

37. Karl Höfler: Ein Schema für die osmotische Leistung der Pflanzenzelle.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien, Nr. 144 der II. Folge.)

(Mit 4 Textabbildungen.)

(Eingegangen am 29. Juli 1920.)

Vier Größen kennzeichnen den osmotischen Zustand der Pflanzenzelle zur gegebenen Zeit: der osmotische Wert, die Turgor-dehnung, der Turgordruck und die Saugkraft. Man könnte sie passend die „osmotischen Zustandsgrößen“ der Zelle nennen.

Unter dem osmotischen Wert der Zelle wollen wir die Maßzahl für die dem Zellsaft genau isotonische Konzentration eines gelösten Vergleichsstoffes verstehen, — resp. den dieser Konzentration physikalisch entsprechenden osmotischen Druck in Atmosphären. Vielfach nennt man die gleiche Größe noch „osmotischen Druck“ der Zelle¹⁾. Der osmotische Wert für die turgorlose Zelle läßt sich bekanntlich auf plasmolytischem Weg am einfachsten und am relativ genauesten unter den Zustandsgrößen experimentell bestimmen.

1) Ferner unrichtigerweise „Turgor“, „Turgordruck“ usw., (vgl. hierzu URSPRUNG und BLUM, Diese Ber., Bd. 34, 1916, S. 88).

Obige Definition für „osmotischen Wert“ gilt strenggenommen nur für konstante Temperatur. Doch kommt dies, wenn man die Werte im Konzentrationsmaß ausdrückt, praktisch meist nicht in Betracht; die Werte würden sich mit der Temperatur z. B. ändern, wenn der Molekularzustand des gelösten Stoffes, auf den sie bezogen werden, ein anderer würde. Drückt man die osmotischen Werte im Atmosphärenmaß aus, so wachsen sie natürlich außerdem direkt proportional mit der absoluten Temperatur. Aus praktischen Gründen bezieht man die osmotischen Werte gewöhnlich auf Rohrzucker als Vergleichsstoff und auf das volumnormale Konzentrationsmaß; die Definition erfordert dies jedoch nicht.

LEPESCHKINS Ausführungen (Diese Ber., Bd. 26a, 1908, S. 203), wonach der „osmotische Druck“ der Zellen von deren Permeabilität abhängt, scheint vom theoretischen Standpunkt einer Revision bedürftig. Der „osmotische Wert“, wie wir ihn hier definieren, wird durch Permeabilität nicht berührt, nur seine Messung kann durch solche erschwert werden. — Zellen besonderer osmotischer Funktion, wie Sekret- und Drüsenzellen, sollen im vorliegenden Aufsatz nicht behandelt werden.

Turgordehnung nennen wir im folgenden das Volumverhältnis zwischen dem Innenraum der Zelle im turgeszenten und demjenigen im turgorlosen Zustand. Die Maßzahl für dieses Verhältnis heiße der Grad der Turgordehnung. Man kann die Turgordehnung im linearen oder im räumlichen Maß angeben. Wir ziehen hier das letztere vor.

Der Turgordruck ist der gesamte mechanische Druck des Zellinhaltes auf die Zellwand, er ist in Atmosphären auszudrücken. Er ist nach dem Gegenwirkungsprinzip gleich dem Wanddruck, dem mechanischen Druck der elastisch gedehnten Zellwand nach innen.

Unter Saugkraft schlechthin sei im folgenden die Saugkraft der ganzen Zelle für Wasser verstanden, während die Saugkraft des Zellsaftes ja einfach dem (in Atmosphären ausgedrückten) osmotischen Zellwerte gleich ist.

Die Unterscheidung dieser vier Größen war im Prinzip gegeben, seit DE VRIES (1871, 1877) die Semipermeabilität des Protoplasmas nachgewiesen und die Erscheinungen der Turgordehnung und des Turgordruckes als Folgen der osmotischen Kräfte des Zellsaftes erklärt und seit PFEFFER in seinem Osmometer ein physikalisches Modell für die osmotische Leistung der Pflanzenzelle geschaffen hatte. Trotzdem herrschte bei einem großen Teil der Autoren bis in die jüngere Zeit im Gebrauch der Bezeichnungen und, was wichtiger ist, auch der zugrunde liegenden Begriffe, vielfach Unklarheit¹⁾. LEPESCHKIN (1908,²⁾ hat zuerst auf diesen Umstand hingewiesen und den Entwurf zu einer eindeutigen Terminologie geliefert. URSPRUNG und BLUM³⁾ (1916) haben dann restlose Klarheit geschaffen. URSPRUNG's Bestimmungen liegen der folgenden bloß theoretischen Ausführung, die an experimentellen Tatsachen nichts Neues bietet, zugrunde.

