,2 auf nur 29,4 Atm.

Der Gesamtanstieg der Laubblattepidermen ist am höchsten bei *Digitalis nervosa* mit 23,2 Atm., am geringsten mit 4,0 Atm. bei *Primula Auricula* und *Thlaspi perfoliatum*. Den höchsten Gesamtanstieg in Prozent finden wir bei *Rhoeo discolor* (224 %) und *Hydrocotyle vul-*

garis (222 %). Diese starke prozentuale Zunahme von *Hydrocotyle* ist auffallend, da die übrigen von mir untersuchten Sumpfpflanzen (*Apium nodiflorum*, *Ranunculus Flammula*, *Menyanthes trifoliata*) eine Abnahme zeigten.

Wieder anders verhält sich die Anstiegsgeschwindigkeit, also die Zunahme von Sz_g pro Tag oder Stunde. Sie ist ausnahmsweise gross bei *Funaria* 0,68 Atm. pro Stunde, es folgt *Selaginella Martensii* 10,2 Atm. pro Tag, während die meisten Epidermen 2 Atm. pro Tag nicht erreichen. Für *Funaria* und *Selaginella* musste KNO_3 als Plasmolytikum verwendet werden, da Rohrzucker Schrumpfen der Zellen verursachte, weil er, besonders in höhern Konzentrationen, nicht durch die Zellwände permeieren konnte. *Crassula* verbindet mit einem starken Gesamtanstieg von 204 % eine minimale Geschwindigkeit von nur 0,03 Atm. pro Tag.

Die grösste Lebensdauer der Laubblattepidermis zeigt, wie nicht zu verwundern, eine Sukkulente, *Crassula lactea*; es folgen *Erica carnea* und *Hyssopus officinalis*. Durch besonders kurze Lebensdauer zeichnen sich die *Selaginella* und *Funaria* aus.

Dass verschiedene Gewebe desselben Organs sich verschieden verhalten können, illustrieren die Palisaden von *Helleborus foetidus*. Sie steigen stark an von 29,9 auf 58,9 Atm., während die Epidermis unter c) zu suchen ist, da sie bei länger andauernder Unterbilanz fällt.

Von den beiden *Topfpflanzen* zeichnet sich *Crocus sativus* durch lange Lebensdauer und geringe Anstiegsgeschwindigkeit aus, während *Narcissus poeticus* mit einem schwachen Anstieg in Atm. einen starken prozentualen verbindet.

Die *Kronblattepidermen* der Tab. 8 weisen beim Absterben Sz_g -Maxima von etwa 20 Atm. auf.

Eine besondere Stellung nimmt *Trentepohlia aurea* ein, von der ein kleiner Rasen von 1 cm^2 Fläche auf seiner natürlichen Unterlage zur Untersuchung gelangte unter Benützung von LiCl. In den Zellen mit gleichmässig verteiltem Hämatochrom hatte der gewaltige Anfangswert von 123 Atm. in 6 Stunden bis auf 291 Atm. zugenommen, was eine enorme Anstiegsgeschwindigkeit von 28 Atm. pro Stunde bedeutet. Zellen, die das Hämatochrom in der Mitte zusammengeballt hatten, plasmolysierten schon in tieferen Konzentrationen (vgl. Howland 1929, S. 176; Laué 1938, S. 204).

Die von Laué im Dampfraum über 1,4 Mol NaCl mit NaCl als Plasmolytikum gefundenen Sz_g -Maxima betrugen 3,2—3,3 Mol_v, was 177—185 Atm. entspricht. Nach mehr als 6 Stunden Unterbilanz flachten sich bei meiner Versuchsanordnung die Zellen bandförmig ab und waren nicht mehr plasmolysierbar; nach kurzem Wässern hatten sie die ursprüngliche Form und die Plasmolysierbarkeit wieder zurückgelangt, doch konnte ich kein weiteres Ansteigen von Sz_g beobachten.

Für vereinzelte, in Tab. 8 enthaltene Pflanzen liegen Sz_g -Messungen in Unterbilanzversuchen vor bei Meier S. 62, Simonis S. 201 und A. Müller. Meier fand (mit KNO_3) an Topfexemplaren von *Primula Auricula*, die nicht begossen wurden und dem Wind ausgesetzt waren, in 6 Tagen ein Ansteigen von 10,3 auf 23,4 Atm., während der Anstieg in meinen Versuchen in 16 Tagen bedeutend geringer war (4,0 Atm.). An Topfpflanzen von *Sanguisorba minor* beobachtete Simonis ebenfalls ein höheres Maximum (37,2 Atm.) und einen stärkeren prozentualen Anstieg (101 %), als meine Untersuchungen an abgeschnittenen Blättern ergeben hatten (Maximum 28,1 Atm., Anstieg 47 %). In den Austrocknungsversuchen von A. Müller mit abgeschnittenen Blättern von *Helleborus* stieg der Sz_g -Wert (Rohrzucker) der Palisaden im August in 2 Tagen von 31,8 auf 32,8 Atm. In meinen Versuchen stieg Sz_g der Palisaden in Blättern, die in Glasschalen vor dem Fenster bei -3 bis $-5^\circ C$ welkten, in 3 Tagen von 29,9 auf 58,9 Atm. Einen stärkeren Sz_g -Anstieg (8,8 Atm.) als A. Müller (5,75 Atm.) konnte ich auch in den Blättern von *Funaria* feststellen.

Drei Pflanzen in Tab. 8 können ferner verglichen werden mit Si_n -Maxima, die im Verlaufe von Trocken- oder Kälteperioden an Freilandpflanzen gewonnen wurden, wobei natürlich zu berücksichtigen ist, dass bei der Einzelzelle $Si_n < Sz_g$ ist, dass es sich aber bei Si_n um Durchschnittswerte sämtlicher Blattgewebe handelt. Walter (1931, S. 86) beobachtete bei *Syringa vulgaris* ein Si_n -Maximum von 25,5 Atm. (mein Sz_g -Maximum 29,4 Atm.), bei *Chelidonium majus* (S. 85) im Winter ein solches von 15,7 Atm. (mein Sz_g -Maximum 22,9 Atm.). Einen ausserordentlich hohen Si_n -Wert von 61,9 Atm. durch Kälteeinfluss konnte von Michaelis (1934, S. 236) in den Blättern von *Rhododendron ferrugineum* bestimmt werden (mein Sz_g -Maximum 61,1 Atm.).

2. Sz_g steigt bei Unterbilanz unregelmässig an.

Hierher stelle ich abgeschnittene Laubblätter oder Blüten, deren Epidermen im Verlauf der Unterbilanz Sz_g steigen und fallen liessen, deren Endwert aber den Anfangswert überragte. Nach dem Kurvenverlauf lassen sich folgende Gruppen unterscheiden (vgl. Tabelle 9).

- Gruppe I : Sz_g sinkt anfänglich und steigt nachher an.
- » II : Sz_g steigt anfänglich und sinkt nachher.
- » III : Sz_g steigt an mit lokalen Depressionen.

Den Uebergang zu Tabelle 9 bilden *Sambucus nigra* und *Chenopodium Bonus Henricus*, deren aufsteigende Kurve nur eine kleine Depression aufweist.

Bei *Sambucus nigra* konnte Laisné (1939, S. 399) ein ähnliches Verhalten der Si_n -Kurve beobachten.

Tabelle 9.

 Sz_g steigt bei Unterbilanz unregelmässig an.Die Sz_g -Werte (in Atm.) beziehen sich auf die obere Epidermis abgeschnittener Blätter.

Gruppe	Pflanzen	Anfangs- wert	Sz_g -Werte nach Tagen												Untersuchungszeit	
			Stunden				Untersuchungszeit									
			2	2½	6	24	2	3	5	6	7	8	9	10		
I	<i>Alyssum Alyssoides</i>	15,1	—	—	—	—	14,6	—	19,8	—	—	—	30,4	+ ²	—	
	<i>Antirrhinum majus</i>	19,1	—	—	—	—	—	—	13,5	—	—	—	—	—	—	
II	<i>Saxifraga decipiens</i> ¹	15,1	—	—	—	—	—	—	—	10,6	—	—	—	—	13,5	
	<i>Polygonum Persicaria</i>	17,2	—	—	—	—	—	30,4	23,8	22,5	—	—	21,8	—	—	
III	<i>Sambucus nigra</i>	11,8	14,9	13,1	14,5	19,4	25,9	—	—	—	—	—	28,1	—	+	
	<i>Phyllitis Scolopendrium</i>	13,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0	—	—	
I	<i>Pachysandra terminalis</i>	27,2	—	—	—	—	—	—	32,7	—	—	—	—	28,1	—	
	<i>Beta vulgaris</i>	21,0	—	—	—	—	23,4	—	—	—	18,0	17,6	—	—	—	
II	<i>Chenopodium Bonus Henricus</i>	18,4	—	—	—	—	17,6	18,4	—	—	18,0	—	23,8	29,0	+	
Gruppe	Pflanzen	Anfangs- wert	Sz_g -Werte nach Tagen													
			12	14	17	19	20	22	24	25	—	—	—	—	Untersuchungszeit	
			15,3	12,38	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
I	<i>Alyssum Alyssoides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	15.	—	—	—	—	—	
	<i>Antirrhinum majus</i>	—	—	22,2	+	—	—	—	—	10.	—	—	—	—	—	
II	<i>Saxifraga decipiens</i>	15,5	—	—	—	—	—	—	—	15,5	+	—	—	—	—	
	<i>Polygonum Persicaria</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,10.	—	21,11,38	0,4	
III	<i>Sambucus nigra</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.	—	15. 9,38	13,2	
	<i>Phyllitis Scolopendrium</i>	24,2	24,6	—	—	—	—	—	—	25,4	+	5.	—	14. 8,39	16,3	
I	<i>Pachysandra terminalis</i>	—	—	41,5	+	—	—	—	—	—	—	11.	—	29. 7,39	11,6	
	<i>Beta vulgaris</i>	32,7	31,3	—	—	—	—	—	—	—	—	7.	—	30,11,38	14,3	
II	<i>Chenopodium Bonus Henricus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.	—	24. 9,38	14,3	
												6.	—	17. 9,38	10,3	
III												6.	—	17. 9,38	10,6	

¹ Spross. ² Zellen tot.

b) Der Endwert ist nur wenig höher als der Anfangswert.

a) Bisherige Untersuchungen.

Nach den bisherigen Untersuchungen finden sich geringe Sz_g -Schwankungen meist bei Pflanzen, deren Wasseraufnahme auch in Trockenzeiten durch tiefe Wurzeln gesichert und deren Transpiration eingeschränkt ist (Härtel, S. 55: *Onosma Visianii*, *Dorycnium germanicum*, *Sanguisorba minor*, *Teucrium chamaedrys* und *T. montanum*), ferner bei Pflanzen, die, durch ihren schattigen Standort geschützt, keiner Anpassung an Unterbilanz bedürfen (Simonis, S. 205: *Sanicula europaea*, *Asarum europaeum*, *Anemone Hepatica*, *Oxalis acetosella* und *Impatiens parviflora*), ebenso bei Sukkulanten (Gehler: *Sedum Telephium*) oder Pflanzen, die in Knollen oder andern Pflanzenteilen Wasser zu speichern vermögen (Gehler bei *Iris germanica*, *Dahlia variabilis*, *Chrysanthemum indicum* und *Tussilago Farfara*) und bei Blüten von Frühblühern (Gehler: *Jasminum nudiflorum*, *Forsythia suspensa*, *Primula acaulis*).

Auf Grund kryoskopischer Untersuchungen zeigen geringe Sz_g -Schwankungen Schattenpflanzen, Sukkulente und einzelne Halbschatten- oder Sonnenpflanzen mit ausgeglichenem Wasserhaushalt und relativ hygromorphen Blättern (vgl. Walter 1931, J. Braun-Blanquet und H. Walter 1931, A. Pisek und E. Cartelli 1931).

β) Eigene Messungen.

In meinen in Tabelle 10 dargestellten Messungen habe ich Pflanzen zusammengefasst, deren Ansteigen oder Fallen 2,5 Atm. oder 27 % nicht überschritt, und zwar unter I fortwährendes schwaches Steigen, unter II erst schwaches Steigen, dann Fallen, unter III erst schwaches Fallen, dann Steigen.

Geringe Schwankung in der Laubblattepidermis fand ich bei der Schattenpflanze *Arum maculatum*, bei den Tiefwurzeln *Carlina vulgaris*, *Lupinus albus*, *Rumex acetosa* (das ausgegrabene Exemplar wies eine Wurzel von 122 cm Länge auf), ferner bei *Campanula persicifolia*, welche dichte Rasen bildet und ein reichverzweigtes, wenig tiefgehendes Wurzelsystem besitzt, und endlich noch bei *Nicotiana Tabacum*, deren Wurzelsystem nur wenig ausgebildet ist, deren Kultur aber feuchten Boden verlangt.

Bei den vergänglichen Perianthblättern sind keine grösseren osmotischen Anpassungen zu erwarten; dies gilt in besonderem Masse für Pflanzen, die in Knollen oder Zwiebeln (*Tulipa Gesneriana*, *Colchicum autumnale*, *Leucojum vernum* und *Crocus sativus*) oder auch in fleischigen Blütenböden (*Chrysanthemum Leucanthemum*; vgl. Gehler, S. 75) Wasser speichern können.

Tabelle 10.
Pflanzen mit geringer Änderung von S_{z_g} .
(S_{z_g} -Werte in Atm.)

Gruppe	Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Anfangs-Wert	Stunden						S_{z_g} -Werte nach Tagen							
					8	24	2	3	4	5	6	7	8	9	12	15	16	
I	<i>Carlina vulgaris</i>	Abg. B.	O. E.	10,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	<i>Lupinus albus</i>	Abg. B.	O. E.	13,5	—	14,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	<i>Tulipa Gesneriana</i>	Abg. Bl.	I. E. Perig. ¹	20,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
II	<i>Rumex Acetosa</i>	Abg. B.	O. E.	17,2	—	19,1	18,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Arum maculatum</i>	Abg. B.	U. E.	9,1	9,7	7,3	6,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,0
	<i>Chrysanthemum Leucanthemum</i>	Abg. Bl.	U. E. Kronb. ²	10,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	<i>Colchicum autumnale</i>	Abg. B.	I. E. Perig.	12,5	—	13,5	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Leucojum vernum</i>	Abg. Bl.	I. E. Perig.	10,6	—	—	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Campanula persicifolia</i>	Abg. B.	O. E.	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Nicotiana Tabacum</i>	Abg. B.	O. E.	7,6	—	—	6,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Crocus sativus</i>	Abg. Bl.	I. E. Perig.	16,9	—	16,9	16,5	16,9	16,5	16,9	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	—
Gruppe	Pflanzen	S_{z_g} -Werte nach Tagen														Gesamtänderung		
		7	8	9	12	15	16									Atm.	%	
I	<i>Carlina vulgaris</i>	—	—	—	—	12,5	+	—	—	—	—	—	—	—	—	19,10,38	+1,9	+17,9
	<i>Lupinus albus</i>	15,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—22,10,38	+2,3	+17,0
	<i>Tulipa Gesneriana</i>	22,5	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25, 4.— 3. 5,39	+2,3	+11,3
II	<i>Rumex Acetosa</i>	—	18,0	18,0	17,2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—16. 9,38	+1,9	+11,0
	<i>Arum maculatum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—9. 5,39	-2,4	-26,4
	<i>Chrysanthemum Leucanthemum</i>	10,3	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—19,11,38	+0,9	+8,7
III	<i>Colchicum autumnale</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—21. 9,38	+1,0	+8,0
	<i>Leucojum vernum</i>	11,5	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—21. 3,38	+1,9	+17,9
	<i>Campanula persicifolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—27,11,38	+0,3	+1,6
	<i>Nicotiana Tabacum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—12,10,38	+0,9	+11,8
	<i>Crocus sativus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—8,11,38	-0,4	-2,4

¹ Innere Epidermis des Perigons. ² Untere Epidermis des Kronblattes.

