

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung

1.1. Theoretischer Hintergrund

1.1.1. Aufbau und Aufgaben der Zellmembran

1.1.2. Diffusion

1.1.2. Osmose

1.1.4. Transportvorgänge an Membranen

1.1.2.a) passiver Transport

1.1.2.b) aktiver Transport

1.1.5. Donnan-Gleichgewicht

1.1.6. Osmoregulation

1.1.6.a) allgemeine Definitionen

1.1.6.b) Osmokonformer und Osmoregulierer

1.1.6.c) Maßnahmen zur Osmoregulation bei verschiedenen Tiergruppen

1.2. Aufgabenstellung des Versuches

2. Material und Methoden

3. Ergebnisse des Versuchs

4. Diskussion

5. Quellenangaben

6. Abbildungsverzeichnis

1. Einleitung

1.1 Theoretischer Hintergrund

1.1.1 Zellmembran

Zellmembranen befinden sich auf der Oberfläche und im Inneren aller lebenden Zellen. Ihre Hauptfunktion besteht daher in der Abgrenzung von Zellen (Kompartimentierung) bzw. von Zellorganellen. Gleichzeitig regeln Membranen auch noch den Stoffaustausch, da sie selektiv permeabel sind. Dieser kann entweder zwischen zwei Zellen oder zwischen Zellen und dem extrazellulären Milieu stattfinden. Weitere Aufgaben von Membranen sind die Aufnahme von Signalen durch spezifische Rezeptoren, die Weiterleitung elektrischer Impulse und verschiedene enzymatische Aktivitäten.

Eine Membran ist keine starre unbewegliche Schicht, sondern besitzt eine gewisse Fluidität; deshalb spricht man auch von einem Flüssig-Mosaik-Modell. Der Hauptstrukturbestandteil von Zellmembranen sind Phospholipide, die zu einer Doppelschicht angeordnet sind. Jedes einzelne Phospholipid besteht aus einem hydrophilen Kopf (polar), der nach außen zeigt, und einem hydrophoben Schwanz (unpolar), der ins Innere der Membran gerichtet ist.

Für die spezifischen Funktionen der Membran sind allerdings in die Membran eingelagerte Proteine verantwortlich. Nähere Erläuterungen dazu folgen im Kapitel 1.1.4. auf Seite 6.

Man kann dabei zwischen peripheren und integralen Membranproteinen unterscheiden. Periphere Membranproteine sind auf der Membranoberfläche eingelagert, während integrale Membranproteine die Membran ganz durchdringen. Auf der Außenseite der Membranoberfläche können an Lipiden oder Proteinen zusätzlich noch Kohlenhydrate gebunden sein, was auch als Glykokalyx bezeichnet wird.

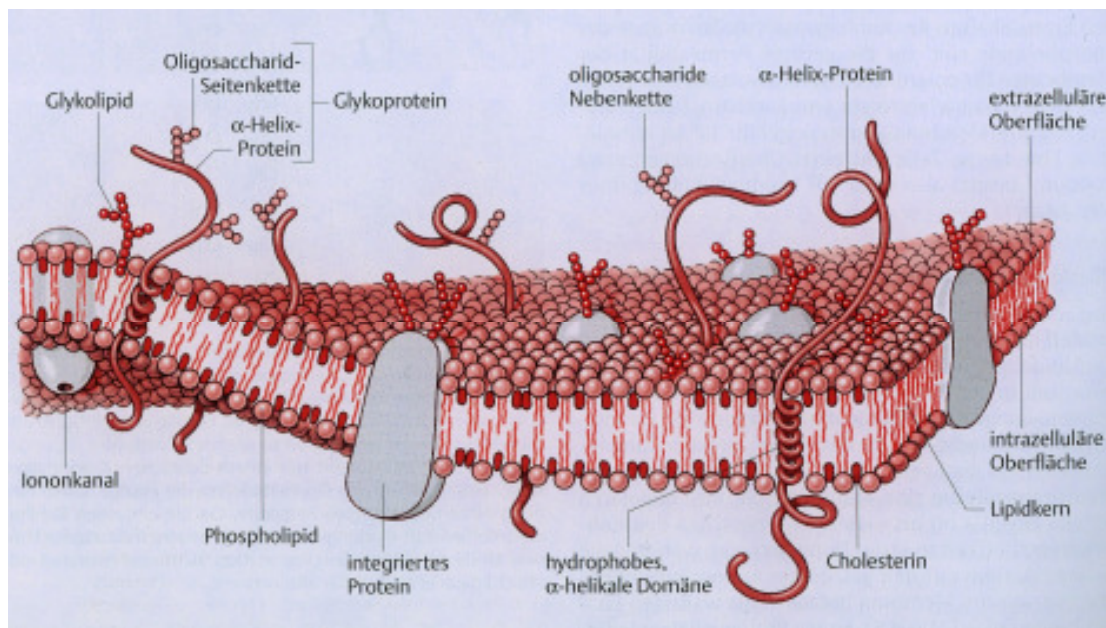


Abbildung 1: dreidimensionale Darstellung des Flüssigmosaikmodells der Membran (Quelle: R. Eckert: Tierphysiologie, 4. Auflage)

1.1.2 Diffusion

Unter Diffusion versteht man die spontane und gleichmäßige Verteilung von Teilchen in einer Flüssigkeit bzw. in Gasen über den ganzen ihnen zur Verfügung stehenden Raum als Folge der Brownschen Molekularbewegung.

