

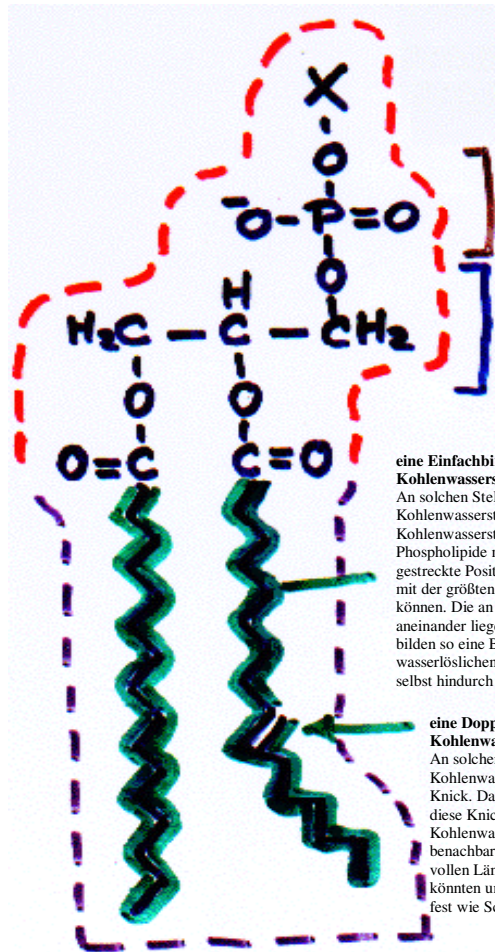


Aufgabe: Lesen Sie die Informationsblätter und bearbeiten Sie die auf der letzten Seite gestellten Arbeitsaufträge!

1. Der grundlegende Aufbau der Biomembrane

a. Der molekulare Aufbau der Grundbaueinheiten, der Phospholipide

Membrane sind keine starren Häutchen. Es sind zwei schwimmende flüssige Phasen. Deshalb sind Membrane auch so beweglich und biegsam. Es handelt sich bei der Grundbaueinheit um sogenannte Phospholipide, die nebeneinander „her schwimmen“.



Die Polarität des **polaren** Köpfchens der Phospholipide begründet sich in der einen auftretenden negativen Ladung des gebundenen **Phosphats** (Phosphor-Verbindung mit drei Sauerstoffatomen; braune Klammer) sowie in allen anderen Verbindungen, an denen Sauerstoff beteiligt ist. Denn wie auch im Wassermolekül besitzt der Sauerstoff gegenüber dem Kohlenstoffatom eine höhere Elektronegativität, zieht also die negativ geladenen Elektronen stärker zu sich und ist negativ teilgeladen. Deshalb lagern sich die polaren Köpfchen nach Möglichkeit an Wassermoleküle an. Die blaue Klammer verweist auf das Bindeglied zwischen den unpolaren Kohlenwasserstoffschwänzen und dem Phosphatteil. Das Bindeglied ist ein dreiwertiger Alkohol, dem sogenannten **Glycerin**.

polar →
wasser-
liebend

eine Einfachbindung im **unpolaren** Kohlenwasserstoffschwanz
An solchen Stellen sind die Kohlenwasserstoffketten beweglich. Die Kohlenwasserstoffketten benachbarter Phospholipide nehmen meistens eine gestreckte Position ein, weil sie sich so mit der größten Fläche aneinanderlagern können. Die an diesen Stellen eng aneinander liegenden Phospholipide bilden so eine Barriere, durch die keine wasserlöslichen Substanzen oder Wasser selbst hindurch können.

eine Doppelbindung im **unpolaren** Kohlenwasserstoffschwanz
An solchen Stellen macht die Kohlenwasserstoffkette einen starren Knick. Das ist sinnvoll, weil sich ohne diese Knicks die unpolaren Kohlenwasserstoffschwänze benachbarter Phospholipide in ihrer vollen Länge eng aneinanderlegen könnten und dadurch die Membrane so fest wie Schinkenspeck werden würden.

