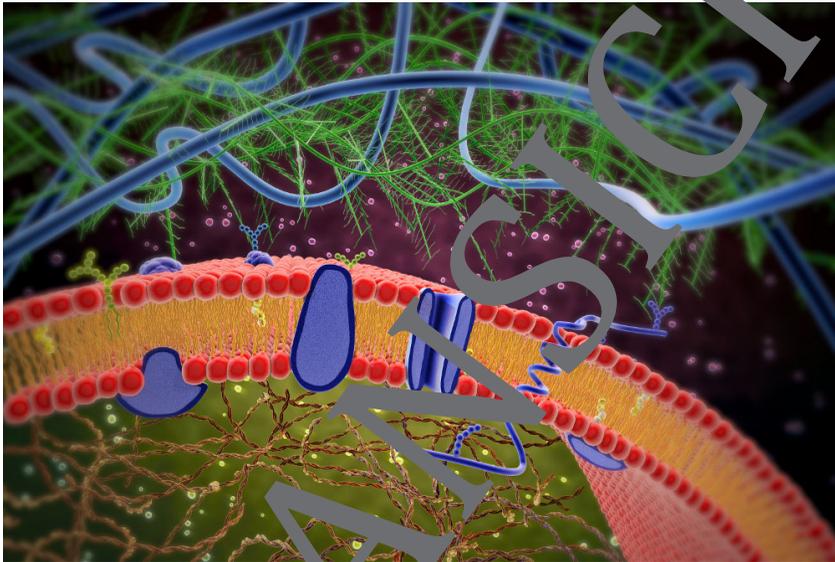


Modelle in den Naturwissenschaften: Die Entwicklung des Biomembranmodells

von Markus Metzger



© Lars Neumann/Stock/Getty Images Plus

Die auf diese Anspruchsausgerichtete Unterrichtseinheit ermöglicht es den Schülern, sich das Flüssig-Mosaikmodell schrittweise als das derzeit gültige Biomembranmodell zu erarbeiten. Dabei vollziehen die Schüler die historische Entwicklung der einzelnen Membranmodelle nach: Vom GORTER & GRENDEL-Modell über das Sandwich-Modell nach DAVENSON & DANIELLI bis hin zum Flüssig-Mosaik-Modell. Die Schüler lernen dabei die Bedeutung von Modellen in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kennen.

Modelle in den Naturwissenschaften: Die Entwicklung des Biomembranmodells

Methodisch-didaktische Hinweise	1
Material	3
M 1: Versuch zum Aufbau von Lecithin und Fetten	3
M 2: Hausaufgabe: Bedeutung, Einsatz und Erstellung von Modellen	5
M 3: Historische Entwicklung des Membranmodells I	7
M 4: Versuch zum Verhalten von Lecithin gegenüber Wasser	8
M 5: Historische Entwicklung des Membranmodells II	9
M 6: Rotkohlversuch: Experimentelle Lokalisation von Membranproteinen in der Zellmembran	10
M 7: Historische Entwicklung des Membranmodells III	12
M 8: Polare und unpolare Seitenreste von Aminosäuren in Proteinen	14
M 9: Hausaufgabe: Bau eines Flüssig-Mosaik-Modells	15
Lösungsvorschläge	16
M 1: Versuch zum Aufbau von Lecithin und Fetten	16
M 2: Hausaufgabe: Bedeutung, Einsatz und Erstellung von Modellen	17
M 3: Historische Entwicklung des Membranmodells I	18
M 4: Versuch zum Verhalten von Lecithin gegenüber Wasser	19
M 5: Historische Entwicklung des Membranmodells II	20
M 6: Rotkohlversuch: Experimentelle Lokalisation von Membranproteinen in der Zellmembran	20
M 7: Historische Entwicklung des Membranmodells III	22
M 8: Polare und unpolare Seitenreste von Aminosäuren in Proteinen	24
M 9: Hausaufgabe: Bau eines Flüssig-Mosaik-Modells	24

Modelle in den Naturwissenschaften: Die Entwicklung des Biomembranmodells

Methodisch-didaktische Hinweise

Mit dem Eintritt der Schülerinnen und Schüler in die Oberstufe verändert sich der Anspruch an den naturwissenschaftlichen Unterricht. Den Schülern soll die Möglichkeit gegeben werden, ihr Wissen mit einem hohen experimentellen und selbstständigen Anteil aufzubauen. Neben den fachlichen werden in besonderem Maße auch methodische Kompetenzen, wie z. B. das naturwissenschaftliche Arbeiten oder der Einsatz von Modellen geschult.