Die klare Unterscheidung der Zustandsgrößen und die Kenntnis der zwischen ihnen waltenden Zahlenbeziehungen ist aber so wichtig für den täglichen Gebrauch des Physiologen und dabei doch eigentlich so elementar, daß der Wunsch nicht unberechtigt

1) [Anm. nach Manuskriptschluß.] Zahlreiche Beispiele dafür bringen URSPRUNG und BLUM in einer jüngst erschienenen Abhandlung, die mir soeben zugänglich wird, betitelt: „Dürfen wir die Ausdrücke osmotischer Wert, osmotischer Druck, Turgordruck, Saugkraft synonym gebrauchen?“ (Biolog. Zentralblatt, Bd. 40, 1920, S. 193.)

2) Diese Ber., Bd. 26a, 1908, S. 198.

3) Ebd.; Bd. 34, 1916, S. 88, 525; Biolog. Zentralblatt, l. c., 1920.

erscheint, diese Dinge möchten künftig in jedem Lehrbuch der Botanik ihren Platz finden.

Zur besseren Veranschaulichung erlaube ich mir das bestehende Kurvendiagramm (Abb. 1) vorzuschlagen.

In einem Koordinatensystem wählen wir als Abszissen die Grade der Turgordehnung, als Ordinaten die zugehörigen osmotischen Werte einer Zelle. Der Punkt $G = 1$ entspricht der entspannten, die Strecke G_T der turgeszenten, der Punkt G_T der wassergesättigten Zelle. In unserem Beispiel sei das Volumen im vollturgeszenten Zustand eineinhalbmals so groß als im entspannten,

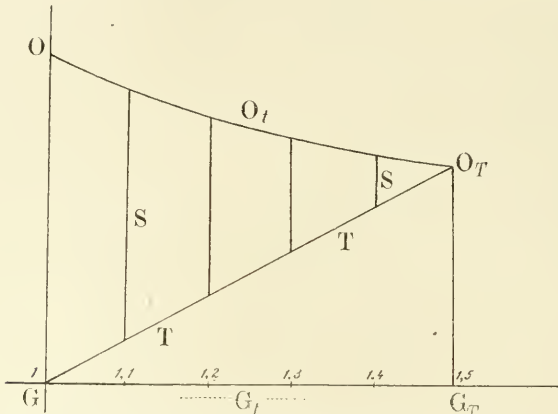


Abb. 1. Schema der osmotischen Zustandsgrößen. G = Grad der Turgordehnung, O = osmotischer Wert der Zelle, T = Turgordruck, S = Saugkraft der Zelle. Weitere Erklärung im Text.

also $G_T = 1,5$. Der (plasmolytisch meßbare) osmotische Wert der turgorlosen Zelle, der „osmotische Grundwert“, wie wir weiterhin sagen wollen, heiße O (ohne Index).

Der osmotische Wert der turgeszenten Zelle O_t wird kleiner als O , weil der Zellsaft entsprechend der Volumzunahme minder konzentriert wird. Der osmotische Wert sinkt — mit einigen später zu besprechenden Einschränkungen — umgekehrt proportional der Turgordehnung G_t , nach Gl. ... $O_t = \frac{O}{G_t}$. Der Kurvenast O_t fällt von links nach rechts ab in flach hyperbolischem Bogen.

Der Turgordruck T (und der gleichgroße Wanddruck) wird am größten für die wassergesättigte Zelle, nämlich $T = O_T$ 1).

1) Bei dieser Gleichsetzung darf man den nach innen gerichteten Zentraldruck des Protoplasmas vernachlässigen.

