

3

Biomembranen und Transportvorgänge

3.1 Biomembranen sind ein flüssiges Mosaik aus Lipiden und Proteinen

Als äußere Zellbegrenzung regeln Biomembranen den Stoffaustausch und ermöglichen die Unterteilung in Reaktionsräume (**Kompartimente**). Grundbausteine von Biomembranen sind **Membranlipide**, z. B. Phospholipide. Da die hydrophoben Schwanzgruppen (Fettsäuren) dieser Lipide in wässriger Umgebung stark miteinander wechselwirken, lagern sich Membranlipide zu einer **Lipiddoppelschicht** zusammen. Hydrophobe Bereiche liegen innen, hydrophile Bereiche außen.

Neben Lipiden finden sich **Membranproteine** in oder an Biomembranen. Es gibt periphere (aufliegende) und integrale Proteine sowie Transmembranproteine, deren hydrophober Bereich die Membran durchspannt. Manche dieser Proteine sind Kanal- oder Transportproteine, die Molekülen die Passage ermöglichen. Andere wirken als Membranrezeptoren und verändern z. B. durch Bindung eines Botenstoffs ihre Struktur, wodurch eine Stoffwechselreaktion ausgelöst wird. Wieder andere Membranproteine verknüpfen benachbarte Zellen miteinander. Membranmoleküle mit Kohlenstoffketten sind Glykoproteine oder Glykolipide. Diese befinden sich an der Außenseite der Biomembran und dienen der Zell-Zell-Erkennung von Nachbarzellen oder auch von körperfremden Zellen.

Die Membranbestandteile sind seitlich (lateral) beweglich. Diese Fluidität betont auch der Name des Membranmodells: **Flüssig-Mosaik-Modell**. Bei niedrigen Temperaturen können Membranen erstarren. Dann können Membranproteine ihre Funktionen nicht mehr ausreichend ausüben. Das wird vermindert, wenn Lipide mit vielen ungesättigten Fettsäuren (bei Pflanzen und Bakterien) oder Cholesterol (bei Tieren) in die Membran eingelagert sind.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 23 „Wände‘ können flüssig sein“

3.2 Proteine und Kohlenhydrate machen Zellen von außen erkennbar

In einem Versuch wurden zwei Schwämme verschiedener Arten durch ein Sieb gepresst und so in einzelne Zellen aufgetrennt. Vermischt man diese Zellen in Meerwasser, so lagern sich Zellen artspezifisch zu Zellklumpen zusammen und bilden erneut Schwämme. Dies zeigt, dass sich Zellen einer Art erkennen und zusammenlagern können, Zellen von verschiedenen Arten jedoch nicht.

Kohlenhydrate dienen hier als Erkennungsmerkmal. Sie sind an Lipide (Glykolipide) oder Proteine (Glykoproteine) in der Zellmembran gebunden und weisen nach außen. Solche Membranproteine ragen aus der Membran heraus. Ihre Oberfläche ist so geformt, dass spezifische Membranproteine und/oder Kohlenhydrate anderer Zellen erkannt (**Zell-Zell-Erkennung**) und gebunden werden können.

Im menschlichen Körper können sich Zellverbände nicht ganz so erstaunlich regenerieren wie die Schwämme. Die Zell-Zell-Erkennung ist dennoch sehr wichtig. Sie sorgt dafür, dass Organe und Gewebe ein zusammenhängendes Ganzes bilden und nicht zerfallen. Kohlenhydrate als Unterscheidungsmerkmal spielen z. B. bei den unterschiedlichen Blutgruppen eine Rolle: Hier bestimmen Glykolipide auf der Oberfläche der roten Blutzellen die Blutgruppen A, B, AB und 0.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 24 „Proteine verbinden Zellen“

3.3 Substanzen diffundieren entlang einem Konzentrationsgefälle durch die Membran

Gibt man ein wasserlösliches, farbiges Salz in ein Becherglas mit Wasser, so kann man beobachten, dass sich die Färbung allmählich gleichmäßig verteilt.

In Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich die Moleküle ständig ungerichtet im Zick-Zack, da sie immer wieder zusammenstoßen. Diese Bewegung nennt man **Brown'sche Molekularbewegung**. Hierdurch verteilen sich gelöste Stoffe gleichmäßig in Flüssigkeiten. Alle Stoffe (gelöst in Flüssigkeiten oder gasförmig in Gasgemischen) bewegen sich so vom Bereich höherer Konzentration zum Bereich niedrigerer Konzentration. Diese Bewegung entlang einem Konzentrationsgefälle heißt **Diffusion**. Die Geschwindigkeit der Diffusion nimmt zu, je höher die Temperatur, je größer das Konzentrationsgefälle und je kleiner die diffundierenden Partikel sind. Diffundieren Partikel durch eine für sie durchlässige (permeable) Membran, stellt sich irgendwann ein Diffusionsgleichgewicht ein: Es gelangen gleich viele Teilchen auf die eine wie auf die andere Seite der Membran.

Der hydrophobe Innenbereich von Biomembranen ist für einige kleine, unpolare Moleküle (z. B. Benzol und andere Lösungsmittel) permeabel. Deshalb sollte man den Hautkontakt mit diesen Stoffen vermeiden. Wasser hingegen kann die Lipiddoppelschicht nur schwer passieren. Allerdings ermöglichen bestimmte Poren

3

Biomembranen und Transportvorgänge

(Aquaporine) die Wasserdiffusion. Auch größere Biomoleküle oder Ionen benötigen Poren, Kanäle oder Transporter, um die Membran zu durchqueren. Eine Diffusionsbarriere besteht jedoch für Gase wie Sauerstoff oder Stickstoff.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 25 „Stoffe verteilen sich durch Diffusion im Raum“

3.4 Durch Osmose können Zellen Wasser aufnehmen oder abgeben

Sind zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration durch eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran getrennt, diffundiert Wasser in Richtung der höheren Stoffkonzentration. Denn dort ist die Wasserkonzentration niedriger. Die Wasserdiffusion durch eine semipermeable Membran nennt man **Osmose**.

Die Lösung mit der höheren Konzentration an Gelöstem heißt hypertonisch, die mit der geringeren hypotonisch. Lösungen gleicher Konzentration nennt man isotonisch.

Für Tiere ist die Konstanz der osmotischen Verhältnisse in den Körperflüssigkeiten (**Homöostase**) extrem wichtig. Rote Blutzellen z. B. haben in isotonischer Umgebung ihre normale Struktur, in hypertonischer hingegen verlieren sie Wasser und schrumpfen. In hypotonischer Umgebung nehmen die Zellen Wasser auf, bis sie platzen. Pflanzenzellen hingegen befinden sich meist in hypotonischer Umgebung. Die hohe Konzentration an gelösten Salzen in der zentralen Vakuole lässt Wasser osmotisch einströmen. Die starre Zellwand hält jedoch dem Innendruck, dem **Turgor**, stand, sodass die turgeszente Zelle nicht platzt, sondern ihre Form und Festigkeit erhält. Der osmotische Wassereinstrom endet, wenn der Wanddruck gleich dem osmotischen Druck ist. In isotonischer Lösung sinkt der Zellinnendruck: Die Pflanze erschlafft. In hypertonischer Umgebung schrumpft der Zellkörper noch stärker, bis sich schließlich die Zellmembran teils von der Zellwand löst (Plasmolyse). Die Umkehrung dieses Vorgangs wird Deplasmolyse genannt.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 26 „Die Richtung des Wassertransports wird vom Salzgehalt bestimmt“

3.5 Kanal- und Transportproteine erleichtern die Diffusion durch Membranen

Den gezielten schnellen Import und Export von Biomolekülen ermöglicht die erleichterte Diffusion. Hierbei können spezifische Membranproteine Moleküle nach Größe und chemischen Eigenschaften sortieren (selektiv permeabel) und den Durchgang öffnen oder schließen.

Die erleichterte Wasserdiffusion wird durch Aquaporine ermöglicht. Weitere **Kanalproteine** (Ionenkanäle) machen die Membran selektiv permeabel, sodass größere Partikel wie Ionen selektiv durchgelassen werden. Dies ist z. B. bei der Erregungsleitung in Nervenfasern von großer Bedeutung.