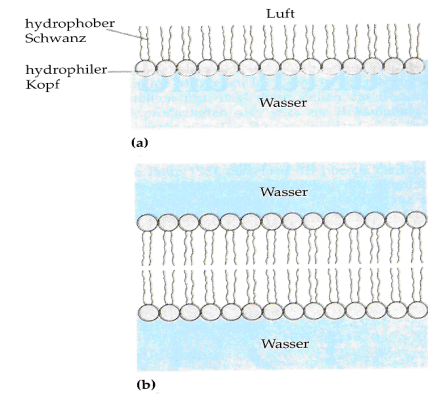
unpolar
→ fett-
liebend

1. b. Die Zusammenlagerung der Phospholipide zu einer Membran

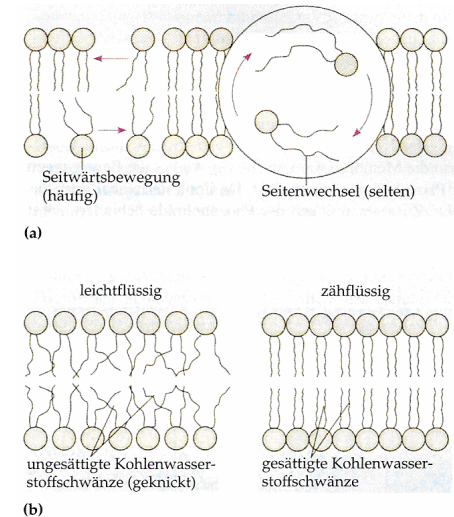
Weil die Phospholipide an einem Ende lipophil sind, lagert sich dieser Teil nach Möglichkeit an Fette oder eben an den fettliebenden Teil benachbarter Grundbaueinheiten an. Das andere hydrophile Ende lagert sich hingegen nach Möglichkeit an Wasser oder an Lösungen an. Gibt man Phospholipide auf Wasser, so schwimmen diese mit den Kohlenwasserstoffschwänzen vom Wasser herausgestreckt) auf der Wasseroberfläche. Taucht man sie unter, so bilden sich Doppelschichten, **Phospholipiddoppelschichten**. Denn nur in dieser Konstellation können sich lipophile Teile an andere lipophile Teile anlagern und die polaren Köpfchen mit anderen polaren Strukturen (dem Wasser) in Kontakt bleiben.

Weil sich die benachbarten Phospholipide zwar stark anziehen, sie im Grunde genommen aber nur nebeneinander her schwimmen, kommt es oft zu einer Seitwärtsbewegung, manchmal sogar zum sogenannten Flip-Flop-Phänomen (Seitenwechsel).

Wie bereits unter Punkt 1. a. beschrieben, sind Knicks in den unpolaren Kohlenwasserstoffketten dafür wichtig, dass sich die benachbarten Phospholipide nicht zu stark anziehen und somit die Membrane nicht so fest werden wie Schinkenspeck. Weder die Tiere, noch wir Menschen können die wichtigen Doppelbindungen selbst herstellen. Wir müssen entsprechende Bausteine über die Nahrung in Form von pflanzlichen Ölen aufnehmen.



Künstliche Membranen (Querschnitt). a) Auf Wasseroberflächen kann sich eine Phospholipid-Einzelschicht bilden. Die hydrophilen Köpfe der Phospholipide tauchen ins Wasser ein, und die hydrophilen Schwänze werden vom Wasser abgestoßen. b) Eine Doppelschicht aus Phospholipiden bildet eine stabile Abgrenzung zwischen zwei wässrigen Kompartimenten. In dieser Anordnung kommen die hydrophilen Teile der Moleküle mit dem Wasser in Kontakt, und die hydrophoben Teile sind abgeschirmt.



