

STUDIENSEMINAR LEVERKUSEN

FACHSEMINAR BIOLOGIE (DR. SCHIEDGES)

DATUM: JUNI 2000

Autoren: K. Hellmund, K. Schneider, M. Schwarz, M. Sprinz

Unterrichtsreihe: Diffusion und Osmose

1. Stunde: Versuche zur Diffusion

**2./3. Stunde: Schülerversuch zur Osmose:
Die semipermeable Einmachhaut**

**4. Stunde: Osmotisches Zustandsdiagramm:
vom Modell zur Pflanze**

**5./6. Stunde: Mikroskopieren von Zwiebelzellen,
Durchführen einer Plasmolyse**

7. Stunde: Aufbau der Biomembran

1. Stunde: Versuche zur Diffusion

Lernziele:

Die Schüler sollen:

- die BROWNSche Molekularbewegung als „Motor“ des Konzentrationsausgleiches kennen und verstehen lernen.
- erkennen, dass die Intensität der Bewegung von der Temperatur abhängig ist.
- erkennen, dass alle Systeme nach Konzentrationsausgleich streben.

Stundenverlaufsplan:

Phase	Inhalt	Lernorganisation	Medien
Einstieg	Als Einstieg wird der Versuch am OHP der Klasse gezeigt. Die Schüler sollen den Versuch nach den üblichen Kriterien (Material, Aufbau, Beschreibung) wiedergeben.	Lehrerversuch	OHP, zwei Petrischalen mit Wasser (kalt/warm) Kaliumpermanganat
Erarbeitung	Die Schüler mikroskopieren einen Tropfen mit Wasser verdünnter Milch oder Tusche (50Teile Wasser 1 Teil Milch oder Tusche). <i>Arbeitsauftrag:</i> Geben Sie auf eine Objektträger einen Tropfen mit Wasser verdünnter Milch oder schwarzer Tusche (50Teile Wasser 1 Teil Milch oder Tusche) legen Sie ein Deckglas auf und beobachten Sie mit mindestens 400facher Vergrößerung. Erläutern Sie Ihre Beobachtung. Entweder auf Tafel oder OHP, Schüler notieren Arbeitsauftrag im Heft.	Schülerbeobachtung, S-versuch	Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Milch oder schwarze Tusche, dest. Wasser, Tropfpipette Tafel oder OHP
Sammlung/Klärung	Die Beobachtungen werden gesammelt und es werden Thesen aufgestellt. Es sollen beide Beobachtungen miteinander verknüpft werden; die Schüler sollen den Begriff der unterschiedlichen Konzentration herausarbeiten. Frage: Warum kommt es zum Konzentrationsausgleich, was für eine Rolle spielt die Temperatur?	UG	Tafel
voraussichtliches Stundenende	Der Text zur Diffusion wird als HA gelesen	HA	Schülerbuch
Vertiefung	Die Schüler sollen den Text zur Diffusion lesen und erarbeiten und ihren Partnern wiedergeben und erklären (wechselseitig).	PA	Arbeitsblatt
Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Systeme streben nach Konzentrationsausgleich ■ BROWNsche Molekularbewegung als „Motor“ ■ die Intensität der Bewegung ist von der Temperatur abhängig 		Tafel

2./3. Stunde: Schülerversuch zur Osmose: Die semipermeable Einmachhaut

Lernziele:

Die Schüler sollen:

- den Prozess der Osmose anhand des Versuchs „Die semipermeable Einmachhaut“ verstehen lernen und das Modell der PFEFFERschen Zelle als analoges Modell kennen lernen.
- den Vorgang der Osmose als speziellen Fall von Diffusion kennen lernen.
- lernen, Vorgänge zu beobachten und genau zu dokumentieren.

Stundenverlaufsplan:

Phase	Inhalt	Lernorganisation	Medien
Einstieg	Der Lehrer informiert die Schüler, dass ein Versuch zu einer speziellen Art von Diffusion gemacht wird. Der Begriff Osmose fällt noch nicht. Der Lehrer demonstriert den Versuch auf dem Overhead-Projektor (vgl. <i>Arbeitsblatt 1</i> , Kommentar zum Material). Jede Schüler-Gruppe erhält die Materialien für den Versuch und das <i>Arbeitsblatt 1</i> . Ein Schüler fasst noch einmal für alle die Versuchsanordnung + Durchführung zusammen. Die Schüler führen den Versuch durch.	Bildung von 2er-Gruppen (auf den Kärtchen ist ein Organisator und ein Vortragender (Präsentation der Zeichnung) vermerkt)	Materialien für den Versuch (vgl. <i>Arbeitsblatt 1</i>) <i>Arbeitsblatt 1</i>
Erarbeitung I	Die Schüler beobachten, was passiert. Nach ca. 10 Minuten ist der Versuch abgeschlossen. Die Ergebnisse der Beobachtungen werden von den Schülern formuliert. Ein Schüler schreibt die Beobachtung auf die Folie, die anderen auf ihr <i>Arbeitsblatt</i> . Es werden Hypothesen formuliert, was passiert sein könnte. Die Ergebnisse der Auswertung des Versuchs werden wiederum von einem Schüler auf die Folie geschrieben. Nennung des Begriffs „Osmose“. Abgrenzung von dem Begriff „Diffusion“. Gemeinsames Formulieren einer Definition für Osmose (siehe Anhang: <i>Definitionen</i>).	GA UG	Folie = <i>Arbeitsblatt 1</i> Tafel
voraussichtliches Ende der Stunde			
Sicherung	Jede Gruppe fertigt eine Skizze auf ein Schmierblatt an, die den Prozess der Osmose erklärt. Verschiedenen Zeichnungen werden vorgestellt (vom „Vortragenden“). Einigung auf eine Version .	Schülervorstellung	Tafel
Erarbeitung II (Transfer)	Der Lehrer legt eine Folie mit der Zeichnung einer PFEFFERschen Zelle auf (vgl. <i>Arbeitsblatt 2</i>). Die Schüler erhalten die Folie als <i>Arbeitsblatt</i> . Die Schüler benennen die analogen Elemente. Ein Schüler kommt nach vorne und trägt die analogen Begriffe des ersten Osmose-Versuchs in Klammern hinter die Beschriftung der PFEFFERschen Zelle. Die Schüler beschriften ihr <i>Arbeitsblatt</i> . Besprechung: Was passiert hier? Klärung der Begriffe „osmotischer Druck“ und „hydrostatischer Druck“.	UG	Folie = <i>Arbeitsblatt 2</i>
Hausaufgaben	Ergänzung der Versuchsdurchführung. –beobachtung, - auswertung. und der Zeichnung auf dem <i>Arbeitsblatt</i> + Wiederholung: Definition osmotischer Druck/hydrostatischer Druck.		

Arbeitsblatt 1 (Lehrermaterial):**Versuch: Die semipermeable Einmachhaut**

Material:	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Petrischale • Einmachhaut (ca. 15 cm x 15 cm) • destilliertes Wasser • Rohrzucker • Overhead-Projektor¹
Durchführung:	Die Petrischale wird zur Hälfte mit destilliertem Wasser gefüllt. Auf die Wasseroberfläche wird die Einmachhaut gelegt. Anschließend werden einige Rohrzuckerkrystalle auf die Einmachhaut gegeben.
Beobachtung:	Nach etwa 10 Minuten haben sich die Rohrzuckerkrystalle aufgelöst. Es haben sich Flüssigkeitstropfen gebildet.
Auswertung:	Vor Auflegen der Zuckerkrystalle diffundieren Wassermoleküle durch die Einmachhaut. In diesem Wasserfilm lösen sich die Zuckerkrystalle. Es bildet sich eine konzentrierte Zuckerlösung. Aufgrund dieser Hypertonischen Lösung diffundieren immer mehr Wassermoleküle durch die semipermeable Einmachhaut (Osmose). Es wird ein Konzentrationsausgleich angestrebt. Die Flüssigkeitstropfen werden unter ständiger Volumenzunahme transparenter.
Zeichnung:	

¹ Das Experiment ist auf dem Overhead-Projektor besonders anschaulich, da sich der Zucker in dem eingedrungenen Wasser auflöst, und „unsichtbar“ wird.

Arbeitsblatt 1:**Versuch: Die semipermeable Einmachhaut**

Material:	<ul style="list-style-type: none">• 1 Petrischale• Einmachhaut (ca. 15cm x 15 cm)• destilliertes Wasser• Rohrzucker
Durchführung:	
Beobachtung:	
Auswertung:	
Zeichnung:	

Arbeitsblatt 2:

Die PFEFFERsche Zelle (auch Osmometer genannt)

Semipermeable Membran: semi = lat. halb; permeabel von lat. permeare = hindurch wandern:
halbdurchlässig

Definitionen:

Osmose: griech. osmos = das Stoßen, der Antrieb. Begrenzter Stoffaustausch zwischen zwei verschieden konzentrierten Lösungen durch eine halbdurchlässige Membran, bei dem die stärker konzentrierte Lösung das Wasser der schwächeren anzieht. Halbdurchlässige Membranen haben kleine Porengrößen, die kleine Moleküle (z.B. H₂O) durchgehen lassen, große Moleküle (z.B. Zucker) jedoch zurückhalten.

