Trenn- und Aufarbeitungsverfahren, die auf der Osmose beruhen C1BL

CC BY NC SA
⚓: laborberufe.de

1. Osmose ist die Diffusion an einer semipermeablen Membran

Lässt man einen Zuckerwürfel in ein Glas Wasser fallen, so löst sich der Würfel allmählich auf. Die Zuckermoleküle gehen in Lösung. Die Zuckermoleküle verbleiben aber nicht an diesem Ort. Sie breiten sich so aus, dass sich nach einiger Zeit im gesamten Wasser die Konzentration an Zuckermolekülen angeglichen hat.

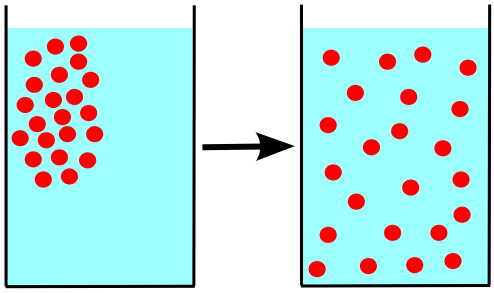

Abb. 1.1: *Diffusion in einer Flüssigkeit.* *Q: wikicommons. A: JrPol*

Dem gleichen Phänomen begegnen wir in einem großen Raum, an dessen einer Raumecke wir etwas Duftstoff auf den Boden tropfen. Auch bei kompletter Windstille, wir nach einiger Zeit im gesamten Raum der Duft wahrnehmbar sein. Die Duftstoffteilchen haben sich also ausgebreitet und im Raum verteilt. Teilchen breiten sich also entlang eines Konzentrationsgefälles spontan aus, d.h. vom Ort einer hohen Konzentration zum Ort einer geringen Konzentration. Die Ausbreitung von Teilchen aufgrund des Bestrebens zum Konzentrationsausgleich wird als **Diffusion** bezeichnet.

Zwei Raumbereiche können durch eine **semipermeable (halbdurchlässige) Membran** getrennt sein, die nur für kleine Moleküle bis zu einer bestimmten Größe passierbar ist. Die Diffusion durch eine semipermeable Membran hindurch wird allgemein als **Osmose** bezeichnet. Wie auch bei allen anderen Diffusionsvorgängen, beruhen die osmotischen Stoffströme auf das Bestreben zum Konzentrationsausgleich von gelösten Teilchen.

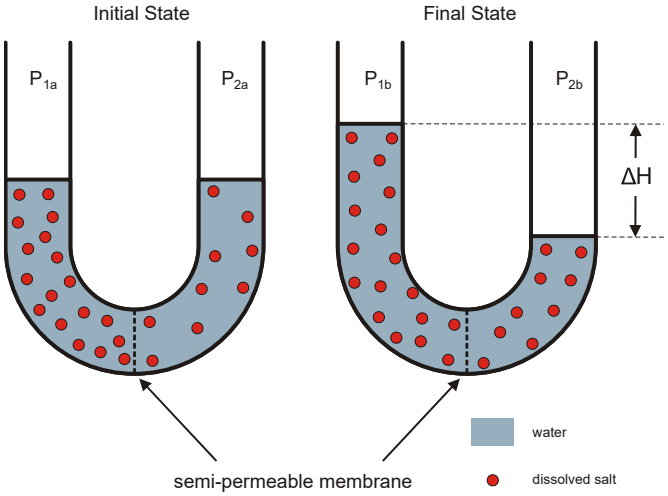

Abb. 1.2: *Osmose in einem U-Rohr.* *Q: wikicommons. A: Hans Hillewaert*

1.1 *[Gemeinsam mit Lehrkraft]: Beschreiben und Erklären Sie Abb. 1.2*

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

2. Dialyse im Labor

Die **Dialyse** ist eine Arbeitsmethode um kleine Moleküle und Ionen, wie zum Beispiel Salze oder Zucker aus einer Lösung zu entfernen, während große Moleküle (Makromoleküle), wie zum Beispiel Proteine oder Nukleinsäuren, zurückgehalten werden.

In einer häufig angewendeten Variante wird dazu ein dünnwandiger Schlauch aus in Wasser gequollenem Zelluloseacetat (Acetylzellulose) eingesetzt, der entfernt an eine Wursthaut erinnert. Ein Ende des Schlauchstückes wird verknotet und dann mit einer Lösung befüllt, die beispielsweise aufzureinigende Proteine oder Nukleinsäuren enthält. Danach wird auch das andere Schlauchende verknotet, so dass die Lösung eingeschlossen ist. Der Schlauch wird nun in einer sehr viel größeres Volumen Wasser (oder einer bestimmten Salz- oder Pufferlösung) leicht geschwenkt und für mehrere Stunden darin belassen. Dabei sinkt Konzentrationen aller kleinen

Ionen und Moleküle im Inneren des Schlauches, da diese kleinen Teilchen die Schlauchmembran passieren können und bestrebt sind, ihren jeweiligen Konzentrationen im inneren und äußeren Medium anzugleichen. Der Nettofluss an diesen Teilchen durch die Membran ist beendet, wenn sich die Konzentrationen der kleinen Teilchen innen und außen angeglichen haben.

