

## Die Bedeutung des Wassers

Leben ist im Wasser entstanden und an das Wasser gebunden. Alle Zellen und Gewebe besitzen daher einen Wassergehalt, welcher größer als 60% ist. Wegen der guten Löslichkeitseigenschaften für polare Stoffe sind in der wässrigen Grundflüssigkeit der Zelle, dem Cytoplasma, viele Salze, Säuren, Basen, Zucker und Aminosäuren, aber auch Eiweiße und Nukleinsäuren gelöst. Alle diese Stoffe werden für die lebenserhaltenden Reaktionen in der Zelle benötigt. Sie werden verbraucht, erneuert oder umgewandelt und transportiert. Neben aktiven, Energie verbrauchenden Transportvorgängen, sind für die lebende Zelle besonders die Vorgänge der Diffusion und Osmose wichtig.

## Diffusion

Moleküle und Ionen haben immer das Bestreben sich gleichmäßig in dem ihnen zur Verfügung stehenden Raum zu verteilen, um einen Konzentrationsausgleich zu erreichen. Diese Erscheinung heißt Diffusion und kann sowohl bei Gasen als auch bei gelösten Teilchen beobachtet werden.

Ursache der Diffusion ist die temperaturabhängige Bewegung von Teilchen. Die Bewegung einzelner Teilchen ist dabei ungeordnet und kann nicht vorhergesagt werden. Zufalls bedingt stoßen die Teilchen ständig mit anderen zusammen und geben dabei ihre eigene, temperaturabhängige Bewegungsenergie an diese weiter. Als Folge davon wird nach einer bestimmten Zeit der zur Verfügung stehende Raum gleichmäßig von allen Teilchen eingenommen. Das gilt sowohl für die Moleküle des Lösungsmittels, in lebenden Zellen also Wasser, als auch für die darin gelösten Stoffe. Erst wenn die Stoffkonzentration in allen Raumbereichen gleich hoch ist und ein Konzentrationsausgleich stattgefunden hat, ist die Diffusion beendet. Dann ist der höchst mögliche Grad an Verteilung, gleichzeitig aber auch an Unordnung (*Entropie*) erreicht. Daher kann die Diffusion nur unter Energieaufwand rückgängig gemacht werden, was für alle Stofftransporte innerhalb der Zelle wichtig ist.

Die Diffusionsgeschwindigkeit ist sehr gering und abhängig von

- Konzentration,
- Temperatur,
- Größe der Teilchen,
- räumlicher Entfernung.

## Osmose

In lebenden Systemen – Zellen, Organen, Organismen – ist der freie Austausch der Teilchen durch Diffusion fast immer durch Membranen eingeschränkt, welche die verschiedenen Reaktionsräume innerhalb der Zelle gegeneinander abgrenzen. Biologische Membranen sind halbdurchlässig (semipermeabel), d.h. kleine Moleküle, wie die des Wassers, können die Membranen passieren, größere Moleküle, wie z.B. Zuckermoleküle werden jedoch zurückgehalten. Daher kommt in diesen Fällen ein einseitig gerichteter Einstrom von kleineren Wassermolekülen zum Ort der hohen Konzentration an Zuckermolekülen zustande. Diese spezielle Form der Diffusion von Wassermolekülen durch eine **semipermeable Membran** hindurch, mit dem

Ziel des Konzentrationsausgleichs, wird als **Osmose** bezeichnet.

Mit Hilfe eines Osmometers, das mit Rohrzuckerlösung gefüllt ist, kann man die Osmosevorgänge messbar verfolgen.

## Das Osmometer

Es besteht aus einem Glaszylinder- oder -Trichter, der durch eine semipermeable Membran, z.B. eine Schweinsblase, von unten abgeschlossen ist. Von oben wird auf den Glaszylinder ein gekrümmtes Steigrohr mit Quecksilber aufgesetzt. Der Glaszylinder wird mit einer osmotisch wirksamen Lösung, z.B. Zuckerlösung gefüllt und in ein Becherglas mit reinem Wasser getaucht.

Da die Konzentration an Wassermolekülen auf der Seite des reinen Wassers höher ist als auf der Seite des gelösten Zuckers, wandern pro Zeiteinheit mehr Wassermoleküle durch die semipermeable Membran hindurch in Richtung Lösung als umgekehrt.