Ist ein Konzentrationsgefälle vorhanden, diffundieren die Moleküle von Orten höherer zu Orten niedrigerer Konzentration.

Die Diffusion ist ein vergleichsweise langsam ablaufender Prozess.

Die Diffusionsgeschwindigkeit eines Stoffes s kann über die Ficksche Diffusionsgleichung errechnet werden:

$$dQ_s / dt = - D_s A (dC_s / dt)$$

dQ_s / dt = Diffusionsgeschwindigkeit (Diffusion von s pro Zeiteinheit)

D_s = Diffusionskoeffizient von s

A = Querschnittsfläche, durch die s diffundiert

dC_s / dt = Konzentrationsgradient von s

Der Konzentrationsgradient ist sehr wichtig, da er bestimmt, wie schnell der Stoff s entlang dem Gradienten diffundiert.

Die Diffusionsfähigkeit und – geschwindigkeit eines Moleküls hängt unter anderem von der Teilchengröße, der Viskosität des Lösungsmittels und der Temperatur ab; sowie von dem Molekulargewicht und der Ladung der Teilchen.

1.1.3 Osmose

Osmose ist die Diffusion von Lösungsmitteln (meistens Wasser) durch eine semipermeable Membran, die nur durchlässig für das Lösungsmittel ist und nicht für den darin gelösten Stoff.

Sie ist ein Sonderfall des passiven Transports und findet nur statt, wenn zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration durch eine semipermeable Membran voneinander getrennt sind.

Das Wasser diffundiert entlang des Konzentrationsgefälles, also aus der Lösung mit der niedrigeren Konzentration der darin gelösten Teilchen durch die Membran in die Lösung mit der höheren Konzentration, in dem Bestreben diese zu verdünnen. Durch das Einströmen des Wassers kommt es zu einer Volumenzunahme und dadurch zu einem Ausdehnungsdruck, welcher als osmotischer Druck bezeichnet wird und von der Konzentration der gelösten nicht diffusiblen Teilchen abhängt. Dabei ist es nicht wichtig, welcher Art die Teilchen sind.

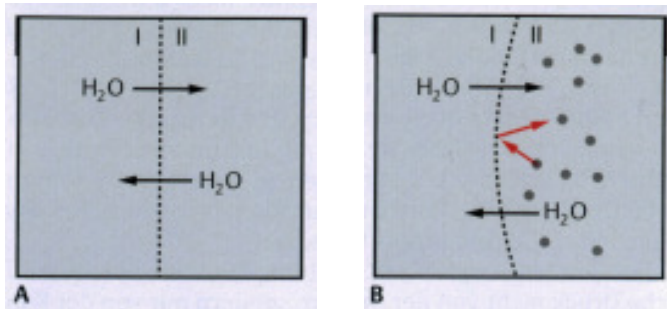


Abbildung 2: Osmotischer Druck auf eine semipermeable Membran

(Quelle: R. Eckert: Tierphysiologie, 4. Auflage)

A beide Kammern nur mit Wasser

B Wasser von Kammer 2 wird durch eine Zuckersolution ersetzt.

Die Zuckermoleküle üben einen Druck auf die Membran aus = osmotischer Druck.

Van t' Hoff-Gesetz:

Mit dieser Gleichung kann man den osmotischen Druck π berechnen. Sie gilt nur für verdünnte vollständig dissoziierte Lösungen.

$$\pi = (n / V) \cdot R \cdot T = c \cdot R \cdot T$$

π = osmotischer Druck

n = Anzahl der Mole des gelösten Stoffes

V = Volumen der Lösung

R = Gaskonstante

c = Konzentration der nicht diffusiblen Teilchen (mol/l)

T = absolute Temperatur

Der osmotische Druck ist proportional zur Konzentration der nicht diffusiblen Teilchen.

Bei Elektrolytlösungen dagegen muss folgende Gleichung angewandt werden, da sich durch Dissoziation die Anzahl der Teilchen erhöht:

$$\pi = i \cdot c \cdot R \cdot T \quad i = [\alpha \cdot n \cdot a + (1 - \alpha)a] / a = (n - 1) \alpha + 1$$

i = van t' Hoffscher Koeffizient

α = Dissoziationsgrad

n = Anzahl der Ionen, in die das Molekül zerfällt

a = Anzahl der eingegebenen Moleküle a

Osmolarität: = Gesamtkonzentration der gelösten Teilchen pro Liter (mosm/l)

Die Osmolarität tritt immer dann auf, wenn sich zwei durch eine Membran getrennte Lösungen in ihrer Konzentration unterscheiden. Ihre Maßeinheit ist Milliosmol pro Liter (mosm/l). Als 1 osmolar wird hierbei eine Lösung bezeichnet die den gleichen osmotischen Druck hat, wie eine 1 molare Lösung eines idealen Nichtelektrolyten.

Zwei Lösungen mit dem gleichen osmotischen Druck werden als **isoosmotisch** bezeichnet.