Wassersättigung tritt ja dann ein, wenn (bei unbeschränkter Wasserzufuhr) der Wanddruck der osmotischen Kraft des Zellsaftes die Wage hält. Für die turgorlose Zelle ist $T = 0$. Zwischen beiden Punkten steigt der Turgordruck (zumindest für die isolierte Zelle) sehr annähernd linear mit der Turgordehnung (URSPRUNG und BLUM l. c. 1916, S. 536); nach Gl. $T = a(G_t - 1)$ für $G_t \geq 1^1$).

Was endlich die Saugkraft S der Zelle betrifft, so ist sie am größten für die entspannte Zelle, nämlich gleich dem ganzen osmotischen Zellsaftwert O , am kleinsten für die wassergesättigte Zelle, nämlich gleich Null. Sie ist in jedem Punkte, mit dem osmotischen Wert O_t verglichen, um soviel kleiner, als dem Turgordruck T im betreffenden Punkte entspricht. Die Saugkraft $S =$ der Differenz $O_t - T^2$). Während die Saugkraft also im vollturgeszenten Zustand Null ist, steigt sie bei Wasserentzug rasch an und die Pflanzenzelle hat in diesem rein physikalischen Verhältnis einen höchst zweckmäßigen Regulationsmechanismus für ihre Wasserversorgung zur Verfügung.

Es mögen nun einige Punkte diskutiert werden, die zu Komplikationen des einfachen Schemas der Abb. 1 führen können.

Das Schema gilt zunächst für den Grenzfall einer Zelle mit sehr großem Safttraum und wenig Plasma. Ist der Plasmagehalt der Zelle größer, dann gilt die bisher übliche Berechnungsweise des turgeszenten osmotischen Wertes O_t aus dem osmotischen Grundwert O der turgorlosen Zelle und dem Grad der Turgordehnung G_t nach der einfachen Gl

$$O_t = \frac{O}{G_t} \quad (1)$$

nicht strenge. Ich habe darauf schon früher hingewiesen. Wenn in einer plasmareichen Zelle z. B. $G_t = 1\frac{1}{2}$ ist, so ist der Wert O_t nicht $\frac{2}{3}$ vom plasmolytisch gemessenen Grundwert O , sondern kleiner; nämlich (Diese Ber. Bd. 35, 1917, S. 723)

$$O_t = O \frac{1-p}{G_t-p} \quad (2)$$

wenn p den Volumanteil des Plasmas sammt Einschlüssen und Zellkern (und sammt eventuellen im Zellsaft befindlichen Kristallen und Niederschlägen) am Innenraum der turgorlosen Zelle bedeutet.

1) PANTANELLI (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 40, 1904, S. 317) Ausdruck für die Größenbeziehung zwischen Turgor (d. i. osmot. Wert), Turgordruck etc., der auch bei HÖBER (Physik. Chemie der Zelle u. d. Gewebe, IV. Aufl., 1914, S. 70) Eingang gefunden hat, ist unrichtig.

2) In der ersten Darstellung bei URSPRUNG und BLUM (Diese Ber. Bd. 37, 1916, S. 530) hat sich ein sinnstörender Druckfehler eingeschlichen: „Saugkraft der Zelle = Saugkraft des Inhaltes = Wanddruck“ anstatt „Saugkraft der Zelle = Saugkraft des Inhaltes - Wanddruck“. Derselbe ist auffallenderweise in das Referat im Bot. Zentralblatt (Bd. 187, I, 1918, S. 40) übergegangen.

Wir dürfen nämlich keinesfalls annehmen, daß das Plasma mit seinen Einschlüssen an den osmotischen Volumschwankungen des Protoplasten ebenso stark beteiligt sei wie der Zellsaft. Bei Plasmolyse bleibt das Plasmavolumen wahrscheinlich genau oder nahezu genau konstant; denn das Quellungswasser des lebenden Protoplasmas ist wohl viel zu fest gebunden, um für den bloßen osmotischen Wasseraustausch disponibel zu sein. Bei Wasseraufnahme der Zelle, die zur Turgoränderung führt, wäre mit der Möglichkeit einer Erhöhung des Plasmavolumens vielleicht eher zu rechnen, wenn eine solche auch nicht nachgewiesen ist; doch wäre sie — wenn auch vielleicht von großer physiologischer Bedeutung — räumlich doch sicher nur gering und die Annahme, daß das Plasma sein Volumen im selben Verhältnis vergrößere wie der osmotisch wasseransaugende Zellsaft, entbehrt, wie erwähnt,