Die auf diese Ansprüche ausgerichtete Unterrichtseinheit ermöglicht es den Schülern, sich das Flüssig-Mosaik-Modell schrittweise als das derzeit gültige Biomembranmodell zu erarbeiten. Dabei vollziehen die Schüler die historische Entwicklung der einzelnen Membranmodelle nach: Vom GORTER & GRENDEL-Modell über das SANDERSON-Modell bis hin zu DAVSON & DANIELLI bis hin zum Flüssig-Mosaik-Modell. Die Schüler lernen dabei die Bedeutung von Modellen in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kennen.

Für die gesamte Unterrichtseinheit ist es wichtig, dass die Schüler mit dem derzeit gültigen Membranmodell noch nicht vertraut sind, da sie nur so die Membranmodelle selbstständig mithilfe von Forschungsergebnissen oder Experimenten entwickeln und verändern und dadurch einen wesentlichen Aspekt wissenschaftlicher Arbeitsweise kennen- und anwenden lernen. Daher ist auch der Verzicht auf den Lehrbucheinsatz ratsam, damit nicht das Ziel der Modellentwicklungsvorweggenommen wird. Tafelmodelle von Phospholipiden und Proteinen sind dabei hervorragend dazu geeignet, die Modellentwicklungen zu demonstrieren. Für eine vollständige Bearbeitung der Einheit ist es außerdem notwendig, dass die Schüler über Aufbau und Struktur von Proteinen sowie deren chemische Eigenschaften Bescheid wissen.

In Experimenten (z. B. dem Rotkohlversuch M 6) erheben die Schüler selbstständig Daten, auf deren Basis sie im Anschluss die Modellveränderungen erarbeiten. Dabei wird den Schülern klar, dass Modelle in den Naturwissen-

M 1 Versuch zum Aufbau von Lecithin und Fetten

Lecithin ist ein Phospholipid, dessen Anteil in Zellmembranen 20% betragen kann. Die chemische Struktur des Lecithins ist in Abb. 1 dargestellt. Das Molekül weist sowohl polare (hydrophile) als auch unpolare (hydrophobe) Komponenten auf und gehört somit zur chemischen Klasse der Tenside.