Wenn zwei Lösungen einen unterschiedlichen osmotischen Druck aufweisen, nennt man die mit dem niedrigeren Druck **hyposmotisch** und die mit dem höheren **hyperosmotisch**.

Vergleicht man die Konzentration der Zelle mit der ihrer Umgebung, so bezeichnet man die Lösung mit der höheren Konzentration an gelösten Teilchen als **hypertonisch** und die mit der niedrigeren als **hypotonisch**. (Tonus=Zellspannung) Haben beide Lösungen die gleiche Konzentration nennt man sie **isotonisch**.

Befindet sich die Zelle in einer hypertonischen Lösung, strömt Wasser aus der Zelle in die Umgebung und sie schrumpft. Kommt es zu einem ständigen Wasserverlust, stirbt sie ab.

In einer hypotonischen Umgebung nimmt die Zelle Wasser auf und schwillt an. Erfolgt eine ständige Wasseraufnahme platzt sie.

In einem isotonischen Milieu strömen gleich viele Wassermoleküle in die Zelle wie aus der Zelle. Es findet also insgesamt keine Osmose statt.

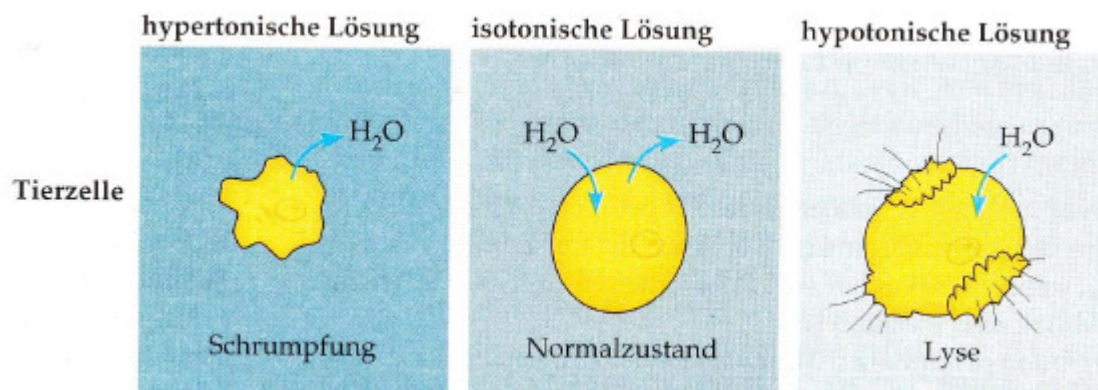


Abbildung 3: Wasserausgleich lebender Zellen
(Quelle: Neil A. Campbell, Biologie, 2.Auflage)

Die Richtung der Osmose wird ausschließlich durch den Unterschied in der Konzentration der gelösten Teilchen bestimmt:
Das Wasser diffundiert immer von der hypotonischen in die hypertonische Lösung.

1.1.4 Transportvorgänge an Membranen

Durch die Zellmembran findet ein ständiger Austausch von Stoffen statt. Da Membranen aber selektiv permeabel sind, können nicht alle Stoffe die Membran gleichermaßen passieren. Die Zelle nimmt nur bestimmte Moleküle auf und hält andere zurück.

a) passiver Transport: Transport in Richtung eines Konzentrationsgefälles ohne Energieaufwand

- **einfache Diffusion:**
hydrophobe und unpolare kleine Moleküle diffundieren direkt durch die Lipid- Schicht der Membran ;Bsp.: Sauerstoff, Kohlenwasserstoffe, Kohlendioxid
- **erleichterte Diffusion durch Membrankanäle:**
Größere Moleküle wie zum Beispiel Ionen und Proteine können die Membran nur mit Hilfe von Kanälen passieren, die einen hydrophilen Weg durch den hydrophoben Innenbereich der Membran bilden.
Einige dieser Kanäle sind stets geöffnet (Tunnelproteine), während andere sich nur vorübergehend öffnen. Dies sind meistens entweder potentialabhängige Kanäle, die nur auf ein elektrisches Signal hin reagieren, oder ligandenabhängige Kanäle, die sich nach der Bindung eines extrazellulären Liganden öffnen.
- **Carrier-Proteine:**
ein Teilchen verbindet sich mit einem in der Membran gelösten Trägermolekül (Carrier). Anschließend diffundiert der Carrier mit dem gebundenen Molekül auf die andere Seite der Membran und gibt es dort wieder frei

b) aktiver Transport: Transport entgegen einem Konzentrationsgefälle unter Energieaufwand

- Uniport: Pumpen, die direkt durch die Hydrolyse von ATP angetrieben werden
- Co-Transport: eine Ionenpumpe kann indirekt den selektiven Transport eines anderen Stoffes in Gang halten, d.h. beim passiven Zurückdiffundieren wird ein weiterer Stoff in die gleiche Richtung oder entgegengesetzt mittransportiert
Symport: Transport verläuft in die gleiche Richtung
Antiport: Transporte verlaufen in die entgegengesetzte Richtung;
Bsp.: Natrium - Kalium - Ionenpumpe

