Zeitschrift: Boissiera : mémoires de botanique systématique
Herausgeber: Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève
Band: 7 (1943)

Artikel: Über die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration des Osmotikums für die Messung einiger osmotischer Zustandsgrössen
Autor: Ursprung, A. / Blum, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-895658

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: 02.07.2025

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

Über die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration des Osmotikums für die Messung einiger osmotischer Zustandsgrössen

von

A. URSPRUNG und G. BLUM

(Manuscrit reçu le 25 décembre 1942)

Die Schwankungen der Wasserstoffionenkonzentration, welchen die in den Laboratorien verwendeten Osmotika unterworfen sind, veranlassten uns, den Einfluss dieser pH-Differenzen auf die Messung der Saugkraft der Zelle (Sz_n) und des Grenzplasmolysewertes (O_g) näher zu untersuchen.

I. Ältere Erfahrungen

a) *pH und Quellung.* Dass die Quellung sowohl vom Quellungskörper wie auch vom Quellungsmittel abhängt, und dass Säuren und Laugen eine wichtige Rolle spielen, ist längst bekannt. Erinnert sei an die Untersuchungen von NÄGELI [1] über die Stärke, sowie an die Versuche WILH. HOFMEISTERS [2], der die Chemikalien nach dem Grade, in

[1] NÄGELI, C. *Die Stärkekörner in Pflanzenphysiol. Unters.* II (1858).

[2] HOFMEISTER, WILH. *Die Lehre von der Pflanzenzelle.* Leipzig (1867).

dem sie die Quellung der Zellulosewand förderten, in eine Reihe anordnete. Später studierten FRANZ HOFMEISTER [1 und 2] und andere hauptsächlich die Gelatine und stellten die Anionen- und Kationenreihen auf. Auch auf die Bedeutung der Permeabilität des Quellkörpers für das Quellungsmittel wurde unter anderm hingewiesen. Bei der Wirkung der Säuren und Laugen und dem Einfluss der Konzentration lag es nahe, in der Wasserstoffionenkonzentration einen dominierenden Einfluss zu vermuten; eine direkte pH-Abhängigkeit der Quellung konnte jedoch nicht festgestellt werden.

b) *pH des Plasmolytikums und O_g-Messung.* Für die überwiegende Mehrzahl der geprüften Zellen war ein störender pH-Einfluss innerhalb der für das Plasmolytikum praktisch in Betracht fallenden pH-Grenzen nicht bekannt geworden. Eine Ausnahme bildeten vor allem gewisse Meeresalgen (Rhodophyceen und Chlorophyceen). Bei Plasmolyse sah KOTTE [3] ihre Wände dicker werden, sowohl wegen Abnahme des Turgordruckes, als auch wegen Quellung in den plasmolysierenden Lösungen; wiederum ergaben sich Anionen- und Kationenreihen und die hohe Bedeutung der Konzentration. Bald war ein pH-Einfluss nachweisbar, bald nicht. Bei geeigneten Objekten kann die Quellung der Wand so stark stören, dass die Zelle unplasmolysierbar wird, ja selbst dass Plasmoptyse eintritt (WALTER [4], ULEHLA [5]). Über das Ver-

---

[1] HOFMEISTER, Franz *Über die wasser entziehende Wirkung der Salze* in *Arch. f. exper. Pathologie* XXV, 13 (1888).

[2] IDEM *Zur Lehre von der Wirkung der Salze. Die Beteiligung gelöster Stoffe an Quellungsvorgängen* in *Arch. f. exper. Pathologie* XXVIII, 210 (1891).

[3] KOTTE, H. *Turgor und Membranquellung bei Meeresalgen* in *Wissensch. Meeresunters. K. Kommission Abt. Kiel.* XVII, 119 (1914).

[4] WALTER, H. *Protoplasma- und Membranquellung bei Plasmolyse* in *Jahrb. f. wiss. Bot.* LXII, 145 (1923).

[5] ULEHLA, V. *Die Quellungsgeschwindigkeit der Zellkolloide als gemeinschaftlicher Faktor in Plasmolyse, Plasmoptyse und ähnlichen Veränderungen des Zellvolumens* in *Planta* II, 618 (1926).

halten des Protoplasmas sei zunächst erwähnt, dass im allgemeinen das Osmotikum um so leichter permeiert, je mehr es die Plasmaquellung fördert (WALTER [1], DE HAAN [2]). Alkalisalze haben bekanntlich einen quellungsfördernden, Erdalkalisalze einen quellungshemmenden Einfluss, wobei sich ebenfalls Reihen aufstellen lassen. Beim Studium der Schädigung, der Plasmolyse und Deplasmolyse von Rhoeo-Zellen in Alkalisalzen fand KACZMAREK [3] im pH-Intervall 4,7-7,5 die grösste Widerstandsfähigkeit, extrem saure und alkalische Lösungen wirkten am schädlichsten. Die Quellungserscheinungen des Protoplasmas von Wurzelhaaren in Puffern allein untersuchte STRUGGER [4] und fand in aufeinanderfolgenden pH-Werten 5 Quellungsmaxima; die kombinierte Einwirkung auf Wand und Plasma konnte sogar zu Plasmoptyse führen, und zwar im Azetatpuffer bei einem anderen pH (5,65) als im Phosphatpuffer (7,15). Durch das Anfüllen der Zelle mit quellbaren Substanzen, wie Stärke und Aleuron, sind ebenfalls pH-Störungen denkbar.

Wie schon früher (URSPRUNG [5]) betont wurde, darf also offenbar unter den verschiedenen Fehlerquellen, die bei der O_g-Messung zu berücksichtigen sind, die Wasserstoffionenkonzentration des Plasmolytikums nicht vernachlässigt werden. Wie gross allerdings ihr Einfluss bei der Verwendung von Rohrzucker, bei den tatsächlich in Betracht fallenden pH-Grenzen und der üblichen Versuchsdauer ist, muss von Objekt zu Objekt experimentell festgestellt werden.

