

## Bestimmung des osmotischen Drucks einer Zuckerlösung

### Versuchsziele

- Das Prinzip der Osmose verstehen.
- Osmose als speziellen Fall der Diffusion kennenlernen.
- Transportvorgänge in Zellen nachvollziehen.
- Osmotischen Druck und hydrostatischen Druck berechnen.

### Grundlagen

In Lösungen sind alle Teilchen in ständiger Bewegung. Dies wird als Brownsche Molekularbewegung bezeichnet. Wenn es in Lösungen zu Konzentrationsgefällen kommt, wird dieses durch die Teilchenbewegung wieder ausgeglichen. Aufgrund der brownischen Molekularbewegung muss für die Bewegung keine Energie aufgebracht werden und es handelt sich um einen passiven Stofftransport. Dieser spontane Konzentrationsausgleich innerhalb eines bestimmten Raumes nennt man Diffusion. Abhängig ist dieser Vorgang zum Beispiel von der Temperatur. Je höher dieser ist, desto schneller bewegen sich die Teilchen und umso schneller erfolgt der Ausgleich.

Liegen zwei unterschiedlich konzentrierte Lösungen vor, die räumlich durch eine durchlässige Trennschicht voneinander separiert sind, so kommt es zu einem gerichteten Konzentrationsausgleich. Hierbei handelt es sich um einen Spezialfall der Diffusion, welcher als Osmose bezeichnet wird. Osmose kommt aus dem griechischem und bedeutet Eindringen, Stoßen, Antrieb.

Der gerichtete Konzentrationsausgleich findet so statt, dass Wassermoleküle von der geringer konzentrierten Lösung in Richtung der höher konzentrierten durch eine Membran wandern. Diese Membran ist nur durchlässig für kleine Moleküle wie Wasser. Große Moleküle wie Salze oder Zucker können nicht hindurchdiffundieren und werden zurückgehalten. Die Membran ist also halbdurchlässig oder semipermeabel.

Aufgrund des einseitigen Konzentrationsausgleiches baut sich in der Zelle mit der konzentrierten Lösung ein Druck, auch als osmotischer Druck bekannt, auf. Der osmotische Druck ist das Gleichgewicht zwischen dem Druck des einströmenden Wassers und dem Wanddruck der Zelle. Er ist definiert als:

$$p_{\text{osmotisch}} = c \cdot R \cdot T$$

$c$  ist dabei die Stoffmengenkonzentration,  $R$  die ideale Gaskonstante ( $0,0831 \text{ (l}\cdot\text{bar)} / (\text{mol}\cdot\text{K})$ ) und  $T$  die Temperatur in Kelvin. Andersherum kann dieser Vorgang auch als osmotischer Sog betrachtet werden, bei dem die Wassermoleküle von der konzentrierteren Lösung angesaugt werden.

In der Lösung, die höher konzentriert ist, baut sich durch die Wanderung der Wassermoleküle ein hydrostatischer Druck auf



Abb. 1 Versuchsaufbau.

die Membran auf, der nur ein weiteres Maß für den osmotischen Druck darstellt und wie folgt definiert ist:

$$p_{\text{hydrostatisch}} = \rho \cdot g \cdot h$$

$\rho$  ist dabei die Dichte des Lösungsmittels in  $\text{kg/m}^3$ ,  $g$  die Erdbeschleunigung ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ) und  $h$  die Flüssigkeitshöhe in m.

Jede wässrige Lösung eines gelösten Stoffes kann einen bestimmten osmotischen Druck erzeugen, dieser ist dabei abhängig von der Konzentration des gelösten Stoffes. Liegen in den beiden Zellen äquimolare Lösungen vor, so erzeugen sie denselben Druck. Dieser Zustand wird als isotonisch bezeichnet und liegt auch vor, wenn der Konzentrationsausgleich stattgefunden hat.