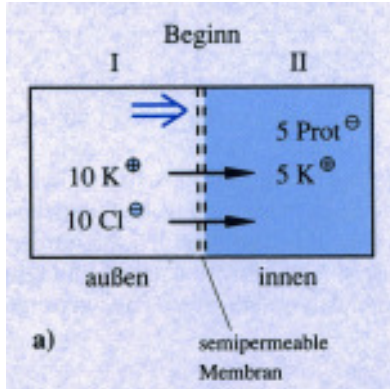
1.1.5 Donnan-Gleichgewicht

Der Physikochemiker F. Donnan machte 1911 Untersuchungen zur Verteilung von diffundierbaren Stoffen. Er fand heraus, dass sich ein besonderes Gleichgewicht einstellt, wenn sich in einem Zweikammersystem , das durch eine für Wasser und anorganische Ionen permeable Membran getrennt ist, auf der einen Seite nur diffusible und auf der anderen Seite diffusible und undiffusible Ionen befinden. Bei den diffusiblen Substanzen handelt es sich um KCl, bei der undiffusiblen um ein Anion.

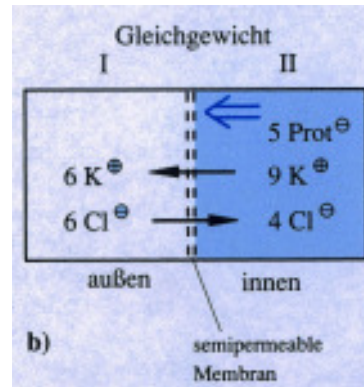
Zuerst befindet sich in beiden Kammern reines Wasser. Dann wird in einer der Kammern KCl aufgelöst. Das gelöste Salz diffundiert so lange durch die Membran bis sich ein Gleichgewicht einstellt, d.h. bis die Konzentrationen von K^+ und Cl^- auf beiden Seiten gleich groß sind.

Wenn man jetzt in Kammer I ein nicht diffusibles Anion dazugibt, verteilen sich K^+ und Cl^- erneut, da das undiffusible Anion K^+ -Ionen anzieht und Cl^- -Ionen abstößt. Dadurch stellt sich ein neues Gleichgewicht ein, das Donnan-Gleichgewicht, damit die Elektroneutralität des Systems gewährleistet bleibt.

Donnan-Verteilung: $[K^+]_1/[K^+]_2 = [Cl^-]_2/[Cl^-]_1$
 Weiter gilt: $[K^+]_1 \geq [K^+]_2$
 $[Cl^-]_2 \geq [Cl^-]_1$



a) Ausgangslage
 → Diffusionsrichtung von Ionen



b) Donnan – Gleichgewicht
 => Osmotischer Druck

Abbildung 4a + 4b: Einstellung des Donnan – Gleichgewichts
 (Quelle: Zeeck: Chemie für Mediziner, 5. Auflage)

1.1.6. Osmoregulation

a) allgemeine Definitionen

Osmoregulation ist die Steuerung des Wasserhaushalts, die dazu dient, den osmotischen Konzentrationsunterschied der Körperflüssigkeit im Vergleich zur Umwelt aufrecht zu erhalten, so dass das Innenmilieu eines Organismus konstant gehalten werden kann. Es werden also neben Wasseraufnahme und Wasserabgabe auch die Konzentrationsunterschiede der Salze zwischen den intra- und extrazellulären Kompartimenten des Organismus mit seiner Umgebung geregelt. Sowohl das Wasser wie auch die Salze werden kontrolliert ausgetauscht. Dieser Prozess wird deshalb als obligatorischer Austauschprozess bezeichnet. Er ist abhängig von dem osmotischen Gradienten, dem Oberflächen-Volumen-Verhältnis, von der Wasseraufnahme durch Trinken oder Nahrung sowie der Wasserabgabe durch Verdunstung, Harn und Kot. Im Gegensatz zu den obligatorischen Austauschprozessen gibt es auch noch regulatorische (=fakultative) Austauschprozesse, die hingegen kurzfristig physiologisch kontrollierbar sind, aber ebenfalls zur Aufrechterhaltung der Homöostase dienen.

Um die Osmoregulation zu steuern, haben die einzelnen Tiergruppen im Laufe der Evolution unterschiedliche Organe entwickelt:

- kontraktile Vakuolen bei Protozoa
- Protonephridien bei Plathelminthes
- Metanephridien bei Annelida
- Antennendrüse bei Crustacea
- Malpighi-Gefäße bei Insekten
- Nieren bei Vertebraten

Daneben dienen aber auch die Haut, die Lunge, Kiemen, Enddarm, sowie Rektal- und Salzdrüsen der Osmoregulation.

b) Osmokonformer und Osmoregulierer

Unter **Osmokonformern** versteht man Tiere, die die Osmolarität ihrer Körperflüssigkeiten nicht aktiv verändern können, und sich somit der Osmolarität ihrer Umgebung anpassen müssen. Diese Lebewesen werden auch poikilosmotisch genannt. Hierzu gehört die im Kurs untersuchte Miesmuschel *Mytilus edulis*.

Osmoregulierer sind im Gegensatz dazu solche Organismen, die ihre innere Osmolarität aktiv auf demselben Niveau halten können, wenn sich die Osmolarität der Umgebung verändert. Sie werden auch als homoiosmotische Lebewesen bezeichnet.

