

Kontext	EVOLUTION (► GENETIK, STOFFWECHSELPHYSIOLOGIE, CYTOLOGIE)
Material	Fotosynthese; Zellatmung; Prokaryoten; Eukaryoten; Chloroplasten; Endosymbiose;
Aufgaben	Endosymbiontentheorie; horizontaler Gentransfer; Osmoregulation bei Wassertieren

Abituraufgabe

Kontext

Die Meeresschnecke *Elysia chlorotica* (Abb. 1) gehört als Schnecke zu den an sich eher unscheinbaren Tierarten. Die Tiere leben entlang der nördlichen Ostküste der USA bis nach Kanada. Obwohl Schnecken – und das betrifft die uns eher geläufigen landlebenden Arten – in der Regel Zwitter sind, gibt es bei Wasserschnecken, so auch bei *E. chlorotica*, eine strenge Trennung in Weibchen und Männchen. Außerdem ist *E. chlorotica* extrem euryhalin, also sehr tolerant gegenüber Salzgehaltsschwankungen. Doch nicht durch diese Eigenschaften unterscheidet sie sich von anderen Schnecken: Sie ist grün, ein Merkmal, das man im Tierreich zum Beispiel von farbenprächtigen Papageien, Eidechsen und Fröschen her kennt. Während vielfach die Färbung mit der Anlockung von Sexualpartnern in Beziehung steht oder der Tarnung gegenüber Fressfeinden oder Beutetieren dient, hat die Farbgebung von *E. chlorotica* andere Ursachen. Die Schnecke ist nämlich wie eine grüne Pflanze zur Fotosynthese befähigt.

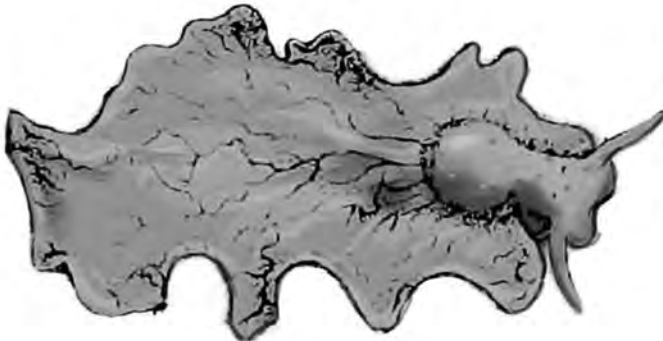


Abb. 1: Meeresschnecke *Elysia chlorotica*

Materialien

Material 1

Ernährungsweise von *Elysia chlorotica*

Jungtiere von *E. chlorotica* sind bräunlich gefärbt mit roten Punkten. Die Schnecken fressen Grünalgen der Art *Vaucheria litorea*. Die Algenzellen werden jedoch nicht vollständig verdaut. Die Chloroplasten aus den Algenzellen werden nicht zerstört, sondern durch Phagozytose in die Zellen der Darmanhänge eingelagert, die um den Verdauungstrakt der

Schnecke liegen. Die Intensität der Grünfärbung ist direkt proportional zur Menge der aufgenommenen Algen.

Die Entdecker von *E. chlorotica*, Wissenschaftler der Universität Maine (USA), waren besonders überrascht darüber, dass die Schnecke, nachdem sie sich einmal „vollgefressen“ hat, über Monate ohne die Aufnahme erbeuteter Nahrung (winzige Nesseltiere, Korallen) leben kann. Die in die Darmzellen eingelagerten Chloroplasten können nämlich, obwohl sie von einem ganz anderen Organismus stammen, ihre Funktion beibehalten und bei Belichtung die Fotosynthese durchführen.

Material 2

Die Chloroplasten in den Zellen grüner Pflanzen sind durch die Endosymbiontentheorie (Abb. 2) erklärbar. Diese Plastiden werden bei der Fortpflanzung auf die Nachkommen übertragen.

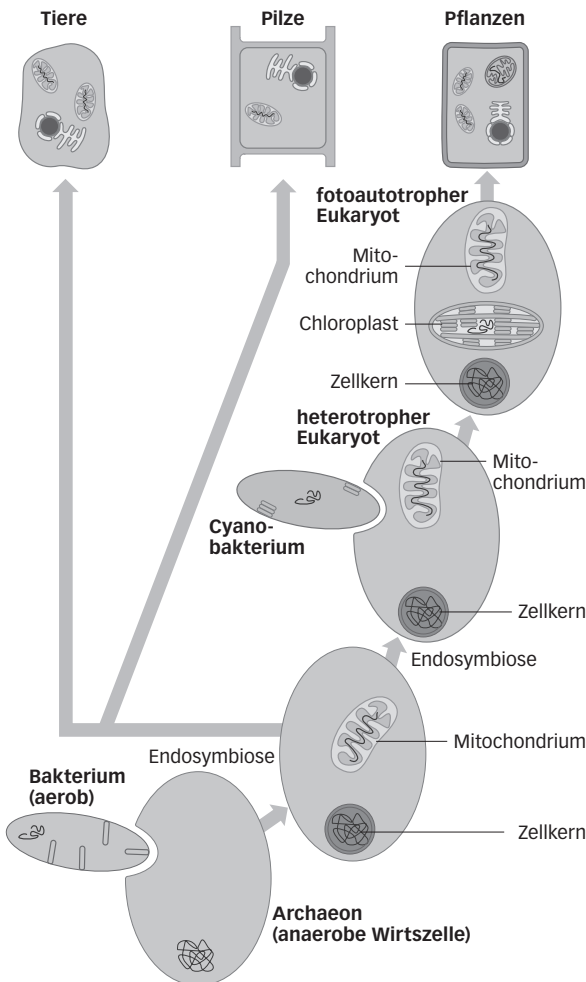


Abb. 2: Endosymbiontentheorie (Schema)