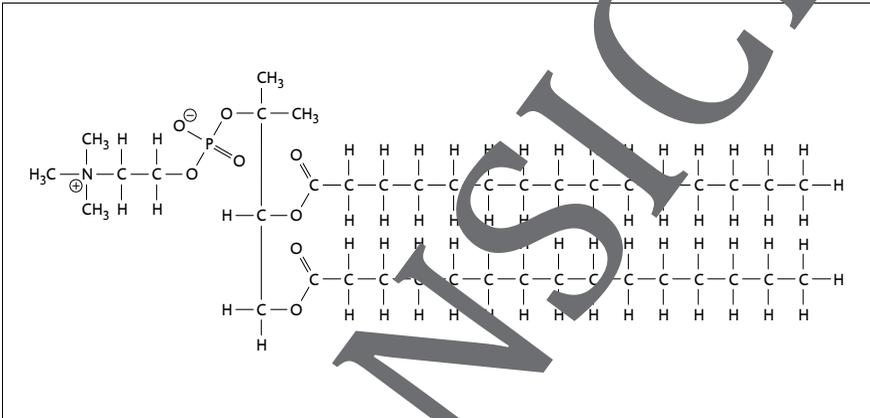


Abb. 1: Strukturformel des Lecithinmoleküls

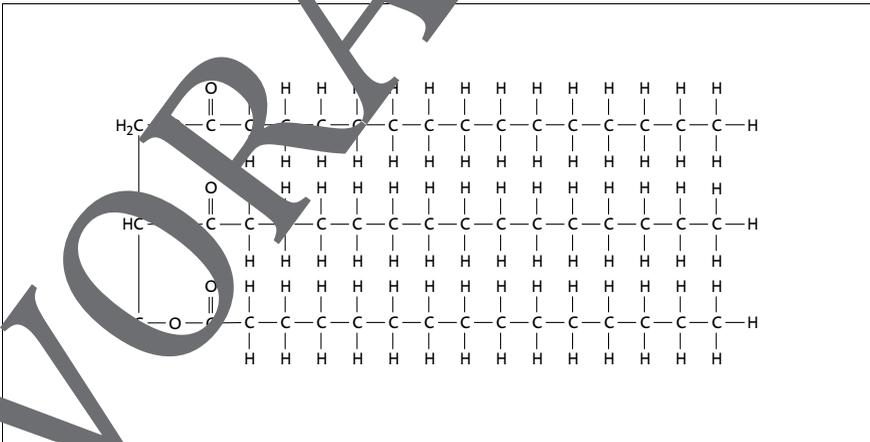


Abb. 2: Strukturformel eines Fettmoleküls

Versuchsanleitung

Material: mit Wasser gefüllte Petrischalen, Bärlappsporen, Sonnenblumenöl, Lecithin, Tropfpipetten

Durchführung:

1. Auf das Wasser in den Petrischalen werden die Bärlappsporen gleichmäßig verteilt.
2. In eine Petrischale wird ein Tropfen Sonnenblumenöl, in die andere ein Tropfen Lecithin gegeben.

Aufgaben

1. Analysieren Sie die Struktur des Lecithinmoleküls. Markieren Sie in Abb. 1 die hydrophilen und hydrophoben Zonen mit unterschiedlichen Farben.
2. Führen Sie den Versuch nach der Anleitung gruppenweise durch und notieren Sie Ihre Beobachtungen.
3. Vergleichen Sie den chemischen Aufbau des Lecithinmoleküls mit dem Aufbau eines Fettmoleküls (z. B. im Sonnenblumenöl) in Abb. 2 und markieren Sie in Abb. 2 die polaren und unpolaren Teile des Fettmoleküls mit unterschiedlichen Farben.
Begründen Sie nun das unterschiedliche Verhalten von Lecithin und Sonnenblumenöl unter Verwendung der eingangs verwendeten Fachbegriffe. Skizzieren Sie schematisch mit unterschiedlichen Farben (siehe Aufgabe 1), wie sich die Lecithin- bzw. die Fettmoleküle des Sonnenblumenöls im Wasser anordnen.

M 3 Historische Entwicklung des Membranmodells I

Im Jahre 1925 machten sich die Forscher E. GORTER (Abb. 3) und F. GREDEL daran, den Aufbau der Zellmembran näher zu untersuchen und wählten für ihre Untersuchungen Erythrozyten (rote Blutzellen) aus. Diese Zellen besitzen keinen Zellkern, und auch andere Organellen wie Mitochondrien fehlen; sie bestehen also hauptsächlich aus der Zellmembran und dem Hämoglobin (roter Blutfarbstoff).

Die Forscher ermittelten zunächst unter dem Mikroskop die Oberflächen von Erythrozyten und bestimmten sie zu ca. $0,98 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Zelle}$. Sie wussten bereits, dass die Zellmembran zu einem großen Teil aus Phospholipiden (Lecithin) besteht. So isolierten sie in einem weiteren Versuch aus den Zellmembranen von $3 \cdot 10^{11}$ Erythrozyten Phospholipide und brachten diese auf eine Wasseroberfläche auf. Die Phospholipide bildeten auf der Wasseroberfläche einen Fleck mit einer Fläche von $0,92 \cdot 10^5 \text{ cm}^2$. Als die Forscher aus dieser Fläche und der Anzahl eingesetzten Zellen erneut die Oberfläche eines einzelnen Erythrozyten berechneten, kamen sie zu einem erstaunlichen Ergebnis.

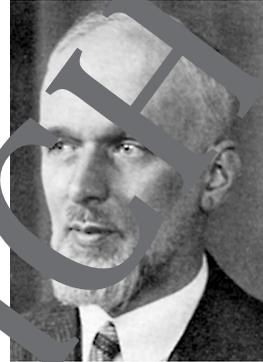


Abb. 3: Der niederländische Kinderarzt und Biochemiker EVERT GORTER

Aufgaben

- 1 Berechnen Sie aus den Angaben zum zweiten Versuch, den die Forscher unternahm, die Oberfläche eines Erythrozyten.
- 2 Vergleichen Sie die berechneten und die mit dem Mikroskop ermittelten Oberflächen der Erythrozyten und benennen Sie das Problem, auf das die Forscher damals stießen.