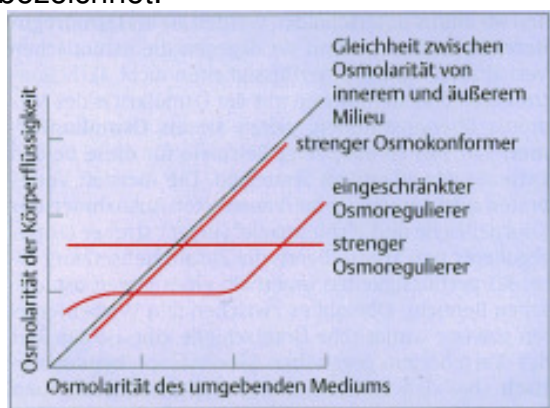


Abbildung 5: Osmoregulierer und Osmokonformer

(Quelle: R. Eckert: Tierphysiologie, 4. Auflage)

Strenge Osmoregulierer halten die Osmolarität ihrer Körperflüssigkeit stets auf demselben Niveau.

Eingeschränkte Osmoregulierer hingegen, können nur in einem bestimmten Toleranzbereich die Osmolarität ihrer Körperflüssigkeit auf einem konstanten Niveau halten. Bei zu stark hypoosmotischer Umgebung weicht die Osmolarität ihrer Körperflüssigkeit nach unten hin ab, da sie aktiv nicht mehr aufrecht gehalten werden kann. Bei zu stark hyperosmotischer Umgebung, wird die innere Osmolarität erhöht, da sie aktiv nicht mehr niedriger gehalten werden kann (d.h. es würde zu viel Energie kosten, Wasser stets aktiv in den Körper zu pumpen).

Zu den eingeschränkten Osmoregulierern gehört das zweite Untersuchungsobjekt, die Strandkrabbe *Carcinus maenas*.

Als **stenohalin** wird ein Lebewesen bezeichnet, wenn es nur innerhalb eines sehr engen osmotischen Toleranzbereiches leben kann. **Euryhaline** Tiere hingegen können einen breiten Bereich unterschiedlicher Salzkonzentrationen tolerieren und darin überleben.

c) Maßnahmen zur Osmoregulation anhand von Beispielen

Süßwassertiere

Süßwasserbewohner sind im Vergleich zu ihrer Umgebung hyperosmotisch und stehen somit vor zwei Problemen:

1. Ihr Körper schwillt durch das in ihren Körper eindringende Wasser an, das aufgrund des osmotischen Gradienten einströmt.
2. Sie haben einen ständigen Ionenverlust, wegen des hohen Ionenkonzentrationsgradienten.

Protozoen haben kontraktile Vakuolen, mit denen das überschüssige Wasser aus der Zelle gepumpt wird.

Süßwasserfische und auch die meisten anderen limnischen Lebewesen trinken nicht, um den Netto-Einstrom des Wassers zu kompensieren, so dass sie nur das unbedingt nötige Wasser aufnehmen, das über die Kiemen und die Mundschleimhaut eindringt. Außerdem ist ihre Haut relativ undurchlässig für Wasser. Das trotzdem noch überschüssige Wasser scheiden sie über einen sehr stark verdünnten Urin aus. Um den Netto-Ausstrom an Ionen auszugleichen, nehmen sie Nahrung auf. Die darin enthaltenen Ionen werden reabsorbiert. Allerdings wird so auch nicht der gesamte Ionenbedarf gedeckt. Die restlichen Ionen, v.a. Na^+ und Cl^- können sie aktiv über die Kiemen aufnehmen (bei Fischen sind es genauer gesagt die Chloridzellen des Kiemenepithels) und somit den Ausstrom der Ionen regulieren.



Abbildung 6:
Osmoregulation eines Süßwasserfisches

(Quelle: Neil A. Campbell: Biologie, 2. Auflage)

Salzwasserbewohner

Marine Invertebraten sind meistens isoosmotisch im Vergleich zum Meerwasser und oftmals Osmokonformer. Allerdings gibt es bei ihnen leichte bis teilweise drastische Unterschiede in der Ionenzusammensetzung gegenüber dem Meerwasser. Deshalb müssen sie ihren Elektrolythaushalt unter geringem Energieaufwand regulieren (=Ionenregulation).

Die marinen Vertebraten sind größtenteils Osmoregulierer. Eine Ausnahme sind Schleimaale, die isoosmotisch zu ihrer Umgebung und somit poikilosmotisch sind. Knorpelfische sind leicht hyperosmotisch im Vergleich zum Meerwasser. Ihre innere Salzkonzentration ist geringer als die des Meerwassers, da sie relativ viele Ionen über die Niere und die Rectaldrüse ausscheiden. Ihr hyperosmotischer Charakter

kommt dadurch zustande, dass in den Körperflüssigkeiten sehr viel Harnstoff vorhanden ist. Damit dieser die Proteine nicht schädigt, gibt es den Osmolyten Trimethylaminoxid (TMAO).