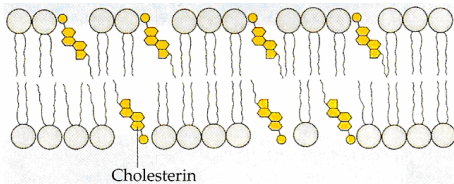
[Erklärungen zu a) und b) siehe Folgeseite unter Bild c) 1



2. Einlagerungen in die Phospholipiddoppelschicht der Biomembrane

a. Cholesterin

Es heißt immer „das böse Cholesterin“. Unser Körper produziert sogar selbst Cholesterin. Natürlich ist eine überhöhte Nahrungsaufnahme von Cholesterin nicht gut, so wie eben jedes andere überdosierte Nahrungsmittel auch. Zwischen die Phospholipide eingelagertes Cholesterin ist ebenso wichtig wie die Doppelbindungen der unpolaren Kohlenwasserstoffschwänze: Es trägt dazu bei, dass sich die benachbarten Phospholipide nicht zu eng aneinanderlagern und unsere Membrane Schinkenspeckstarr werden.



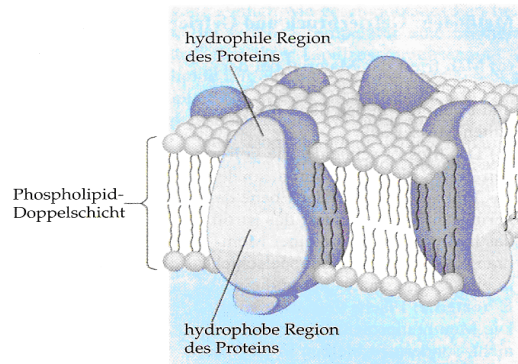
Cholesterin

(c)

Die Fluidität der Membranen. a) Lipide bewegen sich in einer Membran seitwärts (das heißt zweidimensional), aber der Sprung in die andere Membranebene (also die dreidimensionale Bewegung) ist selten. b) Ungesättigte Kohlenwasserstoffschwänze von Phospholipiden weisen Knicke auf, die ein dichtes Packen der Moleküle verhindern; das erhöht die Fluidität der Membran. c) Cholesterin vermindert bei mäßiger Temperatur die Membranfluidität, verhindert aber in der Kälte, dass die Membran sich gelartig verfestigt.

2.b. Proteine

Membrane haben nicht nur die Funktion der räumlichen Begrenzung (Kompartimentierung) von Reaktions- und Speicherräumen, die können noch eine Menge mehr. Eine wichtige Funktion ist zum Beispiel der Transport von wasserlöslichen oder geladenen Stoffen durch die Membran. Zwar schlüpfen auch immer wieder mal beispielsweise Wassermoleküle durch die Membrane durch, so wie Sie es von der Osmose kennen, aber auch für solche Fälle werden „Leckpumpen“ benötigt. Membrane werden von Proteinen durchzogen. Damit die Proteine mit der umher schwimmenden Phospholipiddoppelschicht mitschwimmen, haben sie lipophile und hydrophile Teile. Die bestmögliche Konstellation ergibt sich also, wenn die Proteine mitten in der Lipiddoppelschicht eingelagert mitschwimmen. Weil das alles eine schwimmschwammschwammige Angelegenheit ist, spricht man vom Fluid-Mosaik-Modell. Im flüssigen Medium der Lipiddoppelschicht schwimmen die Proteine wie Mosaik-Stücke mit.