---

[1] (Siehe Fussnote 4, Seite 312).

[2] HAAN, Jz. de *Protoplasmaquellung und Wasserpermeabilität* in *Rec. trav. bot. néerl.* XXX, 236 (1933).

[3] KACZMAREK, A. *Untersuchungen über Plasmolyse und Deplasmolyse in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration* in *Protoplasma* VI, 209 (1929).

[4] STRUGGER, S. *Unters. über d. Einfluss d. Wasserstoffionen auf das Protoplasma der Wurzelhaare von Hordeum vulgare* in *Sitzber. d. Wiener Akad.* CXXXV, I, 453 (1926); IDEM in CXXXVII, I, 143 (1928).

[5] URSPRUNG, A. *Die Messung der osmotischen Zustandsgrössen pflanzlicher Zellen und Gewebe* in *Hdb. d. biolog. Arb. meth.* XI, 4, 1181 (1937).

c) *pH des Osmotikums und Saugkraftmessung.* Unter Hinweis auf Ia, b und URSPRUNG (1937, S. 1362, 1377, 1393) können wir uns kurz fassen. Es ist einleuchtend, dass Wand- und Plasmaquellung die Druck- und Volumverhältnisse und damit auch die Saugkraft der Zelle beeinflussen. Es muss daher ein Osmotikum gewählt werden, das in der indifferenten Konzentration das Volumen von Wand und Plasma unverändert lässt und natürlich auch keine weiteren Störungen (Permeabilität, etc.) verursacht. Bei Verwendung von Rohrzucker trifft dies in der Regel, soweit bekannt, zu. Ist aber ein Osmotikum mit den erwähnten Eigenschaften nicht auffindbar, so wird man eine Dampfdruckmethode versuchen.

Die älteren Erfahrungen über die O_g-und Sz_n-Messungen mit osmotischen Methoden lassen sich dahin zusammenfassen, dass durch die Wasserstoffionenkonzentration bedingte Fehler wohl möglich sind, dass aber bei der Wahl eines geeigneten Osmotikums, meist Rohrzucker, von gewissen Ausnahmen abgesehen, pH-Störungen nicht beobachtet worden sind.

II. DIE VERSUCHE VON HERTEL

Zu einem wesentlich anderen Resultat gelangte HERTEL [1] (S. 196). Er führte mit der Streifenmethode (anfänglich « vereinfachte Methode » genannt) Saugkraftmessungen aus mit zwei Parallelreihen von Rohrzuckerlösungen, « von denen in der einen Aqua dest. und in der anderen abgekochtes Leitungswasser (alkalisch) als Lösungsmittel diente ». « Als Versuchsobjekt benutzte ich junge Blätter von *Vicia Faba*. In diesem Versuch wurde die Saugkraft ein und dessel-

[1] HERTEL, W. *Beiträge zur Kenntnis masshafter Beziehungen im Wasserhaushalt der Pflanzen.* I. *Untersuchungen über die Grundlagen der Messmethodik und einige Messergebnisse* in *Flora* XXXIII, N. F., 143 (1938-39).

ben Blattes in den mit Leitungswasser hergestellten Lösungen um etwa 2,5 Atm. höher gefunden als in den mit Aqua dest. hergestellten. Den Versuch wiederholte ich noch zweimal mit je demselben Ergebnis. Anschliessend bestimmte ich die CH der beiden Lösungsreihen mit der Wasserstoffelektrode des Ionometers von Lautenschläger. Die Leitungswasserlösung hatte ein pH = 7,63, während die Aqua dest.-Lösung ein pH = 5,99 hatte. »

Ferner wurden Gewebestreifen in 0,2-molige Rohrzuckerlösungen eingelegt, die mit Phosphatpuffern auf verschiedene pH-Werte (nach der Figuren zw. 2 und 9) gebracht worden waren. Dabei ergab sich, dass die « Gewebestreifen unter der Einwirkung verschiedener CH Längenänderungen erfahren, die in der Grössenordnung denen unter dem Einfluss verschieden hoch konzentrierter Osmotica gleichkommt ». Die Längeneinstellung der Gewebestreifen erfolgte in einer 2-3 gipfeligen Kurve, die auch stark temperaturabhängig war. Besonders auffallen musste ferner die hohe Bedeutung der Einwirkungsdauer (30 bzw. 60 Min. Fig. 17, S. 199). Die Ursache wird in Quellung und Elektroendosmose vermutet. HERTEL gelangt zum Schlusse (S. 209) : « Dieser Befund macht alle osmotischen Methoden für Messungen an lebenden Geweben und Zellen prinzipiell unmöglich, wenn nicht die beobachteten Phänomene messbar gemacht werden können und bei den mit einer osmotischen Methode vorgenommenen Messungen berücksichtigt werden. »

III. EIGENE SAUGKRAFTMESSUNGEN. VORVERSUCHE

Obschon der pH-Wert des von uns benützten destillierten Wassers den bekannten Schwankungen — durch verschiedenen CO_2-Gehalt, durch Lösung von Alkali aus der Wand der Glasgefässe, durch Temperaturdifferenzen — unterworfen war, hatten wir bisher keine Störungen bemerkt, die auf einen

pH-Einfluss hinweisen. Zur ersten Orientierung über die HERTEL'schen Angaben führten wir im August 1942 einige Parallelmessungen der Saugkraft nach der Streifenmethode durch mit Rohrzuckerlösungen in dest. Wasser und in Leitungswasser; in einigen Fällen wurde pH auch durch Phosphatpuffer reguliert. Die Technik war die übliche, doch erfolgte die erste Messung der Einfachheit wegen nicht in Paraffinöl sondern in Luft, was bei raschem Arbeiten zulässig ist; 2. Messung — falls eine spezielle Angabe fehlt — nach 45 Min. langem Verweilen im Osmotikum. Zur Verwendung gelangten stets Längsstreifen, bei *Dahlia* aus der Zunge, bei *Vicia* aus der apikalen Spreitenhälfte eines Blättchens. Die Konzentrationsabstufungen betrugen bei *Dahlia* 0,02 Mol, bei *Vicia* zunächst 0,05 Mol. Die Längenänderungen der Streifen sind in Teilstrichen des Okularmikrometers angegeben.