M4 Versuch zum Verhalten von Lecithin gegenüber WasserVersuchsanleitung

Material: Mikroskop, Wasser, Lecithin, Objektträger, Deckgläschen, Spatel, Zündhölzer

Durchführung:

Sehr wenig Lecithin wird auf einen Objektträger gegeben und mit einem Deckgläschen versehen. Seitlich wird ein Tropfen Wasser hinzugesetzt und der Rand des Lecithinflecks unter starker Vergrößerung beobachtet.

Achtung: Eine Berührung des Lecithins mit der Objektivlinse ist unbedingt zu vermeiden!

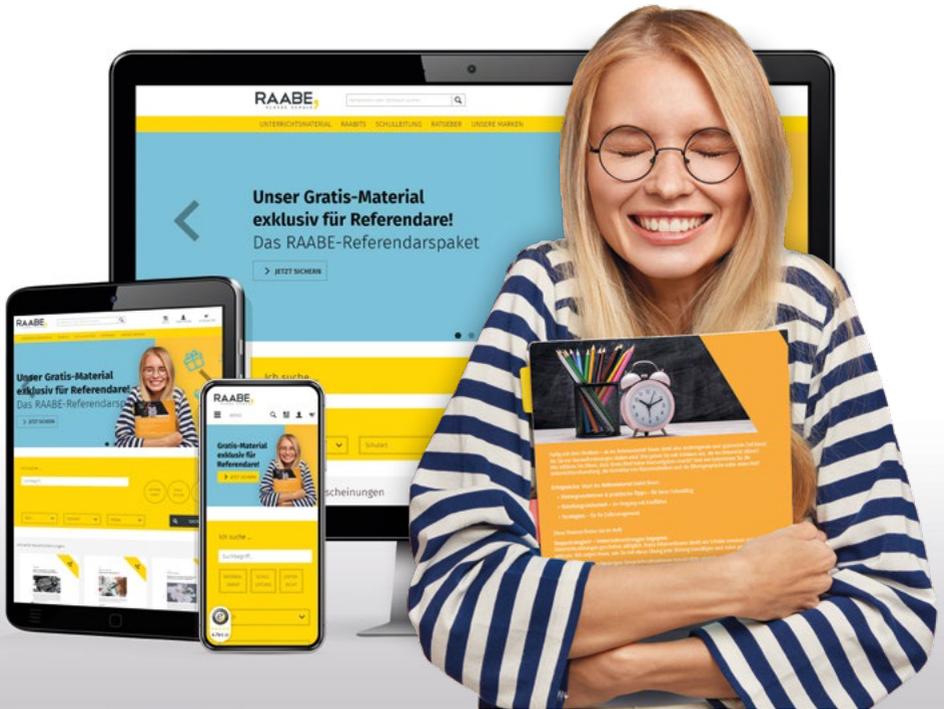
Aufgaben

- 1 Führen Sie den Versuch nach der Anleitung aus und skizzieren Sie Ihre Beobachtungen jeweils zu Versuchsbeginn und nach zehn Minuten.

Hinweis: Die Verwendung von lauwarmem Wasser beschleunigt das Eintreten der gewünschten Beobachtungen.

- 2 Versuchen Sie die Zündhölzer (Phospholipidmoleküle) so zu legen, dass Sie Ihre Beobachtungen zu Versuchsbeginn und nach zehn Minuten erklären können und weisen Sie aus Ihren Beobachtungen auch das hypothetische Endstadium an. Deuten Sie die einzelnen „Stadien“ durch Skizzieren der Lecithinmoleküle.
- 3 Erklären Sie den offensichtlichen Widerspruch, auf den GORTER & GRENDEL gestossen sind (M3). Skizzieren Sie die Ausrichtung der Phospholipidmoleküle auf der Wasseroberfläche und in der Zellmembran eines Erythrocyten.

Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



- ✓ **Über 4.000 Unterrichtseinheiten** sofort zum Download verfügbar
- ✓ **Sichere Zahlung** per Rechnung, PayPal & Kreditkarte
- ✓ **Exklusive Vorteile für Grundwerks-Abonent*innen**
 - 20% Rabatt auf Unterrichtsmaterial für Ihr bereits abonniertes Fach
 - 10% Rabatt auf weitere Grundwerke

Jetzt entdecken:
www.raabe.de