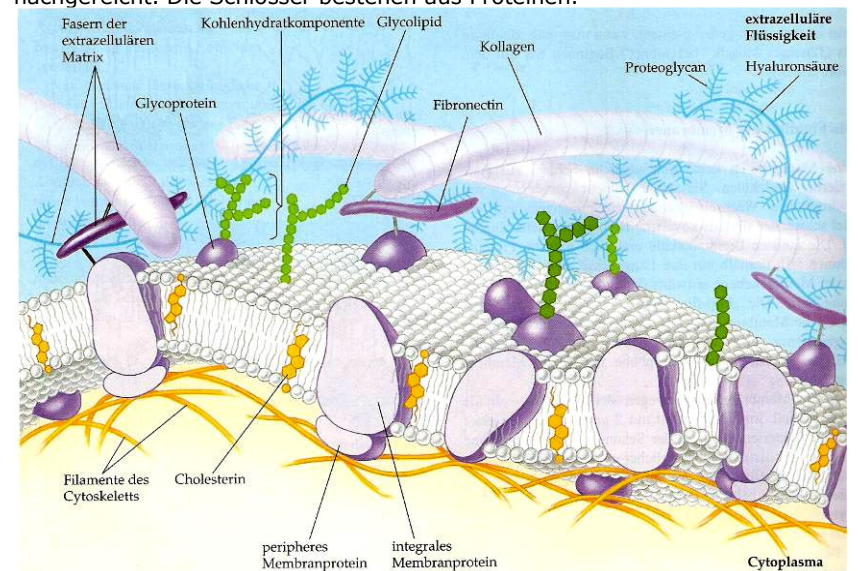


derzeitiges Flüssig-Mosaik-Modell

Im Flüssig-Mosaik-Modell sind die Proteine voneinander getrennt und in die Phospholipid-Doppelschicht, die sich in einem flüssigen Zustand befindet, eingelagert. Dies ist das derzeit gültige Modell für den Membranaufbau.

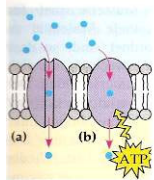
3. Weitere Bestandteile der Biomembrane

Die in die Lipiddoppelschicht eingelagerten Proteine können besondere Transportfunktionen haben, sie können aber auch als Anker für weitere Strukturen dienen, zum Beispiel für Strukturen, die für den Zusammenhalt von Biomembranen benachbarter Zellen wichtig sind. Sie erinnern sich sicher noch an die Mittellamelle, welche aus Stoffen bestand, die Pflanzenzellen fest miteinander verbindet. Hier finden Sie eine Vergrößerung, wie solche Stoffe gestaltet sind. Egal wie sie nun heißen mögen, die Fasern der extrazellulären Matrix, Fibronectin, Kollagenfasern, Proteoglycan oder Hyaluronsäure, alle sind fein verästelte Strukturen, die entweder wie Brücken oder Drahtseile benachbarte Zellen verbinden oder eng miteinander verkeilen. Ohne solche Strukturen würde jeder Organismus in seine einzelnen Zellen zerfallen. Ebenso wichtig sind die Glykostrukturen. „Glyco“ heißt so viel wie Zucker. Gemeint sind die grünen Ketten aus den sechseckigen Glukose-Baueinheiten. Diese Glyko-Strukturen sind entweder mit Hilfe von Proteinen in der Lipiddoppelschicht verankert (Glykoproteine), oder über eingelagerte Fette (Glykolipide). Das besondere an den Glykostrukturen ist, dass sie wie Schlüssel besonders strukturiert sind. Es handelt sich hierbei also um Erkennungsstrukturen für benachbarte Zellen. Das Schloss zu einem solchen Schlüssel fehlt auf dieser Abbildung, wird aber auf der nächsten Seite nachgereicht. Die Schlösser bestehen aus Proteinen.

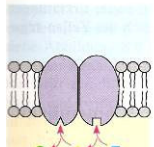




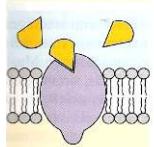
4. Alle möglichen Membranproteine



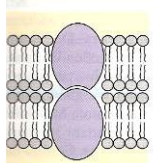
Transportproteine. (a) Manche membrandurchspannenden Proteine bilden einen hydrophilen Kanal, durch den bestimmte gelöste Substanzen selektiv die Membran passieren können. (b) Einige Transportproteine hydrolysieren ATP und pumpen mithilfe der dabei freigesetzten Energie aktiv Substanzen durch die Membran.