Legt man den Dialyseschlauch zum Beispiel in ein sehr großes Volumen an reinem Wasser, so wird auch die Salzkonzentration im Inneren auf 0 Gramm pro Liter sinken. So lässt sich ein unerwünschtes Salz praktisch vollständig von den wertvollen Makromolekülen entfernen.

Die Proteine bzw. Nukleinsäuren verbleiben im Schlauch, da nur Moleküle mit einer Größe unterhalb des Porendurchmessers der Schlauchmembran durch die Wand des Schlauches gelangen können. Eine solche Schlauchmembran nennt man deshalb **semipermeabel** (halbdurchlässig).

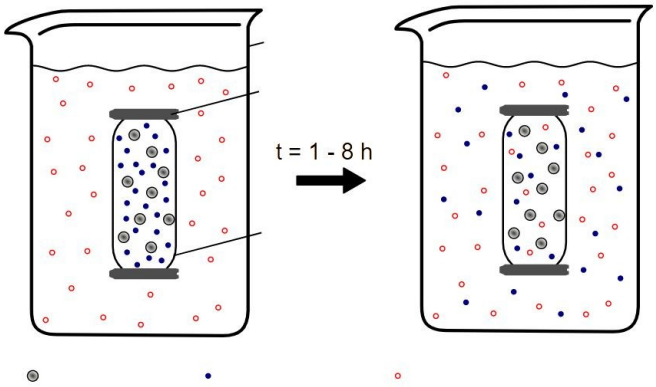

Abb. 2.1: *Schema einer Dialyse. Beschriften Sie!* Quelle: e.W.

2.1 *Ein Konzentrationsausgleich der gelösten Teilchen zwischen Schlauchinnerem und Außenmedium kann auch über den gerichteten Fluss von Wasser (bzw. Lösungsmittelteilchen) erfolgen. Begründen Sie in welche Richtung die Lösungsmittelteilchen dabei strömen. Weshalb sind diesem Vorgang Grenzen gesetzt?*

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

2.2 *Wie verhalten sich typische… a) ….Tierzellen und b) ….Pflanzenzellen, wenn man sie in H_2O gibt? Begründen Sie!*

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

2.3 *a) Ein Dialyseschlauch wird in ein mittelgroßes Außengefäß (z.B. Becherglas) mit reinem Wasser gegeben. Warum sinkt die Konzentration der kleinen Teilchen im Schlauchinneren nicht auf 0,00 g/L ab?*

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

b) Wie kann man den Gehalt der kleinen Teilchen im Schlauchinneren a) auf 0,0 g/L b) auf 2,0 g/L einstellen, wenn nur ein mittegroßes Außengefäß (z.B. Becherglas) zur Verfügung steht?

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

3. Hämodialyse

Die Hämodialyse ist ein Blutreinigungsverfahren das eingesetzt werden muss, wenn die Nieren nicht mehr funktionieren. Auch hier kommt es zum Konzentrationsausgleich kleinmolekularer Substanzen an einer semipermeablen **Dialysemembran**, also zu osmotischen Vorgängen.

Auf der einen Membranseite befindet sich das Blut mit Elektrolyten (überlebenswichtigen Ionen, wie Na^+, Ca^{2+}, Cl^-, PO_4^{3-}), Blutzellen, Blutproteinen und den zu entfernenden **harnpflichtigen Substanzen**. Auf der anderen Seite der Membran befindet sich eine keimarme, aufbereitete Lösung **(Dialysat).** Sie enthält einen an die jeweiligen Bedürfnisse des Patienten orientierten Anteil an Elektrolyten. Die semipermeable Dialysemembran zwischen Blut und Dialyselösung besitzt Poren, die kleine Moleküle wie Wasser, Elektrolyte und **harnpflichtige Substanzen** (z. B. Harnstoff) durchlassen, aber große Moleküle wie Bluteiweiße und Blutzellen zurückhalten. Da auch das eingesetzte Dialysat bereits Elektrolyte enthält, verarmt das Blut während er Osmose nicht an diesen überlebenswichtigen Ionen.