Ein Beispiel für Osmose kann häufig im Spätsommer beobachtet werden, wenn reife Kirschen nach einem Regenschauer aufplatzen. Die Haut der Kirschen ist eine semipermeable Membran und im Inneren ist die Zuckerkonzentration sehr hoch. Das Wasser aus den Regentropfen wandert dann in das Zellinnere, um so einen Konzentrationsausgleich zu erreichen. Die Kirsche kann sich dabei jedoch nicht beliebig weit ausdehnen und platzt dadurch auf.

In diesem Versuch soll der osmotische Druck zweier unterschiedlich konzentrierter Saccharose-Lösungen in Bezug auf Wasser mit Hilfe einer Osmosekammer beobachtet werden.

## Gefährdungsbeurteilung

Die im Versuch verwendeten Chemikalien stellen keinerlei Gefährdung dar.

### Geräte und Chemikalien

1	Osmoseapparat, groß .....	662 403
1	Skala zum großen Osmoseapparat .....	667 501
2	Becherglas DURAN, 400 ml, hF .....	664 114
1	Messzylinder 250 ml, Kunststofffuß .....	665 755
1	Kompaktwaage 440-3N, 200 g : 0,01 g .....	667 7977
1	Tropfpipette 150 x 7 mm, Satz 10 .....	665 953
1	Gummikappen (Pipettenhütchen), 10 Stück .....	665 954
1	Experimentierwanne .....	666 6221
1	D(+)-Saccharose, 250 g .....	674 6060

## Versuchsaufbau und -vorbereitung

### Aufbau der Apparatur

- Die Apparatur wie in Abb. 1 zu sehen aufbauen.
- Dazu auf die vier Gewindestangen je eine Rändelmutter aufschrauben.
- Die vier Gewindestangen so durch die dafür vorgesehenen Öffnungen eines seitlichen Halterahmen stecken, dass die Rändelmutter an der äußeren Seite sind.
- Auf den Halterahmen eine Osmosekammer legen. Darauf folgen ein Dichtungsring, eine semipermeable Membran und die zweite Osmosekammer.

*Hinweis: Darauf achten, dass die beiden Öffnungen der Osmosekammern in die gleiche Richtung zeigen.*

- Die Apparatur durch einen zweiten Halterahmen fixieren und abschließend auch von der anderen Seite vier Rändelmutter aufschrauben.
- Die Kapillarrohre in die Stopfen stecken und an einer der beiden die Skala für den Osmoseapparat befestigen.
- Die Experimentierwanne unter dem Osmoseapparat platzieren.

### Vorbereitung des Versuches

- Für den Versuch eine 0,1-molare und eine 0,2-molare Saccharose-Lösung ansetzen.

- Von beiden Lösungen 250 ml herstellen, da die Osmosekammer ein ungefähres Volumen von 150 ml hält.

- Die Berechnung der Einwaagen erfolgt folgendermaßen:

$$m(\text{Saccharose}) = \frac{V(\text{Lösung}) \cdot c(\text{Lösung})}{M(\text{Saccharose})}$$

In Tabelle 1 sind die errechneten Einwaagen zu finden. Dabei gilt:  $M(\text{Saccharose}) = 342,3 \text{ g/mol}$ .

Tab. 1 Einwaagen Saccharose-Lösungen.

	Lösung 1	Lösung 2
$c(\text{Saccharose})$	0,1 mol/l	0,2 mol/l
Einwaage	8,5 g	17 g

- Die Einwaage erfolgt direkt in die Bechergläser.
- 250 ml Wasser mit dem Messzylinder abmessen und zu den Einwaagen geben und die Saccharose durch Rühren lösen.

## Durchführung

- Eine der beiden Kammern blasenfrei und bis zum oberen Rand mit Wasser füllen. Dazu die Tropfpipetten zur Hilfe nehmen.
- In die zweite Kammer auf die gleiche Art die 0,1 molare Saccharose-Lösung (Lösung 1) füllen.
- In die beiden Bohrungen die zwei Kapillarrohre mit Stopfen stecken. Das Kapillarrohr mit der Skala auf der Kammer mit der Saccharose-Lösung befestigen.
- Anhand der Skala nun den Füllstand für den Zeitpunkt  $t = 0$  notieren.

