

Übungen in physikalischer Chemie für Studierende der Pharmazie	
Versuch Nr.: 4	Version 2016
Kurzbezeichnung: Osmose	

Osmotischer Druck

Aufgabenstellung

An drei Saccharose-Lösungen von unterschiedlicher Konzentration, die mit reinem Wasser über eine semipermeable Membran in Verbindung gebracht werden, ist der sich aufbauende hydrostatische Überdruck in Abhängigkeit von der Zeit zu messen. Die Messergebnisse sind graphisch darzustellen und jeweils die mittlere Geschwindigkeit des Druckanstiegs sowie die Permeationsrate des Wassers durch die Membran zu ermitteln. Letztere ist gegen den osmotischen Druck, der sich nach der van't Hoff'schen Gleichung für die verschiedenen Lösungen im Phasengleichgewicht berechnet, aufzutragen und die Korrelation zwischen beiden Größen zu bestimmen.

Welche Höhen würde das Flüssigkeitsniveau in der Manometer-Kapillare im osmotischen Gleichgewicht erreichen, wenn man voraussetzt, dass die semipermeable Membran nicht deformiert wird, die Lösungen ideales Verhalten zeigen und keinerlei Konzentrationsgradienten mehr aufweisen?

Grundlagen

Folgende Frage ist zur Vorbereitung zu beantworten:

- Was sind die kolligativen Eigenschaften und was zeichnet sie aus?

Die folgenden Fragen sind zur Nachbereitung zu erarbeiten:

- Nennen Sie Beispiele für osmotische Phänomene.
- Welche Anwendungen findet die Osmose in der Chemie?
- Was versteht man unter „reverser“ Osmose?

Der osmotische Gleichgewichtsdruck Π_{eq} wird durch die van't Hoff'schen Gleichung beschrieben (siehe Lehrbücher der Physikalischen Chemie) mit der Gaskonstante R (8,314 J/Kmol) und der absoluten Temperatur T (in K):

$$\Pi_{eq} = R * T * c_z \quad (1).$$

Die Permeationsrate des Wassers durch die Membran der Fläche A lässt sich Hilfe der hydraulischen Permeabilität formulieren:

$$\left[\frac{\partial n_{H_2O}}{\partial t} \right] = P_{H_2O} * \frac{A}{V_{H_2O}^*} * (\Pi_{eq} - \Pi) \quad (2).$$

Diese gibt an, wieviel Liter des Lösungsmittels (hier Wasser) pro m^2 Membranfläche und pro Pa Druckdifferenz (Differenz zwischen dem osmotischen Gleichgewichtsdruck und dem aktuellen osmotischen Druck) durch die Membran „gefördert“ wird.

Da die Permeationsrate des Wassers in mol/s anzugeben ist, tritt der Kehrwert des Molvolumens $V_{H_2O}^*$ als zusätzlicher Proportionalitätsfaktor auf.

Zu Anfang der Osmose ist der hydrostatische Druck der sich aufbauenden Flüssigkeitssäule $\Pi \ll \Pi_{\text{eq}}$ und für die Permeationsrate gilt:

$$\left[\frac{\partial n_{\text{H}_2\text{O}}}{\partial t} \right] \approx P_{\text{H}_2\text{O}} * \frac{A}{V_{\text{H}_2\text{O}}^*} * \Pi_{\text{eq}} \text{ (Anfangsbereich)} \quad (3).$$

Experimentell ermittelt man die Permeationsrate aus:

$$\left[\frac{\partial n_{\text{H}_2\text{O}}}{\partial t} \right] \approx \frac{\Delta n_{\text{H}_2\text{O}}}{\Delta t} = \frac{\Delta h}{\Delta t} * \frac{\pi}{4} * \frac{d_K^2}{V_{\text{H}_2\text{O}}^*} \quad (4),$$

mit dem Höhenunterschied Δh nach der Zeit Δt durch die Kapillare mit der Dicke d_K .

Trägt man die experimentell bestimmte Permeationsrate gegen den berechneten osmotischen Gleichgewichtsdruck auf, so sollte sich bei Gültigkeit der in der Herleitung verwendeten Vereinfachungen eine Gerade ergeben.