Osmotischer Druck: Druck, der durch das Einströmen eines Lösungsmittels durch eine semipermeable Membran in einem Raum höherer Stoffkonzentration verursacht wird.

Hydrostatischer Druck: Maß für den osmotischen Druck, angegeben in Pascal

4. Stunde: Osmotisches Zustandsdiagramm: Vom Modell zur Pflanze

Lernziele:

Die Schüler sollen:

- den Transfer der Bestandteile der PFEFFERschen Zelle mit der Pflanzenzelle vollziehen.
- das osmotische Zustandsdiagramm kennen lernen.

Stundenverlaufsplan:

Phase	Inhalt	Lernorganisation	Medien
Einstieg	Das Modell der PFEFFERschen Zelle wird gezeigt (Folie). Die Schüler sollen versuchen, die einzelnen Bestandteile des Aufbaus durch Teile der Pflanzenzelle zu ersetzen. Wasser im Steigrohr = Wanddruck Zuckerlösung = Vakuole (hypertonisch) Tongefäß = Zellwand	UG	OHP, Folie
Anschauung	Welke Tomatenpflanze wird gezeigt und gegossen	Lehrerdemonstration	Tomatenpflanze
Erarbeitung	Während sich die Tomatenpflanze erholt, wird ein Arbeitsblatt ausgeteilt (Arbeitsblatt 1) und von den Schüler gelesen und bearbeitet.	Einzelarbeit	Arbeitsblatt
Diskussion/Klärung	Die Schüler lesen ihre schriftlich fixierten Antworten vor. Es soll versucht werden, die auftretenden Fragen im Schülergespräch zu klären, so dass das osmotische Zustandsdiagramm von allen verstanden wird.	UG	
Hausaufgabe (Sicherung)	Die Schüler sollen das osmotische Zustandsdiagramm in ihrem Schülerbuch und den Informationen aus dem Unterrichtsgespräch nochmals in für sie verständliche Worte fassen.	Einzelarbeit	Heft, Schülerbuch

Arbeitsblatt 1:

Aufgabe:

Beschreibe das osmotische Zustandsdiagramm.

Versuche anhand der Zeichnung und des Textes dir dabei die folgenden Begriffe zu verdeutlichen:

- Wanddruck
- osmotischer Druck
- osmotische Saugkraft
- osmotischer Wert

Abb. Osmotisches Zustandsdiagramm der Pflanzenzelle

Die osmotische Zustandsgleichung

Wenn zwischen dem Druck des einströmenden Wassers und dem **Wanddruck** ein Gleichgewicht besteht, kommt die Wasseraufnahme zum Stillstand. Diesen maximalen am Steigrohr ablesbaren Wert bezeichnet man als den **osmotischen Druck** der Lösung. Von der Zelle aus gesehen stellt der Druck des einströmenden Wassers einen Sog dar. Die Wassermoleküle werden von der Lösung gewissermaßen angesaugt und festgehalten. Man spricht daher auch von der **osmotischen Saugkraft** oder dem osmotischen Sog der Zelle.

Beim Osmosevorgang nimmt dieser Sog in dem Maße ab, wie der Wanddruck in der Zelle zunimmt. Die Beziehung zwischen dem osmotischem Druck O , Wanddruck W und Sog S wird durch die osmotische Zustandsgleichung ausgedrückt:

$$S = O - W$$

Am Anfang ist der Sog gleich dem osmotischen Druck, also S gleich O , da noch kein Wanddruck vorhanden ist, im Endstadium aber gleich Null, da dann O gleich W ist.

Jede wässrige Lösung eines bestimmten Stoffes und einer bestimmten Konzentration kann einen bestimmten osmotischen Druck erzeugen. Dieses Vermögen wird durch den **osmotischen Wert** der Lösung ausgedrückt, der praktisch ihre Konzentration bezeichnet. Dem in Mol/Liter angegebenen osmotischen Wert einer Lösung entspricht ein in Bar angegebener osmotischer Druck. So weist eine einmolare Rohrzuckerlösung bei 0 °C einen osmotischen Druck von 22,69 bar auf.