a) *Parallelmessungen der Saugkraft unter Verwendung von Rohrzuckerlösungen mit frisch dest. Wasser :* pH = 6,3 und *Rohrzuckerlösungen mit Leitungswasser :* pH = 7,7

1. *Dahlia variabilis* aus Garten. 27. VIII. p.m.

Mol Rohrzucker pH = 6,3	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	somit
Längenänderung	+ 3	+ 2	+ 1	— 2	— 4	

pH = 6,3 : Sz_n > 8,2 Atm. und < 8,8 Atm.

Mol Rohrzucker pH = 7,7	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	somit
Längenänderung	+ 3	+ 1	— 1	— 2,5	— 5	

pH = 7,7 : Sz_n > 8,2 Atm. und < 8,8 Atm.

Ein Einfluss von pH ist nicht erkennbar.

2. *Vicia Faba* aus Garten. 27. VIII. p.m. Pflanze 40 cm. hoch; Fiederblättchen aus 30 cm. Höhe. Im folgenden wird um Raum zu sparen nur noch das Endresultat angegeben, ausgenommen wenn ein pH-Einfluss diskutierbar erscheint.

pH = 6,3 : Sz_n > 19,8 Atm. und < 21,8 Atm.
pH = 7,7 : Sz_n > 19,8 Atm. und < 21,8 Atm.

Ein Einfluss von pH ist nicht erkennbar.

b) *Parallelmessungen der Saugkraft unter Verwendung von Rohrzuckerlösungen mit altem dest. Wasser:* pH = 7,3 und *Rohrzuckerlösungen mit Leitungswasser*: pH = 7,7

3. *Dahlia variabilis* aus Garten. 19. VIII. p. m.

pH = 7,3 : Sz_n = 9,7 Atm.
pH = 7,7 : Sz_n = 9,7 Atm.

Ein Einfluss von pH ist nicht erkennbar.

4. *Dahlia variabilis* aus Garten. 21. VIII. p.m. Nach Regen.

pH = 7,3 : Sz_n = 7,0 Atm.
pH = 7,7 : Sz_n = 7,0 Atm.

Ein Einfluss von pH ist nicht erkennbar.

5. *Vicia Faba* aus Garten. 20. VIII. a.m.

pH = 7,3 : Sz_n = 16,2 Atm.
pH = 7,7 : Sz_n = 16,2 Atm.

Ein Einfluss von pH ist nicht erkennbar.

6. *Vicia Faba* aus Garten. 21. VIII. a.m. Nach Regen.

Mol Rohrzucker pH = 7,3	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	somit
Längenänderung	0	—2,5	—4	—2	—4	—4	—5	

pH = 7,3 : Sz_n = 8,2 Atm.

Mol Rohrzucker pH = 7,7	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	somit
Längenänderung	+0,5	—1	—1,5	—2	—2	—2	—3	

pH = 7,7 : $Sz_n > 8{,}2$ Atm. und $< 9{,}7$ Atm.

Da in Versuch 2 und 5 kein pH-Einfluss festgestellt werden konnte, obschon bei 2 die pH-Differenz bedeutend grösser war, da ferner der zu Grunde liegende Längenunterschied nur 0,5 Teilstriche (auf 225) beträgt, müssen weitere Messungen entscheiden, ob hier ein pH-Einfluss vorliegt oder ob die Sz_n-Abweichung nicht eher als Versuchsfehler zu deuten ist bzw. schon ursprünglich im Blatt vorhanden war.

c) *Parallelmessungen der Saugkraft unter Verwendung von Rohrzuckerlösungen von* pH = 5,0 und *Rohrzuckerlösungen von* pH = 7,7

die mit Phosphatpuffern n/150 hergestellt wurden.

7. *Dahlia variabilis* aus Garten. 27. VIII. a.m.

Mol Rohrzucker pH = 5,0	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	somit
Läng. ändg nach									
30 Min. . . .	+2	+2	0	0	—1	—1	—5	—6	
60 Min. . . .	+2	+1	0	—1	—4	—2	—5	—5	
2 Stdn. . .	+4	+2	+1	0	—5	—1,5	—3	—5	

pH = 5,0 : nach 30 Min. Sz_n = 7,6 oder 8,2 Atm.
pH = 5,0 : nach 60 Min. Sz_n = 7,6 Atm.
pH = 5,0 : nach 2 Stdn. Sz_n = 8,2 Atm.

Mol Rohrzucker pH = 7,7	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	somit
Läng. ändg nach									
30 Min. . . .	+1	+2	+0,5	—0,5	—1	—5	—4	—8	
60 Min. . . .	+1	+0,5	0	—1	—2	—6	—5	—9	
4 Stdn. . .	+1	+1	0	—1	—1	—5	—5	—9	

pH = 7,7 : nach 30 Min. Sz_n > 7,6 Atm. und < 8,2 Atm.
pH = 7,7 : nach 60 Min. Sz_n = 7,6 Atm.
pH = 7,7 : nach 4 Stdn. Sz_n = 7,6 Atm.