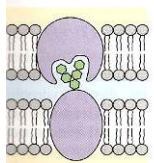
Enzyme. Ein in die Membran eingelagertes Protein kann ein Enzym sein, dessen aktives Zentrum für Substratmoleküle in der angrenzenden Lösung zugänglich ist. In manchen Fällen sind mehrere Enzyme als Multienzymkomplex in der Membran angeordnet, und katalysieren gemeinsam mehrere Schritte eines Stoffwechselweges.



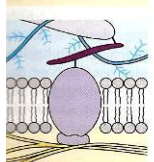
Rezeptorproteine. Auf den Membranen gibt es Proteine mit Bindungsstellen für Hormone oder andere chemische Botenstoffe. Ein solches Rezeptorprotein macht häufig aufgrund des äußeren Signals eine Konformationsänderung durch und vermittelt die Nachricht dadurch ins Zellinnere.



Zellverbindungen. Membranproteine benachbarter Zellen können über verschiedenartige Zellverbindungen aneinandergelockert sein (siehe Abbildung 7.30).



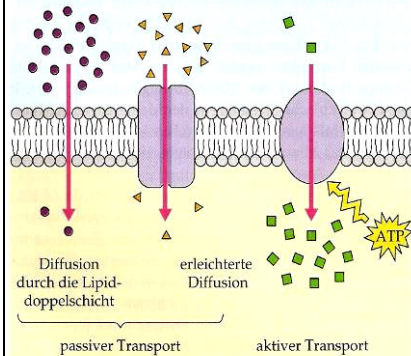
Zell-Zell-Erkennung. Manche Glycoproteine (Proteine mit kurzen Zuckerseitenketten) dienen als Erkennungsstrukturen, auf welche andere Zellen spezifisch ansprechen.



Anheftung an das Cytoskelett und die extrazelluläre Matrix. Häufig binden Actinfilamente und andere Elemente des Cytoskeletts an Membranproteine; dies trägt zur Aufrechterhaltung der Zellform bei und schränkt die laterale Beweglichkeit mancher Membranproteine ein. Proteine, die an die extrazelluläre Matrix binden, können Veränderungen außerhalb und innerhalb der Zelle koordinieren.

5. Die Besonderheit der Transportproteine

Neben der langsamen Diffusion, die ja nur auf dem Ausgleich eines Konzentrationsgefälles beruht, erleichtern sogenannte Tunnelproteine den Durchfluss und beschleunigen somit die Diffusion.

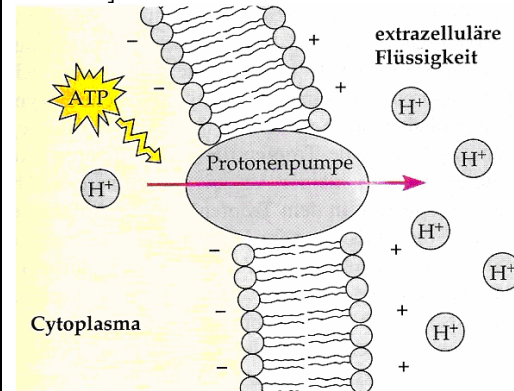


Gegen ein Konzentrationsgefälle kann keine Diffusion stattfinden. Hier muss mit Gewalt, also unter Energieaufwand, gepumpt werden. So etwas nennt man dann aktiven Transport, weil er eben nicht auf der passiven Stoffverteilung der Diffusion beruht. Sie haben sicher schon mal etwas von der Energiewährung des tierischen Körpers und der Pflanzen gehört, dem ATP. ATP ist so etwas wie ein kleiner chemischer Akku in einem Molekül: Als ATP ist es aufgeladen und birgt Energie. Beispielsweise beim aktiven Transport wird ATP zu ADP entladen. An anderen Orten kann der Akku ADP dann wieder zu ATP aufgeladen werden.