Äquimolare Lösungen verschiedener Stoffe erzeugen denselben Druck, da dieser von der Zahl der pro Volumeneinheit gelösten Teilchen abhängt. Sie sind isosmotisch oder isotonisch. Salzlösungen dagegen, deren Moleküle im Wasser dissoziieren, haben höhere osmotische Werte als äquimolare Lösungen von nicht dissoziierenden Substanzen, da Ionen sich osmotisch wie Moleküle verhalten.

5./6. Stunde: Mikroskopieren von Zwiebelzellen , Durchführen einer Plasmolyse

Hausaufgabe zu dieser Stunde: weißes Papier und weichen Bleistift mitbringen

Lernziele:

Die Schüler sollen:

- das Herstellen eines mikroskopischen Präparats einüben.
- lernen, Plasmolyse an Zellen der Zwiebelschuppen-Epidermis durchzuführen, die Beobachtungen zeichnerisch festzuhalten, zu protokollieren und zu interpretieren.
- verschiedene Plasmolyse-Typen (Konvex-, Konkav- und Kappenplasmolyse) kennen lernen.
- erkennen, dass die Plasmolyse ein reversibler Vorgang ist (Deplasmolyse).

Folie 1:

Die einzelnen Arbeitsschritte:

1. Mikroskop aufbauen und mit optimaler Beleuchtung einstellen
2. Herstellen des Zwiebelschuppen-Epidermis-Präparates (rote Küchenzwiebel)
 - Wassertropfen auf den Objektträger
 - Zwiebelschuppe heraustrennen
 - mit Rasierklinge Quadrat in Innenseite der Zwiebelschuppe ritzen
 - mit Pinzette das Zwiebelhäutchen vorsichtig abziehen und in den Wassertropfen legen
 - Deckglas auf das Präparat

Skizze:

Folie 2:

3. Zeichne eine Zwiebelzelle und deute angrenzende Zellen an.

Versuche zu identifizieren:

Zellwand

Zellmembran (Plasmalemma)

Zellsaftvakuole

Cytoplasma

Zellkern

Skizze:

Folie 3:

4. Die Gruppen fügen ihren Präparaten folgende Lösungen zu:

Gruppe A: Kaliumnitratlösung

Gruppe B: Calciumnitratlösung

Gruppe C: Kaliumthiocyanatlösung

Wie?

Tropfen der Lösung auf Deckglaskante bringen, auf der anderen Seite mit Fließpapier das Wasser absaugen, sodass dieses durch die jeweilige Lösung ersetzt wird

5. Veränderungen beobachten, Beobachtungen protokollieren

6. Zeichne eine veränderte Zelle (Endzustand), versuche dabei folgende Zellstrukturen zu identifizieren:

Zellwand

Plasmalemma

Tonoplast

Vakuole

Cytoplasma

Zellkern

Skizze:

Anmerkungen:**a) Mikroskopisches Zeichnen**

- L. sollte die angefertigten Zeichnungen am Ende der Stunde einsammeln
- L. verweist darauf, dass nur gezeichnet wird, was tatsächlich im Präparat zu sehen ist, nicht idealisieren!
- Umrisse zeichnen, nichts schraffieren oder ausmalen, nicht bunt malen (nur mit Bleistift), zusätzliche Erklärungen unter die Zeichnung bzw. zu der ausführlichen Beschriftung
- Als Information auf die Zeichnung gehören folgende Angaben:
 Präparat, z.B. Zelle einer roten Küchenzwiebel)
 Vergrößerung (Objektiv x Okular), z.B. 10x40 (400fach)
 Färbung oder sonstige Zusätze, z.B. Salzlösungen bei der Plasmolyse

b) Zeichnung 1:

- Eine mittlere Vergrößerung (400fach) bietet sich wegen der Übersicht zum Zeichnen an, auf 1000fache Vergrößerung fürs Detail (z.B. gekörntes Cytoplasma an den Rändern) gehen (Ölimmersion!),
- Schwierigkeiten, die sich beim Identifizieren ergeben könnten, werden individuell ausgeräumt:

z.B.