Nach 60 Min. sind die beiden Saugkraftwerte gleich; nach 30 Min. ist ein Unterschied nicht nachweisbar und nach 2 bzw. 4 Stdn ist die Versuchsdauer verschieden und die Sz_n-Differenz beträgt nur 1 Konzentrationsstufe bei einem schwachen Ausschlag (1 Teilstr. auf 350).

Ein deutlicher Einfluss von pH ist nicht erkennbar.

8. *Vicia Faba* aus Garten. 27. VIII. a.m.

Mol Rohrzucker pH = 5,0	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	somit
Läng. ändg nach 30 Min.	+1,5	+2	+0,5	—1	—6	
Läng. ändg nach 60 Min.	+5	+2,5	+1	—2	—6	

pH = 5,0 : nach 30 Min. Sz_n > 14,5 Atm. und < 16,2 Atm.
pH = 5,0 : nach 60 Min. Sz_n > 14,5 Atm. und < 16,2 Atm.

Mol Rohrzucker pH = 7,7	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	somit
Läng. ändg nach 30 Min.	+2	+1	+1	+0,5	—4	
Läng. ändg nach 60 Min.	+3	+1	+2	0 od. —0,5	—4	

pH = 7,7 : nach 30 Min. Sz_n > 16,2 Atm. und < 18,0 Atm.
pH = 7,7 : nach 60 Min. Sz_n entw. = 16,2 Atm.
oder Sz_n > 14,5 Atm. und < 16,2 Atm.

Nach 30 Min. ist eine Sz_n-Differenz vorhanden, nach 60 Min. wird sie aber wieder zweifelhaft, sodass — ähnlich wie in 6 — weitere Messungen die Entscheidung bringen müssen.

d) *Parallelmessungen mit Rohrzuckerlösungen von pH = 6,3 (Aq. dest) und 7,7 (Leitungswasser) an einem Apfel mit stark saurem Pressaft (pH = 3,2) und einer Karotte mit schwach saurem Pressaft (pH = 6,0).*

9. *Apfel*, Fruchtfleisch. 28. VIII. a.m.

Mol Rohrzucker pH = 6,3	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	somit
Längenänderung	+4	+6	+5	+5	+1	0	—2	

pH = 6,3 : Sz_n = 18,0 Atm.

Mol Rohrzucker pH = 7,7	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	somit
Längenänderung	+4	+4	+4	+5	+4	+0,5	—1,5	

pH = 7,7 : Sz_n > 18,0 Atm. und < 19,8 Atm.

In pH = 7,7 wurde Sz_n etwas höher gefunden, doch liegt der Unterschied an der Fehlergrenze.

10. *Karotte*. Rindenparenchym. Längsstreifen. 28. VIII. a.m.

Mol Rohrzucker pH = 6,3	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	somit
Längenänderung	+2	+1	—2,5	—1	—3	—4	—3	

pH = 6,3 : Sz_n > 11,2 Atm. und < 12,8 Atm.

Mol Rohrzucker pH = 7,7	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
Längenänderung	+3	+2	0	—1	—6	—6	—5

somit

pH = 7,7 : Sz_n = 12,8 Atm.

Wiederum ist Sz_n in pH = 7,7 etwas höher, doch liegt der Unterschied auch hier an der Fehlergrenze, sodass weitere Messungen erforderlich sind.

ZUSAMMENFASSUNG. In 13 Parallelmessungen bei verschiedenem pH war 8 mal ein Sz_n-Unterschied nicht erkennbar; 4 mal war Sz_n grösser im höheren pH, 1 mal im tieferen pH. *Dahlia* ergab unter 6 Messungen 5 ohne Sz_n-Unterschied, *Vicia* unter 5 Messungen 3 ohne Unterschied. Die Saugkraftdifferenzen betragen ohne Interpolation stets nur 1 Konzentrationsstufe, also das mögliche Minimum. Differenzen solcher Grössenordnung können aber erfahrungsgemäss auch auf Sz_n-Schwankungen im unbehandelten Objekt oder auf Versuchsfehlern beruhen, sodass eine grössere Zahl neuer Messungen erforderlich ist, um das eventuelle Vorhandensein eines geringen pH-Einflusses festzustellen. Dasselbe gilt für die Bedeutung der Versuchsdauer innerhalb der für osmotische Messungen in Betracht fallenden Grenzen.

IV. DIE SAUGKRAFTVERTEILUNG IM BLATT VON VICIA FABA

Aus den im letzten Abschnitt besprochenen Vorversuchen ergibt sich die Notwendigkeit zunächst die Saugkraftverteilung im Versuchsobjekt soweit klar zu stellen, als dies für die vorliegenden Untersuchungen erforderlich ist. Wir beschränken uns auf *Vicia Faba*, an der auch HERTEL seine Messungen vorgenommen hat. Zur Verwendung kamen

etwa 6 Wochen alte, 50 cm. hohe Topfkulturen, die im Laboratorium hinter einem Südfenster standen. Es handelte sich speziell darum, die Saugkraftverteilung in einem Blatt kennen zu lernen. Die vorhandenen Folgeblätter trugen 2-3 brauchbare Blättchenpaare, mit ± asymmetrischen Fiederblättchen. Die Saugkraftbestimmung erfolgte an Längsstreifen, die erste Längsmessung, wie im letzten Abschnitt, ohne Paraffinöl in Luft. Alle Rohrzuckerlösungen wurden stets mit demselben dest. Wasser hergestellt. Zur Verwendung kamen — mit Ausnahme der ersten Messung — Konzentrationsabstufungen von 0,02 Mol. Selbstverständlich wurden alle Vergleichsmessungen gleichzeitig vorgenommen. Um den verfügbaren Raum nicht zu überschreiten, können im folgenden nur noch die Endresultate mitgeteilt werden.

a) *Vergleich verschiedener Blättchen von der gleichen Seite desselben Blattes.* Blatt mit 3 Fiederblättchenpaaren.