(▲ Quelle: Jungbauer, W. [Hrsg.], S. 45)

Bei *Elysia chlorotica* ist die Beziehung zwischen Chloroplasten und tierischen Zellen nicht mit der Endosymbiose vergleichbar. Man spricht hier von Kleptoplastidie (gr. *kleptein*, stehlen). Kleptoplastiden werden nicht an die Nachkommen weitergegeben. Jedoch scheint *E. chlorotica* ein unterstützendes Gen zu besitzen, welches die Fotosynthese ermöglicht. Dieses Gen können die Schnecken nur durch horizontalen Gentransfer von Algenzellen erhalten haben. Inzwischen ist das Gen bekannt. Es wird ganz normal auf die Nachkommen vererbt, tritt aber erst dann in Funktion, wenn die Schnecke Chloroplasten mit der Nahrung aufgenommen hat.

Material 3

Osmoregulation bei Wassertieren

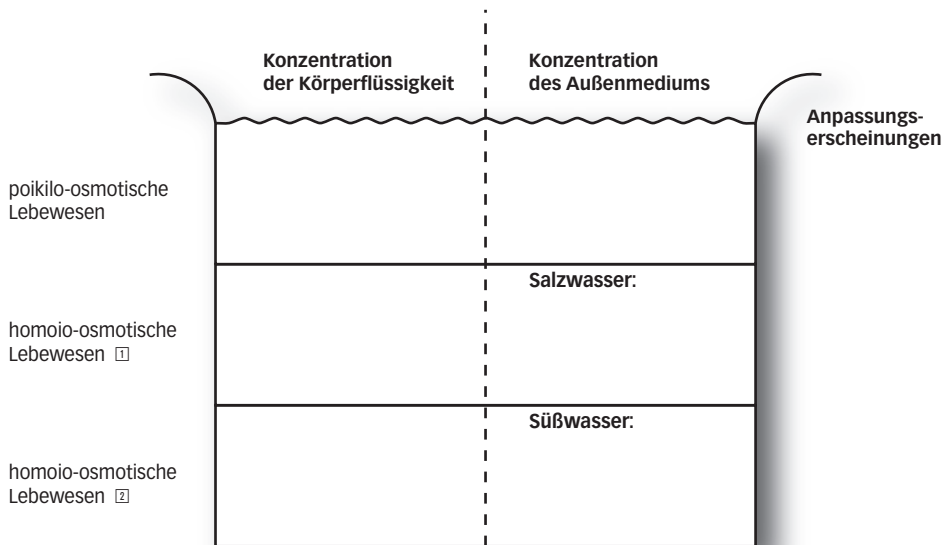


Abb. 3: Vorlage für eine schematische Darstellung der Osmoregulation bei Wassertieren

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Erläutern Sie die Ernährungsweise von *E. chlorotica*. Beschreiben Sie kurz alle hier maßgeblichen und in den Darmzellen von *E. chlorotica* ablaufenden Stoffwechselreaktionen.

Aufgabe 2

Material 2 zeigt in vereinfachter Form die „Endosymbiontentheorie“.

Erläutern Sie die hier veranschaulichte Vorstellung über die Entstehung eines autotrophen Eukaryoten unter besonderer Berücksichtigung der Chloroplastenentstehung.

Aufgabe 3

Formulieren Sie eine Hypothese, mit der die evolutive Entstehung von *E. chlorotica* erklärt werden kann, und stellen Sie anschließend diesen Vorgang unter Einarbeitung möglicher Evolutionsfaktoren als Fließdiagramm dar.

Aufgabe 4

Erklären Sie den Begriff „horizontaler Gentransfer“ und begründen Sie, weshalb bei der Meeresschnecke *E. chlorotica* ein horizontaler Gentransfer vorliegt.

Aufgabe 5

Ordnen Sie den Wasserhaushalt von *E. chlorotica* (vgl. Kontext) begründend in das Schema (Abb. 3, Material 3) ein und vervollständigen Sie es so, dass alle Formen der Osmoregulation bei im Wasser lebenden Tieren veranschaulicht werden. Erklären Sie die jeweiligen Vorgänge.

Anforderungsbereiche

Teilaufgabe	Anforderungsbereich
1	I und II
2	II
3	II und III
4	II
5	III

Erwartungshorizont

Zu Aufgabe 1

- Nutzung von Lichtenergie verlangt fotosynthetisch aktive Pigmente
- Von den Algen übernommene, aktive Chloroplasten ermöglichen die Kohlenhydratsynthese
- → *E. chlorotica* nutzt die Fotosyntheseaktivität der „erbeuteten“ Chloroplasten, um sich Kohlenhydrate zu verschaffen, die bei der anschließenden Zellatmung dissimiliert werden → Energiegewinn

Fotosynthese:

- Primärreaktionen: zunächst Fotolyse des Wassers, Elektronenentzug aus Fotosystem II und I, Elektronentransport über Redoxsysteme → Herstellung des Energieäquivalents ATP mithilfe der ATP-Synthase, die durch passiven H^+ -Rückstrom energetisch unterstützt wird, und des Reduktionsäquivalents $NADPH+H^+$ als Ergebnis der Aufnahme der transportierten Elektronen und H^+ aus dem Wasser
- Sekundärreaktionen: CO_2 -Aufnahme durch das ständig regenerierte Ribulosebisphosphat, unter Nutzung von ATP und $NADPH+H^+$ im Calvin-Benson-Zyklus Herstellung von Glucose → Speicherkohlenhydrate