3.1 *Beschriften Sie Abb. 3.1*

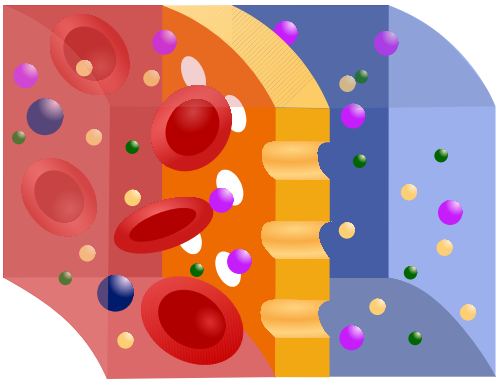

Abb. 3.1: *Hämodialyse. Beschriften Sie mithilfe des Texts!*
Quelle: commons.wikimedia.org, A: Freemesm

4. Umkehrosmose und andere Trennverfahren an semipermeablen Membranen

Die Umkehrosmose ist ein Verfahren zur Aufkonzentrierung von in einer Flüssigkeit gelösten Stoffen. Daneben fällt auch Flüssigkeit mit einer geringeren Konzentration an. Mit Hilfe von Druck wird der natürliche Osmose-Prozess umgekehrt.

Das Medium, in dem die Konzentration eines bestimmten Stoffes verringert werden soll, ist durch eine semipermeable Membran von dem Medium getrennt, in dem die Konzentration erhöht werden soll.

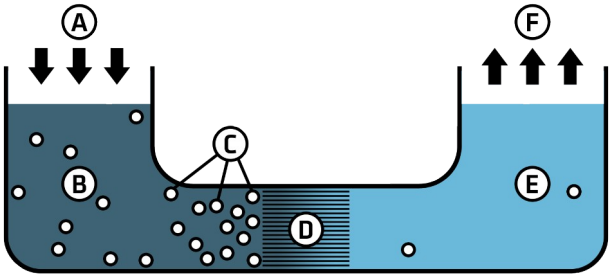

Abb. 4.1 Prinzip der Meerwasserentsalzung. Q: wikicommons (verändert) A: Colby Fisher

Die Membran ist nur für die Lösungsmittelmoleküle, also in der Regel H_2O, durchlässig, nicht jedoch für die darin gelösten Stoffe. Das Medium wird einem Druck ausgesetzt, der höher sein muss als der Druck, der durch das osmotische Verlangen zum Konzentrationsausgleich entsteht.

Dadurch können die Moleküle des Lösungsmittels gegen ihre „natürliche“ osmotische Ausbreitungsrichtung in den Bereich wandern, in dem die gelösten Stoffe bereits geringer konzentriert sind. **Umkehrosmoseanlagen** werden beispielsweise eingesetzt, um in einem Labor aus Leitungswasser demineralisiertes bzw. mineralarmes Wasser herzustellen. Auch kann mit diesem Verfahren z.B. Meerwasser zu Trinkwasser aufbereitet werden *(vgl. Abb. 4.1)*.

4.1 *Beschriften Sie Abb. 4.1*

Aus Fruchtsäften können mithilfe der Umkehrosmose auf schonende Art Fruchtsaftkonzentrate hergestellt werden. H_2O wird aus dem Fruchtsaft herausgepresst. Der Transport von Fruchtsaftkonzentrat statt 100%-Direktsaft spart Transportkosten und schon die Umwelt. Erst am Zielort wird in der Abfüllanlage Leitungswasser zum Konzentrat gegeben, damit wieder ein vollwertiger 100%-Saft entsteht.

Mit speziellen Membranen kann man von Bier den Alkohol durch Umkehrosmose abtrennen, denn auch Alkoholmoleküle sind relativ klein (CH_3-CH_3-OH) im Vergleich zu den Aromastoffen. Diese Membranen lassen aber zwangsläufig auch die ebenfalls kleinen H_2O-Moleküle hindurch. Deshalb muss nach der Abtrennung das Wasser ersetzt werden, um **alkoholfreies Bier** herzustellen.

Letzten Endes ist die Umkehrosmose eine Druckfiltration an einer extrem *feinen* Membran. Größere Strukturen, wie Makromoleküle, Viren, Bakterien oder Partikel lassen sich nach dem gleichen Prinzip abtrennen. Hier spricht man von **Membranfiltration**. *(vgl. Abb. 4.2)*

Verfahren	Mikrofiltration	Ultrafiltation	Nanofiltration	Umkehrosmose
Größe der abtrennbaren Stoffe	0,1 - 10 µm	0,01 - 0,1 µm	0,001 - 0,01 µm	<0,001 µm
Beispiele	Bakterien, andere Zellen	Makromoleküle, Viren	kleinere Makromoleküle	Moleküle, Salze
Erforderliche Druckdifferenz	0,1 - 3 bar	2 - 5 bar	3 - 20 bar	10 - 100 bar