

Betrachtungen über die osmotischen Zustandsgrössen

Autor(en): **Frey-Wyssling, Alb.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **42 (1933)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28400>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Betrachtungen über die osmotischen Zustandsgrößen.¹

Von Alb. Frey-Wyssling.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Eingegangen am 5. April 1933.

Die Bedeutung der osmotischen Zustandsgrößen kann am besten erfasst werden, wenn man sich vergegenwärtigt, was sie *energetisch* vorstellen. Wenn eine Zelle durch osmotische Wasseraufnahme eine *Volumenänderung* dv erfährt, wird Arbeit geleistet nach der Beziehung

$$d\mathcal{A} = p \cdot dv$$

wobei p den in der Zelle herrschenden Druck bedeutet. Es besteht somit bei mit Volumänderungen verbundenen osmotischen Vorgängen stets eine Beziehung zwischen Druck und Arbeit. Für Zellsäfte, die gewöhnlich so konzentriert sind, dass für sie die klassische osmotische Theorie nicht mehr zutrifft, sind diese Beziehungen komplizierter Art. Trotzdem gilt allgemein: während sich das osmotische Druckgleichgewicht ein- oder umstellt, wird Arbeit verrichtet. Man kann daher die osmotischen Zustandsgrößen nicht nur als Druck-, sondern auch als *Arbeitsgrößen* auffassen. Nennen wir das *osmotische* Arbeitsvermögen einer Zelle \mathcal{D} ² so finden wir, dass im allgemeinen nur ein Teil \mathcal{Z} dieser Arbeit geleistet worden ist. Der übrigbleibende Rest des Arbeitsvermögens soll \mathcal{S} genannt werden. Die Bedeutung dieser beiden Teilarbeiten, die nach dem Satze der Energieerhaltung zusammen \mathcal{D} ausmachen, ist folgende: \mathcal{Z} ist die geleistete *Turgorarbeit*, während \mathcal{S} das Vermögen zu weiterer Arbeitsleistung unter Wasseraufnahme vorstellt. Die osmotische Grundgleichung lautet daher *energetisch*:

$$\begin{array}{ccc} \mathcal{D} & = & \mathcal{Z} & + & \mathcal{S} \\ \text{osmotisches} & & \text{geleistete Arbeit} & & \text{zu leistende Arbeit} \\ \text{Arbeitsvermögen} & | & \text{Turgorarbeit} & | & \text{Saugvermögen} \end{array}$$

\mathcal{S} ist nie geleistete Arbeit, sondern stets Arbeitsvermögen, daher die Bezeichnung *Saugvermögen*.

¹ Vortrag gehalten an der Frühjahrsversammlung der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft in Aarau am 2. April 1933.

² Das Arbeitsvermögen \mathcal{D} ist nicht gleich der gesamten osmotischen Energie \mathcal{A} des Zellinhaltes. Die maximale osmotische Arbeit \mathcal{A} wird nur geleistet, wenn eine Lösung unendlich verdünnt wird; da indessen bei den osmotischen Vorgängen die Verdünnung des Zellsaftes begrenzt ist, steht von der Gesamtenergie \mathcal{A} nur ein bestimmter Teil \mathcal{D} als osmotisches Arbeitsvermögen zur Verfügung.

Den Energiegrößen \mathfrak{D} , \mathfrak{Z} und \mathfrak{S} entsprechen in der Druckgrößen-Gleichung *osmotischer Druck* (Saugkraft des Zellinhaltes nach Ursprung),¹ *Turgordruck* und *Saugkraft* (Saugkraft der Zelle nach Ursprung). Wenn man den „osmotischen Druck“ aus dem botanischen Sprachgebrauch verbannen will, was Ref. allerdings nicht tun möchte, ist die Terminologie von Ursprung die geeignetste. \mathfrak{D} und \mathfrak{S} repräsentieren beide *potentielle* Energie; es ist daher unpassend, die diesen beiden Arbeitsgrößen entsprechenden Druckgrößen als „potentielle“ und „aktuelle“ oder gar „kinetische“ Saugkraft zu unterscheiden.