Versuchsaufbau

Zum Versuchsaufbau gehören zwei Osmoseapparaturen (siehe Abbildung 1 auf Seite 5), jeweils bestehend aus:

einem Glaskörper mit Membranhaltung aus Kunststoff, 2 Flanschdichtungsringen aus Gummi (Innendurchmesser 35 mm), einer Cellophanmembran, einem Kapillarrohr von 450 mm Länge (Innendurchmesser: 0,7 mm), einer Manometerskala von 350 mm Länge, einem Stativ mit einer Universalklemme und einer Doppelmuffe und einer Glasschale,

1 Gummistopfen, Maßkolben (1x 500 ml, 2x 250 ml), 2 Thermometer, Pipetten (100 ml, und 25 ml), Saccharose, aqua dest. (Vollentionisiertes Wasser) aus dem nebenstehenden Vorratsgefäß

Durchführung

Herstellung und Vorbereitung der Lösungen

Ausgehend von einer 1 molaren Zuckerlösung werden durch Verdünnung jeweils 250 ml einer 0,5 M und 0,1 M Lösung hergestellt.

Beschickung der Messzellen und Durchführung der Messungen

Die erste der mit Wasser gefüllten Osmoseapparaturen und die dazu gehörende Glasschale werden am Spülbecken entleert. Die Apparatur ist drei Mal mit einer kleinen Menge 0,1 molarer Zuckerlösung zu spülen und dann mit dieser bis ca. 1 cm unterhalb des Apparaturhalses (unterer Beginn des Gewindeganges) aufzufüllen.

Die Apparatur wird schräg gehalten und in die mit "Osmosewasser" $\frac{3}{4}$ gefüllte Glasschale gesetzt. Es ist darauf zu achten, dass evtl. an der Membran oder der Halterung anhaftende Luftblasen beim Einsetzen entweichen können.

Anschließend ist die Apparatur bis auf ca. 0,5 bis 1 mm unterhalb des oberen Randes mit der Zuckerlösung zu befüllen, die Manometerkapillare mit der Schraubkappe und Dichtungsring (weiße Dichtfläche nach oben!) in die am Stativ befestigte Klammer einzusetzen und fest zu spannen. Nach einer Lagekorrektur der Osmoseapparatur im wassergefüllten Glasgefäß ist nur noch die Kapillare vorsichtig (bei gelöster Klammer) in die senkrecht darunter stehende Zuckerlösung abzusenken, die Verschraubung fest anzuziehen und der Meniskus der Lösung in der Kapillare auf Null einzustellen, indem die Kapillare vorsichtig nach oben gezogen wird. Die Skala ist endgültig zu fixieren (Klammer am Stativ fest spannen).

Dann beginnt die Zeitmessung in 5 min Abständen bzw. mit der Beobachtung des Anstieges der Flüssigkeitssäule in der Kapillare, die sich über den gesamten Zeitraum des Versuches, d.h. auch über den Zeitraum der Untersuchungen der 0,5 molaren und der 1 molaren Lösungen, erstrecken sollte. Im Verlauf des Versuches wird die Temperatur des Wassers in der Glasschale gemessen und notiert.

Nach Beginn des ersten Experimentes wird in analoger Weise die zweite Messanordnung vorbereitet, mit der 0,5 molaren Zuckerlösung beschickt und die Messung entsprechend durchgeführt. Bei den höheren Konzentrationen steigt die Flüssigkeitssäule schneller. Hier ist deshalb zu empfehlen, jeweils die Zeiten zu notieren, nach denen die Flüssigkeitssäule um 1 cm gestiegen ist. Nach etwa einer Stunde wird der zweite Versuch abgebrochen. Die Messung mit der 1 molaren Zuckerlösung erfolgt in der gleichen Apparatur. Beim Wechsel der Zuckerlösungen sind alle Teile mit Wasser gründlich zu spülen und abzutrocknen. (Verschraubung mit Gummidichtung an der Kapillare und die Kapillare nicht vergessen!).

Bei dieser Konzentration kann der Versuch bereits nach etwa 30 min beendet werden.

Die Kapillaren sind vor jeder Wiederbenutzung und am Ende des Versuches mit Hilfe der am Arbeitsplatz vorhanden Druckluft trocken zu blasen.