1. Spitzenblättchen $Sz_n > 6{,}7$ Atm. und $< 8{,}2$ Atm. Basales B. chen $Sz_n < 6{,}7$ Atm.		Sz_n-Differenz $> 0{,}7$ Atm., $> 10\%$
2. Spitzenblättchen $Sz_n > 8{,}2$ Atm. Basales B. chen $Sz_n > 5{,}3$ Atm. und $< 5{,}9$ Atm.		Sz_n-Differenz $> 2{,}6$ Atm., $> 46\%$

b) *Vergleich der beiden asymmetrischen Hälften desselben Spitzenblättchens.*

3. Kleinere Hälfte. $Sz_n > 9{,}4$ Atm. Grössere Hälfte. $Sz_n = 8{,}8$ Atm.	Sz_n-Differenz	$> 0{,}6$ Atm. $> 7\%$
4. Kleinere Hälfte. $Sz_n = 8{,}8$ Atm. Grössere Hälfte. $Sz_n = 8{,}8$ Atm.	Sz_n-Differenz	0 Atm., 0%

c) *Vergleich der kleineren Hälften eines Spitzenblättchenpaares.*

5. Blättchen links. $Sz_n = 7{,}6$ Atm. Blättchen rechts. $Sz_n = 7{,}6$ Atm.	Sz_n-Differenz	0 Atm., 0%

d) *Vergleich der kleineren Hälften verschiedener Blättchen derselben Seite des gleichen Blattes.*

6. Spitzenblättchen. $Sz_n = 8{,}2$ Atm.
   Mittleres B. chen. $Sz_n = 7{,}6$ Atm.
   Basales B. chen. $Sz_n = 6{,}4$ Atm.
   } Sz_n-Differenz 1,8 Atm., 28%

e) *Vergleich des beiden Hälften eines basalen Blättchens.*

7. Kleinere Hälfte. $Sz_n > 7{,}0$ Atm. und $< 7{,}6$ Atm.
   Grössere Hälfte. $Sz_n > 6{,}4$ Atm. und $< 7{,}0$ Atm.
   } Sz_n-Diff. 0,6 Atm., 9%

8. Kleinere Hälfte. $Sz_n = 5{,}6$ Atm.
   Grössere Hälfte. $Sz_n = 6{,}2$ Atm.
   } Sz_n-Differenz 0,6 Atm., 11%

f) *Vergleich von Basis und Spitze desselben Blättchens.*

9. Grössere B. chenhälfte, Spitze. $Sz_n = 8{,}8$ Atm.
   Grössere B. chenhälfte, Basis. $Sz_n > 7{,}6$ Atm und $< 8{,}2$ Atm.
   } Sz_n-Diff. 0,9 Atm., 11%

10. Kleinere B. chenhälfte. Spitze. $Sz_n = 7{,}9$ Atm.
    Kleinere B. chenhälfte. Basis. $Sz_n = 7{,}9$ Atm.
    } Sz_n-Differenz 0 Atm., 0%

11. B. chenhälfte. Spitze. $Sz_n = 7{,}0$ Atm.
    Dieselbe » Basis. $Sz_n = 7{,}3$ Atm.
    } Sz_n-Differenz 0,3 Atm., 4%

12. B. chenhälfte. Spitze. $Sz_n = 9{,}7$ Atm.
    Dieselbe » Basis. $Sz_n = 9{,}7$ Atm.
    } Sz_n-Differenz 0 Atm., 0%

13. B. chenhälfte. Spitze. $Sz_n = 7{,}6$ Atm.
    Dieselbe » Basis. $Sz_n > 8{,}2$ Atm. und $< 8{,}8$ Atm.
    } Sz_n-Diff. 0,9 Atm., 12%

g) *Vergleich der beiden Hälften eines Blättchens.*

14. Kleinere Hälfte, Mitte. $Sz_n = 7{,}9$ Atm.
    Grössere Hälfte, Mitte. $Sz_n = 8{,}5$ Atm.
    } Sz_n-Differenz 0,6 Atm., 8%

Zusammenfassung. Differenz Spitzen-Basisb. chen desselben Blattes: $> 0{,}7$; 1,8; $> 2{,}6$ Atm bzw. $> 10\%$; 28%;

> 46%. Dabei zeigte des Spitzenblättchen stets die höhere Saugkraft.

Differenz zw. beiden Hälften desselben B. chens :

0; 0,6; 0,6; 0,6; > 0,6 Atm.; Mittel ca 0,5 Atm. bzw. 0; > 7%; 8%; 9%; 11%. Mittel ca 7%. Dabei kam bald der kleineren, bald der grösseren Hälfte die höhere Saugkraft zu.

Differenz Spitze-Basis derselben B. chenhälfte : 0; 0; 0,3; 0,9; 0,9 Atm. bzw. 0%; 0%; 4%; 11%; 12%. Dabei war die Spitze bald höher bald tiefer als die Basis.

Am leichtesten zeigen die kleinen Spitzenblättchen unregelmässige Reaktion und damit unzuverlässige Sz_n-Werte; offenbar weil hier, um genügend Streifen zu erhalten, die ganze Spreite benützt werden muss und damit zu einer Messung Streifen verschiedener Saugkraft Verwendung finden.