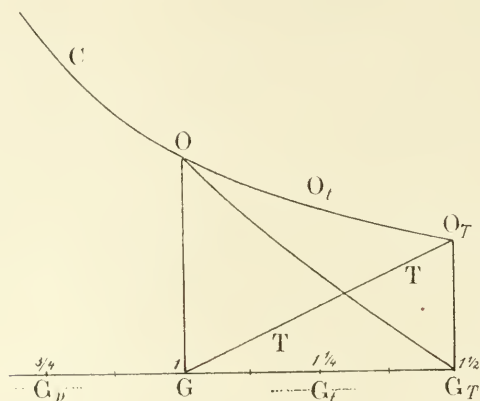


Abb. 2. Bezeichnung wie in Abb. 1, ferner C = Konzentration des Plasmolytikons, G_p = Grad der Plasmolyse. Die Saugkraft S ist als Kurve ausgezogen.

offenbar jeder Berechtigung. Diese Annahme liegt aber der bisher üblichen Berechnungsweise nach Gl. (1) . . $O_t = O : G_t$ stillschweigend zugrunde.

Man könnte nun in Gl. (2) p als Konstante oder, im Hinblick auf möglicherweise später nachzuweisende Variationen des Plasmavolumens bei Turgoränderung und Plasmolyse, als Variable ansetzen. Wir wählen p konstant; eventuell wäre p dann mit einem Faktor α , der mit G variierte, auszustatten. Gl. (2) erzielte dann die Form:

$$O_t = O \frac{1 - \alpha p}{G_t - \alpha p} \quad (3)$$

Abb. 2 zeigt das Schema der osmotischen Zustandsgrößen bei Berücksichtigung der Plasmakorrektur für $p = \frac{1}{4}$ ($\alpha = \text{konst.} = 1$). Der Kurvenast O_t wird ceteris paribus ein wenig steiler als in Abb. 1.

Wir können das Schema ferner auf die plasmolysierte Zelle ausdehnen, indem wir die Kurven über die zum Punkte $G = 1$ gehörigen Werte weiter nach links verfolgen. $G_p < 1$ ist dann der Grad der Plasmolyse. T wird gleich Null, weil in der plasmolysierten Zelle kein Turgor bestehen kann. Da die Saugkraft $S = O - T$, so wird für $T = 0 \dots S = O$; die Kurvenäste

S und O fallen somit für $G < 1$ zusammen. Die osmotische Saugkraft des plasmolysierten Protoplasten ist aber im Gleichgewichtszustande genau gleich derjenigen der plasmolysierenden Außenlösung und der linke Kurvenast C bedeutet also die Konzentration des Plasmolytikums, resp. die isotonische Konzentration des plasmolysierten Zellsaftes.

Zur weiteren Diskussion des Schemas sei noch folgendes bemerkt. Die funktionale Abhängigkeit zwischen Turgordehnung und osmotischem Wert und zwischen Turgordehnung und Turgordruck $f(G_t, O_t)$ und $f(G_t, T)$, müßte, auch abgesehen von der Berücksichtigung der Protoplasmagröße p , nicht gerade immer von der einfachen Form

$$O_t = \frac{O}{G_t} \quad \text{und} \quad T = a(G_t - 1)$$

sein. Wenn wir unter dem osmotischen Wert die Maßzahl der dem Zellsaft genau isotonischen Konzentration eines bestimmten gelösten Stoffes verstehen, so wären Abweichungen dadurch denkbar, daß im Gang des physikalischen osmotischen Druckes mit der räumlichen Konzentration Unterschiede beständen zwischen Zellsaft und gewähltem Vergleichsstoff¹⁾. Solche Unterschiede würden z. B. erheblich, wenn die osmotischen Werte auf Konzentrationen eines Elektrolytsalzes bezogen würden; dagegen wohl gering, wenn man sie wie üblich auf Rohrzucker als Vergleichsstoff bezieht; sie dürften in diesem Falle für physiologische Zwecke in den meisten Fällen zu vernachlässigen sein. — Wählte man zur Konstruktion anstatt der Rohrzuckerwerte die zugehörigen Atmosphärenwerte, dann würden die Abweichungen der O-Kurve von der einfachen hyperbolischen Form im allgemeinen wohl größer.