Die Rohrzuckerlösung wird daher solange verdünnt, bis sich dort nach und nach ein immer höherer Druck aufbaut. Infolgedessen stellt sich an der semipermeablen Membran schließlich ein Gleichgewicht ein. Dieses ist dann erreicht, wenn der Wassereinstrom genauso groß ist wie der Wasserausstrom. Die Quecksilbersäule im Steigrohr hat dann ihre optimale Höhe erreicht und steigt nicht mehr weiter an.

Den durch den Wassereinstrom entstandenen Innendruck bezeichnet man als osmotischen Druck. Im Osmometer entspricht der osmotische Druck dem Gewicht der steigenden Quecksilbersäule.

Wenn man die Abhängigkeit des Osmotischen Drucks untersucht, kann man zwei Feststellungen machen:

- Der osmotische Druck ist proportional der Zahl der gelösten Teilchen, also proportional der Zuckerkonzentration.
- Verschiedene Substanzen mit gleicher molarer Konzentration (Mol/Liter) zeigen den gleichen osmotischen Druck.

In lebenden Zellen und Geweben grenzen oft Bereiche aneinander, welche osmotisch wirksame Substanzen unterschiedlicher Konzentration aufweisen. Der Wasserstrom erfolgt dann immer in Richtung der höheren Teilchenkonzentration. Diesen Bereich nennt man **hypertonisch**. Im Gegensatz dazu nennt man den Bereich mit der geringeren Konzentration an gelösten Teilchen **hypotonisch**. Enthalten zwei durch eine semipermeable Membran getrennte Lösungen die gleiche Anzahl gelöster Teilchen, sind sie **isotonisch**. Sie üben dann auf ihre Umgebung die gleiche osmotische Saugkraft aus. Dabei spielt die Art der Teilchen keine Rolle. Ionen oder Moleküle bewirken bei gleicher Konzentration den gleichen Effekt.

## Osmose bei tierischen Zellen

Die Cytoplasmamembran tierischer Zellen lässt Wassermoleküle in beide Richtungen passieren. Befindet sich eine solche Zelle in einer isotonischen Umgebung, dann diffundieren pro Zeiteinheit genauso viele Wassermoleküle in die Zelle hinein wie aus ihr heraus. Die Zelle steht dann mit ihrer Umgebung in einem **osmotischen Gleichgewicht**, das Zellvolumen bleibt konstant.

Solche Verhältnisse zeigen viele wirbellose Meeresbewohner, die in Bezug auf das sie umgebende Salzwasser isotonisch sind.

Anders verhält es sich beim Pantoffeltierchen (Paramecium). Seine Salzkonzentration im Cytoplasma ist relativ hoch, daher ist das Tümpelwasser, in dem es lebt, ein hypotonisches Medium. Ein ständiger Wassereinstrom zum Ort der höheren Salzkonzentration, also in den Zellkörper hinein, ist die Folge. Dieser würde unter dem hohen Flüssigkeitsdruck schließlich platzen. Deshalb besitzen Pantoffeltierchen kontraktile Vakuolen, die als „Pumpen“ wirken und das überschüssige Wasser aus dem Körper entfernen.

Umgekehrt reagieren tierische Zellen sehr empfindlich auf übermäßigen Wasserverlust. In einer hypertonen Lösung schrumpfen sie und gehen zugrunde. An Süßwasser angepasste Organismen können daher nicht im Meer leben, da der Salzgehalt ihres Cytoplasmas geringer ist als der des Meerwassers.

### Osmose bei pflanzlichen Zellen

Die pflanzliche Zellen, auch die von vielen Einzellern und Bakterien, besitzen eine feste Zellwand aus Zellulose, welche voll durchlässig für Wasser ist. Bringt man Pflanzenzellen in eine hypertone Lösung, so geben sie, genauso wie tierische Zellen, Wasser an ihre Umgebung ab. Das abgegebene Wasser stammt hauptsächlich aus der Vakuole, welche sich dabei verkleinert. Gleichzeitig beginnt der Zellkörper (Protoplast) zu schrumpfen und sich von der umgebenden Zellwand abzulösen. Dieser Vorgang wird als **Plasmolyse** bezeichnet. Zunächst ist nur in den Ecken zusammenstoßender Zellwände ein geringfügiges Zurückweichen des Zellkörpers zu beobachten – man spricht in diesem Fall von **Grenzplasmolyse**. Bei fortschreitender Wasserabgabe zieht sich der Zellkörper immer mehr zusammen.