V. EIGENE SAUGKRAFTMESSUNGEN AN BLÄTTERN VON VICIA FABA

Nach dieser Orientierung über die Saugkraftverteilung in einem Blatt von *Vicia Faba* können wir uns wieder dem pH-Einfluss zuwenden. Benützt wurden Topfkulturen, die im Laboratorium hinter einem Südfenster standen. Wo nichts anderes bemerkt ist, bezieht sich der Vergleich zweier verschiedener pH-Werte auf die beiden Hälften desselben Blättchens : entweder links (l)-rechts (r) oder Spitze (Sp)-Basis (B). Die Längsstreifen wurden, wenn nichts anderes bemerkt ist, 45 Min. in den Rohrzuckerlösungenbelassen, deren pH in Serie a 6, 6-6,8 (Aq. dest) oder 7,6 (Leitungswasser) betrug. Für pH sind die Grenzwerte der verwendeten Konzentrationen angegeben. Lag Sz_n zwischen 2 aufeinander folgenden Konzentrationen, so wurde der Mittelwert eingesetzt.

a)

Verglichen wurden gleichzeitig	S_{Zn} in Atm. gemessen mit		Differenz		Datum
	Rohrz. lsgn pH = 6,6 -6,8	Rohrz. lsgn pH = 7,6	Atm.	%	
Hälften desselben Blättchens	8,2 (l)	9,1 (r)	0,9	11	27.X.p.m.
» »	8,8 (l)	8,2 (r)	0,6	7	29.X.a.m.
» »	9,1 (l)	8,8 (r)	0,3	3	29.X.a.m.
» »	8,2 (l)	8,5 (r)	0,3	4	29.X.a.m.
» »	7,6 (Sp)	8,8 (B)	1,2	16	28.X.a.m.
» »	7,9 (Sp)	9,4 (B)	1,5	19	28.X.a.m.
» »	8,2 (Sp)	7,9 (B)	0,3	4	28.X.a.m.
» »	7,3 (B)	7,6 (Sp)	0,3	4	28.X.p.m.
» »	7,9 (B)	6,7 (Sp)	1,2	18	28.X.p.m.
» »	7,0 (B)	8,2 (Sp)	1,2	17	28.X.p.m.

Ein Vergleich mit IV zeigt, dass die links-rechts-Differenzen in verschiedenem pH gleich gross sind wie die links-rechts-Differenzen in demselben pH. Ein pH-Einfluss ist somit nicht erkennbar.

Die Spitze-Basis-Differenzen in verschiedenem pH betragen 0,3-1,5 Atm. oder 4-19%, sind also etwas grösser als die Spitze-Basis-Differenzen in demselben pH (0-0,9 Atm od. 0-12%). Der Unterschied ist aber so gering, dass er bei einer Häufung der Messungen wieder verschwinden dürfte. Da ferner dem kleineren pH bald ein tieferer, bald ein höherer Spitzenwert entspricht, ist ein deutlicher Einfluss von pH nicht nachweisbar.

b) In einer zweiten Versuchsserie zeigten die Rohrzuckerlösungen mit Aq. dest. die pH-Werte 6,8-7,0 und mit Leitungswasser 7,5-7,6.

Verglichen wurden gleichzeitig	Sz_n in Atm. gemessen mit		Differenz		Datum
	Rohrz. lsgn pH = 6,8 -7,0	Rohrz. lsgn pH = 7,5 -7,6	Atm.	%	
Hälften desselben Blättchens	10,0 (l)	9,7 (r)	0,3	3	2.XI.p.m.
» »	10,3 (l)	9,7 (r)	0,6	6	2.XI.p.m.
» »	7,0 (l)	8,2 (r)	1,2	17	3.XI.a.m.
» »	8,2 (l)	8,5 (r)	0,3	4	4.XI.a.m.
» »	9,1 (l)	9,4 (r)	0,3	3	4.XI.a.m.
» »	7,9 (l)	7,9 (r)	0,0	0	4.XI.p.m.
» »	8,8 (l)	9,7 (r)	0,9	10	4.XI.p.m.
» »	7,9 (l)	9,7 (r)	1,8	23	4.XI.p.m.
» »	9,7 (l)	8,5 (r)	1,2	14	5.XI.a.m.
» »	8,8 (l)	8,5 (r)	0,3	4	5.XI.a.m.
		Mittel	0,7	8	

c) In dieser Versuchsserie kamen die Schnitte in Rohrzuckerlösungen mit Aq. dest. (pH = 6,2-6,4) und mit Leitungswasser (pH = 7,5-7,6).

Verglichen wurden gleichzeitig	Sz_n in Atm. gemessen mit		Differenz		Datum
	Rohrz. lsgn pH=6,2-6,4	Rohrz. lsgn pH=7,5-7,6	Atm.	%	
Hälften desselben Blättchens	6,7 (l)	7,6 (r)	0,9	13	6.XI.p.m.
» »	7,6 (l)	6,4 (r)	1,2	19	9.XI.a.m.
» »	6,4 (l)	6,7 (r)	0,3	5	9.XI.a.m.
» »	9,7 (l)	10,0 (r)	0,3	3	9.XI.p.m.
» »	9,1 (l)	10,0 (r)	0,9	10	9.XI.p.m.
» »	9,1 (l)	9,1 (r)	0,0	0	10.XI.a.m.
» »	8,8 (l)	8,8 (r)	0,0	0	10.XI.a.m.
» »	7,0 (l)	6,7 (r)	0,3	4	11.XI.p.m.
		Mittel	0,5	7	

d) Im folgenden wurde der pH-Wert der Rohrzuckerlösungen durch Phosphatpuffer n/150 festgelegt.