Durch tiefen Anfangswert zeichnen sich die Schattenpflanze *Arum* sowie *Nicotiana* aus. Die längste Lebensdauer besassen die Blätter von *Carlina* und *Campanula*.

c) Der Endwert von Sz_g liegt deutlich unter dem Anfangswert.

a) Bisherige Untersuchungen.

Wie schon S. 60 erwähnt wurde, mehren sich in neuerer Zeit die Angaben über Pflanzen, die bei Unterbilanz fortwährendes oder zeitweises Sinken von Sz_g aufwiesen. Gehler (1930, S. 79) beobachtete in 65 Unterbilanzversuchen dreimal ein Fallen von Sz_g in den Kronblättern von *Dianthus Caryophyllus*, *Jasminum nudiflorum* und *Chrysanthemum indicum*. Beck (1930, S. 79) fand in welkenden Blättern von *Hedera Helix* hin und wieder eine Sz_g -Abnahme in der Epidermis, während die Palisaden und das Schwammparenchym eine Zunahme aufwiesen. Simonis (1936, S. 200) untersuchte bei einer Reihe Sumpf-, Schatten-, Hartlaubpflanzen und Xerophyten das Verhalten von Sz_g der oberen Blattepidermis bei Unterbilanz und fand bei allen Ansteigen, mit Ausnahme von *Sanicula europaea*, welche bei steigender Bodentrockenheit ein schwaches Sinken von Sz_g aufwies (204). Härtel (1936, S. 13) verfolgte den Jahresgang von Sz_g der oberen Blattepidermis von Pflanzen eines xerothermen Standortes und beobachtete in Trockenperioden meist Ansteigen. Einzig *Hieracium Pilosella* erniedrigte in Trockenzeiten den Sz_g -Wert und liess ihn bei Regen wieder ansteigen. Merkt (S. 33) fand bei Austrocknungsversuchen im Schwammparenchym und den Palisaden der Nadeln von *Taxus* sowie im Assimilationsparenchym von *Pinus* und *Picea* stets Sinken von Sz_g , gleichgültig ob die Versuche mit einzelnen Nadeln, mit Zweigen oder mit eingetopften Pflanzen ausgeführt wurden. A. Müller beobachtete an eingetopften *Helleborus*-pflanzen mit Abnahme der Bodenfeuchtigkeit in allen Blattgeweben ein Ansteigen von Sz_g , wenn die Pflanzen in diffusem Tageslicht aufbewahrt wurden, dagegen ergaben Pflanzen, die auch direktes Sonnenlicht erhielten, nur ein Ansteigen im Schwammparenchym und in den Palisaden, während die Epidermen Sz_g sinken liessen. An abgeschnittenen *Helleborus*-Blättern mit und ohne Blattstiel erfuhren bei fortschreitender Austrocknung ebenfalls nur Schwammparenchym und Palisaden eine Sz_g -Erhöhung, während die Epidermen eine Erniedrigung zeigten.

Unter den zahlreichen Si_n -Messungen traten ebenfalls vereinzelte Ausnahmen auf mit Sinken von Si_n bei Unterbilanz. Als Beispiel führe ich die von Walter (1931, S. 108) untersuchten Wüstenpflanzen *Fouquiera splendens*, *Jatropha cardiophylla* sowie verschiedene Opuntien an; in Trockenperioden zeigten sie nach anfänglichem Ansteigen ein Abfallen der Si_n -Werte. Gleichzeitig begannen die Blätter, resp. Sprosse

Tabelle 11.
Pflanzen mit fortwährendem Sinken von S_{Zg} .
(S_{Zg} -Werte in Atm.)

Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Ausgangswert	S _{zg} -Werte nach Tagen										Gesamtamplitude Atm. %
				1	2	3	4	5	7	8	9	10	13	
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Menyanthes trifoliata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Menyanthes trifoliata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Menyanthes trifoliata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Asplenium Ceterach</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Narcissus poeticus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Narcissus poeticus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
<i>Lilium tigrinum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	—
S _{zg} -Werte nach Tagen														—
Pflanzen														—
			14	15	17	18	21	44						
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14.6.—29.6.39	0,44	0,44	6,1	57,5
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14.—22.6.39	0,47 (bzw. 1,65)	0,47 (bzw. 1,65)	3,3	30,3
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22.6.—1.7.39	0,3	2,4	25,5	—
<i>Ranunculus Flammula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	19.—28.6.39	0,6	4,2	34,7	—
<i>Menyanthes trifoliata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	21.6.—9.7.39	0,21	3,5	38,5	—
<i>Menyanthes trifoliata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24.6.—8.7.38	0,22	2,9	33,0	—
<i>Menyanthes trifoliata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24.6.—4.7.39	0,13	1,2	14,1	—
<i>Asplenium Ceterach</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6.7.—19.8.39	0,44	9,3	54,1	—
<i>Narcissus poeticus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	25.5.—29.5.39	0,7	2,1	12,2	—
<i>Narcissus poeticus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26.5.—5.6.39	1,2	10,8	57,7	—
<i>Lilium tigrinum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22.—27.8.38	2,15	8,6	28,3	—

zu vergilben, sie wurden entleert und zeigten vor dem Absterben die niedrigsten Si_n -Werte. Volk (1931, S. 176) fand bei *Euphorbia Gerardiana* sowie (1937, S. 129) in den Blättern von *Hippocrepis comosa*, *Asarum europaeum* und *Lathyrus vernus* bei Unterbilanz ein Sinken der Si_n -Werte; darauffolgende Regenfälle bewirkten ein Ansteigen.

β) Eigene Messungen.

In Tabelle 11 sind die Beispiele mit fortdauerndem Sinken zusammengestellt, in Tabelle 12 jene mit zeitweiliger, lokaler Erhöhung.

1. Sz_g fällt bei Unterbilanz fortwährend.

Hierher gehören nach Tabelle 11 zunächst die Sumpfpflanzen *Ranunculus Flammula* und *Menyanthes trifoliata*. Bei *Ranunculus* sinken alle untersuchten Blattgewebe. Die Topfpflanze hat, wie zu erwarten war, eine längere Lebensdauer als das abgeschnittene Blatt, damit ist auch eine stärkere Erniedrigung in Atm. und Prozenten verbunden. Aehnliches gilt für *Menyanthes*, lässt sich aber nicht generalisieren, da *Hydrocotyle*, wie wir in Tabelle 8 gesehen haben, bei Unterbilanz ein fortwährendes starkes Ansteigen aufweist.

Gleichmässiger scheint sich Si_n zu verhalten, indem nach Müller-Stöll (1938, S. 360) sein Sinken an weniger feuchten Standorten für Sumpf- und emerse Wasserpflanzen ein allgemeines Charakteristikum bildet. Da Wasserverlust Si_n rein physikalisch zum Ansteigen bringen muss, ist hier das Sinken von Si_n besonders auffallend und weist auf ein parallel gehendes stärkeres Fallen von Sz_g hin.

Merkwürdigerweise zeigt das gleiche Verhalten wie die beiden Wasserpflanzen auch *Asplenium Ceterach*, ein austrocknungsresistenter Xerophyt (Rouschral, 1938, S. 305), der unter den Pflanzen der Tabelle 11 naturgemäß die grösste Lebensdauer aufweist. Diesen beiden so verschiedenen ökologischen Gruppen ist übrigens gemeinsam, dass osmotische Schutzmittel gegen zu starken Wasserverlust überflüssig erscheinen, das eine Mal, weil ein Austrocknen nicht zu befürchten ist, das andere Mal, weil es schadlos ertragen wird.

Den Versuchspflanzen *Narcissus poeticus* und *Lilium tigrinum* begegneten wir schon in Tabelle 8. Verschiedene Epidermen zeigen hier ein ganz verschiedenes Verhalten: die Laubblattepidermis steigt bei Unterbilanz an, während gleichzeitig die Epidermis der Perigonblätter sinkt. Die Sinkgeschwindigkeit von Sz_g der Perigonblätter war bei *Narcissus* grösser, bei *Lilium* kleiner als die Steiggeschwindigkeit in den Blättern. Bei *Narcissus*, wo Topfpflanzen und abgeschnittene Blüten zur Untersuchung gelangten, zeigte die Topfpflanze einen viel stärkeren Ausschlag, zum Teil, weil die Sinkgeschwindigkeit viel grösser war, zum Teil, weil die Pflanze länger am Leben blieb.

Tabelle 12.
Pflanzen mit unregelmässigem Fallen von S_{z_g} bei Unterbilanz.
(S_{z_g} -Werte in Atm.)

Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Anfangswerts	S _{zg} -Werte nach Tagen							
				Stunden				Tage			
				8	24	42	8	2	3	4	5
<i>Apium nodiflorum</i>	Abg. B.	O. E.	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Picea excelsa</i>	Spross	Assimilations- parenchym	43,2	—	—	—	48,9	—	—	—	—
<i>Galtonia candicans</i>	Abg. Bl.	I. E. Perig.	22,9	—	25,4	—	16,5	16,2	+	—	—
<i>Colchicum autumnale</i>	Topfpl.	I. E. Perig.	12,2	—	12,5	—	12,8	11,2	8,5	—	—
<i>Crocus sativus</i>	Topfpl.	I. E. Perig.	22,5	—	25,0	—	—	—	—	21,4	—
<i>Taxus baccata</i>	Spross	O. E. B.	18,7	—	—	—	18,4	19,8	—	18,4	—
<i>Arum maculatum</i>	Abg. B.	O. E.	10,0	11,2	4,0	—	—	—	—	4,3	+
<i>Arum maculatum</i>	Topfpl.	O. E. B.	7,3	—	7,9	—	—	—	6,2	6,2	6,2
<i>Helleborus foetidus</i>	Abg. B.	O. E.	20,6	—	19,9	23,8	20,8	15,8	16,4	16,8	—
S _{zg} -Werte nach Tagen											
Pflanzen	Untersuchungszeit				S _{zg} -Differenz	Anfangswert-Maximum	S _{zg} -Differenz	Anfangswert-Maximum	S _{zg} -Differenz	Anfangswert-Maximum	S _{zg} -Differenz
	9	10	11	12	13						
<i>Apium nodiflorum</i>	—	—	—	—	6,4	+	23,9.—	6,10,38	0,6	5,4	5,4
<i>Picea excelsa</i>	—	—	—	—	35,7	+	13.—	26, 3,38	5,7	13,2	13,2
<i>Galtonia candicans</i>	—	—	—	—	—	—	23.—	27, 8,38	2,5	9,2	9,2
<i>Colchicum autumnale</i>	—	—	—	—	—	—	9.—	14, 9,38	0,6	4,3	4,3
<i>Crocus sativus</i>	15,5	+	—	—	—	—	4.—	14,11,38	2,5	9,5	9,5
<i>Taxus baccata</i>	—	11,8	—	—	—	—	15.—	28, 7,39	1,1	8,0	8,0
<i>Arum maculatum</i>	—	—	—	—	—	—	1.—	7, 5,39	1,2	7,2	7,2
<i>Arum maculatum</i>	—	—	—	—	—	—	11.—	22, 5,39	0,6	2,0	2,0
<i>Helleborus foetidus</i>	—	11,0	10,0	—	—	—	1.—	13, 4,38	3,2	13,8	13,8

2. Sz_g fällt bei Unterbilanz unregelmässig.

Bei den ersten 5 Objekten der Tabelle 12 stieg Sz_g anfangs schwach an, um dann bedeutend zu fallen. Bei den folgenden Pflanzen war das Verhalten unregelmässiger; besonders in der oberen Laubblattepidermis von *Helleborus foetidus* sank Sz_g während der ersten 11 Stunden vom Anfangswert 20,6 auf 18,7 Atm., um dann zum Maximum von 23,8 Atm. anzusteigen und hierauf bis zum Endwert von 10 Atm. zu fallen.

Weitaus den höchsten Anfangs- und Endwert besitzt das Assimulationsparenchym von *Picea*, das sich überhaupt durch hohe Sz_g -Werte auszeichnet (M e r k t , 1938) und zudem im kalten März bei einer Aussentemperatur von $-3^{\circ} C$ aus dem Garten geholt wurde. Das Verhalten von *Picea*, wie auch jenes von *Taxus* in meinen Versuchen deckt sich mit den Resultaten von M e r k t (S. 33), der bei Austrocknungsversuchen in den gleichen Geweben ebenfalls stets Sinken fand.

Das Verhalten von *Apium nodiflorum* bei Unterbilanz stimmt mit dem der meisten übrigen von mir untersuchten Sumpfpflanzen überein.

Colchicum autumnale, *Crocus sativus*, *Arum maculatum* und *Helleborus foetidus* waren schon in den Tabellen 8 oder 10 aufgetreten. Von *Colchicum* und *Crocus* wiesen die Perigonblätter abgeschnittener Blüten, im Gegensatz zu den Topfpflanzen, nur geringe, allerdings ebenfalls unregelmässige Sz_g -Aenderungen auf; dagegen zeigten die Laubblätter von *Crocus* (Tabelle 8) deutliches Ansteigen. Bei *Arum* unterschied sich die untere Epidermis (Tabelle 10) durch eine bedeutend geringere Sz_g -Aenderung von der oberen Epidermis. In den Blättern von *Helleborus* wurde ein deutliches Ansteigen von Sz_g der Palisaden beobachtet (Tabelle 8), während die obere Epidermis sinkt.

Ueber die Tages- und Jahresperioden von Sz_g einiger unter c) genannter Pflanzen orientieren die Untersuchungen von M e r k t und von B a u e r . Nach M e r k t zeigten *Picea* und *Taxus* normale Tagesperioden; im Jahresverlauf stiegen die Sz_g -Mittel vom Januar bis zum März bzw. April an, um hierauf während der Monate Mai und Juni sehr stark und Juli schwächer zu fallen (S. 58). Als Ursache des Sz_g -Anstieges während des Winters wird eine Zunahme des Zuckergehaltes vermutet. Nach B a u e r wies auch *Ranunculus Flammula* eine normale Tagesperiode auf, dagegen verlief sie bei *Menyanthes* mit einem Minimum am Nachmittag spiegelbildlich.

Als Ursache des Sinkens von Sz_g oder Si_n bei zunehmender Unterbilanz finde ich z. B. folgende Vermutungen angegeben : für Blätter vor allem Hemmung der Assimilation bei Fortdauer der Atmung (H ä r t e l , 1936, S. 13, M ü l l e r - S t o l l , 1938, S. 367, V o l k , 1937, S. 133, K o s t y t s c h e w , 1931), ferner Eiweissabbau mit Entleerung der Blätter (W a l t e r , 1931, S. 108), gehemmte Nährstoffaufnahme aus dem Boden (M ü l l e r - S t o l l , 1938, S. 367).

B. Unterbilanz in Lösungen.

a) Bisherige Untersuchungen.

Ueber das Verhalten von Algen in Lösungen von verschiedenem osmotischen Wert kann die Zusammenfassung bei O l t m a n n s (1923, 3, 350) nachgesehen werden, der allerdings von « Turgor » spricht; weitere Literatur bei B ä c h e r (S. 45).

Den Einfluss der Konzentration der Kulturflüssigkeit auf Sz_g der Blätter von *Elodea canadensis* zeigen die Untersuchungen von Bächer (S. 104). Der Sz_g -Wert stieg mit der Konzentration der Aussenlösung; in den niederen Konzentrationen von 0,05 und 0,10 Mol werden die Maxima am 4. bzw. 5. Tage erreicht, in den höheren Konzentrationen erst am 7. Tage. Bei längerer Versuchsdauer sank der Sz_g -Wert wieder in allen Konzentrationen.