Die Knochenfische sind hypoosmotisch im Vergleich zum Meerwasser. Sie trinken daher viel Meerwasser, damit sie das Problem des Wasserverlustes aufgrund der Osmose (besonders über das Kiemenepithel), sowie das Problem der überschüssig aufgenommenen Ionen lösen können. Die überschüssigen Ionen werden entweder über den Harn ausgeschieden (v.a. 2-wertige Ionen) oder aktiv über die Chloridzellen des Kiemenepithels nach außen transportiert (nur einwertige Ionen, wie z.B. Cl⁻).

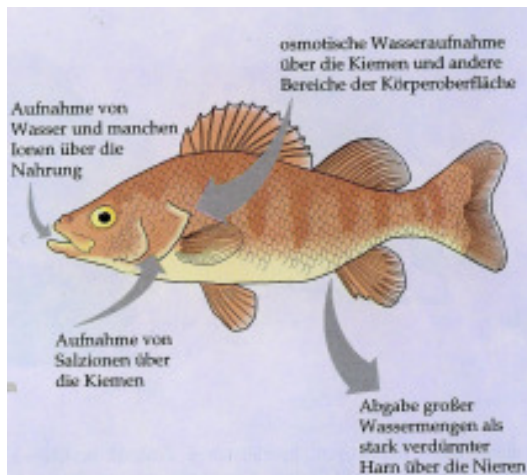


Abbildung 7:
Osmoregulation eines
marinen Fisches

(Quelle: Neil A. Campbell:
Biologie, 2. Auflage)

Luftatmer

Bei ihnen ist die Gefahr des Austrocknens sehr hoch. Damit dies nicht geschieht, gibt es diverse Anpassungen, die einen Wasserverlust verhindern:

- Haare (bei Säugern)
- Schuppen (bei Reptilien)
- Federn (bei Vögeln)
- wasserundurchlässige Cuticula (bei Insekten)
- Häuser von Schnecken

Marine Reptilien (z.B. Krokodile) und Seevögel (z.B. Albatrosse) trinken Meerwasser. Um die hohe Salzkonzentration in Form einer konzentrierten Salzlösung auszuscheiden, haben sie neben der Niere Salzdrüsen, die sich in der Augen- und Nasenregion befinden. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, Salzwasser zu trinken und trotzdem Wasser für den Körper gewinnen. Die ausgeschiedene Lösung ist nicht nur zum Blut, sondern auch zum Meerwasser hyperosmotisch.

Meeressäuger fehlen diese Salzdrüsen. Die Aufrechterhaltung des osmotischen Gleichgewichts funktioniert hauptsächlich über die Nieren. Hinzu kommt, dass sie das nötige Wasser nur über die Nahrung aufnehmen.

Wüstenbewohnende Säugetiere

Wüstenbewohnende Säugetiere leben in einem extrem trockenen und zugleich heißen Gebiet. Um nicht auszutrocknen, geben sie so wenig Wasser wie möglich ab. Dazu leben sie oftmals, wie zum Beispiel die Kängururatte tagsüber in einem kühlen Bau, der nur nachts verlassen wird.

Die Kängururatte ernährt sich von trockenen Samen, die relativ viel Wasser im metabolischen Stoffwechsel liefern und trinkt kaum. Sie produziert einen hochkonzentrierten Harn, aufgrund einer sehr langen Henle-Schleife und staubtrockenen Kot, da alles Wasser bereits im Rectum reabsorbiert wird, damit nur relative wenig Wasser verloren geht. Das „meiste“ Wasser verliert sie durch die Atemluft dies wird aber durch das nasale Gegenstromprinzip minimiert.

1.2. Aufgabenstellung des Versuchs

Strandkrabben (*Carcinus maenas*) und Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) werden mehrere Tage in Seewasser mit jeweils unterschiedlicher Salzkonzentration gehalten. Am Versuchstag wird den Tieren Hämolymphe entnommen. Mit einem Osmometer wird die Osmolarität der Hämolymphe und des jeweiligen Haltungswassers bestimmt. Der Vergleich dieser Werte soll zeigen, ob und wie stark sich die Osmolarität des Außenmediums auf die der Hämolymphe auswirkt.

2. Material und Methoden

2.1. Funktionsprinzip des Osmometers:

Der osmotische Druck in einer Flüssigkeit ist proportional der Erniedrigung des Gefrierpunktes einer Lösung, der Erhöhung des Siedepunktes einer Lösung und der Erniedrigung des Dampfdruckes. Das im Praktikum verwendete Wescor- Mikro-Osmometer arbeitet nach dem Dampfdruckprinzip.

Die Dampfdruckerniedrigung wird indirekt über die proportional veränderte Taupunkterniedrigung mit Hilfe eines Thermofühlers in einer geschlossenen Messkammer ermittelt.

2.2. Versuchsobjekte

Die Miesmuschel (*M. edulis*) aus der "Klasse" der Bivalvia ist weltweit verbreitet, in Deutschland findet man sie z.B. in der Ostsee.

Die Strandkrabbe (*C. maenas*) aus der "Ordnung" der Decapoda lebt in der Gezeitenzone. Bei Ebbe graben sie sich in den Meeresboden ein, während sie sich bei Flut frei im Wasser bewegen.