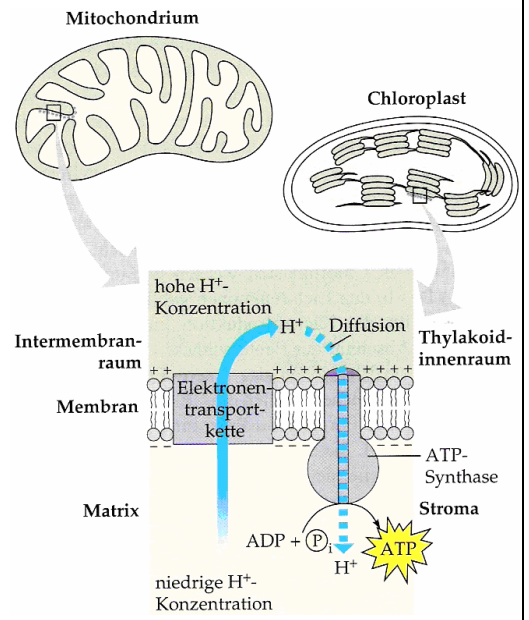
6. Zusammenführung aller Punkte: Kompartimentierung durch Lipiddoppelschichten, eingelagerte Proteine und aktive Transportmechanismen

Wie Sie wissen, gibt es im Mitochondrium oder im Chloroplasten deshalb so viele Membraneinfaltungen, damit viele Kompartimente geschaffen werden. In diesen Kompartimenten finden nicht nur verschiedene Reaktionen statt, hier werden auch Stoffe zwischen gespeichert. Zum Beispiel kann mit Hilfe von aktiven Transporten, also durch Energie verbrauchende Transportproteine, eine Aufkonzentration von Hydroniumionen (H_3O^+) in den Thylakoidinnenräumen hergestellt werden. Wozu das gut ist, werden wir noch in den folgenden Unterrichtsstunden besprechen. Nur so viel vorweg: Zellen verfügen über keine Spannung aus der Steckdose. Sie speichern die Energie durch Aufkonzentrieren bestimmter Stoffe in bestimmten Kompartimenten. Den Konzentrationsunterschied bezeichnet man als Gradienten.

[In den folgenden Abbildungen wurde H_3O^+ fälschlicherweise durch H^+ abgekürzt. Der Name Protonenpumpen hat sich aber etabliert. Wir werden ab und an mit diesem Begriff arbeiten müssen.]



So wie wir einen Stromschalter umlegen, so öffnen die Zellen bestimmte Membranproteine und lassen die Kräfte der gespeicherten, aufgestauten Substanzen wirken. So können beispielsweise die aufgestauten Hydroniumionen auf Kommando aus dem Thylakoidinnenraum ausströmen. Beim Ausströmen können Turbinen oder Dynamos betrieben werden. So wie der Fahrraddynamo Strom liefert, kann die Zelle auf Kommando beispielsweise den leeren Akku ADP zu ATP aufladen. Der Dynamo, der ADP zu ATP auflädt, ist ein Protein, das in die Membran eingelagert ist. Man nennt es ATP-Synthase.





Arbeitsaufträge:

1. Schreiben Sie unbekannte Begriffe heraus und versuchen Sie diese zu klären.
2. Beschreiben Sie in wenigen Worten den Begriff „Fluid-Mosaic-Modell“!
3. Erstellen Sie mit Hilfe der drei bebilderten Seiten ein sachlogisch strukturiertes Mindmap als Folie!
Sie können dies in Arbeitsgruppen bis zu drei Schülern erledigen.
Die unten aufgelisteten Stichworte sollen dabei verwendet werden.
Natürlich sollen Sie noch weitere Stichworte schematisch in Ihr Mindmap einbinden.

Stichwortliste:

- Biomembrane
- Aufbau
- Phospholipide
- Phospholipiddoppelschicht
- Eingelagerte Proteine
- Cholesterin
- Kompartimentierung
- Transportfunktionen
- Passiver Transport
- Aktiver Transport
- ATP und ADP
- Protonenpumpe
- Speicherfunktion
- Gradient
- Thylakoidinnenraum
- Chloroplast

P.S.: Die Folienstifte hätte ich gerne alle in der nächsten Stunde zurück.