β) Eigene Messungen.

Zur Untersuchung gelangten (vgl. Tabelle 13) die Submersen *Elodea canadensis* und eine *Spirogyra* mit einem Band, die ich aus dem Bassin in bedeckte Glaszyylinder von 400 cm³ mit Rohrzucker- oder NaCl-Lösungen von 0,2—0,35 Mol übertrug. Die Lösungen wurden alle 2 Tage erneuert. Als Plasmolytikum diente stets Rohrzucker.

Bei *Elodea* untersuchte ich die Oberseite in der Blattmitte zwischen Rand und Nerv. Die Sz_g -Aenderung war die übliche: erst starkes, dann schwächeres Ansteigen, das zuletzt in leichtes Fallen übergehen kann; dabei sehe ich von kleinen, unregelmässigen Schwankungen ab. In höheren Rohrzuckerkonzentrationen stieg Sz_g stärker an als in schwächeren, dasselbe gilt für NaCl. Dagegen erfolgte der Anstieg von Sz_g in den Zellen von *Elodea* bei gleicher Saugkraft der Lösungen von 9,4 bzw. 9,7 Atm. in NaCl rascher als in Rohrzucker, so dass in 2 Tagen in NaCl 18, in Rohrzucker aber nur etwa 15 Atm. erreicht wurden, was mit dem Permeieren von NaCl zusammenhängen dürfte. Allerdings blieb die Pflanze in Rohrzucker bedeutend länger am Leben, so dass in Rohrzucker das erreichte Maximum doch höher lag (19,8 statt 18,0 Atm.). Im Maximum sah ich in einer NaCl-Lösung von 14,1 Atm. das *Elodea*-blatt in etwas über 2 Tagen von 10,3 auf 23,8 Atm. ansteigen. Sofortiges Uebertragen in noch stärkere Konzentrationen (bis 0,5 Mol Rohrzucker und NaCl) ergab keinen höheren Anstieg, da die Zellen rascher abstarben.

Die *Spirogyra* übertrug ich zunächst in eine Rohrzuckerlösung von 6,7 Atm. Der Anstieg erfolgte, von kleinen Schwankungen abgesehen, nach dem gleichen Schema wie bei *Elodea*. Nach 28 Stunden wurden Fäden aus der Lösung von 6,7 Atm. in eine stärkere von 9,7 Atm. eingelegt. Die Lebensdauer war in beiden Konzentrationen dieselbe, der

Anstieg in der höhern Konzentration natürlich kräftiger (auf 17,6 statt 15,1 Atm.).

Nachdem der Halophyt *Beta maritima* (Tabelle 13) sowie auch *Rumex maritimus* (Tabelle 8) bei Unterbilanz in trockener Luft bereits deutliche Sz_g -Anstiege ergeben hatten, brachte ich nun in Parallelversuchen mit Blättern von *Beta maritima* (die aber einen Monat auseinanderliegen, woraus der Unterschied in den Anfangswerten resultiert), die einen in trockene Luft, die andern tauchte ich mit der Schnittfläche des Stieles in eine NaCl-Lösung von 18,8 Atm. Saugkraft. Während in 11 Tagen in trockener Luft Sz_g auf 29,4 Atm. angestiegen war, was immerhin 246 % ergibt, erreichte das in NaCl stehende Blatt in der gleichen Zeit 106 Atm. und starb dann allerdings ab. Dieser enorme Anstieg von 628 % dürfte mit der Aufnahme und Speicherung von NaCl zusammenhängen, wie es für Halophyten schon mehrfach nachgewiesen wurde (vgl. Montfort, 1926, Stocker, 1933, Repp, 1939, Steiner, 1939).

C. Unterbilanz im Dampfraum.

Sporen von *Aspergillus glaucus* liess ich über verschiedenen Konzentrationen von NaCl auskeimen; Gelatine, die auf der Innenseite von Glasdeckeln kleiner Schalen von ca. 12 cm³ Inhalt in dünner Schicht aufgetragen war, diente als Kulturmedium. Die mit Vaselinedichtung verschlossenen Schalen enthielten je 10 cm³ einer NaCl-Lösung von 0—5,0 Mol NaCl (337 Atm.). Die Sporen keimten über 0—4,1 Mol (250 Atm.) gut aus, und überall fanden sich Konidienträger. In höheren Konzentrationen nahm die Zahl der ausgekeimten Sporen stark ab, und in 4,5 Mol (287 Atm.) hatten nach 5 Monaten von ca. 500 Sporen noch 6 Hyphen ausgebildet, die aber so dünn und fein waren, dass es mir nicht gelang, Plasmolyse zu beobachten, weder mit Rohrzucker, noch mit LiCl. Auf Grund dieser Versuche kann also nur geschlossen werden, dass Sz_n in diesen vereinzelten Hyphen bis auf mindestens 287 Atm. anzusteigen vermochte, und dass Sz_g mindestens gleich gross gewesen sein muss.

Waldendorff (1924, S. 96), welche die Keimfähigkeit von Pilzsporen in verschiedenem Dampfdruck untersuchte, fand keimende Sporen von *Aspergillus sulphureus* und *Penicillium* noch über 4 Mol NaCl (241 Atm.), von *Absidia glauca* über 3,1 Mol (170 Atm.). Nach Walter (1924, S. 405) liegen bei Schimmelpilzen die höchsten Grenzwerte des Wachstums bei 220 Atm.

Tabelle 13.
Unterbilanz in Lösungen.
(Sz_g -Werte in Atm.)

Lösung	Konzentration		Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Anfangs- wert Wert	Sz_g -Werte nach Stunden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Mol	Atm.				2	4	6	8	10	12	14	16	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Rohrz.	0,25	6,7	<i>Elodea canadensis</i>	...	Spross	9,7	10,3	11,2	10,9	11,2	10,9	10,6	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Rohrz.	0,35	9,7	<i>Elodea canadensis</i>	...	Spross	9,7	10,6	10,9	11,2	11,5	12,2	12,5	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
NaCl	0,2	9,4	<i>Elodea canadensis</i>	...	Spross	10,3	10,6	10,9	11,2	12,8	15,1	15,1	14,5	15,1	15,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
NaCl	0,3	14,1	<i>Elodea canadensis</i>	...	Spross	10,3	13,5	14,8	16,2	16,9	18,4	18,7	19,1	19,1	18,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Rohrz.	0,25	6,7	<i>Spirogyra spec.</i>	...	Zellfaden	11,8	—	11,5	—	—	—	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Rohrz.	0,35	9,7	<i>Spirogyra spec.</i>	...	Zellfaden	—	Nach 28 Stunden aus 0,25 eingelebt	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
NaCl	0,4	18,8	<i>Beta maritima</i>	...	Abg. B. ²	14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
In trockener Luft			<i>Beta maritima</i>	...	Abg. B.	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Sz_g -Werte nach Stunden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Pflanzen		24	26	28	38	52	73	75	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

¹ Blattoberseite. ² Obere Epidermis.

D. Verhalten von Sz_g in verschiedenen Geweben desselben Organs.

Von mehreren Autoren wurde schon darauf hingewiesen, dass die verschiedenen Gewebe eines Blattes im turgeszenten Zustande nicht die gleichen Sz_g -Werte aufweisen. Von den untersuchten Geweben wurden in den Palisaden die höchsten, in den Epidermiszellen, besonders der Blattunterseite, die niedrigsten Werte gefunden (vgl. Blum, 1916. Beck, 1927). Bei Unterbilanz können sich, wie schon S. 11 erwähnt wurde, die Differenzen noch vergrössern (Ursprung und Blum, 1919, S. 454; Beck, 1930, S. 73).

Gewöhnlich verfolgte ich nur die Sz_g -Aenderung der oberen Epidermis. Die Fälle, in denen verschiedene Gewebe desselben Organs untersucht wurden, sind in Tabelle 14 zusammengestellt.

Man bemerkt, dass bei *Helleborus* die Epidermis fällt und gleichzeitig die Palisaden stark ansteigen, wodurch die anfängliche Differenz bedeutend erhöht wird; für die Funktion der Epidermis als Wasserspeicher kann ein solches Verhalten nur vorteilhaft sein. Auffallend ist bei *Arum* und *Menyanthes* das verschieden starke Fallen der oberen und unteren Epidermis.

Die verschiedenen Gewebe des Blattes wiesen auch Differenzen auf in der Lebensdauer. Mit Ausnahme von *Ranunculus* war die obere Epidermis widerstandsfähiger als die übrigen Gewebe.

E. Verhalten von Sz_g in der Epidermis verschiedener Organe derselben Pflanze.

Vergleichende Sz_g -Messungen der Epidermis an Laub- und Kronblättern wurden von Gehele (vgl. Tabelle 29) ausgeführt; unter 37 Fällen war die Krone anfänglich 29mal höher, 3mal gleich und 5mal tiefer. An den Laub- und Kronblättern von *Aster chinensis*, *Ranunculus acer*, *Dahlia variabilis* und *Cydonia maliformis* wurden die Sz_g -Aenderungen bei Unterbilanz verfolgt und bei *Aster* und *Cydonia* stärkeres Ansteigen im Laubblatt beobachtet, bei *Ranunculus* im Kronblatt, während bei *Dahlia* Laub- und Kronblatt sich gleich verhielten (vgl. Tabelle 32). Meist kein Ansteigen von Sz_g in Laub- und Kronblättern zeigte *Chrysanthemum indicum* (vgl. Tabellen 33, 34).

Meine eigenen Versuche, die in Tabelle 15 zusammengestellt sind, ergeben ebenfalls kein einheitliches Bild.

In frischem Zustand wies von den Versuchspflanzen nur *Saponaria* einen höheren Sz_g -Wert im Laubblatt auf. Bei Unterbilanz zeigte sie auch als einzige den stärkeren Sz_g -Anstieg im Kronblatt, ohne aber den Endwert des Laubblattes zu erreichen. Auch in den übrigen Pflanzen lagen die Laubblatt-Endwerte höher als die der Kronblätter. Bei *Saponaria* und *Silene* stiegen Laub- und Kronblätter an; bei *Crocus*, *Narcissus* und *Lilium* stiegen die Laubblätter an, während gleichzeitig die Kronblätter abnahmen.

Tabelle 14.
 S_{Zg} in verschiedenen Geweben abgeschnittener Blätter.
 $(S_{Zg}$ -Werte in Atm.)

F. Verhalten von Sz_g desselben Gewebes in abgeschnittenen Organen und Topfpflanzen.

Sz_g-Messungen in Unterbilanzversuchen an Blättern eingetopfter Pflanzen und an abgeschnittenen Sprossen oder Blättern derselben Spezies liegen vor bei V i d i c (*Bellis* und *Geranium*), M e r k t (*Pinus*, *Taxus* und *Picea*) und A. M ü l l e r (*Helleborus*). Nach V i d i c stieg Sz_g bei *Geranium* und *Bellis* stets an in abgeschnittenen Blättern mit und ohne Stiel, in Blättern an Sprossen, an ganzen ausgerissenen und an eingetopften Pflanzen. Nach M e r k t (S. 33) wiesen die 3 Koniferen stets Sinken auf, gleichgültig, ob mit einzelnen Nadeln, mit Zweigen oder mit eingetopften Pflanzen gearbeitet wurde. Nach A. M ü l l e r endlich trat in den abgeschnittenen Blättern von *Helleborus* mit und ohne Stiel in Palisaden und Schwammparenchym ein Ansteigen von Sz_g auf, in der obren und untern Epidermis ein Sinken, dagegen in den eingetopften Pflanzen in sämtlichen Geweben nur ein Ansteigen, sofern sie, wie die abgeschnittenen Blätter, diffusen Tageslicht ausgesetzt waren.

In den eigenen Versuchen, deren Ergebnisse in Tabelle 16 enthalten sind, zeigten die meisten Pflanzen gleichsinnige Sz_g-Aenderungen in den abgeschnittenen und eingetopften Exemplaren.

Meist erfolgte gemeinsames Fallen, wobei allerdings die Reaktionsstärke wesentlich verschieden sein konnte. Bei *Colchicum* und vor allem bei *Crocus* hielten sich die abgeschnittenen Blüten bis zum Absterben annähernd konstant, während die Topfpflanzen deutlich abnahmen.

Die Lebensdauer von Blättern und Blüten war bei eingetopften Pflanzen grösser als im losgetrennten Zustand, mit Ausnahme der Blüten von *Colchicum*, die keine Unterschiede zeigten.

IV. Aenderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse durch Ueberbilanz.

Nach den älteren Erfahrungen schien Ueberbilanz stets ein Sinken von Sz_g zur Folge zu haben (Literatur bis 1918 bei B ä c h e r , 1920), neuere Untersuchungen machten uns auch hier mit Abweichungen bekannt. So fand G e h l e r (S. 106) in ihren Ueberbilanzversuchen (an Zungenblüten von *Tussilago Farfara* und *Aster chinensis*) in 45 Messungen 30mal ein Sinken, 11mal ein Konstantbleiben und 4mal ein Ansteigen von Sz_g.

Selbst für Si_n, das bei Konzentrationsverdünnung normalerweise ein Sinken erwarten lässt, konnten Ausnahmen festgestellt werden.

Auch meine Ueberbilanzversuche zeitigten keine einheitlichen Resultate. Neben der Grosszahl der Pflanzen mit deutlichem Sinken gab es auch solche, deren Sz_g sich nur wenig änderte oder gar anstieg.

Tabelle 15.

S_{Zg} in der Epidermis von Laub- und Kronblättern derselben Pflanze.
(S_{Zg} -Werte in Atm.)

Tabelle	Pflanzen	Organ	Anfangs- S_{Zg} -Wert	Szg-Werte nach Tagen									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	<i>Saponaria officinalis</i>	Laubblatt	19,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	<i>Saponaria officinalis</i>	Kronblatt	10,3	—	11,5	14,5	—	19,8	—	—	—	22,9	—
8	<i>Silene Armeria</i>	Laubblatt	12,2	—	—	—	—	18,4	—	—	—	20,2	+
8	<i>Silene Armeria</i>	Kronblatt	16,9	—	—	15,5	—	22,9	—	—	—	26,7	+
8	<i>Crocus sativus</i>	Laubblatt	15,5	—	—	—	—	21,0	—	—	—	22,9	+
12	<i>Crocus sativus</i>	Kronblatt	22,5	25,0	—	—	—	18,7	—	—	—	21,8	—
8	<i>Narcissus poeticus</i>	Laubblatt	7,9	—	—	—	—	21,4	—	—	—	15,5	+
11	<i>Narcissus poeticus</i>	Kronblatt	18,7	—	13,8	10,3	—	—	—	—	—	14,1	—
8	<i>Lilium tigrinum</i>	Laubblatt	22,2	23,8	—	26,7	29,4	34,2	37,3	—	—	7,9	+
11	<i>Lilium tigrinum</i>	Kronblatt	30,4	26,4	—	26,4	21,8	—	—	—	—	—	—
Tabelle	Pflanzen	Szg-Werte nach Tagen										Differenz End-/ Anfangswert	Änderung pro Tag
		11	12	13	17	18	44	77	78	—	—		
8	<i>Saponaria officinalis</i>	—	24,2	+	—	—	—	—	—	—	—	+ 5,1	+ 0,46
8	<i>Saponaria officinalis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 9,9	+ 1,1
8	<i>Silene Armeria</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 14,5	+ 1,61
8	<i>Silene Armeria</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 6,0	+ 0,75
8	<i>Crocus sativus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 10,8	+ 0,14
12	<i>Crocus sativus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	- 7,0	- 0,77
8	<i>Narcissus poeticus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 9,0	+ 0,52
11	<i>Narcissus poeticus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	- 10,8	- 1,2
8	<i>Lilium tigrinum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 15,1	+ 2,51
11	<i>Lilium tigrinum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	- 8,6	- 2,15

A. Ueberbilanz im feuchten Raum.

Die Ueberbilanzversuche wurden nach der S. 54 beschriebenen Methode ausgeführt.