Durch Plasmolyse sterben die Pflanzenzellen meistens nicht ab. Bringt man sie wieder in ein hypotonisches Milieu, wie z.B. Regenwasser, kehrt sich der Plasmolyseprozess um. Man spricht dann von **Deplasmolyse**. Die Vakuole nimmt wieder Wasser auf. Durch den beginnenden Wassereinstrom und die damit verbundene Vergrößerung der Vakuole wird der Protoplast wieder gegen die Zellwand gedrückt. Die elastische Zellwand wird gedehnt und erzeugt dabei zunehmend mehr Wanddruck, der dem osmotischen Druck durch das eingeströmte Wasser entgegen gerichtet ist. Der Wassereinstrom erfolgt so lange, bis der Wanddruck so groß ist, wie der osmotische Druck im Zellinneren (*Turgor*). Der von den Vakuolen ausgehende Innendruck der Zellen wirkt stabilisierend und sorgt dafür, dass die krautigen Teile des Pflanzenkörpers gestützt werden und nicht herabhängen oder umknicken.

Besonders wichtig sind osmotische Vorgänge für Pflanzen, welche auf stark salzhaltigen Böden wachsen (Halophyten). Im Boden liegt nicht reines Wasser vor, sondern Wasser mit darin gelösten, osmotisch wirksamen Salzen. Nur wenn der Salzgehalt ihrer eigenen Zellen größer ist, können sie aus dem Boden Wasser aufnehmen. Im anderen Fall würden sie dauernd Wasser aus den Wurzelzellen an das salzhaltige Bodenwasser verlieren.

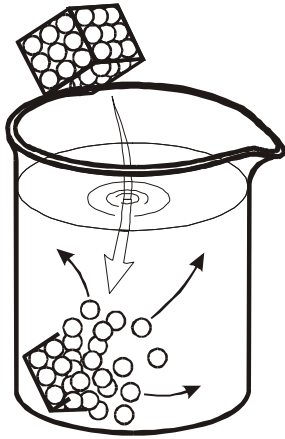
Nicht an diese Verhältnisse angepasste Pflanzen sind daher nicht in der Lage auf salzhaltigen Böden zu wachsen.

### Arbeitsaufträge:

1. Arbeite den Informationstext durch und unterstreiche Wichtiges.
2. Die Abbildungen zur Diffusion (Arbeitsmaterial 3) zeigen einen Zuckerwürfel, der in Wasser gelöst wird.
  - Coloriere die Abbildungen  
Wasser = blau,  
Zuckermoleküle = orange
  - Beschreibe die Diffusionsvorgänge der Teilbilder 1-3 in den entsprechenden Textfeldern.
3. Die Abbildungen zur Osmose (Arbeitsmaterial 3) zeigen zwei durch eine Membran getrennte Flüssigkeitsbereiche.
  - Coloriere die Abbildungen  
Wassermoleküle = blau  
Zuckermoleküle = orange  
Membran = gelb  
Wassereinstrom = blau  
Wasserausstrom = rot
  - Beschreibe die Osmosevorgänge der Teilbilder 1-3 in den entsprechenden Textfeldern.
4. Osmoseversuch (Arbeitsmaterial 4)
  - Beschrifte das Osmometer
  - Werte den Versuch wie in Arbeitsmaterial 4 angegeben aus.
  - Trage den Anstieg der Quecksilbersäule gegen die Zeit auf.
  - Erkläre den Kurvenverlauf.
5. Versuch mit Pflanzenzellen: (Arbeitsmaterial 4)  
Beantworte die Fragen zur Versuchserklärung.
6. Hefte Arbeitsmaterial und Lösungen in Deinen Bio-Ordner ein.