Die osmotische Zustandsgleichung besitzt, wie Renner, Ursprung und Blum gezeigt haben, grundlegende Bedeutung für die Beurteilung des *Wasserhaushaltes* der Pflanze. Es wird auf zwei weitere Anwendungsmöglichkeiten dieser Grundgleichung hingewiesen:

1. *Erklärung der Verdünnungsreaktion zufolge der Verletzung turgeszenter Kapillarsysteme*. Schneidet man eine turgeszente Zelle an, beraubt man sie ihres Turgors und die osmotische Energie \mathfrak{D} des Zellinhaltes äussert sich als Saugvermögen. Ihr Saugvermögen war aber zuvor im Gleichgewicht mit den umliegenden Zellen. Dadurch, dass es nun sprunghaft vergrössert wird, muss Wasser in die verletzte Zelle übertreten und ihr Zellinhalt verdünnt werden. Diese theoretisch geforderte Verdünnung lässt sich leicht nachweisen, wenn man an Stelle einzelner Zellen turgeszente Kapillarsysteme, aus denen grössere Mengen Saft austreten, anschneidet. Crafts hat beim Oeffnen der Siebröhren von *Cucurbita* einen solchen Verdünnungseffekt gefunden und Ref. hat beim Milchsafteergüsse vom Kautschukbaume *Hevea brasiliensis* Verdünnungen von 8 % bis 40 % festgestellt. Die Verdünnung des Milchsaftes wird nach Beendigung des Ergusses im Röhrensystem rückgängig gemacht (Eindickungsreaktion).

Die Verdünnungsreaktion angeschnittener Zellen hat eine Steigerung des Saugvermögens der anstossenden Zellen zur Folge. Bei Saugkraftmessungen an Gewebeschnitten bildet die Verdünnungsreaktion daher eine Fehlergefahr, wenn man Zellen in der Nähe der Schnittflächen untersucht.

2. *Prüfung der Stoffwanderungstheorie* von Münch. Die Stoffwanderungen verlaufen in der Pflanze von Stellen, wo Kohlenhydrate assimiliert oder mobilisiert werden nach Stellen, wo diese verbraucht

¹ Es muss betont werden, dass das Arbeitsvermögen \mathfrak{D} eine ganz andere Bedeutung besitzt als der osmotische Druck. Letzterer ist für eine gewisse Lösung eine allgemeine Konstante, während \mathfrak{D} nur für eine bestimmte Zelle konstant ist. Verschiedenen Zellen mit gleichem Zellinhalt kann je nach der maximalen Verdünnungsmöglichkeit verschiedenes Arbeitsvermögen \mathfrak{D} zukommen. Umgekehrt wird der osmotische Druck einer Zelle durch die osmotische Wasseraufnahme verändert, während \mathfrak{D} im Verlaufe dieses Vorganges konstant bleibt.

werden. Nach Münch herrscht in dieser Richtung ein Turgorgefälle, und an Orten intensiven Wachstums können die Zellen zufolge Zuckerverbrauches an Wasser „übersättigt“ werden, so dass sie aktiv Wasser abgeben. Da dieser Spezialfall durch die osmotische Zustandsgleichung nicht erfasst werde, erklärt sie Münch für seine Zwecke untauglich. Es kann indessen gezeigt werden, dass die osmotische Grundgleichung unter allen Umständen gilt, wenn man für Wasser auspressende Ueberdrucke negative Saugkräfte zulässt. Falls man sie paarweise anwendet, ist sie ausserdem geeignet, zu zeigen, dass zur Prüfung der Theorie von Münch nicht Turgordrucke gemessen werden müssen, sondern osmotische Konzentrationen, denn seine Druckströme verlaufen stets in der Richtung des osmotischen Energiegefälles. Man benötigt daher eine Methode, um die osmotische Konzentration verschiedener Gewebe unabhängig voneinander zu messen. Die übliche kryoskopische Methode (Walter), die Preßsäfte von ganzen Pflanzen oder Pflanzenteilen verwendet, kann dafür nicht in Anwendung kommen. Es ist indessen möglich, einzelne Gewebestücklein mit den Nadeln von Thermoelementen anzustechen, das Objekt gefrieren zu lassen und so die Gefrierpunktserniedrigungen der betreffenden Gewebe zu bestimmen. Curtis hat solche Messungen an weichen Geweben, z. B. keimenden Bohnen, vorgenommen und gefunden, dass entgegen der Theorie von Münch die Stoffwanderung umgekehrt wie das osmotische Konzentrationsgefälle verläuft. Denn die Vegetationspunkte seiner Keimlinge zeigten grössere Gefrierpunktserniedrigungen als das Gewebe der Kotyledonen, in denen die Nährstoffe für das Keimlingswachstum mobilisiert wurden. Es genügt indessen nicht, die Anschauungen Münchs für Keimlinge zu widerlegen, denn er hat seine Theorie in erster Linie für die Stoffzufuhr beim Dickenwachstum und beim Austreiben der Bäume aufgestellt. Es wurden daher Thermonadeln aus Injektionskanülen hergestellt, mit denen man holzige Gewebe anstechen kann. Die Lötstelle dieser Thermoelemente ist sehr widerstandsfähig und kann in das Kambium oder in Knospen eingeführt werden. Vorversuche haben ergeben, dass auf diese Weise kryoskopische Messungen an holzigen Gewebestücken möglich sind.