Meine Versuchsobjekte liessen sich nach dem Verlauf der Sz_g -Aenderung bei Ueberbilanz in folgende Kategorien einteilen :

- a) Der Endwert liegt deutlich unter dem Anfangswert.
- b) Der Endwert ist nur wenig verschieden vom Anfangswert.
- c) Der Endwert liegt deutlich über dem Anfangswert.

a) Der Endwert von Sz_g liegt deutlich unter dem Anfangswert.

a) Bisherige Untersuchungen.

In den älteren Untersuchungen über das Verhalten von Sz_g bei Ueberbilanz wurde stets deutliches Sinken beobachtet. So war nach Blum (1916, S. 51) der Sz_g -Wert der Wurzelgewebe von *Helleborus* in nassem Boden kleiner als in trockenem. Bei länger dauerndem Regen nahm der Sz_g -Wert auch im Stengelgewebe etwas ab. Gleiche Ergebnisse zeigen ferner die Untersuchungen von Meier (1916, S. 38) und Bächer (1920, S. 98). Aber auch neuere Messungen ergaben jeweils mit nur wenigen Ausnahmen eine Sz_g -Abnahme bei Ueberbilanz (vgl. Gehler, Härtel, 1936, A. Müller, Bauer).

β) Eigene Messungen.

Ein tieferer Endwert kann erreicht werden 1. durch fortwährendes Fallen des Anfangswertes bis zum Absterben, 2. durch vorübergehendes Steigen und Fallen der Sz_g -Werte.

1. Sz_g fällt fortwährend bei Ueberbilanz.

Dieses Verhalten ist das übliche. Die hierher gehörenden Pflanzen sind in Tabelle 17 zusammengestellt. (Die 2—4 Sz_g -Bestimmungen im Verlaufe des Versuches werden zur Vereinfachung der Tabelle nicht angeführt.) Ich habe zwei Gruppen unterschieden :

- Gruppe I das Sinken erfolgt geradlinig;
- Gruppe II das Sinken erfolgt erst rascher, dann langsamer oder (seltener) umgekehrt.

Tabelle 17 ist noch umfangreicher als Tabelle 8; andauerndes Fallen von Sz_g bei Ueberbilanz scheint also noch weiter verbreitet zu sein als andauerndes Steigen bei Unterbilanz.

Trentepohlia aurea, die in Tabelle 8 das stärkste und rascheste Ansteigen bei Unterbilanz aufwies, zeigt nun auch das stärkste (in Atm.. aber nicht in %) und rascheste Sinken bei Ueberbilanz.

Tabelle 16.
 Sz_g in abgeschnittenen Organen und eingetopften Pflanzen.
 $(Sz_g$ -Werte in Atm.)

Tabelle 17.
Pflanzen mit fortwährendem Sinken von S_{Zg} .
(S_{Zg} -Werte in Atm.)

Gruppe	Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Anfangs-wert	Endwert	Lebens-dauer (Tage)	Untersuchungs-zeit	Gesamt-er-niedrigung		
								Atm.	%	
I	<i>Genista tinctoria</i>	Abg. B.	O. E.	18,4	12,5	12	7.	-19.	7,38	
	<i>Alyssum Alyssoides</i>	Abg. B.	O. E.	14,8	10,6	14	9.	-23.	12,38	
	<i>Lupinus albus</i>	Abg. B.	O. E.	13,5	10,3	16	11.	-27.	10,38	
	<i>Potentilla argentea</i>	Abg. B.	O. E.	21,0	17,2	16	27,10.	-12.	11,38	
	<i>Carlina vulgaris</i>	Abg. B.	O. E.	10,6	6,2	20	4.	-24.	10,38	
	<i>Pastinaca sativa</i>	Abg. B.	O. E.	9,7	6,4	20	9.	-29.	10,38	
	<i>Trentepohlia aurea</i>	Rasen	Zellfaden	123,4	71,7	72	17.	-28.	7,39	
II	<i>Rumex acetosa</i>	Abg. B.	O. E.	17,2	11,8	9	2.	-11.	9,38	
	<i>Gypsophila paniculata</i>	Abg. B.	O. E.	12,2	10,0	11	24.	9.	-5,10,38	
	<i>Silene Armeria</i>	Abg. B.	O. E.	12,2	10,0	11	21.	9.	-2,210,38	
	<i>Chelidonium majus</i>	Abg. B.	O. E.	14,1	7,9	13	23.	9.	-6,110,38	
	<i>Sanguisorba minor</i>	Abg. B.	O. E.	19,1	14,8	12	11.	-23.	12,38	
	<i>Convallaria majalis</i>	Abg. B.	O. E.	12,2	7,6	13	8.	-21.	7,38	
	<i>Lilium tigrinum</i>	Abg. B.	O. E.	21,8	15,5	12	14.	-26.	9,38	
	<i>Arum maculatum</i>	Abg. B.	O. E.	8,8	4,8	13	5.	-18.	5,39	
	<i>Rumex maritimus</i>	Abg. B.	O. E.	9,4	5,9	14	5.	-19.	7,39	
	<i>Saponaria officinalis</i>	Abg. B.	O. E.	19,1	10,0	13	21.	9.	-4,10,38	
	<i>Thlaspi perfoliatum</i>	Abg. B.	O. E.	12,5	7,9	15	5.	-20.	10,38	
	<i>Satureja vulgaris</i>	Abg. B.	O. E.	19,5	10,9	15	1.	-16.	9,38	
	<i>Uvularia grandiflora</i>	Abg. B.	O. E.	12,5	7,0	15	8.	-23.	7,38	
	<i>Aeonium cuneatum</i>	Abg. B.	O. E.	6,2	2,9	18	12.	-30.	3,39	
	<i>Peltaria alliacea</i>	Abg. B.	O. E.	13,8	10,6	19	2.	-21.	12,38	
	<i>Pentstemon barbatus</i>	Abg. B.	O. E.	24,6	17,2	22	2.	-24.	12,38	
	<i>Syringa vulgaris</i>	Abg. B.	O. E.	24,2	11,5	25	26.	7.	-20.	8,39
	<i>Beta vulgaris</i>	Abg. B.	O. E.	20,6	9,7	24	5.	-29.	9,38	

<i>Rhododendron ferrugineum</i>	O. E.	25	25.11.	-20.12.38	9,0	29,6
<i>Globularia vulgaris</i>	Abg. B.	21,4	19,8	30	12.12.38	-11. 1.39
<i>Antirrhinum majus</i>	O. E.	25,4	10,3	28	11.11.	-9.12.38
<i>Sempervivum tectorum</i>	O. E.	18,7	9,7	29	28.10.	-26.11.38
<i>Vinca major</i>	O. E.	9,7	4,8	29	4,9	50,5
<i>Digitalis nervosa</i>	O. E.	21,0	8,8	32	25.10.	-26.11.38
<i>Campanula persicifolia</i>	O. E.	17,2	6,2	31	11.11.	-12.12.38
<i>Pachystandra terminalis</i>	O. E.	19,5	16,9	33	11.11.	-14.12.38
<i>Veronica gentianoides</i>	O. E.	27,2	16,9	36	11.11.	-17.12.38
<i>Helleborus foetidus</i>	Abg. B.	16,5	6,4	37	2.12.38	- 8. 1.39
<i>Arum maculatum</i>	Abg. B.	29,9	24,6	18	31. 3.	-18. 4.38
<i>Selaginella Emeliana</i>	Abg. B.	8,8	5,9	8	5.	-13. 5.39
<i>Selaginella Martensii</i>	Sgross	16,1	12,3	13	4.	-17. 8.40
<i>Picea excelsa</i>	Sgross	14,8	11,5	13	4.	-17. 8.40
<i>Taxus baccata</i>	Sgross	43,2	14,5	28	18. 3.	-15. 4.38
<i>Erica carneae</i>	Sgross	18,0	9,7	33	3. 7.	- 5. 8.39
<i>Hyssopus officinalis</i>	Sgross	25,4	20,2	28	25.11.	-23.12.38
<i>Saxifraga decipiens</i>	Sgross	19,5	10,3	31	22.11.	-23.12.38
<i>Crocus sativus</i>	Topfpfl.	15,1	6,2	37	27.10.	- 3.12.38
<i>Funaria hygrometrica</i>	Rasen	15,5	12,8	60	10.11.38	- 9. 1.39
<i>Anemone Hepatica</i>	Abg. Bl.	18,1	6,2	45	2. 5.	-16. 6.39
<i>Papaver Rhoeas</i>	Abg. Bl.	13,5	7,9	7	14.	-21. 3.38
<i>Vaccaria pyramidata</i>	Abg. Bl.	17,2	10,9	8	22.	-30. 9.38
<i>Silene Armeria</i>	Abg. Bl.	13,8	7,6	8	24. 9.	- 2.10.38
<i>Saponaria officinalis</i>	Abg. Bl.	16,9	11,2	9	20.	-29. 9.38
<i>Melandrium album</i>	Abg. Bl.	10,3	5,3	10	20.	-30. 9.38
<i>Chrysanthemum Leucanth.</i>	Abg. Bl.	12,2	6,7	10	24. 9.	- 4.10.38
<i>Crocus sativus</i>	Abg. Bl.	10,3	7,9	10	10.	- 20.11.38
<i>Galtonia candicans</i>	Abg. Bl.	17,6	12,8	4	3.	- 7.11.38
<i>Colchicum autumnale</i>	Topfpfl.	22,9	16,7	5	23.	- 28. 8.38
		12,5	9,7	10	9.	- 19. 9.38

Einer starken Gesamterniedrigung von über 10 Atm. geht stets parallel eine starke Erniedrigung in %; man vergleiche neben *Trente-pohlia* z. B. *Syringa vulgaris*, *Beta vulgaris*, *Vinca major* und vor allem das Assimilationsparenchym von *Picea*. Dagegen kann starkes Fallen in % auch mit schwachem Fallen in Atm. verbunden sein; dies trifft vor allem zu für Sukkulanten und andere Pflanzen mit geringem Anfangswert. Als Beispiel diene *Aeonium cuneatum*, dessen Blattepidermis um 53 %, aber nur um 3,3 Atm. sinkt. Die grösste Sinkgeschwindigkeit finden wir ausser bei *Trente-pohlia* im Assimilationsparenchym der *Picea* nadel, sowie in den rasch absterbenden, abgeschnittenen Blüten von *Crocus sativus* und *Galtonia candicans*. Schwaches Fallen von unter 3 Atm. und unter 20 % zeigen die Laubblattepidermen von *Gypsophila paniculata*, *Silene Armeria*, *Campanula persicifolia* und *Crocus sativus*. Auch die Sinkgeschwindigkeit ist hier gering, besonders bei den beiden letzten Pflanzen liegt sie unter 0,1 Atm. pro Tag.

Ein Vergleich verschiedener Gewebe des *Helleborus*blattes zeigt hier wie in den Unterbilanzversuchen verschiedenes Verhalten: die Palisaden sinken bei Ueberbilanz nicht besonders stark, aber fortwährend ab, während die Epidermis mehrfaches Ansteigen und Fallen aufweist (vgl. Tabelle 18).

2. Sz_g fällt bei Ueberbilanz ganz unregelmässig.

Hierher gehören die in Tabelle 18 zusammengestellten Pflanzen. Der Endwert liegt deutlich unter dem Anfangswert, aber die fallende Kurve steigt zum Schluss wieder an oder ist mit einem Nebenmaximum versehen.

b) Der Endwert von Sz_g ist nur wenig verschieden vom Anfangswert.

a) Bisherige Untersuchungen.

Konstantbleiben des Sz_g -Wertes der Epidermis bei Ueberbilanz fand z. B. Gehler (S. 106) in 11 von 45 Messungen, vor allem in Kronblättern und in Laubblättern von Sukkulanten. Bauer beobachtete an *Vinca major* meist keine Sz_g -Aenderung während Regenperioden.

Geringe Sz_g -Erniedrigung bei Ueberbilanz konstatierte z. B. Wallter (1931, S. 85) bei *Asperula odorata*, *Epilobium angustifolium*, *Taraxacum officinale*, *Chelidonium majus* u. a.

β) Eigene Messungen.

Nach Tabelle 19 gehören hierher zum Teil Pflanzen, denen wir unter III b begegnet sind, die auch bei Unterbilanz nur wenig variieren, also überhaupt eine geringe Sz_g -Amplitude zeigen (*Nicotiana Tabacum*, *Arum maculatum*, *Leucojum vernum*, *Crocus sativus*), zum Teil handelt

Tabelle 18.
Pflanzen mit unregelmässigem Sinken von S_{Zg} bei
(S_{Zg} -Werte in Atm.)

Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Anfangs- wert Sg	Sg-Werte nach Tagen						Sg-Differenz Maximum — Minimum				
				8	14	24	48	60	3	4	5	6	7	
<i>Polygonum Persicaria</i> . . .	Abg. B.	O. E.	17,2	—	—	—	—	—	16,5	—	6,7	7,6	—	
<i>Chenopodium Bonus Henricus</i> . . .	Abg. B.	O. E.	18,4	—	—	—	—	—	13,8	—	—	—	—	
<i>Narcissus poeticus</i> . . .	Topfpfl.	O. E. B.	7,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Tulipa Gesneriana</i> . . .	Abg. Bl.	I. E. Perig.	20,2	—	—	—	8,2	8,8	—	8,5	—	—	+	
<i>Colchicum autumnale</i> . . .	Abg. Bl.	I. E. Perig.	12,2	—	—	—	10,3	8,8	—	9,7	9,4	—	—	
<i>Iberis amara</i> . . .	Abg. B.	O. E.	11,8	—	—	—	—	—	12,9	—	—	9,7	—	
<i>Helleborus foetidus</i> . . .	Abg. B.	O. E.	18,4	19,1	16,5	18,7	19,1	21,0	19,8	16,9	—	16,9	17,0	
<i>Morina longifolia</i> . . .	Abg. B.	O. E.	16,9	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	—	
<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	Topfpfl.	O. E. B.	10,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Narcissus poeticus</i> . . .	Topfpfl.	O. E. Perig.	17,2	—	—	—	19,1	—	—	—	—	9,1	—	
Sg-Werte nach Tagen														
Pflanzen				9	10	11	12	15	17	18	20	21	22	24
<i>Polygonum Persicaria</i> . . .	—	—	7,6	—	—	—	—	—	—	—	—	3.	—15.	9,38
<i>Chenopodium Bonus Henricus</i> . . .	16,2	—	—	—	13,8	+	—	—	—	—	—	6.	—23.	9,38
<i>Narcissus poeticus</i> . . .	—	5,6	—	—	—	6,7	+	—	—	—	—	25.	5.—12.	6,38
<i>Tulipa Gesneriana</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25.	4.—2.	5,39
<i>Colchicum autumnale</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.	—21.	9,38
<i>Iberis amara</i> . . .	—	7,0	+	—	—	—	—	—	—	—	—	3.	—14.	9,38
<i>Helleborus foetidus</i> . . .	—	—	18,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1.	—21.	4,38
<i>Morina longifolia</i> . . .	—	—	17,6	—	—	—	—	—	—	—	—	10,11.—	4,12.	3,8
<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.	6.—5.	7,39
<i>Narcissus poeticus</i> . . .	—	11,2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	26.	5.—6.	6,39

es sich um Pflanzen mit geringem Anfangswert, die dann natürlich kein starkes Fallen in Atm. mehr zeigen können; dies trifft vor allem zu für *Crassula lactea*. Hervorgehoben sei noch das absolut und prozentual schwache Sinken im *Sambucus*blatt sowie das Verhalten von *Asplenium Ceterach*: Fallen bei Unterbilanz (Tabelle 11) und annähernde Konstanz von Sz_g bei Ueberbilanz.