- ist das Präparat zu dick (mehrere Zellschichten), dann sollte ein neues Präparat angefertigt werden
- wird Vakuole mit Cytoplasma verwechselt, denn sie füllt die ganze Zelle aus (auf Cytoplasma an den Rändern verweisen)
- ist der Zellkern evtl. nicht erkennbar (wegen der Blickrichtung, Zelle ist dreidimensional!), dann eine andere Zelle auswählen
- ist Zellmembran kaum zu identifizieren, da sie der Zellwand unmittelbar anliegt, mit diesem theoretischen Vorwissen kann sie geortet werden. L. verweist auf den anschließenden Versuch, bei dem Zellmembran eindeutig identifiziert werden kann

c) Zeichnung 2

Das Einsetzen der Plasmolyse kann ein paar Minuten dauern (etwas Geduld), evtl. nach einigen Minuten erneut das Plasmolytikum hinzufügen. Gezeichnet werden soll der Endzustand, die einzelnen Phasen der Veränderung können in Skizzen festgehalten werden.

Der entstandene Zwischenraum zwischen Zellwand und Plasmalemma wird häufig mit dem Cytoplasma verwechselt, die Schüler vermuten, dass sich nur die Vakuole verkleinert hat. L. sollte dann darauf verweisen, dass diesem Zwischenraum die gekörnte Struktur des Cytoplasmas fehlt. Bei der Konvexplasmolyse ist das Cytoplasma nur schwer zu erkennen (nur an den Rändern der Vakuole), bei der Konkav- und der Kappenplasmolyse ist es jedoch eindeutig.

d) Auswertung des Plasmolyse-Versuchs:

Zwiebelzelle wurde in hypertonisches Medium überführt, außerhalb der Zelle hohe Salzkonzentration und entsprechend geringe Wasserkonzentration, Wasser will ausgleichen (Brownsche Molekularbewegung), daher diffundiert Wasser aus der Zelle und der Protoplast hebt sich von der Zellwand ab = Plasmolyse

Erklärung für die verschiedenen Typen der Plasmolyse: Das Hervorrufen unterschiedlicher Plasmolyse-Typen beruht auf der unterschiedlich quellenden Wirkung verschiedener Elektrolyte auf das Cytoplasma:

- **Calciumchlorid** wirkt entquellend und bewirkt, dass Cytoplasmafäden an der Zellwand hängen bleiben → **KONKAVPLASMOLYSE**
- **Kaliumchlorid** wirkt quellend und bewirkt, dass sich nach einigen Minuten der Cytoplasmaschlauch als Ganzes ablöst → **KONVEXPLASMOLYSE**
- **Kaliumthiocyanat** wirkt auf das Cytoplasma sehr stark quellend
→ **KAPPENPLASMOLYSE** (irreversibel!)

Stundenverlaufsplan:

Phase	Inhalt	Lernorganisation	Medien
Einstieg	L. nennt Programm der Stunde und erklärt die ersten Arbeitsschritte: (Mikroskop aufbauen und einstellen, Präparat herstellen, Zeichnung anfertigen), <i>vgl. Folie 1 und 2</i>	L-Vortrag	OH
Vorbereitung	S. bauen Mikroskope auf, benötigtes Material wird ausgeteilt (rote Küchenzwiebeln, Objektträger, Wasserglas, Pipette, Rasierklinge, Pinzette, Präpariernadel, Deckgläschen), <i>vgl. Anmerkungen b) Zeichnung 1</i>	EA	Mikroskope Material
Erarbeitung 1	Schüler stellen die Präparate her und legen die Objektträger auf den Objektisch Lehrer geht herum, hilft ggf. bei der optimalen Einstellung der Mikroskope S. fertigen Zeichnung von den Präparaten an S. gucken sich auch die Präparate ihrer Mitschüler an	PA	Papier, Bleistift Mikroskope
Sicherung	S. tauschen aus, welche Schwierigkeiten sich ergaben S. malt beschriftete Skizze einer Zwiebelzelle an die Tafel (<i>vgl. Folie 2</i>)	UG	Tafel
Vorbereitung	L. erläutert die weiteren Arbeitsschritte (Hinzufügen 3 versch. Plasmolytika, protokollieren, zeichnen), <i>vgl. Folie 3</i> Einteilung in 3 Gruppen (A, B, C) Gruppen erhalten die benötigten Materialien (Plasmolytika, Fließpapier)	L-Vortrag UG	OH Materialien
Erarbeitung 2	S. führen an den Zwiebelzellen Plasmolyse durch, protokollieren die Beobachtungen skizzieren evtl. die Phasen der Veränderung, fertigen vom Endzustand eine mikroskopische Zeichnung an, <i>vgl. Anmerkungen c) Zeichnung 2</i> jeder S. guckt sich auch die Präparate der anderen Gruppen an einigen Präparaten wird destilliertes Wasser zugefügt	GA	Papier, Bleistift Mikroskope
Präsentation der Ergebnisse	aus jeder Gruppe skizziert ein S. auf einer Folie eine Zwiebelzelle (im Endzustand) und beschriftet diese, zudem werden von den anderen Gruppenmitgliedern Beobachtungen im Plenum zusammengetragen („was ist passiert“?)	UG	OH
Auswertung des Versuchs	im Plenum wird nach Erklärungsmöglichkeiten gesucht, <u>warum</u> sich der Protoplast von der Zellwand abgelöst hat; L. verweist auf die letzte Stunde (Osmose) S. entwickeln Hypothesen zum Vorgang der Plasmolyse, sinnvoll wären Schemazeichnungen an der Tafel von allen Plasmolyse-Typen Die Präparate, denen erneut destilliertes Wasser hinzugefügt wurde, werden herangezogen, es wird deutlich, dass Plasmolyse reversibel ist (Deplasmolyse)	UG	Tafel