Betreffs der zweiten Kurve $T = a(G_t - 1)$ sei bemerkt, daß auch der Turgordruck nicht gerade genau linear mit der Dehnung zuzunehmen brauchte²⁾. Elastische Kräfte wachsen zwar, Konstanz des Elastizitätsmoduls vorausgesetzt, proportional der Dehnung. Doch einmal ist zu beachten, daß die Abszissen G_t nicht die lineare Dehnung, sondern die Volumdehnung darstellen, ferner, daß auch die geometrische Zellform auf die Elastizitätskurve von gewissem, wenn auch nicht gerade großem Einfluß ist²⁾. Für die Einzelzelle, d. h. bei Vernachlässigung der Außenkräfte, Gewebespannung usw., bleibt gleichwohl die zu erwartende Abweichung der T-Kurve vom linearen Verlauf gering.

Wichtiger jedoch als das bisher Besprochene, und vor allem für die Physiologie von mehr Bedeutung, sind die Änderungen, welche das Schema für die Betrachtung der im Gewebsverbande eingeschlossenen Zelle zu erfahren hat. Wenn eine Einzelzelle osmotisch Wasser aufnimmt und sich dehnt, so hat sie dabei nur den elastischen Widerstand der eigenen Wand zu über-

1) Dieses Bedenken gilt auch für die Berechnung des osmotischen Grundwertes aus stärkeren Plasmolysegraden nach meiner plasmometrischen Methode. (Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., Wien, math.-naturw. Kl., I. Abt., Bd. 95, 1918, S. 100, 111). RENNER (Zeitschr. f. Bot., Bd. 10, S. 410) und FITTING (ebd., Bd. 11, S. 213) haben dies mit Recht hervorgehoben. Es sei hier vorläufig nur darauf hingewiesen, daß praktisch die hieraus entspringenden Unstimmigkeiten durch meine „Stufenversuche“ und die lineare Extrapolation, die ich an den Resultaten derselben, zunächst zum Zweck der Protoplasmakorrektur, ausführe, gleichfalls mit verschwinden müssen.

2) Vgl. URSPRUNG und BLUM, diese Ber., Bd. 34, 1916, S. 534.

winden. Für Gewebszellen liegen die Verhältnisse offenbar komplizierter. — Denken wir uns einmal ein Gewebe aus turgorlosen, beiläufig zylindrischen Zellen, etwa ein entspanntes Palisadengewebe, und fassen wir hier eine einzelne Zelle ins Auge; sie möge osmotisch Wasser aufnehmen. Im Beginn erfolgt die Dehnung gleichmäßig nach allen Seiten. Bald stößt die Zelle aber längs ihrer Seitenwände an die gleichfalls schwellenden Nachbarzellen. Sie plattet sich an ihnen ab. Für die weitere Dehnung stehen nur mehr die zwischen den Zellen freigebliebenen Räume zur Verfügung. Dabei wird die Elastizität der einzelnen Wandpartien offenbar in ungleichem Maße in Anspruch genommen werden. Die Zelle wird sich deformieren. Außer dem Gegendruck der eigenen Wand kommen noch die vonseiten der gleichfalls deformierten Nachbarzellen her ausgeübten Druckkomponenten in Betracht. Ähnlich liegen die Dinge für Parenchymzellen, die an mechanische oder verholzte Elemente grenzen und durch diese an der freien Dehnung gehindert werden. — Die Verhältnisse sind physikalisch nicht einfach. Sie sind bisher weder theoretisch noch experimentell im einzelnen untersucht. Wenn ich aber recht sehe, so muß die Komplikation in unserem Schema darin ihren Ausdruck finden, daß der Kurvenast T nur anfangs linear verläuft und dann steiler, konkav nach oben, gegen rechts ansteigt (Abb. 3, S. 296). Denn sobald ungleiche Dehnung, einseitige elastische Spannung und Druckwirkung der Nachbarzellen sich geltend macht, wird der Wanddruck mit der räumlichen Dehnung rascher zunehmen müssen, als wenn nur der gleichförmige Widerstand der eigenen Zellwand bei der Volumzunahme zu überwinden ist.