Die Lebensdauer ist bei Unter- (Tabelle 8) wie bei Ueberbilanz am grössten bei *Crassula lactea*, darauf folgt das austrocknungsresistente *Asplenium Ceterach*.

c) Der Endwert von Sz_g liegt deutlich über dem Anfangswert.

a) Bisherige Untersuchungen.

Schon S. 80 wurde darauf hingewiesen, dass in neuerer Zeit Pflanzen gefunden wurden, die bei Ueberbilanz Sz_g erhöhen. So konnte G e h l e r (S. 106) in 4 von 45 Messungen ein Ansteigen bei Ueberbilanz beobachten (in den Kronblättern von *Tussilago Farfara* und *Aster chinensis*). Im Blatt von *Hedera Helix* stieg nach B e c k (1927 und 1930) bei Ueberbilanz Sz_g in sämtlichen Geweben an. Nach H ä r t e l (1936, S. 13) zeigten die Epidermiszellen der Blätter von *Hieracium Pilosella* ein Ansteigen von Sz_g bei Regen, nachdem sie bei Unterbilanz gesunken waren.

Auch unter den Si_n -Messungen konnten Ausnahmen festgestellt werden. So konstatierte V o l k (1937, S. 129, 130) in den Blättern von *Hippocrepis comosa*, *Asarum europaeum* und *Lathyrus vernus* nach Regenfällen hohe Si_n -Werte, nach Trockenperioden dagegen tiefe. Sumpfpflanzen zeigten nach M ü l l e r - S t o l l (1938, S. 362) am « nassen Standort » höhere Si_n -Werte als am « trockenen ».

β) Eigene Messungen.

Meine Versuchspflanzen sind in Tabelle 20 zusammengestellt. Das Ansteigen von Sz_g bei Ueberbilanz erfolgt zum Teil andauernd, zum Teil unregelmässig. Hierher gehören einmal die Wasserpflanzen *Ranunculus Flammula*, *Menyanthes trifoliata* und *Apium nodiflorum*, deren abweichendes Verhalten uns von früher bekannt ist; bei Unterbilanz waren sie in allen untersuchten Geweben deutlich gefallen (Tabellen 11 und 12), bei Ueberbilanz steigen sie umgekehrt deutlich an. Nur die Topfpflanze von *Ranunculus Flammula* sinkt merkwürdigerweise bei Ueberbilanz (Tabelle 18).

Hydrocotyle vulgaris reagierte bei Ueberbilanz wie die übrigen Wasserpflanzen, während sie bei Unterbilanz wie die Mehrzahl der Landpflanzen anstieg (Tabelle 8).

Tabelle 19.
Pflanzen mit geringer Sz_g -Aenderung.
(Sz_g -Werte in Atm.)

Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Sz_g - Wert am Anfang	Sz_g -Werte nach Tagen														Sz_g -Werte nach Tagen		
				1	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	17	Atm.	%	Mittlere Erniedrigung pro Tag	
<i>Crassula lactea</i>	•	Abg. B.	0. E.	2,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Sambucus nigra</i>	•	Abg. B.	0. E.	11,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Primula Auricula</i>	•	Abg. B.	0. E.	15,8	—	15,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Nicotiana Tabacum</i>	•	Abg. B.	0. E.	7,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Rhoeo discolor</i>	•	Abg. B.	U. E.	5,9	—	—	—	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Arum maculatum</i>	•	Topfpfl.	O. E. B.	7,3	—	—	—	—	—	6,7	—	10,0	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Leucojum vernum</i>	•	Abg. Bl.	I. E. Perig.	10,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Crocus sativus</i>	•	Topfpfl.	I. E. Perig.	20,6	20,6	—	—	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Calendula officinalis</i>	•	Abg. B.	O. E.	9,7	—	—	—	8,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Senecio vulgaris</i>	•	Spross	O. E. B.	10,6	—	9,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Narcissus poeticus</i>	•	Abg. Bl.	O. E. Perig.	16,9	18,0	15,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Lilium tigrinum</i>	•	Abg. Bl.	I. E. Perig.	30,4	28,5	—	31,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Asplenium Ceterach</i>	•	Abg. B.	O. E.	16,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,8	—	
Pflanzen		Sz_g -Werte nach Tagen														Untersuchungs- zeit				
		21	23	24	26	28	30	33	41	50	75	137	138	—	23. 3.— 8.	8. 8.39	0,6	22,9	0,004	
															3.—26.	8.39	0,6	5,1	0,03	
															17.11.—11.12.38	1.3	8,2	0,06		
															4.—20.10.38	2,0	26,3	0,17		
															4.—30.	1.39	1,4	23,8	0,06	
															26. 5.—25.	6.39	1,7	23,3	0,06	
															13.—23.	3.38	0,6	5,6	0,07	
															4.—11.11.39	1,1	5,3	0,18		
															23.10.—7.11.38	0,9	9,3	8,5		
															26.11.—13.12.38	0,9	10,6	—		
															29. 5.—3.	6.38	1,8	—		
															22.—30.	8.38	1,9	6,2		
															17. 7.— 5.	9.39	0,4	2,5		

B. Verhalten von Sz_g in verschiedenen Geweben desselben Organs.

In den verschiedenen Geweben der *Helleborus*wurzel konnte Blum (1916, S. 50) verschieden starkes Fallen der Sz_g -Werte bei Ueberbilanz beobachten.

Wie Tabelle 21 zeigt, weist bei *Helleborus* die obere Blattepidermis bei Ueberbilanz ein sehr unregelmässiges Verhalten auf, wie dies früher bei Unterbilanz (Tabelle 13) auch der Fall gewesen war. Der Endwert der Epidermiskurve liegt merkwürdigerweise sowohl bei Unter- wie bei Ueberbilanz unter dem Anfangswert, doch ist der Ausschlag bei Unterbilanz viel stärker. Die Palisaden reagieren in beiden Fällen normal.

Auffallend ist auch das Verhalten von *Arum maculatum*. Die Blatt-epidermis sinkt sowohl bei Unter- wie bei Ueberbilanz; in beiden Fällen ist die Schwankung in der oberen Epidermis, die länger am Leben bleibt, grösser.

Ranunculus Flammula und *Menyanthes trifoliata* zeigen in allen Geweben anomale Reaktion, also Fallen bei Unterbilanz und Ansteigen bei Ueberbilanz.

C. Verhalten von Sz_g in der Epidermis verschiedener Organe derselben Pflanze.

In den Ueberbilanzversuchen von Gehler (Tabelle 72) sank Sz_g in der Epidermis der Zungenblüte von *Dahlia variabilis* von 17,2 auf 12,7 Atm., im Laubblatt von 10,3 auf 8,8 Atm.; bei *Aster chinensis* fiel Sz_g des Laubblattes von 20,5 auf 12,7 Atm., dagegen trat in der Blüte ein Ansteigen auf von 19,6 auf 23,4 Atm.

Nach Tabelle 22 variieren bei *Saponaria*, *Silene*, *Crocus* und *Narcissus* die Laubblatt- und Perianthepidermen im gleichen Sinne; Sinken bei Ueberbilanz; nur bei *Lilium tigrinum* reagieren sie entgegengesetzt, indem das Laubblatt sinkt, das Perigonblatt ansteigt.

Bei Unterbilanz hatten die Laub- und Perigonblätter nicht nur bei *Lilium*, sondern auch bei *Crocus* und *Narcissus* im entgegengesetzten Sinne sich verändert (Tabelle 15).

D. Verhalten von Sz_g desselben Gewebes in abgetrennten Organen und Topfpflanzen.

Nach Tabelle 23 reagieren im entgegengesetzten Sinne nur die Blattepidermen des abgeschnittenen Blattes und der Topfpflanze von *Ranunculus Flammula*; das Blatt zeigt Ansteigen, die Topfpflanze Sinken von Sz_g .

Tabelle 20.
Pflanzen mit Ansteigen von S_{Zg}
(S_{Zg} -Werte in Atm.)

Gruppe	Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	S_{Zg} -Werte am Anfang	S_{Zg} -Werte nach Tagen										S_{Zg} -Differenz Minimum — Maximum
					1	5	6	8	9	10	11	12	13	14	
I	<i>Ranunculus Flammula</i> .	Abg. B.	Palisaden	12,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Ranunculus Flammula</i> .	Abg. B.	U.E.	9,4	—	10,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Menyanthes trifoliata</i> .	Abg. B.	O.E.	8,5	—	10,0	—	—	—	—	—	—	—	—	12,8
	<i>Menyanthes trifoliata</i> .	Abg. B.	U.E.	8,5	—	—	11,2	—	—	—	—	—	—	—	14,8
	<i>Menyanthes trifoliata</i> .	Topfpl.	O.E. B.	9,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Apium nodiflorum</i> .	Abg. B.	O.E.	11,2	—	8,5	—	16,9	—	—	19,1	+	—	—	—
II	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> .	Abg. B.	O.E.	6,4	6,2	—	8,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Phyllitis Scolopendrium</i> .	Abg. B.	O.E.	14,1	13,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Beta maritima</i> .	Abg. B.	O.E.	8,8	—	—	—	11,5	10,0	+	—	—	—	—	—
	<i>Ranunculus Flammula</i> .	Abg. B.	O.E.	11,2	—	13,8	—	12,5	—	—	—	—	14,5	+	—
	S_{Zg} -Werte nach Tagen														
	16 20 23 24 25 26 28 29														
Gruppe	Pflanzen	Untersuchungszeit													
	<i>Ranunculus Flammula</i> .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16. — 29.	6.39	—	—	2,9
	<i>Ranunculus Flammula</i> .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21.6. — 4.	7.39	—	—	4,1
	<i>Menyanthes trifoliata</i> .	—	—	14,1	+	—	—	—	—	—	24,6. — 18.	7.39	—	—	5,6
	<i>Menyanthes trifoliata</i> .	+	—	—	—	—	—	—	—	—	24,6. — 10.	7.39	—	—	6,3
	<i>Menyanthes trifoliata</i> .	—	—	—	—	—	—	—	13,8	+	21.6. — 20.	7.39	—	—	4,7
II	<i>Apium nodiflorum</i> .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,9. — 4.	10.38	2,7	10,6	
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> .	—	13,5	+	—	—	—	—	—	—	6. — 29.	7.39	0,2	7,3	
	<i>Phyllitis Scolopendrium</i> .	—	—	—	—	—	18,4	+	—	—	6,7. — 1.	8.39	1,0	5,3	
	<i>Beta maritima</i> .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1. — 10.	7.39	—	2,7	
	<i>Ranunculus Flammula</i> .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14. — 27.	6.39	—	3,3	

Tabelle 21.
 S_{Zg} in verschiedenen Geweben abgeschnittener Blätter.
 $(S_{Zg}$ -Werte in Atm.)

Tabelle	Pflanzen	Untersuchtes Gewebe	Anfangswert	S _{zg} -Werte nach						Differenz	Aenderung pro Tag		
				8	14	24	48	60	3	4	5	6	7
18	<i>Helleborus foetidus</i> . . .	O. E.	18,4	19,1	16,5	18,7	19,1	21,0	19,8	16,9	—	16,9	17,0
17	<i>Helleborus foetidus</i> . . .	Palisaden	29,9	—	—	—	—	—	—	—	25,4	—	—
17	<i>Arum maculatum</i> . . .	O. E.	8,8	—	—	—	—	—	7,3	—	—	7,0	—
17	<i>Arum maculatum</i> . . .	U. E.	8,8	7,0	—	—	—	—	—	—	5,9	—	—
20	<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	O. E.	11,2	—	—	—	11,5	—	—	—	13,8	—	—
20	<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	Palisaden	12,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,8
20	<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	U. E.	9,4	—	—	—	—	—	—	—	10,9	—	—
20	<i>Menyanthes trifoliata</i> . . .	O. E.	8,5	—	—	—	—	—	—	—	10,0	—	—
20	<i>Menyanthes trifoliata</i> . . .	U. E.	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	11,2	—
Tabelle	Pflanzen	S _{zg} -Werte nach						Differenz	End-/ Anfangswert	Aenderung pro Tag			
		8	10	11	12	13	14	16	18	20	23	24	
18	<i>Helleborus foetidus</i> . . .	—	—	18,0	—	—	—	—	16,5	+	—	—	—1,9
17	<i>Helleborus foetidus</i> . . .	—	—	—	—	—	—	24,6	—	—	—	—	—5,3
17	<i>Arum maculatum</i> . . .	—	—	—	—	—	4,8	+	—	—	—	—	—4,0
17	<i>Arum maculatum</i> . . .	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—2,9
20	<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	—	—	—	—	—	—	14,5	+	—	—	—	+ 3,3
20	<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 2,9
20	<i>Ranunculus Flammula</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 4,1
20	<i>Menyanthes trifoliata</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	12,8	—	—	—	14,1
20	<i>Menyanthes trifoliata</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	14,8	+	—	—	+ 5,6

Tabelle 22.
 S_{Zg} in der Epidermis von Laub- und Kronblättern derselben Pflanze.
 $(S_{Zg}$ -Werte in Atm.)

Tabelle 23.
 Sz_g in abgeschnittenen Organen und eingetopften Pflanzen.
 $(Sz_g$ -Werte in Atm.)

Die Resultate meiner Unter- und Ueberbilanzversuche lassen sich kurz folgendermassen zusammenfassen :

Die 95 Versuchsstoffe ergaben bei Unterbilanz folgendes Verhalten :

Endwert > Anfangswert 69 = 73 %
Endwert = Anfangswert 6 = 6 %
Endwert < Anfangswert 20 = 21 %.

Bei Ueberbilanz zeigten die 87 Versuchsstoffe :

Endwert < Anfangswert 72 = 83 %
Endwert = Anfangswert 5 = 6 %
Endwert > Anfangswert 10 = 11 %.

V. Gesamtamplitude der Sz_g -Schwankung.

Aus den in Abschnitt III und IV mitgeteilten Untersuchungen können nun die mit meiner Methode erfassbaren Gesamtamplituden ermittelt werden.

Wie wir gesehen haben, hängt der Endwert unter anderem in hohem Masse ab von der Methode (*Sempervivum* S. 53) und vom Anfangswert. Bei Pflanzen, deren Sz_g bei Unterbilanz zu- und bei Ueberbilanz abnimmt, ist die grösste Gesamtamplitude zu erwarten, wenn wir bei Unterbilanz von einem möglichst hohen und bei Ueberbilanz von einem möglichst tiefen Anfangswert ausgehen. Gewöhnlich war nun der Anfangswert für Unter- und Ueberbilanz derselbe, die gefundene Gesamtamplitude also auch aus diesem Grunde nicht die maximale. Immerhin erhalten wir ein vorläufiges Bild von der osmotischen Regulationsfähigkeit verschiedener Protoplasten.

Bei Pflanzen mit spiegelbildlichem Verhalten, Sinken von Sz_g bei Unterbilanz und Steigen bei Ueberbilanz, müsste man zur Erreichung einer möglichst grossen Gesamtamplitude bei Unterbilanz von einem möglichst tiefen und bei Ueberbilanz von einem möglichst hohen Anfangswert ausgehen.