7. Stunde: Aufbau der Biomembran

Lernziele:

Die Schüler sollen:

- den molekularen Aufbau und die Eigenschaften von Phospholipiden (hier Lecithin) kennen lernen.
- den Prozess der naturwissenschaftlichen Forschung bis zum Membranmodell von Singer & Nicolson nachvollziehen.

Stundenverlaufsplan:

Phase	Inhalt	Lernorganisation	Medien
Einstieg	Der Lehrer bittet jeden Schüler ein Blatt Papier (Heft oder Buch) zwischen die Finger zu nehmen. Die Schüler sollen nun schätzen wie viele Biomembranen man übereinander legen müsste, um diese Dicke zu erreichen (Antwort: etwa 8.000 Biomembranen).	UG	Papier (Heft oder Buch)
Erarbeitung I	Folie 1 wird auf den OHP aufgelegt, und kurz beschrieben. → jede Membran ist anders zusammengesetzt. Schüler sollen Aufgabe a) der Folie 1 in Partnerarbeit mit dem Nachbar lösen (Aufgabe b) bleibt verdeckt; Hausaufgabe)	UG Partnerarbeit	Folie 1
Ergebnisse I	Die Ergebnisse werden gesammelt. Folie 2 wird immer weiter aufgedeckt.	UG	Folie 2
Erarbeitung II	Lehrer zeichnet die Struktur eines Phospholipids an die Tafel. Er macht dabei die Veresterung eines Alkohols (Glycerin) mit organischen Säuren deutlich, sowie den Cholinrest. Danach erhält jeder Schüler das Arbeitsblatt 1, sowie 2 Perlen und 2 Stücke Draht. Jeder Schüler baut 2 Draht-Lipid Modelle. 3-4 Schüler der nahen Umgebung sollen ihre Modelle zu einem Cluster und zu einem Bilayer nacheinander zusammenlegen.	Lehrervortrag Einzelarbeit Gruppenarbeit	Tafel Arbeitsblatt 1 Perlen, Draht
Erarbeitung III	Jeder Schüler bekommt nun die Arbeitsblätter 2 und 3. Zunächst soll jeder für sich die Entwicklung der verschiedenen Membranmodelle nachvollziehen, bevor sich diese noch mal in Partnerarbeit gegenseitig erklärt werden.	Einzelarbeit Partnerarbeit	Arbeitsblätter 2+3
Sicherung	Die einzelnen Membranmodelle werden nochmals gemeinsam erläutert, wobei die wichtigsten Ergebnisse an der Tafel gesammelt werden.	UG	Folie von Arbeitsblatt 3 Tafel
Hausaufgabe	Frage b) der Folie 1.		

Literatur:

Jaenicke, J. (Hrsg.) (1990): Materialien-Handbuch Kursunterricht Biologie Band 1.
Zellbiologie. Köln: Aulis.

Campbell, N. A. (1997): Biologie. Heidelberg: Spektrum. S. 154ff.

Praxis der Naturwissenschaften Biologie; Heft 2/38 März 1989: Biomembranen.
Köln: Aulis. S. 6+7.

Biologie für Gymnasien. Natura. Oberstufe. Stoffwechselphysiologie. Stuttgart: Klett
1996.

Definitionen aus:

Schubert, R.; Wagner G. (Hrsg.) (1988): Botanisches Wörterbuch. Pflanzennamen
und botanische Fachwörter. 9. neubearbeitete und erweiterte Auflage.
Stuttgart: Fischer.