Transportproteine oder **Carrier** verändern nach spezifischer Bindung eines Moleküls ihre Konformation. Nach Umfaltung kann das daran gebundene Molekül seine Bindungsstelle auf der anderen Membranseite verlassen. Ein Beispiel hierfür ist ein Glucose-Carrier, der Glucose aus dem Blutplasma in die Zellen transportiert.

Die Mechanismen der erleichterten Diffusion verlaufen in Richtung eines Konzentrationsgefälles, benötigen also keine Energiezufuhr. Es erfolgt somit ein **passiver Transport**.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 27 „Aquaporine transportieren Wasser“

3.6 Der Transport gegen ein Konzentrationsgefälle kostet Energie

Soll eine Substanz gegen ihr Konzentrationsgefälle durch die Membran transportiert werden, muss Energie aufgewendet werden. Deshalb nennt man diesen Vorgang **aktiven Transport**. Hierbei werden die Passagier-Moleküle spezifisch vom Transportprotein gebunden und befördert.

Als Symport bezeichnet man den gleichzeitigen Transport zweier verschiedener Moleküle in dieselbe Richtung (z. B. Natrium-Ionen- und Aminosäuren-Symport in Zellen der Darmschleimhaut). In entgegengesetzte Richtungen werden Moleküle beim Antiport transportiert (z. B. Kalium-Ionen- und Natrium-Ionen-Antiport in Nervenzellen). Ein Beispiel für einen Uniport (= Transport einer einzigen Substanz) ist der H⁺-Transport durch Protonenpumpen. In vielen Transportvorgängen liefert **Adenosintriphosphat (ATP)** die notwendige Energie. Dann handelt es sich um einen aktiven Transport.

Für den sekundär aktiven Transport wird ATP zum Aufbau eines Konzentrationsgefälles, z. B. von H⁺- oder Natrium-Ionen, also nur indirekt benötigt. Das Konzentrationsgefälle liefert schließlich die Energie für den se-

3

Biomembranen und Transportvorgänge

kundären Transport. Strömen die H⁺- oder Natrium-Ionen entlang ihrem Konzentrationsgefälle zurück, befördern sie mittels Symport oder Antiport andere Moleküle entgegen deren Gefälle über die Membran (Beispiel: Nitrat-Aufnahme in Pflanzenwurzeln).

Weitere Energiequellen für aktiven Transport sind Lichtenergie oder chemische Energie aus anderen Stoffen.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 28 „Glucose wird gegen ein Konzentrationsgefälle aufgenommen“

3.7

Makromoleküle oder größere Partikel können selektiv durch Membranen aus- und eingeschleust werden

Sind Partikel zu groß für Transportproteine, werden sie durch **Endocytose** aufgenommen. Hierbei stülpt sich die Membran ein, umfließt das aufzunehmende Partikel und schnürt sich nach innen als Vesikel ab.

Viele Substanzen werden durch selektive Endocytose aufgenommen, so z. B. Cholesterin. Es ist nicht im Blutplasma löslich und liegt daher fest gebunden an Proteine vor, die Low density-Lipoproteine (LDL). Die LDL werden spezifisch von bestimmten aus der Membran ragenden Proteinen, den **Rezeptoren**, erkannt und gebunden. Die Rezeptoren lösen schließlich die rezeptorvermittelte Endocytose aus, wodurch LDL zusammen mit Cholesterin in ein Vesikel verpackt wird.

Fehlt der LDL-Rezeptor, so liegt die Erbkrankheit Familiäre Hypercholesterinämie vor. Hierbei liegt ein Cholesterinüberschuss im Blut vor, was zu frühzeitiger Arteriosklerose und somit Herzinfarkt und Schlaganfall führen kann.

Phospholipide werden vom glatten ER synthetisiert und abgeschnürt. Das Vesikel kann mit anderen Membranen verschmelzen und den Inhalt abgeben. Dieser Vesikeltransport zwischen den Kompartimenten wird als Membranfluss bezeichnet.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 29 „Amöben umhüllen Nahrung mit einer Membran“