A. Gesamtamplitude jener Protoplasten, die bei Unterbilanz Sz_g ansteigen und bei Ueberbilanz fallen lassen.

Beginnen wir mit dem normalen, d. h. von den meisten Protoplasten eingeschlagenen Verhalten : Ansteigen von Sz_g bei Unterbilanz und Fallen bei Ueberbilanz.

a) Ist die Reaktion bei Unter- und Ueberbilanz deutlich (III_{Aa} und IV_{Aa}), so haben wir eine grosse Gesamtamplitude zu erwarten. Diese Fälle sind in Tabelle 24 (Gruppe I) zusammengestellt.

Tabelle 24.
Pflanzen mit Ansteigen von Sz_g bei Unterbilanz und Sinken bei Ueberbilanz.
(Sz_g -Werte in Atm.)

Gruppe	Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Unterbilanz		Ueberbilanz		Gesamt-amplitude in Atm.	Gesamt-amplitude in % des Minimums	
				Anfangs-wert	Maximum	Anfangs-wert	Minimum			
	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	•	Abg. B.	0. E.	46,0	61,1	30,4	21,4	39,7	185,5
	<i>Digitalis nervosa</i>	•	Abg. B.	0. E.	17,2	40,4	17,2	6,2	34,2	551,6
	<i>Vinca major</i>	•	Abg. B.	0. E.	21,0	36,7	21,0	8,8	27,9	317,0
	<i>Pachysandra terminalis</i>	•	Abg. B.	0. E.	27,2	41,5	27,2	16,9	24,6	145,6
	<i>Polygonum Persicaria</i>	•	Abg. B.	0. E.	17,2	30,4	17,2	6,7	23,7	353,7
	<i>Beta vulgaris</i>	•	Abg. B.	0. E.	21,0	32,7	20,6	9,7	23,0	237,1
	<i>Lilium tigrinum</i>	•	Abg. B.	0. E.	22,2	37,3	21,8	15,5	21,8	140,6
	<i>Alyssum Alyssoides</i>	•	Abg. B.	0. E.	15,1	30,4	14,8	10,6	19,8	186,8
	<i>Globularia vulgaris</i>	•	Abg. B.	0. E.	25,4	40,4	25,4	19,8	20,6	104,0
	<i>Pentstemon barbatus</i>	•	Abg. B.	0. E.	24,2	36,2	24,6	17,2	19,0	110,5
	<i>Veronica gentianoides</i>	•	Abg. B.	0. E.	16,5	25,9	16,5	6,4	19,5	304,7
	<i>Saturreia vulgaris</i>	•	Abg. B.	0. E.	19,8	29,0	19,5	10,9	18,1	166,1
I	<i>Potentilla argentea</i>	•	Abg. B.	0. E.	21,0	35,2	21,0	17,2	18,0	104,7
	<i>Syringa vulgaris</i>	•	Abg. B.	0. E.	25,2	29,4	24,2	11,5	17,9	155,7
	<i>Silene Ameria</i>	•	Abg. B.	0. E.	12,2	26,7	12,2	10,0	16,7	167,0
	<i>Gypsophila paniculata</i>	•	Abg. B.	0. E.	12,2	25,9	12,2	10,0	15,9	159,0
	<i>Chenopodium Bonus Henn.</i>	•	Abg. B.	0. E.	18,4	29,0	18,4	13,8	15,2	110,1
	<i>Cheilodonium majus</i>	•	Abg. B.	0. E.	15,8	22,9	14,1	7,9	15,0	189,9
	<i>Saponaria officinalis</i>	•	Abg. B.	0. E.	19,1	24,2	19,1	10,0	14,2	142,0
	<i>Genista tinctoria</i>	•	Abg. B.	0. E.	18,4	26,7	18,4	12,5	14,2	113,6
	<i>Sanguisorba minor</i>	•	Abg. B.	0. E.	19,1	28,1	19,1	14,8	13,8	89,9

Alle andern Versuchsstoffe übertrifft bei weitem *Trentepohlia*; sie besaß die grösste Unterbilanzamplitude, die grösste Ueberbilanzamplitude und zeigt naturgemäss auch die höchste Gesamtamplitude in Atm. In weitem Abstand folgen zunächst *Rhododendron ferrugineum*, *Digitalis nervosa* und die Palisaden von *Helleborus*. Die grössten Amplituden fallen auf die Objekte mit den höchsten Sz_g -Maxima. In der Regel liegt die Gesamtamplitude zwischen 10 und 20 Atm. Das Minimum von 8,6 Atm. finden wir bei *Thlaspi perfoliatum*.

b) Geringe Gesamtamplituden werden jene Pflanzen zeigen, die sowohl bei Unter- wie auch bei Ueberbilanz Sz_g nur wenig ändern. Die Gesamtamplituden der beiden in Tabelle 24, Gruppe II, enthaltenen Pflanzen liegen weit unter denen von Gruppe I.

B. Gesamtamplitude jener Protoplasten, die bei Unterbilanz Sz_g fallen und bei Ueberbilanz steigen lassen.

a) Relativ starke Sz_g -Änderungen zeigen *Menyanthes trifoliata* und *Ranunculus Flammula*, doch liegen die Gesamtamplituden unter 10 Atm.

Tabelle 25.

Pflanzen mit Sinken von Sz_g bei Unterbilanz und Ansteigen bei Ueberbilanz.

Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Unter- suchtes Gewebe	Unterbilanz		Ueberbilanz		Amplitude	
			An- fangs- wert	End- wert	An- fangs- wert	End- wert	Atm.	% des Mi- nimums
<i>Menyanthes trifoliata</i> .	Abg. B.	O. E.	8,8	5,9	8,5	14,1	8,2	138,9
<i>Menyanthes trifoliata</i> .	Abg. B.	U. E.	8,5	7,3	8,5	14,8	7,5	102,7
<i>Menyanthes trifoliata</i> .	Topfpfl.	O. E. B.	9,1	5,6	9,1	13,8	8,2	146,4
<i>Ranunculus Flammula</i> .	Abg. B.	O. E.	10,9	7,6	11,2	14,5	6,9	90,8
<i>Ranunculus Flammula</i> .	Abg. B.	Palisaden	12,1	7,9	12,2	15,1	7,2	91,1
<i>Ranunculus Flammula</i> .	Abg. B.	U. E.	9,4	7,0	9,4	13,5	6,5	92,9

b) Geringes Sinken bei Unterbilanz und geringes Ansteigen bei Ueberbilanz haben natürlich geringe Gesamtamplituden zur Folge. Als Beispiel erwähne ich die Perigonepidermis einer abgeschnittenen Blüte von *Narcissus poeticus*:

Unterbilanz (Tabelle 11) Anfangswert 17,2 Atm., Minimum 15,1 Atm.
Ueberbilanz (Tabelle 19) Anfangswert 16,9 Atm., Maximum 18,0 Atm.

Gesamtamplitude 2,9 Atm.

Tabelle 26.

Gesamtamplitude der Pflanzen mit zum Teil unregelmässigem Verhalten

bei Unter- und Ueberbilanz.

(Sz_g-Werte in Atm.)

Gruppe	Pflanzen	Versuch ausgeführt an	Untersuchtes Gewebe	Unterbilanz			Ueberbilanz			Gesamt- amplitude	
				Anfangs- wert	Maxim	Minim	Anfangs- wert	Maxim	Minim	Atm.	% des Minimums
I	<i>Sambucus nigra</i> . . .	Abg. B.	O. E.	11,8	28,1	—	11,8	—	11,2	16,9	150,9
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> . .	Abg. B.	O. E.	6,4	20,6	—	6,4	—	6,2	14,4	232,3
	<i>Phyllitis Scolopendrium</i> . .	Abg. B.	O. E.	13,8	25,4	—	14,1	—	13,1	12,3	93,9
	<i>Iberis amara</i>	Abg. B.	O. E.	11,8	18,0	—	11,8	—	7,0	11,0	157,1
	<i>Morina longifolia</i> . . .	Abg. B.	O. E.	16,9	23,8	—	16,9	—	13,8	10,0	72,5
	<i>Calendula officinalis</i> . . .	Abg. B.	O. E.	9,7	16,9	—	9,7	—	8,8	8,1	92,0
	<i>Rumex acetosa</i>	Abg. B.	O. E.	17,2	19,1	—	17,2	—	11,8	7,3	61,9
	<i>Carlina vulgaris</i>	Abg. B.	O. E.	10,6	12,5	—	10,6	—	6,2	6,3	101,6
	<i>Crassula lactea</i>	Abg. B.	O. E.	2,7	8,2	—	2,7	—	2,1	6,1	290,5
	<i>Lupinus albus</i>	Abg. B.	O. E.	13,5	15,8	—	13,5	—	10,3	5,5	53,4
	<i>Primula Auricula</i> . . .	Abg. B.	O. E.	15,8	19,8	—	15,8	—	14,5	5,3	36,6
	<i>Campanula persicifolia</i> . .	Abg. B.	O. E.	19,5	19,8	—	19,5	—	16,9	2,9	17,2
	<i>Rhoeo discolor</i>	Abg. B.	U. E.	5,9	14,5	—	5,9	—	4,5	10,0	222,2
	<i>Arum maculatum</i>	Abg. B.	U. E.	9,1	9,7	—	8,8	—	5,9	3,8	64,4
	<i>Senecio vulgaris</i>	Spross	O. E. B.	11,2	23,8	—	10,6	—	9,7	14,1	145,4
	<i>Taxus baccata</i>	Spross	O. E. B.	18,7	19,8	—	18,0	—	9,7	10,1	104,1
	<i>Picea excelsa</i>	Spross	Assimilat.- Par.	43,2	48,9	—	43,2	—	14,5	34,4	237,2
	<i>Narcissus poeticus</i> . . .	Topfpfl.	O. E. B.	7,9	16,9	—	7,9	—	5,6	11,3	201,8
	<i>Arum maculatum</i>	Topfpfl.	O. E. B.	7,3	7,9	—	7,3	—	5,6	2,3	41,1
	<i>Tulipa Gesneriana</i> . . .	Abg. Bl.	I. E. Perig.	20,2	22,5	—	20,2	—	8,2	14,3	174,4
	<i>Colchicum autumnale</i> . .	Abg. Bl.	I. E. Perig.	12,5	13,5	—	12,2	—	8,8	4,7	53,4
	<i>Chrysanthemum</i> <i>Leucanth.</i>	Abg. Bl.	U. E. Kronb.	10,3	11,2	—	10,3	—	7,9	3,3	41,8
II	<i>Apium nodiflorum</i> . . .	Abg. B.	O. E.	11,2	—	6,4	11,2	19,1	—	12,7	198,3
	<i>Asplenium Ceterach</i> . .	Abg. B.	O. E.	17,2	—	7,9	16,2	17,6	—	9,7	122,8
	<i>Ranunculus Flammula</i> . .	Topfpfl.	O. E. B.	10,6	—	4,5	10,9	11,2	—	6,7	148,9
	<i>Lilium tigrinum</i>	Abg. Bl.	I. E. Perig.	30,4	—	21,8	30,4	31,3	—	9,5	43,6
	<i>Narcissus poeticus</i> . . .	Topfpfl.	O. E. Perig.	18,7	—	7,9	17,2	19,1	—	11,2	141,8
	<i>Arum maculatum</i>	Abg. B.	O. E.	10,0	11,2	4,0	—	—	—	7,2	180,0
	<i>Helleborus foetidus</i> . . .	Abg. B.	O. E.	20,6	23,8	10,0	—	—	—	13,8	138,0
III	<i>Galtonia candicans</i> . . .	Abg. Bl.	I. E. Perig.	22,9	25,4	16,2	—	—	—	9,2	56,8
	<i>Colchicum autumnale</i> . . .	Topfpfl.	I. E. Perig.	12,2	12,8	8,5	—	—	—	4,3	50,6
	<i>Crocus sativus</i>	Topfpfl.	I. E. Perig.	22,5	25,0	15,5	—	—	—	9,5	61,3
IV	<i>Crocus sativus</i>	Abg. Bl.	I. E. Perig.	—	—	—	17,6	17,6	12,8	4,8	37,5

C. Gesamtamplitude jener Protoplasten, die zum Teil unregelmässiges Verhalten zeigten.

Die Amplituden der unter A und B nicht erwähnten Pflanzen sind in Tabelle 26 zusammengestellt. Sie konnten auf verschiedene Weise zustande kommen :

Gruppe I : Maximum bei Unterbilanz, Minimum bei Ueberbilanz.

Gruppe II : Maximum bei Ueberbilanz, Minimum bei Unterbilanz.

Gruppe III : Maximum und Minimum bei Unterbilanz.

Gruppe IV : Maximum und Minimum bei Ueberbilanz.

D. Amplitude bei Erzielung von Unterbilanz durch Lösungen.

Das Sz_g -Maximum wurde bei Submersen durch Untertauchen, bei *Beta maritima* zum Teil durch Eintauchen der Schnittfläche des Blattstiels in die Lösung erreicht, zum Teil wie oben durch trockene Luft.

Das Sz_g -Minimum in Leitungswasser wurde durch Uebertragen in destilliertes Wasser nicht verändert, dagegen wäre durch Verdunkelung und geeignete Erhöhung der Temperatur eine weitere Sz_g -Reduktion erreichbar gewesen, ein Weg, der natürlich eingeschlagen werden muss, wenn man absolute Werte für die Amplitude erhalten will.

	Lösung	Minimum	Minimum	Amplitude
		in Lösung	in Wasser	Atm.
		Atm.	Atm.	Atm.
<i>Elodea canadensis</i> . . .	Rohrz.	19,8	9,7	10,1
<i>Elodea canadensis</i> . . .	NaCl	23,8	9,7	14,1
<i>Spirogyra spec.</i>	Rohrz.	17,6	11,5	6,1
<i>Beta maritima</i>	NaCl	105,5	8,5	97,0
<i>Beta maritima</i>	Luft	29,4	8,5	20,9

Auffallend ist hier vor allem der grosse Unterschied zwischen der Amplitude von *Beta* in Lösung und in Luft.

VI. Ueber die chemischen und physiologischen Grundlagen der Sz_g -Aenderung.

Die Sz_g -Aenderungen, welche die untersuchten Pflanzen aufwiesen, können verursacht werden durch Erzeugung oder Zerstörung osmotisch wirksamer Substanz, durch Endo- oder Exosmose osmotisch wirksamer Stoffe und durch Veränderungen der Zellwand.

In den *Unterbilanzversuchen* zeigten 73 % der Versuchsobjekte einen höheren Endwert als Anfangswert. Als Ursache der Sz_g -Erhöhung kommen bei *Pflanzen mit fortwährendem Sz_g -Anstieg* besonders Erzeugung osmotischer Substanz und Endosmose in Frage.

Die chemische Zusammensetzung der osmotisch wirksamen Substanz kann in verschiedenen Zellen sehr verschieden sein, wie schon die Angaben von de Vries (1884, S. 276) zeigen, der die osmotischen Komponenten verschiedener Zellsäfte untersuchte. Von neueren Arbeiten seien zunächst die von Pittius (1935, S. 57) ausgeführten Zellsaftanalysen an Blättern von *Hedera Helix* und *Ilex aquifolium* angeführt, nach welchen der osmotische Wert durch Glukose, Fruktose und Saccharose, durch freie sowie an Metalle gebundene Apfelsäure und durch an Kalium bzw. Natrium gebundene Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure bedingt wird. Ferner kam Knodel (1938, S. 713) bei Preßsaftanalysen an Flieder, Mais, Futterrübe, Roggen, Fichte und Buchs zum Ergebnis, dass Zucker (Mono- und Disaccharide), anorganische und organische Salze und freie organische Säuren die wesentlichen Komponenten des osmotischen Wertes darstellen. Nach Steiner (1934, S. 152) enthält der Preßsaft von Salzmarschhalophyten, z. B. *Salicornia mucronata*, vor allem NaCl.

