

**■ Transportvorgänge an Membranen / Sachanalyse**

Biomembranen sind charakteristisch für Lebewesen; sie kommen in den Zellen aller Lebewesen vor. Bei Eukaryoten umgeben Biomembranen zusätzlich beispielsweise Zellorganellen wie Mitochondrien, Chloroplasten, endoplasmatisches Retikulum oder den Golgi-Apparat. Sie bestehen aus einer Phospholipid-Doppelschicht. Diese bildet eine Barriere und eine Grenze. Sie trennt den Innenraum der Zelle vom Außenraum oder grenzt einzelne Zellkompartimente ab. Als Barriere besitzen Biomembranen zahlreiche Funktionen. Zu den wichtigen Aufgaben gehören die selektive Durchlässigkeit in beiden Richtungen der Membrantransport, die Kompartimentierung, die Vergrößerung der Oberfläche, die gegenseitige Erkennung und Verbindung von Zellen sowie die Kommunikation innerhalb und zwischen Zellen (Signaltransduktion).

Es geht bei diesen Experimenten um Transportvorgänge ohne Beteiligung von Proteinen. Der Abstand zwischen Lipidmolekülen einer Biomembran ist entscheidend für die Durchlässigkeit und ausreichend um kleineren Teilchen (Wasser [= Lösungsmittel], CO<sub>2</sub>, Alkohol, ...) einen relativ ungehinderten Durchlass zu ermöglichen. Durch die ausgewählten Experimente sind die passiven Transportvorgänge der Diffusion und Osmose dem Verständnis der Schüler\*innen zugänglich.

Die gerichtete Bewegung von Teilchen durch eine Barriere hindurch ist für Schüler\*innen ein abstrakter Vorgang. Der direkten Beobachtung und Erfahrung sind die zu Grunde liegenden komplexen Prozesse nur begrenzt zugänglich. Fundamentale Erscheinungsformen der Materie (Teilchen, Aggregatzustände) können bei der Erklärung von Phänomen erfahrungsgemäß für Schüler\*innen ein Verständnisproblem darstellen. Es ist Ziel dieser Experimente, die Eigenschaften von Teilchen schrittweise sichtbar und verständlich zu machen. Grundlegend für den Aufbau des Verständnisses ist, die Teilchen eines Lösungsmittels und die Teilchen eines gelösten Stoffes zu unterscheiden und getrennt voneinander zu betrachten. Dazu kommen die thermische Eigenbewegung von Teilchen sowie Konzentrationsunterschiede der betrachteten Teilchenarten als Motor von gerichteter Bewegung (Nettostrom). Die Berücksichtigung dieser Aspekte mit dem Ziel der selbstständigen, sachgerechten Anwendung in neuen Kontexten durch die Schüler\*innen kann eine Herausforderung darstellen. Der Aufbau des Begriffsverständnisses stellt die Grundlage und die Voraussetzung für ein Verständnis wesentlicher biologischer Phänomene dar. Ohne ein vertieftes Verständnis der Vorgänge an Biomembranen können etwa die Vorgänge an Nervenzellmembranen nicht begriffen werden. Voraussetzungen für die Entwicklung eines Verständnisses der komplexen Vorgänge an selektiv durchlässigen Membranen werden schrittweise, systematisch und aufeinander aufbauend erarbeitet.

Mithilfe der ausgewählten Experimente können Schüler\*innen schrittweise wesentliche Aspekte kennen lernen und nach und nach ein Verständnis für die komplexen Zusammenhänge entwickeln:

Experiment	Versuchsfrage	Beobachtung/Aspekte
1	Was ist Milch?	Brownsche Molekularbewegung - Milch enthält Teilchen - Lösungen bestehen aus Teilchen - Eigenbewegung von Teilchen in einer Lösung
2	Wie verhält sich ein Teilchen in einer Flüssigkeit?	Diffusion - Teilchen im Feststoff sind unbeweglich - gehen Teilchen in Lösung, sind sie in Bewegung und verteilen sich im Raum, - Konzentrationsgefälle, Konzentrationsausgleich; - Temperaturabhängigkeit der Teilchenbewegung;
3a	Was passiert, wenn Teilchen auf eine Barriere stoßen? Untersuchung der Frage im Experiment	Osmose - Veränderung der Flüssigkeitsmengen in den Schenkeln eines U-Rohrs, - selektive Durchlässigkeit einer Biomembran für gelöste Teilchen und Teilchen des Lösungsmittels; Sog entgegen der Schwerkraft, - hydrostatischer Druck;
3b	Was passiert, wenn Teilchen auf eine Barriere stoßen? Untersuchung der Frage mit Hilfe eines Modells	Osmose - Bewegungsmöglichkeiten von unterschiedlichen Teilchensorten (Lösungsmittel, gelöster Stoff) an einer selektiv durchlässigen Membran (Modell), - Konzentrationsgefälle, Konzentrationsausgleich, - dynamisches Gleichgewicht, - Modell-Analyse;
4	Welche Konsequenzen haben die Ergebnisse für lebende Zellen?	Osmose auf Zellebene - Volumenveränderungen lebender Zellen in Abhängigkeit von der umgebenden Konzentration, - Bestimmung des osmotischen Wertes von Zellen;