**Diffusion**

1



---

---

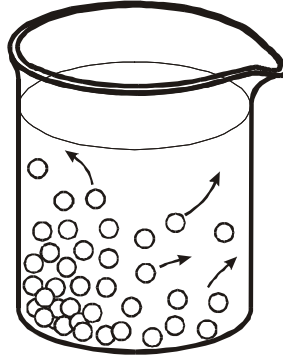
---

---

---

---

2



---

---

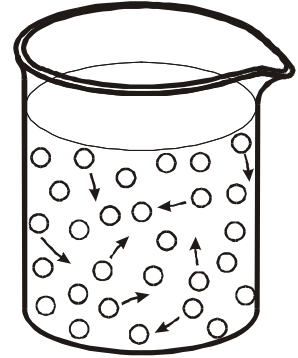
---

---

---

---

3



---

---

---

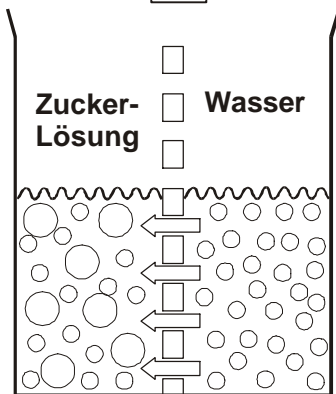
---

---

---

**Osmose**

1



---

---

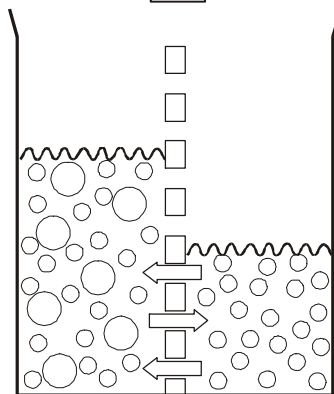
---

---

---

---

2



---

---

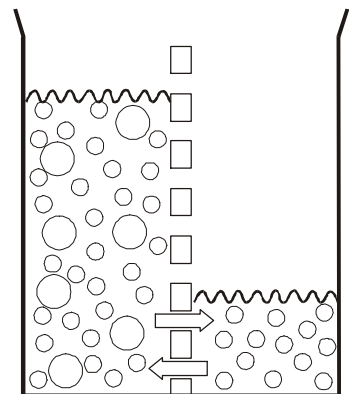
---

---

---

---

3



---

---

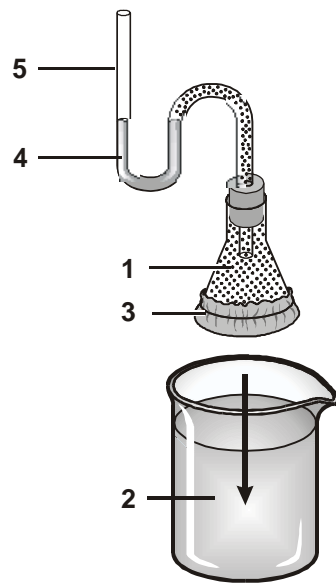
---

---

---

---

**Osmometer**



- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_

**Versuch zur Osmose**

Ein Osmometer wird mit 10%iger Rohrzuckerlösung (10g Rohrzucker pro 100ml H<sub>2</sub>O) gefüllt und in reines Wasser getaucht. Der Anstieg der Quecksilbersäule wird nach jeweils einer Stunde gemessen. Dabei ergeben sich folgende Werte:

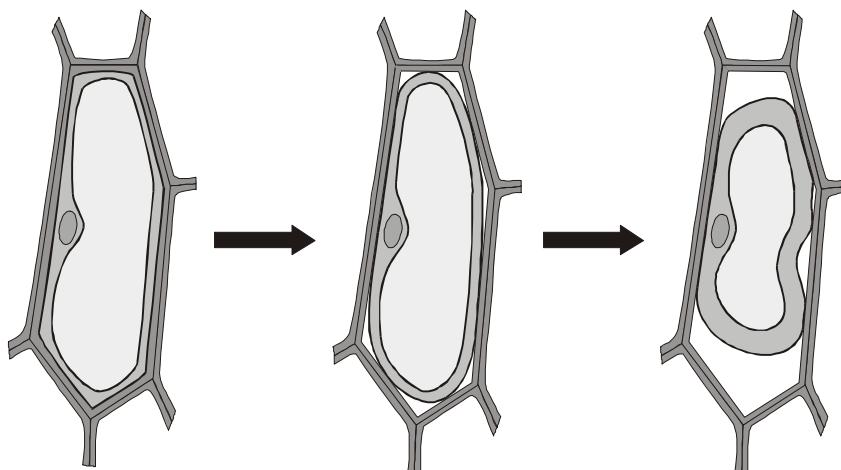
Zeit (Stunden)	0	1	2	3	4	5	6
Höhe der Quecksilbersäule (cm)	0	3,8	5,0	5,6	5,8	5,9	5,9

**Versuchsauswertung und Erklärung:**

- a.) Trage den Anstieg der Quecksilbersäule gegen die Zeit auf.
- b.) Beschreibe und erkläre den Kurvenverlauf!

**5. Versuch mit Pflanzenzellen**

Pflanzenzellen aus der Zwiebelepidermis wurden in eine Salzlösung unbekannter Konzentration gelegt. Unter dem Mikroskop konnte man die unten dargestellte Veränderung verfolgen.



**Versuchserklärung:**

- a) Wie lassen sich die festgestellten Veränderungen erklären?
- b) Welche Möglichkeit besteht, die Veränderungen rückgängig zu machen?