Auch der Si_n -Anstieg kann durch Erzeugung osmotischer Substanz erfolgen, sofern die Änderung nicht auf Wassergehaltsschwankungen zurückzuführen ist. So fand Pittius (S. 60), dass bei *Ilex Aquifolium* und *Hedera Helix* die Si_n -Schwankungen fast nur durch die Zucker bewirkt werden, während die absolute Höhe von Si_n durch organische Säuren und durch Salze bedingt wird. Knodel (S. 714), der an verschiedenen Pflanzen feststellte, dass die Salze am osmotischen Wert besonders stark beteiligt sind, vermutet, dass der Salzgehalt die charakteristische Höhenlage des Si_n -Wertes einer Pflanze bestimmt, wobei ein Drittel bis die Hälfte auf organische Salze zurückgeht.

In meinen Unterbilanzversuchen lässt sich vermuten, dass der Sz_g -Anstieg in erster Linie der Erhöhung der Zuckerkomponente zuzuschreiben ist, denn verschiedene Autoren (Literatur zusammengestellt bei Steiner [1939, S. 166]) konnten beim Welken von Blättern eine Depolymerisierung der Reservekohlehydrate beobachten. In einigen Fällen, wo Sz_g besonders hohe Werte erreichte (vgl. z. B. *Rhododendron ferrugineum*, Tabelle 8) war die Wirkung der Unterbilanz jedenfalls noch durch die bei niederen Temperaturen stattfindende Anhäufung der Zucker unterstützt, wie sie schon von Müller-Thurgau (1882) beobachtet wurde. Zur Erklärung schreibt Bersin (1939, S. 30): « Die bekannte scheinbare Aktivitätssteigerung von Hydrolasen (z. B. Amylase, Saccharase usw.) durch Einfrieren und Wiederauftauen (Süsswerden der Kartoffeln) kann auf Grund der Arbeiten von Nord und Oparin dahin gedeutet werden, dass durch Desaggregierung die makroheterogenen synthetisierenden Enzyme in mikroheterogene spaltende Enzyme übergehen, es sich damit also um eine Konzentrationserhöhung der Katalysatoren handelt. »

Wie die Untersuchungen von *Asai* (1932, S. 68; 1937, S. 364) z. B. an *Gardenia jasminoides* zeigen, kommt bei manchen Pflanzen an Stelle der Zucker dem Mannit die Rolle des osmotischen Regulators im Winter zu.

Nach den oben angeführten Preßsaftanalysen spielen neben den Zuckern besonders die *organischen Säuren* (vor allem Apfelsäure) eine wichtige Rolle als Komponente der osmotisch wirksamen Substanz. Bei *Hedera* und *Ilex* kommt ihnen nach *Pittius* (S. 64) allerdings keine regulatorische Bedeutung zu, da ihr Gehalt mehr oder weniger konstant ist. Durch die Möglichkeit, in Form von Calciumoxalat auszukristallisieren und wieder in Lösung zu gehen, ist aber doch durch die Oxalsäure ein regulatorischer Einfluss gegeben, wie das ebenfalls für kolloide Zellinhaltstoffe, die in Kristalloide übergehen können, gilt.

Einen Fall von Sz_g -Zunahme bei einem Halophyten durch Endosmose finden wir bei *Beta maritima* (Tabelle 13), welche in NaCl-Lösung Sz_g bedeutend höher ansteigen liess als in trockener Luft. Nach *Steiner* (1939, S. 217) haben wir bei den Halophyten zwei Typen zu unterscheiden: einen « Kumulationstyp », bei welchem während der ganzen Vegetationsperiode das aufgenommene Kochsalz in den Blättern angesammelt wird, was zu einem stetigen Anstieg des NaCl-Gehaltes und des Si_n -Wertes führt, und einen « Regulationstyp », dessen Regulationseinrichtungen (Salzdrüsen, gleichzeitige Wasserspeicherung) eine ständige Zunahme der Salze im Zellsaft hintanhalten.

Auf ein Permeieren des Kochsalzes weisen auch die Versuche an *Elodea* hin (Tabelle 13), deren Sz_g in NaCl stärker zunahm als in Rohrzucker.

Bei *Pflanzen mit unregelmässigem Anstieg von Sz_g* wirken neben den Faktoren, die eine Zunahme verursachen, auch solche, die durch Zerstörung von osmotischer Substanz oder Exosmose wenigstens zeitweise eine Erniedrigung hervorrufen. So kann bei Unterbilanz vor allem durch die verstärkte Atmung eine bedeutende Verringerung der Zuckerkomponente eintreten, nachdem der Zuckerspiegel zuerst durch die Depolymerisierung der Reservekohlehydrate angestiegen war (vgl. *Steiner*, 1939, S. 167). *Laisné* (1939, S. 401) beobachtete in welkenden, abgeschnittenen Blättern einiger Kräuter und Sträucher (z. B. *Sam-bucus nigra*) unregelmässige Si_n -Anstiege, indem Si_n während der ersten 1 bis 2 Stunden zunahm, die folgende Stunde wieder sank und erst darauf endgültig anstieg. Als Ursache dieses Verhaltens vermutet er verschiedene Phasen chemischer Umsetzung. Bei Pflanzen mit geringem Sinken von Sz_g vor dem Absterben wäre auch an eine Permeabilitätsänderung und eine dadurch ermöglichte Exosmose zu denken.

21 % der Versuchsstoffe zeigten bei Unterbilanz einen tieferen End- als Anfangswert. Für ein Sinken von Sz_g bei Unterbilanz wurden verantwortlich gemacht: die Hemmung der Assimilation oder der Nähr-

stoffaufnahme, die Abwanderung und die Zerstörung osmotisch wirksamer Stoffe. Simonis (1936, S. 200) und Härtel (1936, S. 14) vermuten, das an *Sanicula europaea*, bzw. *Hieracium Pilosella* bei Unterbilanz beobachtete Sinken von Sz_g sei auf Hemmung der Assimilation zurückzuführen. So schreibt Härtel: « Man könnte daran denken, ob nicht *Hieracium* während der Trockenheit seine Assimilationstätigkeit mehr oder weniger einstellt und Zellinhaltsstoffe und aufgespeicherte Assimilate veratmet, was eine Abnahme des osmotischen Wertes, also der Zellsaftkonzentration, zur Folge haben müsste. Vollständiges Welksein verbunden mit Einrollung der Blätter nebst minimaler Transpiration sprechen hierfür, desgleichen die Versuche Iljins (1923), der in mehreren, xerisch wenig angepassten Pflanzen bei Wasserverlust eine Assimilationseinschränkung mit oft gleichzeitiger Erhöhung der Atmung festgestellt hat. » Unter meinen Versuchsobjekten mit fortwährendem Fallen von Sz_g (vgl. S. 72) befinden sich vor allem Sumpfpflanzen. Müller-Stöll (1938, S. 367), der bei Hygrophyten an weniger feuchtem Standort auch stets kleinere Si_n -Werte fand als an ganz feuchten, schreibt: « Bei einem Teil der Arten war deutlich eine Verringerung des Zuckergehaltes am trockeneren Standort festzustellen; Beispiele hierfür sind *Mentha aquatica* und *Polygonum amphibium*. Diese Tatsache weist auf eine Verminderung der assimilatorischen Leistung beim Herausrücken aus nassen Standortsbedingungen hin. Bei andern Arten bleibt aber der Gesamtzuckeranteil im Zellsaft konstant, wengleich die häufig zu beobachtende Verringerung des Disaccharidanteils auch hier auf eine schlechtere Assimilation deutet. Die Erniedrigung des osmotischen Wertes geht aber in diesen Fällen im wesentlichen auf Kosten des Nichtzuckeranteils im Zellsaft, mit aller Wahrscheinlichkeit auf Kosten der anorganischen Salze, so dass hier mit einer gehemmten Nährstoffaufnahme aus dem Boden zu rechnen ist. » Ueber die von Walter (1931, S. 108) und Volk (1937, S. 131) beobachtete Si_n -Abnahme verschiedener Pflanzen bei längeren Trockenperioden schreibt letzterer: « Zur Erklärung dieser Erscheinungen kann man mit Walter (1931) an die Erfahrungen von Mothes (1931) anknüpfen, wonach bei Wasserdefiziten in den Pflanzen ein starker Eiweissabbau eintritt. Diese proteolytischen Vorgänge treten anscheinend bei verschieden grossen Wasserdefiziten ein. Tritt die Eiweissabwanderung bei Wassermangel erst spät und mit geringerer Intensität auf, so können die Wasserverluste überwiegen, und die osmotischen Werte müssen ansteigen, ähnlich wie es bei der normalen Dürreschädigung der Fall ist. Setzen dagegen die proteolytischen Vorgänge schon bei geringen Wasserdefiziten und bei eingeschränkter Transpirationsintensität ein, so können die Abwanderungsverluste die Transpirationsverluste überwiegen, und es kann eine Entleerung der Blätter und damit eine Erniedrigung der Zellsaftkonzentration bei sich wenig änderndem Wassergehalt ein-

treten. » Anhaltspunkte für eine Abwanderung osmotisch wirksamer Stoffe gibt Tabelle 16, wo Sz_g der gleichen Gewebe in abgeschnittenen Organen und eingetopften Pflanzen verglichen sind. Mit Ausnahme von *Arum* zeigten die Sz_g -Werte der eingetopften Pflanzen ein bedeutend stärkeres Sinken als jene der abgeschnittenen Organe, was auf eine Ableitung osmotischer Substanz schliessen lässt.

In den *Ueberbilanzversuchen* lag der Endwert bei 83 % der Versuchsobjekte tiefer als der Anfangswert. Die grosse Feuchtigkeit scheint im Gegensatz zur Unterbilanz die Aktivität der synthetisierenden Fermente zu fördern, so dass die Monosen in osmotisch weniger wirksame Polysaccharide übergeführt werden. Ferner kann ein Sinken von Sz_g verursacht werden durch das Wachstum oder durch elastische Aenderungen der Zellwand, denn zwei Zellen, die in normalem Zustand den gleichen Inhalt besitzen, zeigen nur dann denselben Sz_g -Wert, wenn sie auch die gleiche Wandkontraktion aufweisen (vgl. ferner II₄, S. 59).

11 % der untersuchten Objekte wiesen aber ein umgekehrtes Verhalten auf, indem der Endwert über dem Anfangswert lag. Es handelt sich dabei vor allem wieder um Sumpfpflanzen, deren Si_n sich nach Müller - Stöll (1938, S. 361) gleich verhält; bei ihnen dürfte durch Ueberbilanz die assimilatorische Leistung gefördert werden.

VII. Bedeutung der Sz_g -Regulation für die Wasserversorgung.

Für die Aufnahme, die Abgabe und die Leitung des Wassers ist von den osmotischen Zustandsgrössen selbstverständlich allein Sz_n massgebend. Trotzdem besitzt auch Sz_g in diesem Zusammenhang ein Interesse, insofern es Sz_n beeinflusst. Einmal ist evident, dass ohne osmotisch wirksame Substanz eine osmotische Saugkraft unmöglich ist; ferner muss ceteris paribus mit steigendem Sz_g auch Sz_n zunehmen und umgekehrt.

Gefährlicher Unterbilanz können die Pflanzen begegnen durch Erleichterung der Wasseraufnahme (z. B. Tiefwurzler, günstiger Standort, günstige Vegetationszeit, hohe Saugkräfte), durch Erschwerung der Transpiration (Reduktion der stomatären und kutikulären Komponente, günstiger Standort, günstige Vegetationszeit), durch Wasserspeicher verschiedenster Art und vor allem auch durch Austrocknungsresistenz.

Die Fähigkeit, Sz_g zu erhöhen, ist besonders bei jenen Pflanzen zu erwarten, denen andere Schutzmittel gegen schädliche Unterbilanz in ausreichendem Masse fehlen.

Zu den Pflanzen, die bei starker Trockenheit des Bodens und besonders in schneefreien und windigen Kälteperioden gefährdet erscheinen, gehören die *Immergrünen*. Die von mir untersuchten Vertreter dieser Gruppe zeigten fast durchgehend hohe Sz_g -Maxima (*Rhododendron* 61,1, *Pachysandra* 41,5, *Globularia* 40,4, *Erica* 38,8, *Vinca* 36,7,

Potentilla 35,2, *Hyssopus* 29,4 Atm.). Hierher gehören auch das Assimulationsparenchym von *Picea* (48,9 Atm.) und die Palisaden von *Helleborus* (58,9 Atm.), während die Epidermis von *Helleborus* nur bis auf 23,8 Atm. steigt.

Hohe Anpassungsfähigkeit ist auch bei Halophyten leichtverständlich, da die Salze der Bodenlösung bei stärkerer Konzentration bedeutende Saugkräfte entwickeln, welche die Pflanze bei der Wasseraufnahme überwinden muss. Das hohe Maximum von 105 Atm. erhielt ich bei *Beta maritima* in Salzlösung.

Das höchste von mir gemessene Sz_g -Maximum von 291 Atm. fällt auf die Luftalge *Trentepohlia aurea*, die in doppelter Weise gegen die so leicht sich einstellende Unterbilanz geschützt erscheint: einmal durch ihre Austrocknungsresistenz, während der hohe Sz_g -Wert (d. h. die durch ihn bedingte hohe Saugkraft) der Austrocknung wirkungsvoll entgegenarbeitet und dadurch möglichst lange die Assimilation erlauben dürfte.

Sehr hohe Sz_g -Maxima müssen auch von den Schimmelpilzen entwickelt werden, die noch auf ziemlich trockenen Substraten leben können. Aus dem Dampfdruck, bei dem die Hyphen von *Aspergillus glaucus* in meinen Versuchen noch wuchsen, kann auf eine maximale Saugkraft (Sz_n) dieser Hyphen bis zu 286 Atm. geschlossen werden.

Das *Fehlen der Fähigkeit*, bei Unterbilanz hohe Sz_g -Maxima zu entwickeln, ist bei jenen Pflanzen zu erwarten, die auf andere Weise ausreichend geschützt sind. So betrugen in meinen Versuchen die Sz_g -Maxima in der Laubblattepidermis der meist frühblühenden *Geophyten* 16,9—18,2 Atm. (*Narcissus*, *Uvularia*, *Convallaria*); in der Perianthepidermis 12,5—25 Atm. (*Leucojum*, *Colchicum*, *Crocus*, *Narcissus*, *Tulipa*).

Durch erleichterte Absorption sind die Tiefwurzler vor starker Unterbilanz geschützt und zeigen auch bei starker Unterbilanz keinen bedeutenden Sz_g -Anstieg, damit harmoniert die Saugkraft der verschiedenen Böden, wie die Untersuchungen von W a e f f l e r (1939) zeigen, welche sich, mit Ausnahme des Sandbodens, in Tiefen unter 30 cm nur wenig ändert. In meinen Versuchen erreichten die Tiefwurzler *Lupinus albus*, *Carlina vulgaris* und *Rumex Acetosa* in der oberen Blattepidermis nur Sz_g -Maxima von 12,5 bis 19,1 Atm.

Niedere Sz_g -Maxima wurden auch an Pflanzen mit *Wasserspeichern* beobachtet. Vor allem lagen sie tief in der Blattepidermis der Sukkulanten *Aeonium* und *Crassula* (8,2—11,8 Atm.), bei *Sempervivum* dagegen stieg der Sz_g -Wert bis auf 22,5. Dass *Sempervivum* bei abnormal starker Unterbilanz auch Werte von über 100 Atm. aufweisen kann (U r s p r u n g und B l u m, 1938) wurde schon S. 53 erwähnt. Ferner betrug das Sz_g -Maximum in der Epidermis der Zungenblüte von *Chrysanthemum Leucanthemum* nur 11,2 Atm.; vermutlich stellt der Blüten-

boden auch hier ein Wasserreservoir dar, wie dies Gehler (S. 95) für *Chrysanthemum indicum* angibt.