*Hinweis: Es spielt keine Rolle, wo der Flüssigkeitsspiegel nach dem Aufsetzen der Glasrohre startet.*

- Diesen Vorgang über 30 - 40 Minuten alle 5 Minuten wiederholen. So kann der osmotische Austausch verfolgt werden.
- Mit der 0,2 molaren Lösung 2 genauso verfahren.

## Beobachtung

Über den Zeitraum von 30 - 40 Minuten kann ein Anstieg der Flüssigkeit im Kapillarrohr über der Saccharose-Lösung beobachtet werden.

## Auswertung

### Der zeitliche Verlauf der Osmose

Die im Versuch notierten Werte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2 Abgelesene Werte des Flüssigkeitsstands.

$t / \text{min}$	Lösung 1	Lösung 2
	Höhe / cm	
0	10,5	2,7
5	10,7	3,2
10	11,0	3,8
15	11,3	4,3
20	11,5	4,8
25	11,7	5,0
30	12,2	5,3
35	12,8	5,7
40	13,1	6,5

Der Wert für die Höhe zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird von allen anderen Werten subtrahiert. Die Nettowerte nach Abzug des Wertes sind in Tabelle 3 aufgeführt und in Abbildung 2 gegen die Zeit in einem Graphen aufgetragen, um den Anstieg des osmotischen Druckes zu verdeutlichen.

Tab. 3 Veränderung des Flüssigkeitsstands über die Zeit.

t / min	Lösung 1	Lösung 2
	Höhe / cm	
0	0	0
5	0,2	0,5
10	0,5	1,1
15	0,8	1,6
20	1	2,1
25	1,2	2,3
30	1,7	2,6
35	2,3	3,0
40	2,6	3,8

Die Flüssigkeit steigt in beiden Lösungen an. Dies geschieht, da über die semipermeable Membran Wasser in die Zuckerlösung strömt. Durch den Wasserfluss kommt es zu einem Anstieg des Flüssigkeitsspiegels im Steigrohr, welcher abgelesen wird. Beim Vergleich der beiden Kurven (Abb. 2) für die 0,1 und die 0,2 molare Saccharose-Lösung zeigt sich, dass der Flüssigkeitsspiegel in der höher konzentrierten Lösung stärker ansteigt. Die 0,2 molare Saccharose-Lösung besitzt einen höheren osmotischen Druck. Hier werden mehr Wassermoleküle benötigt, um einen Konzentrationsausgleich zwischen den beiden Kammern zu erreichen.

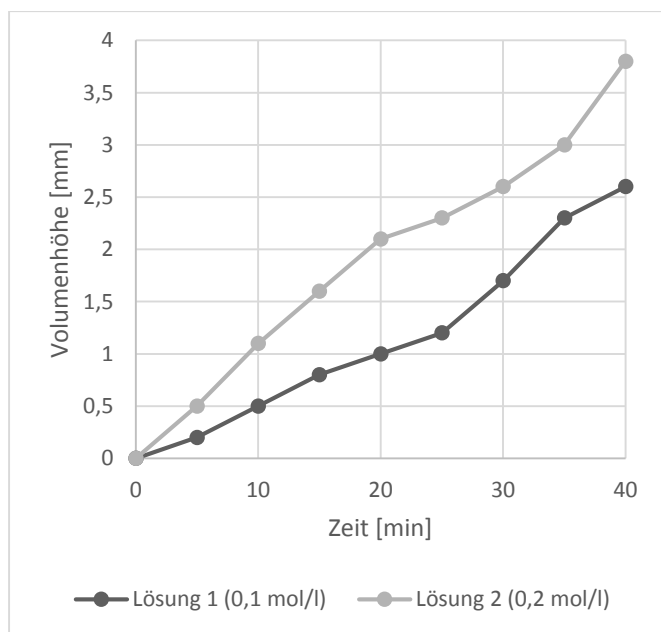


Abb. 2 Vergleich Diffusion der Saccharose-Lösungen.