Ist dieser Gedanke richtig, dann liegt auch eine biologische Folgerung bezüglich der Saugkraftleistung von Gewebszellen auf der Hand. Die Saugkraft S ist, wie immer die T -Kurve verlaufen mag, gegeben durch die Differenz $S = O_2 - T$. Wie man in Abb. 3 sieht, steigt hier die S -Kurve von rechts her sehr steil an: Einem geringen Turgeszenzverlust entspricht ein unverhältnismäßig großer Zuwachs an Saugkraft. Vom ökologischen Standpunkt ist dies für die Pflanze offenbar ein nützlicher Umstand. Innerhalb eines kleinen Turgeszenzbereiches kann die Saugkraft in weitergehendem Maße variiert werden. Ein Gewebe kann stärkere Saugwirkung ausüben, ohne sich vom gewohnten Turgeszenzgrad allzuweit zu entfernen und ohne erst anwelken, d. h. abnormale Turgeszenzzustände in Kauf nehmen zu müssen.

Wie die T -Kurve für Zellen von besonderem, ungleichseitigem Wandbau, für Schließzellen, ferner für lebende Collenchymzellen u. dgl., verläuft, werden erst eigens darauf gerichtete Untersuchungen lehren können.

Die einzelnen osmotischen Zustandsgrößen scharf auseinanderzuhalten, ist von Wichtigkeit für alle jene Gebiete der Physiologie, in welchen osmotische Fragen eine Rolle spielen. Wohl nirgends aber hat die klare begriffliche Fundierung bisher so schöne Früchte gezeitigt, wie in URSPRUNGS und BLUMS-eigenen Untersuchungen über die Wasserbewegung im Pflanzenkörper. Man war vordem vielleicht geneigt zu erwarten, daß die osmotischen Werte in der Richtung des Wasserstromes stetig ansteigen¹⁾. U. a. schienen

1) Diese Meinung hat vom theoretischen Standpunkt bereits RENNER (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56, 1915, S. 623) nachdrücklich beanstandet.

vergleichende Messungen HANNIGS¹⁾ an Wurzelrinde und Blatt-epidermis dafür zu sprechen. — Die ausgedehnten Untersuchungen von URSPRUNG und BLUM²⁾ haben jedoch jene Erwartung nicht bestätigt. Dafür zeigte sich, daß die Saugkräfte der lebenden Zellen in schöner Gesetzmäßigkeit von der absorbierenden Wurzelzone in der Richtung des Wasserstromes bis zum transpirierenden Blattparenchym ansteigen, desgleichen im Querschnitt der oberirdischen Organe mit der Entfernung vom wasserleitenden Hadrom, und daß das spezifische Saugkraftgefälle im allgemeinen um so steiler ist, je größere Widerstände der sich bewegende Wasserstrom zu überwinden hat, — ein Ergebnis, durch welches unsere Einsicht in den Mechanismus der Wasserbewegung wohl um einen der wichtigsten Schritte vorwärts gebracht wurde, der auf diesem Gebiete seit Jahrzehnten geschehen ist.

Wie für die Fragen der Wasserbewegung die Saugkraft diejenige von den Zustandsgrößen ist, auf welche es unmittelbar ankommt, — so ist für die chemische Kenntnis des Zellsaftes, für Stoffwechsel, chemische Umsetzung, Osmoregulation und für Permeabilitätsstudien der osmotische Grundwert, für Wachstumstreckung und die meisten Bewegungserscheinungen die Turgordehnung, für mechanische Leistungen, Spritz- und Schleudermechanismen etc., der Turgordruck die maßgebende osmotische Größe. —

Zum Schluß möge noch eine Frage an die ökologische Pflanzengeographie oder Geobotanik, wie wir heute besser sagen, aufgeworfen werden.