2.3. Versuchsaufbau

Man benötigt für den Versuch insgesamt acht Behälter, in denen die Versuchstiere während der Versuchszeit gehalten werden. In vier Behältern (A1-A4) leben je zwei Strandkrabben, davon jeweils eine als Versuchsobjekt und eine zur Reserve. Die vier Becken enthalten jeweils unterschiedliche Salzkonzentrationen und zwar 600, 800, 1000 und 1200 mmol/kg. Aufgrund natürlicher Schwankungen kann der Wert bei der Durchführung des Versuchs etwas abweichen.

In den anderen vier Behältern (B1-B4) leben in den gleichen Konzentrationen wie oben ebenfalls je zwei Miesmuscheln.

2.4. Versuchsablauf

Zuerst wird allen acht Behältern mit einer Pipette Seewasser entnommen und im Osmometer auf die jeweilige Osmolarität getestet. Dazu wird ein Stück Papier mit der zu testenden Flüssigkeit benetzt und über einen Schieber in das Gerät geschoben. Nach einiger Zeit gibt das Gerät den Wert in mmol/kg an.

Nun wird die erste Strandkrabbe aus dem Becher mit Seewasser genommen, auf den Rücken gedreht und die Scheren und Beine mit den Fingern fixiert.

Anschließend sticht man mit einer Glaskapillare in das Gewebe zwischen Gelenk und Panzer und entnimmt hier (durch leicht Schräglage nach unten) die Hämolymphe. Diese gibt man dann in beschriftete Eppendorf-Gefäße. Dasselbe macht man mit den anderen drei Krabben.

Danach werden die vier Miesmuscheln mit dem Skalpell aufgeschnitten und auseinander geklappt. Man entnimmt dem Gewebe die Hämolymphe mit Hilfe der Glaskapillare durch Drehen und Bewegen. Sobald etwas Flüssigkeit gewonnen wurde, wird diese jeweils in beschriftete Eppendorf Gefäße gegeben.

Anschließend misst man die Osmolarität der Hämolymphe in diesen acht Gefäßen mit Hilfe des Osmometers. Nun werden die Werte in eine Tabelle (s. Abb.1) eingetragen, damit man sie miteinander vergleichen und auswerten kann.

3. Ergebnisse

Tier	Becken	Osmolarität des Haltungswassers (mmol/kg)	Osmolarität der Hämolymphe (mmol/kg)
Strandkrabbe <i>Carcinus maenas</i>	A (1)	628	849
	A (2)	787	907
	A (3)	1050	1080
	A (4)	1242	1300
Miesmuschel <i>Mytilus edulis</i>	B (1)	591	608
	B (2)	759	771
	B (3)	984	1062
	B (4)	1187	1191

Abbildung 8: Tabelle des Versuchs

Zur Veranschaulichung werden die obigen Versuchswerte noch als Graphik dargestellt, wobei die rote Kurve den Werten der Miesmuschel entspricht und die blauen, den der Strandkrabben.