### Der osmotische Druck der Lösungen

Mit Hilfe der Formeln für den osmotischen Druck und dem hydrostatischen Druckes lässt sich berechnen, wie weit die Flüssigkeitssäule ansteigen könnte, bis sich ein Gleichgewicht eingestellt hat.

Theoretisch kann man den Versuch so lange laufen, bis der Flüssigkeitsspiegel nicht mehr weiter steigt, sich das Gleichgewicht also eingestellt hat. Zu diesem Zeitpunkt sind der hydrostatische Druck der Wassersäule und der osmotische Druck gleich groß.

Der osmotische Druck der Flüssigkeit lässt sich auch mit Hilfe der Formel berechnen:

$$p_{\text{osmotisch}} = c \cdot R \cdot T$$

Für  $R$  gilt für beide  $0,0831 \text{ (l*bar)/(mol*K)}$  und bei einer Raumtemperatur von  $25 \text{ °C}$  ist  $T = 298 \text{ K}$ . Alle Werte werden in die Formel für den osmotischen Druck eingesetzt und die Werte können Tabelle 4 entnommen werden.

Ausgehend vom osmotischen Druck kann man nun berechnen, wie hoch der Flüssigkeitsspiegel steigen müsste, damit dieser gleich dem hydrostatischen Druck ist.

$$p_{\text{hydrostatisch}} = \rho \cdot g \cdot h$$

Hierbei müssen die Drücke in Pascal bzw.  $\text{N/m}^2$  umgerechnet werden. Hierfür gilt: 1 bar entspricht  $100000 \text{ Pa}$  bzw.  $\text{N/m}^2$ . Die Dichte für Wasser beträgt vereinfacht  $1000 \text{ kg/m}^3$  und die Erdbeschleunigung  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Nun können die Werte aus Tab. 4 multipliziert mit  $100.000 \text{ N/m}^2$  für den hydrostatischen Druck eingesetzt werden und so  $h$  berechnet werden. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 4 zu finden.

Tab. 4 Stoffmengenkonzentration der Saccharose-Lösungen und Ergebnisse für den osmotischen Druck sowie den theoretischen Flüssigkeitsspiegel.

	Lösung 1	Lösung 2
$c$	0,1 mol/l	0,2 mol/l
$p_{\text{osmotisch}}$	2,48 bar	4,96 bar
$h$	25,3 m	50,6 m

### Ergebnis

In diesem Versuch wurde der osmotische Druck von zwei unterschiedlich konzentrierten Saccharose-Lösungen untersucht. Dafür wurden sie in einer Osmosekammer mit Wasser verglichen. Es zeigte sich, dass mit der Zeit die Flüssigkeit im Steigrohr der Kammer mit Saccharose-Lösung ansteigt (siehe Abb. 2). Bei beiden Konzentrationen steigt die Volumenhöhe im Steigrohr deutlich an. Dieser Effekt ist bei der konzentrierteren Lösung deutlicher.

Die Volumenhöhe würde bis zum Gleichgewicht zwischen osmotischem und hydrostatischem Druck steigen. Dies würde wie in Tabelle 4 aufgeführt, bei 25 bzw. 50 m der Fall sein. Der Versuch wird daher vorher abgebrochen.

Die Unterschiede zwischen verschiedenen Stoffkonzentrationen und der damit verbunden Geschwindigkeit beim Ausgleich bzw. dem unterschiedlichen Höhenunterschied nach derselben Zeit lassen sich deutlich demonstrieren.

### Reinigung und Entsorgung

Überschüssige Saccharose-Lösungen können im Abfluss entsorgt werden oder für weitere Versuche in dafür beschrifteten Flaschen aufbewahrt werden. Die Lösungen in der Osmosekammer können ebenfalls im Abfluss entsorgt werden.