Am Ende der Versuche werden alle Kammern entleert, mit Wasser gespült und wie oben beschrieben mit reinem Wasser gefüllt (evtl. Luftblasen in den Kammern dürfen nach dem Einspannen in die Halterung sich nicht an der Membran befinden!).

Die Kapillaren sind gründlich zu reinigen und mit Pressluft zu trocknen!

Auswertung

Zur Auswertung trägt man zunächst für jeden Versuch die Niveauhöhe h der Flüssigkeit in der Kapillare gegen die Zeit t auf. Nach visueller Bewertung der Messergebnisse (evtl. Eliminierung von „Ausreißern“ zu Beginn der Messungen), bestimmt man durch Anlegen einer Regressionsgerade den mittleren Anstieg.

Aus diesem wird die mittlere Permeationsrate erhalten (Gleichung 4).

Der mittlere Druckerhöhung $\frac{d\Pi}{dt}$ ergibt sich aus $\Pi = \rho * g * h$ zu $\frac{d\Pi}{dt} = \rho * g * \frac{dh}{dt}$, wobei g die Erdbeschleunigung ist.

Neben dem Anstieg der Niveauhöhe $\frac{dh}{dt}$ benötigt man also die Dichten ρ der Zuckerlösungen:

$$\rho = a_T + b_T * c_Z \quad (5),$$

$$a_T = 0,99823 * [1 - 1,8 * 10^{-4} * (\vartheta - 20 \text{ °C})/K] \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad (5a),$$

$$b_T = 0,13015 * \left[1 - 1,8 * 10^{-4} * \frac{\vartheta - 20 \text{ °C}}{K}\right] \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * \frac{1}{\text{mol}} \quad (5b).$$

Aus der Konzentration der jeweils verwendeten Zuckerlösung c_Z wird der osmotische Druck Π_{eq} in SI - Einheiten berechnet (Gleichung 1).

Die Anwendbarkeit von Gleichung 2 wird geprüft, in dem die Permeationsrate des Wassers durch die Membran gegen den idealen osmotischen Gleichgewichtsdruck für die noch unverdünnten Lösungen aufgetragen wird.

Der Korrelationskoeffizient und der Anstieg (Proportionalitätsfaktor) sind zu bestimmen. Aus dem Anstieg kann durch Multiplikation mit dem Molvolumen der Wassers und Division durch die Membranfläche von $9,6 \text{ cm}^2$ die hydraulische Permeabilität der Membran ermittelt werden.

Des Weiteren sind die Steighöhen der Zuckerlösungen zu berechnen, die unter Vernachlässigung der Membranverformung den osmotischen Gleichgewichtsdrücken entsprechen. Die Vermischung von Wasser und Zuckerlösung soll dabei nicht berücksichtigt werden, was für enge Steigkapillaren näherungsweise gerechtfertigt ist. Somit sind die angegebenen Konzentrationen und die bereits berechneten Dichten und osmotischen Gleichgewichtsdrücke nutzbar.