FITTING (1911) hat in seiner Untersuchung über die osmotischen Verhältnisse der Wüstenpflanzen die Rolle, die den einzelnen osmotischen Größen hier zukommt, entgegen der Gepflogenheit jener Jahre, in klarer Weise unterschieden. Er sagt³⁾: „Die ungeheuren osmotischen Druckkräfte, die ich bei vielen Wüstenpflanzen gefunden habe, sind zwar, wie ich glaube, ein brauchbares Maß für die Größe der von diesen Pflanzen entwickelten Saugkräfte⁴⁾, lassen aber kein Urteil zu über die Größe des in der Turgescenz der Gewebe zum Ausdruck kommenden Überdrucke,

1) Diese Ber., Bd. 30, 1912, S. 194. — Vgl. ferner FABER, ebd., Bd. 31, 1913, S. 277.

2) Diese Ber., Bd. 34, 1916, S. 88, 105, 123, 525, 539; Bd. 36, 1918, S. 577, 599; Bd. 37, 1919, S. 453; BLUM, Beih. bot. Zentralblatt, Bd. 33, I 1917, S. 339.

3) Zeitschr. f. Bot., Bd. 3, 1911, S. 258.

4) Ganz streng wäre: der im Maximum möglichen Saugkräfte.

mit andern Worten des sog. Turgordruckes. Von großem Interesse ist in dieser Hinsicht meine Beobachtung, daß bei vielen der Gewächse mit besonders hohen osmotischen Druckkräften, z. B. bei *Asteriscus pygmaeus*, . . . u. a. auf trockenen Standorten längst nicht die volle Turgeszenz erreicht wird, ein Beweis dafür, wie schwierig diesen Pflanzen trotz der hohen Saugkräfte die Wasserversorgung gleichwohl noch wird, . . . Stellt man solche Gewächse in Wasser, so werden ihre Organe nach kurzer Zeit blechartig

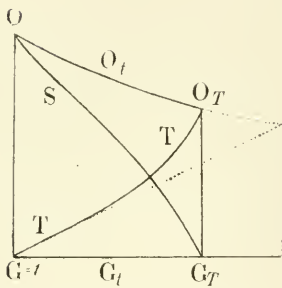


Abb. 3. Hypothetisches Schema für eine im Gewebsverbande eingeschlossene Zelle. Die Abweichung vom normalen Schema ist karriert.

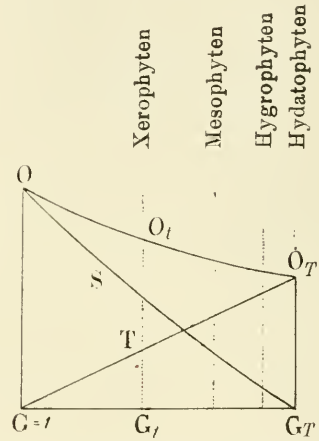


Abb. 4. Zur Frage an die Geobotanik. Erklärung im Text.

und glasartig spröde¹⁾. Demnach befinden sich die Wüstpflanzen normaler Weise in einem Zustand recht niederer Turgeszenz und hoher Saugkraftleistung, entsprechend einer Ordinate in unserm Schema, die ziemlich weit nach links verschoben ist (Abb. 4). Andererseits ist klar, daß für submerse Wasserpflanzen der vollturgeszente Zustand der normale sein muß. Mesophytische Landpflanzen dürften eine Mittelstellung einnehmen. So scheint aus den Mitteilungen URSPRUNGS und BLUMS für *Fagus* und *Hedera* hervorzugehen, daß der relative Turgeszenz-

1) Ich habe diesen Versuch gelegentlich unserer letzten Wiener Universitätsreise im April 1914 in Kairo wiederholt, u. a. mit der in den Randgebieten der lybischen Wüste häufigen Borragniacee *Lithospermum callosum* Vahl.