Verglichen wurden gleichzeitig	Sz_n in Atm. gemessen mit		Differenz		Datum
	Rohrz. lsgn pH = 4,9	Rohrz. lsgn pH = 7,4	Atm.	%	
Hälften desselben Blättchens	7,6 (l)	7,3 (r)	0,3	4*	17.XI.p.m.
» »	9,4 (l)	9,7 (r)	0,3	3	18.XI.a.m.
» »	8,2 (l)	8,8 (r)	0,6	7	18.XI.p.m.
» »	9,7 (l)	10,0 (r)	0,3	3	18.XI.p.m.
» »	7,9 (l)	8,5 (r)	0,6	3	19.XI.a.m.
» »	9,1 (l)	11,2 (r)	2,1	23	19.XI.a.m.
» »	9,1 (l)	8,8 (r)	0,3	3	20.XI.a.m.
» »	8,8 (l)	8,5 (r)	0,3	4	23.XI.a.m.
» »	7,9 (l)	8,5 (r)	0,6	8	23.XI.p.m.
» »	8,5 (l)	9,4 (r)	0,9	11	24.XI.a.m.
» »	8,5 (l)	9,7 (r)	1,2	14*	24.XI.a.m.
» »	7,6 (l)	7,3 (r)	0,3	4	25.XI.a.m.
» »	7,3 (l)	7,3 (r)	0,0	0	25.XI.a.m.
» »	8,8 (l)	9,7 (r)	0,9	10	25.XI.p.m.
» »	9,1 (l)	8,2 (r)	0,9	11	25.XI.p.m.
» »	6,2 (l)	6,4 (r)	0,2	3	26.XI.a.m.
» »	8,5 (l)	7,9 (r)	0,6	8	26.XI.a.m.
		Mittel	0,6	7	

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Sz_n-Differenz links-rechts schwankt:

in demselben pH im Mittel um ca 0,5 Atm. (Grenzen 0 und $>$ 0,6 Atm.)

in demselben pH im Mittel um ca 7% (Grenzen 0 und 11%)

in b (pH = 6, 8-7, 0 und 7,5-7,6) im Mittel um 0,7 Atm. (Grenzen 0 und 1,8 Atm)

in b (pH = 6, 8-7, 0 und 7,5-7,6) im Mittel um 8% (Grenzen 0 und 23%)

in c (pH = 6, 2-6, 4 und 7,5-7,6) im Mittel um 0,5 Atm. (Grenzen 0 und 1,2 Atm.)

in c (pH = 6,2-6,4 und 7,5-7,6) im Mittel um 7% (Grenzen 0 und 19 Atm.)
in d (pH = 4,9 und 7,4) im Mittel um 0,6 Atm. (Grenzen 0 und 2,1 Atm)
in d (pH = 4,9 und 7,4) im Mittel um 7% (Grenzen 0 und 23%)

Die mittleren Sz_n-Differenzen sind somit in allen 4 Versuchsserien annähernd dieselben; auch koinzidiert mit dem kleineren pH bald ein tieferer bald ein höherer Saugkraftwert. Ein Einfluss von pH ist also wiederum nicht erkennbar. Durch längeres Verweilen in den Lösungen (2-3 Stdn statt 45 Min. in d*) ergab sich wie früher (III) keine bemerkenswerte Änderung. Auffallen wird, dass in b und d Differenzen bis zu 23% (1,8 und 2,1 Atm) vorkommen. Ähnliche Abweichungen dürften sich bei Häufung der Messungen auch in IV einstellen. Die Ursache kann eine verschiedene sein; in unserem Falle hat vielleicht eine teilweise Beschattung der Blättchen mitgespielt. Solche vom Mittel stark abweichende Einzelwerte können bei wenig Messungen leicht zu falschen Schlüssen Veranlassung geben. Noch leichter sind Täuschungen möglich, wenn zur Ermittlung des pH-Einflusses verschiedene Blättchen desselben Blattes benützt werden. Denn wie wir unter IVa gesehen haben, wurden zwischen dem Spitzen- und dem Basisblättchen — bei pH-Konstanz — Sz_n-Differenzen bis über 2,6 Atm. = über 46% festgestellt, also Unterschiede, die noch grösser sind als die von HERTEL behaupteten.

VI. GRENZPLASMOLYSEMESSUNGEN MIT ROHRZUCKERLÖSUNGEN VON VERSCHIEDENEM pH

a) *Vicia Faba*, Obere Blättchenepidermis. Versuchspflanzen waren 5 Wochen alte Topfkulturen hinter Südfenster im Laboratorium. Die Methode ist die übliche (URSPRUNG [1]). Zur Verwendung kamen Flächenschnitte; Risspräparate erwiesen sich als ungeeignet. Die Konzentrations-

[1] (Siehe Fussnote 5, Seite 313.)

abstufung betrug 0,02 Mol. Von den im Gesichtsfeld vorhandenen Epidermiszellen waren in aufeinanderfolgenden Konzentrationen entweder keine, bzw. ganz vereinzelte oder alle plasmolysiert. Die Angabe $>$ 0,18 und $<$ 0,20 bedeutet: in 0,18 Mol fand sich keine oder nur ganz vereinzelte Plasmolyse, in 0,20 waren alle Zellen des Gesichtsfeldes plasmolysiert. Dabei handelt es sich um eine Krampfplasmolyse. Für die am Schlusse des Versuches stets auszuführende Deplasmolyse wurden 0,10 Mol des Plasmolytikums benützt; Wasser war wegen der Empfindlichkeit der Protoplasten nicht geeignet. Die pH-Werte der Rohrzuckerlösungen wurden mit Phosphatpuffern erhalten. Zum Vergleiche gelangten benachbarte Flächenschnitte desselben Blättchens.