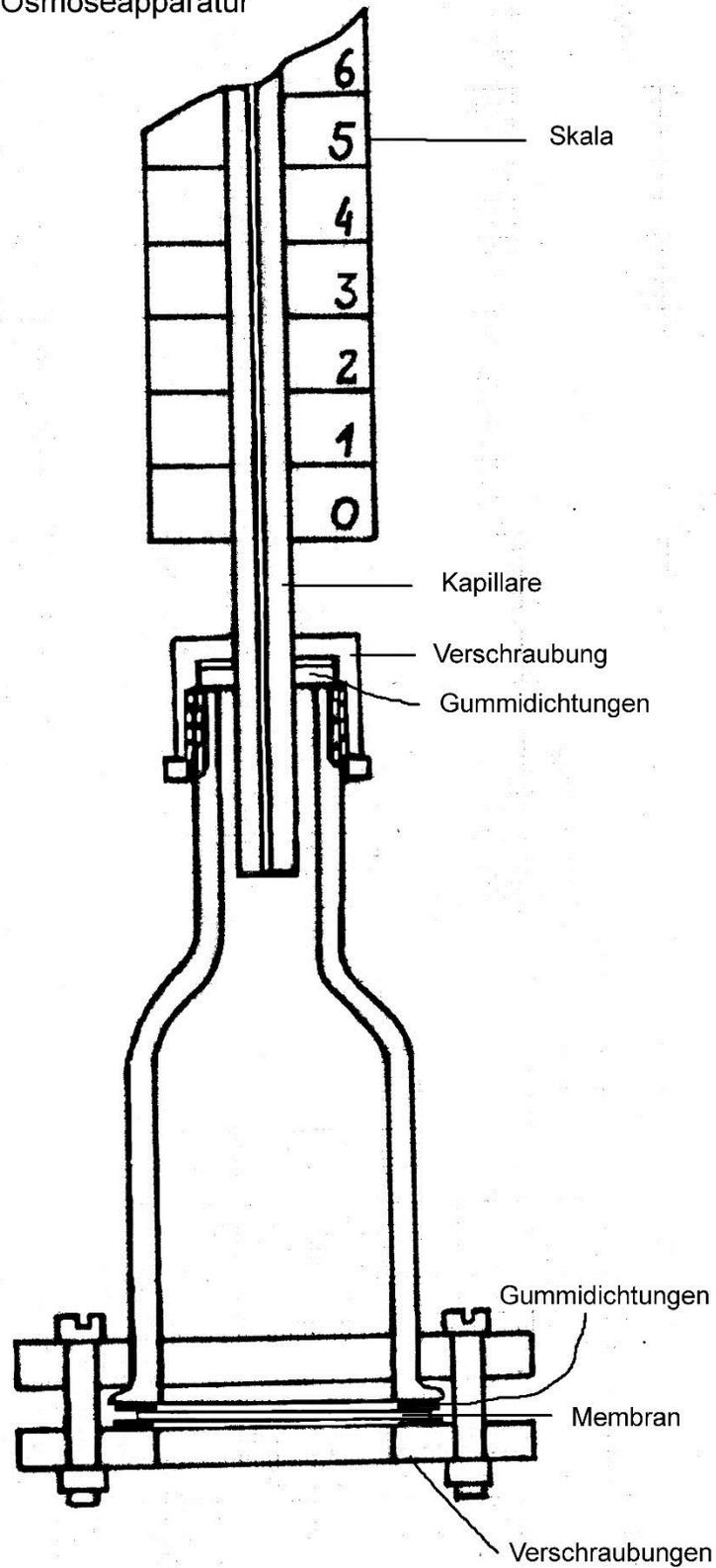
Abschließend sind alle berechneten Werte in einer zusammenfassenden Tabelle anzugeben.

Literatur:

Physikalische Chemie, P.W. Atkins und J. de Paula, 4. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2008

Versuchsapparatur**Versuchsaufbau**

Osmoseapparatur

**Abbildung 1: Darstellung des Versuchsapparatur mit Benennung aller wichtigen Bestandteile**

Datenblatt: Osmose

Gruppe:.....

Datum:.....

Wenn der Flüssigkeitsmeniskus länger als 5 min stagniert, wenden Sie sich an die Praktikumsmitarbeiter!

0,1 M Saccharose

Steighöhe bei den vorgegebenen Zeiten ablesen.

T=.....°C

t /s	h /cm
300	h ₀ =
600	
900	
1200	
1500	
1800	
2100	
2400	
2700	
3000	
3300	
3600	

0,5 M Saccharose

Zeiten ablesen, zu denen die vorgegebenen Steighöhen erreicht werden.

T=.....°C

t /s	h /cm
t ₀ =	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15

~1 h Versuchszeit

1,0 M Saccharose

Zeiten ablesen, zu denen die vorgegebenen Steighöhen erreicht werden.

T=.....°C

t /s	h /cm
t ₀ =	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15

~0,5 h Versuchszeit

Da sich zu Anfang der Messung kleine Luftblasen unter der Verschraubung verbergen können, wird der Messbeginn auf die jeweils zweite Ablesung verschoben. Mit diesen Daten sind die linearen Regressionen bei der Auswertung durchzuführen.

Der Versuch wurde ordnungsgemäß durchgeführt und der Arbeitsplatz übergeben.

Unterschrift:.....