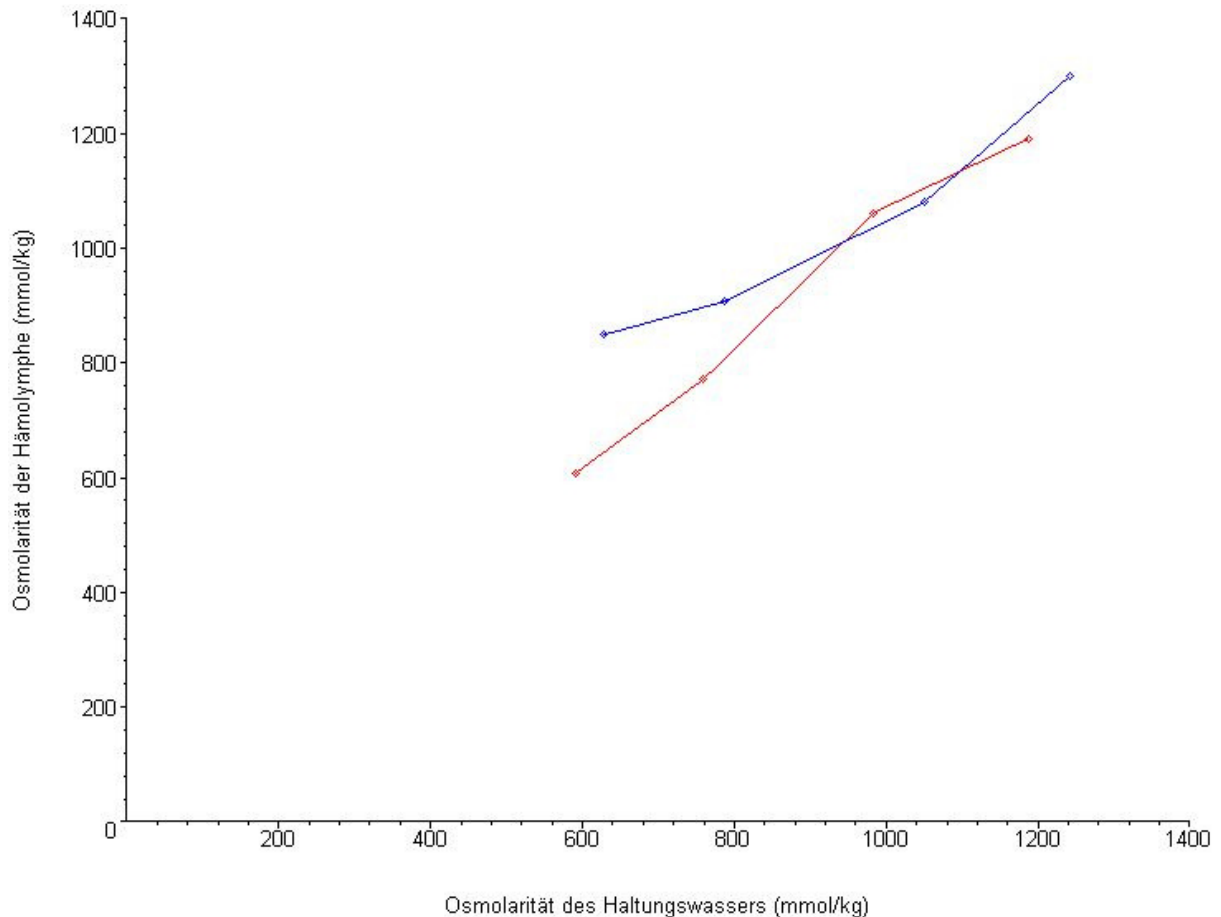


Diagramm1: Graphische Darstellung der Osmolarität der Hämolymphe von *C. maenas* und *M.edulis* im Vergleich zum Haltungswasser

Legende: rot: Miesmuschel blau: Strandkrabbe

Mytilus edulis passte seine Hämolymphosmolarität weitgehend den veränderten Salzkonzentrationen des Außenmediums an. Dies äußert sich in der fast proportional ansteigenden Gerade, die nur einen Ausreisser im dritten Becken hat. *Carcinus maenas* weist dagegen zu Beginn der Tests, d.h. in den ersten zwei Becken eine nahezu gleiche Osmolarität der Hämolymphe auf, obwohl sich die Osmolarität des Außenmediums ändert. Erst ab einer Osmolarität des Haltungswassers von über 1000 mmol/kg steigen die Werte an.

4. Diskussion:

Wie erwartet hat *Carcinus maenas* zunächst den osmotischen Wert seiner Hämolymphe trotz unterschiedlicher Konzentration des Haltungswassers in einem bestimmten Bereich (zw. 800 und 900 mmol/kg) aufrecht erhalten. Bei zunehmender Konzentration des Außenmediums (zw. 1000 und 1300 mmol/kg) zeigt sich aber, dass sich die Konzentration der Hämolymphe an diese anpasst und gleichermaßen ansteigt. Damit ist sie im Vergleich zu ihrem Außenmedium isoosmotisch. An dem typischen Verlauf der Kurve (anfangs flach und ab einer best. Konzentration ansteigend) erkennt man, dass es sich bei *Carcinus maenas* um einen eingeschränkten Osmoregulierer handelt.

Mytilus edulis ist ein Osmokonformer, da die Hämolympfkonzentration während des ganzen Versuchsverlaufs nahezu linear entsprechend der Konzentration des Außenmediums ansteigt.

Der Ausreisser im dritten Becken der Miesmuschel kann ebenso wie andere eventuell vorhandene Messfehler durch verschiedene Ursachen entstanden sein: Das Osmometer z.B., das schon sehr alt ist und damit nicht mehr dem technischen Stand von heute entspricht, liefert vielleicht keine zuverlässigen oder genauen Ergebnisse. Ebenso ist es möglich, dass das Wasser bei der Gewinnung der Hämolymphe in die Glaskapillaren gelangt und dadurch die Messergebnisse verfälscht. Und zum guter letzt ist es natürlich immer möglich, dass zuwenig Hämolymphe gewonnen wurde und die Menge nicht ausreicht um genaue Zahlen zu liefern.

5. Quellenangaben

1. ECKERT, R.: Tierphysiologie. 4. Auflage, 2002, Thieme Verlag
2. CAMPBELL, Neil A.: Biologie. 2. Auflage, 2000, Spektrum Akademischer Verlag
3. ZEEK: Chemie für Mediziner. 5. Auflage, 2003, Urban & Schwarzenbacher
4. PAUL: Physiologie der Tiere. 1. Auflage, 2001, Thieme-Verlag

6. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Eckert, R.: Tierphysiologie. 4. Auflage
Seite 106, Abbildung 4.4
- Abbildung 2: Eckert, R.: Tierphysiologie. 4. Auflage
Seite 127, Abbildung 4.27
- Abbildung 3: Campbell, Neil A.: Biologie. 2. Auflage
Seite 163, Abbildung 8.10
- Abbildung 4a + 4b: Zeeck: Chemie für Mediziner. 5. Auflage
Seite 62, Abbildung 5/4

Abbildung 5: Eckert, R.: Tierphysiologie. 4. Auflage
Seite 668, Abbildung 14.7

Abbildung 6: Campbell, Neil A.: Biologie. 2. Auflage
Seite 965, Abbildung 40.2b

Abbildung 7: Campbell, Neil A.: Biologie. 2. Auflage
Seite 965, Abbildung 40.2a