O_g in Mol gemessen mit Rohrzuckerlösungen		Datum
von pH = 4,9	von pH = 7,4	
$>$ 0,18 und $<$ 0,20	$>$ 0,18 und $<$ 0.20	1.XII.
$>$ 0,26 und $<$ 0,28	$>$ 0,26 und $<$ 0,28	3.XII.
$>$ 0,22 und $<$ 0,24	$>$ 0,20 und $<$ 0,22	4.XII.a.m.
$>$ 0,22 und $<$ 0,24	$>$ 0,22 und $<$ 0,24	4.XII.p.m.
$>$ 0,18 und $<$ 0.20	$>$ 0,20 und $<$ 0,22	7.XII.a.m.
$>$ 0,18 und $<$ 0,20	$>$ 0,18 und $<$ 0,20	7.XII.a.m.
$>$ 0,22 und $<$ 0,24	$>$ 0,22 und $<$ 0,24	7.XII.p.m.
$>$ 0,18 und $<$ 0,20	$>$ 0,16 und $<$ 0,18	9.XII.a.m.
$>$ 0,20 und $<$ 0,22	$>$ 0,20 und $<$ 0,22	9.XII.p.m.
$>$ 0,20 und $<$ 0,22	$>$ 0,20 und $<$ 0,22	10.XII.

b) *Vicia Faba*, Untere Blättchenepidermis.

$>$ 0,20 und $<$ 0,22	$>$ 0,20 und $<$ 0,22	14.XII.a.m.
$>$ 0,20 und $<$ 0,22	$>$ 0,20 und $<$ 0,22	14.XII.p.m.

Von 12 Parallelmessungen in pH = 4,9 und 7,4 ergeben 9 dasselbe Resultat 3 zeigten eine kleine Abweichung, wie sie auch bei pH-Konstanz zu beobachten ist. Ausserdem

koinzidierte der höhere O_g-Wert bald mit dem kleineren, bald mit dem grösseren pH, sodass also ein pH-Einfluss nicht erkennbar war.

c) *Elodea canadensis.* Zellen der Blattoberseite, Mitte zwischen Nerv und Rand, im untersten Blattdrittel, mindestens 5 Zellreihen von der Wundstelle entfernt. Benützt wurden Blätter, die 2-6 cm. hinter der Sprosspitze inseriert waren. Abstufung 0,02 Mol; Methode vgl. URSPRUNG[1] (S. 1232) *O_g-Verteilung im Blatt.* O_g sinkt von der Spitze gegen die Basis des Blattes um 0,06 Mol. In der basalen für die folgenden Messungen in Betracht fallenden Zone wurden bei pH-Konstanz in aufeinanderfolgenden Quirlen O_g-Schwankungen um 0,02 bis 0,03 Mol gefunden.

Parallelmessungen von O_g in Rohrzuckerlösungen von verschiedenem pH (Phosphatpuffer) *an Blättern benachbarter Quirle*

Og in Mol gemessen mit Rohrzuckerlösungen		Datum
von pH = 4,5 - 4,7	von pH = 7,4	
0,37	0,39	15.XII.p.m.
0,39	0,39	15.XII.p.m.
0,39	0,38	15.XII.p.m.
0,36	0,33	16.XII.a.m.
0,37	0,34	16.XII.a.m.
0,37	0,37	18.XII.a.m.
0,38	0,36	18.XII.a.m.
0,39	0,39	18.XII.a.m.
0,37	0,39	18.XII.a.m.
0,37	0,39	18.XII.a.m.
0,41	0,40	18.XII.p.m.
0,38	0,40	18.XII.p.m.

[1] URSPRUNG, A. *Die Messung der osmotischen Zustandsgrössen pflanzlicher Zellen und Gewebe* in *Hdb. d. biolog. Arb. meth.* XI, 4, 1181 (1937).

Die in verschiedenem pH beobachteten O_g-Differenzen betragen 0,00-0,01-0,02-0,03 Mol Rohrzucker. Dieselben Differenzen finden sich auch, wie die O_g-Verteilung zeigt, bei pH-Konstanz. Ausserdem fällt der höhere O_g-Wert bald mit dem kleineren, bald mit dem grösseren pH zusammen. Dasselbe gilt für die folgende Tabelle.

Parallelmessungen von O_g in Rohrzuckerlösungen mit dest. Wasser (pH = 6,8-7,0) und mit Leitungswasser (pH = 7,6) an Blättern benachbarter Quirle

Og in Mol gemessen mit Rohrzuckerlösungen		Datum
von pH = 6,8 - 7,0	von pH = 7,6	
0,36	0,36	21.XII.p.m.
0,33	0,35	22.XII.a.m.
0,33	0,36	22.XII.a.m.
0,37	0,36	22.XII.p.m.
0,36	0,37	22.XII.p.m.
0,38	0,38	23.XII.a.m.
0,34	0,35	23.XII.a.m.

VII. SCHLUSS

Schon längst wissen wir, dass es Zellen und Osmotika gibt, die durch Quellungsstörungen der Sz_n-und O_g-Messung Schwierigkeiten bereiten, ja selbst sie unmöglich machen. Dies gilt vor allem für gewisse Meeresalgen, sowie für extreme pH-Werte und ungeeignete Glieder der Anionen-Kationen-Reihen. Während man bisher solche Fälle als Ausnahmen betrachtete, sollen sie nach HERTEL die Regel bilden, sodass infolge des pH-Einflusses alle osmotischen Messungen unmöglich werden. Die Nachprüfung von HERTELS experimentellem Befund an seinem Versuchsobjekt, dem Blatt von *Vicia*

Faba, hat nun gezeigt, dass eine Täuschung vorliegt. Allerdings kommen im *Faba*-Blatt Sz_n-und O_g-Schwankungen vor, aber sie finden sich ganz unabhängig von pH, wie dies DE VRIES für O_g und andere Versuchspflanzen schon vor über 60 Jahren nachgewiesen hatte. Von praktischem Interesse sind pH-Differenzen, wie sie in Rohrzuckerlösungen (die wir wie HERTEL benützten) mit frischem und älterem dest. Wasser vorkommen; aber sowohl diese wie noch grössere pH Unterschiede ergaben nur Sz_n- und O_g-Schwankungen, die schon anfänglich im Blatt existierten. Ein pH-Einfluss war somit weder für die Sz_n- noch für die O_g-Messung nachweisbar.