Durch günstigen Standort sind die Schatten- und Wasserpflanzen vor Unterbilanz geschützt. So ergaben meine Sz_g-Messungen bei *Arum Maxima* von 7,9—11,2 Atm. In der obren Blattepidermis der Wasserpflanzen erreichten *Ranunculus Flammula*, *Menyanthes trifoliata* und *Apium nodiflorum* ihre Sz_g-Maxima von 14,1—19,1 Atm. bei Ueberbilanz, *Hydrocotyle* dagegen bei Unterbilanz. Unter dem Einfluss von NaCl-Lösungen stieg aber Sz_g beträchtlich an, bei *Elodea* von 10,3 auf 23,8 Atm., bei *Spirogyra* von 11,8 auf 17,6 Atm.

Der einzige untersuchte Vertreter der Austrocknungsresistenten *Asplenium Ceterach* erreichte ein Maximum von 17,6 Atm.

VIII. Zusammenfassung.

1. Bei 75 Pflanzen verschiedener systematischer und ökologischer Gruppen wurde in der Epidermis von Laub- oder Perianthblättern die Aenderung der Saugkraft bei Grenzplasmolyse (Sz_g) durch Wasserunter- und -überbilanz bis zum Absterben verfolgt.

2. In den Unterbilanzversuchen stieg Sz_g in 69 von 95 Messungsreihen deutlich an, um 3,1 bis 168 Atm. oder 15 bis 223 %. Der Rest zeigte geringe Aenderungen und ganz vereinzelt (Blätter von *Ranunculus Flammula*, *Menyanthes trifoliata*, *Asplenium Ceterach* und Perigon von *Narcissus poeticus* und *Lilium tigrinum*) fortwährendes Sinken von Sz_g.

3. In den Ueberbilanzversuchen ergaben 72 von 87 Messungsreihen ein deutliches Sinken der Sz_g-Werte, um 1,1 bis 51,7 Atm. oder 5,3 bis 66 %. In den übrigen Fällen war die Erniedrigung gering und vereinzelt (*Ranunculus Flammula*, *Menyanthes trifoliata*, *Apium nodiflorum*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Phyllitis Scolopendrium* und *Beta maritima*) erfolgte fortwährendes Ansteigen.

4. Das Maximum bei Ueber- und das Minimum bei Unterbilanz fand ich in den Blättern von *Ranunculus Flammula*, *Menyanthes trifoliata*, *Apium nodiflorum*, *Asplenium Ceterach* und im Perigon von *Lilium tigrinum* und *Narcissus poeticus*; das Maximum und Minimum bei Unterbilanz zeigten die obren Blattepidermen von *Arum* und *Helleborus*, sowie die Perigonepidermen von *Galtonia*, *Colchicum* und *Crocus*; das Maximum und Minimum bei Ueberbilanz erreichte die Blattepidermis von *Crocus*.

5. Die höchsten Maxima fand ich bei *Trentepohlia* (291,4 Atm.) und *Aspergillus* (Sz_n 287 Atm.), es folgten *Beta maritima* (105,5 Atm. in NaCl-Lösung) und die Winterwerte von *Rhododendron* (61,1 Atm.), *Pachysandra* (41,5 Atm.) und *Globularia* (40,4 Atm.). Die tiefsten

Maxima zeigten die Blattepidermen von *Arum* (7,9 Atm.), *Nicotiana* (8,5 Atm.) und *Crassula* (8,2 Atm.).

6. Die Gesamtamplitude schwankte zwischen 2,3 (*Arum*) und 219,7 Atm. (*Trentepohlia*) oder 17 (*Campanula*) und 552 % (*Digitalis*) des Minimums; sie erreichte die grössten Werte bei den Pflanzen mit Ansteigen bei Unter- und Sinken bei Ueberbilanz: *Trentepohlia* (219,7 Atm.), Epidermis von *Rhododendron* (39,7 Atm.), *Digitalis nervosa* (34,2 Atm.), *Vinca major* (27,9 Atm.) und Palisaden von *Helleborus* (34,3 Atm.).

7. Trotz dieser teilweise ausserordentlich hohen Schwankungen des Sz_g -Wertes sind damit die maximal möglichen Sz_g -Amplituden noch nicht erreicht, da ich mehrere, auf Sz_g stark einwirkende Aussenfaktoren bei meiner Methode nicht herbeigezogen habe. Hieraus folgt, dass die von Walter (1931, S. 61) und andern Autoren ausgesprochene Behauptung, Sz_g ändere sich nur unbedeutend, unrichtig ist. So mit können auch die durch Kryoskopie erhaltenen Si_n -Mittel kein Mass sein für die Aenderungen der Wasserbilanz.

Literaturverzeichnis.

- Artari, A.: Der Einfluss der Konz. der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen. 1. Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, **40**. 593.
- Asai, T.: Untersuchungen über die Bedeutung des Mannits im Stoffwechsel einiger höherer Pflanzen. I. Teil: Jap. Journal of Bot. 1932, **6**. 63. II. Teil: Jap. Journal of Bot. 1937, **8**. 343.
- Bächer, J.: Ueber die Abhängigkeit des osmotischen Wertes von einigen Aussenfaktoren. Beihefte Bot. Centralbl. 1920, **37**. I. 63.
- Bärlund, H.: Permeabilitätsstudien an Epidermissellen von *Rhoeo discolor*. Acta Bot. Fennica 1929, **5**. 1.
- Bauer, J.: Ueber die tagesperiodischen Schwankungen der Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse (noch nicht veröffentlicht).
- Beck, W. A.: Cane sugar and potassium nitrate as plasmolysing agents. Protopl. 1927, **1**. 15.
- The effect of drought on the osmotic value of plant tissues. Protoplasma 1930, **8**. 70.
- Bersin, Th.: Kurzes Lehrbuch der Enzymologie. Leipzig 1939.
- Binz, E.: Untersuchungen über die Dürerreristenz verschiedener Getreidesorten bei Austrocknung des Bodens. 1. Jahrb. f. wiss. Bot. 1939, **88**. 470.
- Blagowestschenski, A. W.: Untersuchungen über die osmotischen Werte bei Pflanzen Mittelasiens. Jahrb. f. wiss. Bot. 1929, **69**. 191.
- Blum, A.: Beiträge zur Kenntnis der annuellen Pflanzen. Bot. Archiv 1925, **9**. 3.
- G.: Zur Kenntnis der Grösse und Schwankung des osmotischen Wertes. Inaugural-Diss. Frib. 1916.
- Untersuchungen über die Sgk. einiger Alpenpflanzen. Beih. Bot. Centralbl. 1926, **43**.
- Boas, F.: Deskriptive und dynamische Biologie. Chronica Botanica 1939, **74**. 697.

- B r a u n - B l a n q u e t , J. und W a l t e r , H. : Zur Oekologie der Mediterranpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1931, **74**. 697.
- B u h m a n n , A. : Kritische Untersuchungen über vergleichende plasmolytische und kryoskopische Bestimmungen des osmotischen Wertes bei Pflanzen. *Protoplasma* 1935, **23**. 579.
- C h i e n - R e n , Chu. : Der Einfluss des Wassergehaltes der Blätter auf ihre Lebensfähigkeit usw. *Flora* 1936/37, **30**. 384.
- G e h l e r , G. Sr. : Ueber das gegenseitige Verhalten von Sz_g und O_g . Inaug.-Diss. Frib. 1930.
- H a r d e r , R. : Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Cyanophyceen, hauptsächlich dem endophytischen *Nostoc punctiforme*. *Zeitschr. f. Bot.* 1917, **9**. 145.
- H ä r t e l , O. : Pflanzenökologische Untersuchungen an einem xerothermen Standort bei Wien. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1936, **83**. 1.
- H u b e r , B. : Xerophyten. *Handw. der Naturw.*, 2. Aufl. **10**. 702.
- H i k m e t A h m e t B i r a n d : Untersuchungen zur Wasserökologie der Steppenpflanzen bei Ankara. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1938, **87**. 93.
- H ö f l e r , K. : Plasmolyseverlauf und Wasserpermeabilität. *Protoplasma* 1931, **12**. 564.
- H o f m e i s t e r , L. : Verschied. Permeabilitätsreihen bei einer und derselben Zellreihe von *Ranunc. repens*. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1938, **86**. 401.
- H o w l a n d , L. : The moisture relations of Terrestrial Algae. IV. Periodic Observations of *Trentepohlia aurea*. *Annals of Bot.* 1929, **43**. 173.
- I l j i n s , W. S. : Einfluss des Welkens auf die Atmung der Pflanzen. *Flora* 1923, **16**. 379.
- Der Einfluss der Standortsfeuchtigkeit auf den osmot. Wert bei Pflanzen. *Planta* 1929, **7**. 45.
- K a l t w a s s e r , J. : Assimilation und Atmung von Submersen als Ausdruck ihrer Entquellungsresistenz. *Protoplasma* 1938, **29**. 498.
- K e s s l e r , W. : Ueber die inneren Ursachen der Kälteresistenz der Pflanzen. *Planta* 1935, **24**. 312.
- K e s s l e r , W. und R u h l a n d , W. : Weitere Untersuchungen über die inneren Ursachen der Kälteresistenz. *Planta* 1938, **28**. 159.
- K n o d e l , H. : Eine Methodik zur Bestimmung der stofflichen Grundlagen des osmotischen Wertes von Pflanzensaften. *Planta* 1938, **28**. 704.
- L a i s n é , G. : Les variations de la pression osmotique du suc de tissus de diverses plantes au cours de la fanaison artificielle. *Revue Gén. de Bot.* 1939, **51**. 385.
- L a m b r e c h t , E. : Beitrag zur Kenntnis der osmotischen Zustandsgrössen einiger Pflanzen des Flachlandes. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen* 1929, **17**. 87.
- L a u é , E. : Untersuchungen an Pflanzenzellen im Dampfraum. *Flora* 1938, **32**. 193.
- M ä g d e f r a u , K. : Untersuchungen über die Wasserdampfaufnahme der Pflanzen. *Zeitschr. f. Bot.* 1930, **24**. 417.
- M e i e r , J. : Zur Kenntnis des osmot. Wertes der Alpenpflanzen. Inaug.-Diss. Frib. 1916.
- M e r k t , P. C. : Zur Kenntnis des O_g -Wertes einiger Koniferennadeln. Beilage z. Jahresbericht 1937/1938 der Stiftsschule Einsiedeln.
- M i c h a e l i s , P. : Oekologische Studien an der alpinen Baumgrenze. IV. Zur Kenntnis des winterlichen Wasserhaushaltes. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1934, **80**. S. 169.
- M o n t f o r t , C. : Physiologische und Pflanzengeographische Seesalzwirkungen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1926, **65**. 502.

- M o t h e s , K. : Zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. *Planta* 1931, **12**. 379.
- M ü l l e r , A. : Vergleichende Messungen von O_g mit KNO_3 und Rohrzucker. Diss. Frib. (noch nicht veröffentlicht).
- M ü l l e r - S t o l l , W. R. : Oekologische Untersuchungen an Xerothermpflanzen des Kraichgaus. *Zeitschr. f. Bot.* 1935, **29**. 161.
- Wasserhaushaltsfragen bei Sumpf- und emersen Wasserpflanzen. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 1938, **56**. 355.
- M ü l l e r - T h u r g a u , H. : Ueber Zuckeranhäufung in Pflanzenteilen in Folge niederer Temperatur. *Landw. Jb.* 1882, **11**. 751.
- P i s e k , A. und C a r t e l l i e r i , E. : Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. I. Sonnenpflanzen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1931, **75**. 195. II. Schattenpflanzen. *id. S.* 643.
- P i t t i u s , G. : Ueber die stofflichen Grundlagen des osmotischen Druckes bei *Hedera Helix* und *Ilex Aquifolium*. *Bot. Arch.* 1935, **37**. 43.
- P r i n g s h e i m , E. : Wasserbewegung und Turgorregulation in welkenden Pflanzen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1906, **43**. 89.
- R e n n e r , O. : Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes javanischer Kleinepiphyten. *Planta* 1933, **18**. 215.
- R e p p , G. : Oekologische Untersuchungen im Halophytengebiet am Neusiedlersee. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1939, **88**. 554.
- R o u s c h a l , E. : Eine physiologische Studie an *Ceterach officinarum*. *Flora* 1938, **32**. 305.
- S c h m i d t , H. : Plasmazustand und Wasserhaushalt bei *Lamium maculatum*. *Protoplasma* 1939, **33**. 25.
- S c h r ö t e r , C. : Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1926.
- S i m o n i s , W. : Untersuchungen über die Abhängigkeit des osmot. Wertes vom Bodenwassergehalt bei Pflanzen verschiedener ökologischer Gruppen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1936, **83**, 191.
- S t e i n e r , M. : Zur Oekologie der Salzmarschen der nordöstlichen Vereinigten Staaten von Nordamerika. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1934, **81**. 94.
- Die Zusammensetzung des Zellsaftes bei höheren Pflanzen in ihrer ökologischen Bedeutung. *Ergeb. d. Biolog.* 1939, **17**. 151.
- S t o e c k e r , O. : Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. *Zeitschr. f. Bot.* 1923, **15**. 1.
- T h r e n , R. : Jahreszeitliche Schwankungen des osmotischen Wertes verschiedener ökologischer Typen in der Umgebung von Heidelberg. *Zeitschr. f. Bot.* 1934, **26**. 449.
- T r ö n d l e , A. : Die Aufnahme von Salzen in die Pflanzenzelle. *Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges.* 1922, **58**. Abh. 1.
- U r s p r u n g , A. : Die Messung der osmotischen Zustandsgrössen pflanzlicher Zellen und Gewebe. *Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmeth.*, Abt. XI, Teil 4, 1109—1572.
- und B l u m , G. : Ueber den Einfluss der Aussenbedingungen auf den osmot. Wert. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 1916, **34**. 123.
- und B l u m , G. : Zur Kenntnis der Saugkraft III. *Hedera Helix*. Abgeschnittenes Blatt. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 1919, **37**. 453.
- und B l u m , G. : Ueber die Saugkraft des *Sempervivum*-Blattes. *Festschrift Jaccard* 1938 (nicht im Druck erschienen).
- V i d i c , P. S. : Diss. Frib. (Noch nicht veröffentlichte Messungen.)
- V r i e s , H. d e : Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. *Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.* 1884, **14**. 427.
- V o l k , O. H. : Beiträge zur Oekologie der Sandvegetation der oberrheinischen Tiefebene. *Zeitschr. f. Bot.* 1931, **24**. 81.

- V o l k , O. H.: Untersuchungen über das Verhalten der osmotischen Werte von Pflanzen aus steppenartigen Gesellschaften und lichten Wäldern des mainfränkischen Trockengebietes. Zeitschr. f. Bot. 1937, **32**. 65.
- W a e f f l e r , R.: Untersuchungen über die Saugkraft des Bodens. B. B. C. 1939, **59**. 275.
- W a l d e r d o r f f , M.: Ueber Kultur von Pollenschläuchen und Pilzmycelien auf festem Substrat bei verschiedener Luftfeuchtigkeit. Bot. Arch. 1924, **6**. 84.
- W a l t e r , H.: Plasmaquellung und Wachstum. Zeitschr. f. Bot. 1924, **16**. 353.
- Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologisch-ökologische Bedeutung. Jena 1931.
- und W a l t e r , E.: Oekologische Untersuchungen des osmot. Wertes bei Pflanzen aus der Umgebung des Balatons in Ungarn während der Dürrezeit 1928. Planta 1929, **8**. 571.