grad¹⁾, für die einzelnen Gewebe zwar natürlich recht verschieden, doch vielfach etwa $\frac{3}{5}$ — $\frac{3}{4}$ vom maximal möglichen beträgt²⁾. Angaben für hygrophytische Landpflanzen fehlen noch. — Die Frage scheint nun berechtigt, ob nicht allgemein in der Natur zwischen der Wasserversorgung und dem Wasserhaushalt der Pflanze und den Turgeszenzgraden, in denen ihre Gewebe zu verweilen pflegen, Beziehungen solcher Art bestehen, wie Abb. 4 sie in hypothetischer Form versinnlicht: Die (nicht sukkulenten) Xerophyten werden vielleicht niedere Turgeszenzgrade und entsprechend hohe Saugkräfte aufweisen, während sich die Hygrophyten umgekehrt, die Mesophyten intermediär verhalten dürften. Ebenso bezeichnend und spezifisch verschieden wie die mittleren Turgeszenzgrade mag ferner für die Arten und ihre einzelnen Gewebe der Turgeszenzbereich sein, innerhalb dessen sie sich im normalen Leben bewegen. In der Lehre von den Pflanzengesellschaften werden vielleicht die mittleren Turgeszenzzustände und -bereiche der Lebensformen und Arten, die eine Genossenschaft zusammensetzen, ein gleich gutes oder noch besseres ökologisches Charakteristikum abgeben als die osmotischen Grundwerte, auf die allein sich die mehrfachen experimentellen Untersuchungen des letzten Jahrzehntes beziehen.

In der physiologischen Anatomie ist es wohl bekannt, daß an xerophytische Lebensweise angepaßte Pflanzen meist besonders

1) Sollen verschiedene Zellen, in denen der Grad der Turgordehnung bei Wassersättigung, G_T verschieden groß sein kann, verglichen werden, so kann es sich empfehlen, diesen weiteren neuen Begriff einzuführen: Der „relative Turgeszenzgrad“ (in Prozenten auszudrücken) beträgt z. B. für eine Zelle, in welcher $G_T = 1,5$, für $G = 1 \dots 0\%$, für $G_t = 1,2 \dots 40\%$, für $G_t = 1,4 \dots 80\%$, für $G_T = 1,5 \dots 100\%$. — Ähnlich hat RENNER (l. c. 1915; Flora, Bd. 108, 1911, S. 273) den Begriff des „Sättigungsdefizits“ vorgeschlagen, der definiert wird „als die — etwa in Prozenten ausgedrückte — Differenz zwischen dem bei voller Turgeszenz möglichen und dem jeweils gegebenen Wassergehalt“. Doch beziehe ich den „relativen Turgeszenzgrad“ prozentisch auf den Wert $(G_T - 1)$ als Einheit, während RENNER den „bei voller Turgeszenz möglichen Wassergehalt“ der Zelle zugrunde legt. Ist z. B. in einer Zelle $G_T = 1,5$ und im gegebenen Moment $G_t = 1,35$, so ist der relative Turgeszenzgrad = 70 %, das Sättigungsdefizit, nach RENNER, aber nicht $100 - 70 = 30\%$, sondern $(1,50 - 1,35) : 1,50 = 10\%$.

2) Für das erste angeführte Beispiel, eine oberseitige Blattepidermiszelle von *Hedera helix*, deren Saugkraft nach Methode I ermittelt wurde. (Diese Ber., Bd. 34, 1916, S. 586) berechnet man den relativen Turgeszenzgrad zu 75 %. Derselbe läßt sich dagegen aus osmotischem Grundwert O und Saugkraft S allein noch nicht genau bestimmen, wenn nicht auch G_T bekannt ist.

reichlich mit mechanischen Elementen ausgestattet sind. Die ange deuteten Verhältnisse ergeben vielleicht einen Gesichtspunkt für die teleologische Beurteilung dieser Tatsache. HABERLANDT¹⁾ weist darauf hin, „daß bei krautigen Pflanzen, welche in trockener Luft an trockenen Standorten wachsen, die Bedeutung des Turgors für die Festigung der Organe eine geringere ist als sonst, da die Gefahr zeitweiligen Welkens viel näher liegt. Die reichere Ausbildung der spezifisch mechanischen Zellen wird unter solchen Umständen nur von Vorteil sein“. Diesen gleichen Dienst zur Erhöhung der Festigkeit wie bei vorübergehendem Turgorverlust werden nun die mechanischen Elemente der Xerophyten in noch erhöhtem Maße zu leisten haben, wenn der Turgeszenzgrad der Gewebe — wie wir erwarten — der spärlichen Wasserzufuhr entsprechend und der Entfaltung höherer Saugkräfte zuliebe, dauernd ein niederer ist.

1) Physiologische Pflanzenanatomie, V. Aufl., 1918, S. 183.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Höfler Karl

Artikel/Article: [Ein Schema für die osmotische Leistung der Pflanzenzelle. 288-298](#)