Zelluläre und molekulare Mechanismen der Gedächtnisbildung bei *Aplysia*

Autorinnen: Dr. Monika Pohlmann und Kristina Walder

Vorausgesetztes Fachwissen **2**

Material **3**
M 1: Der Kiemenrückziehreflex der Meeresschnecke *Aplysia* 3
M 2: Kurzzeit-Sensitivierung bei *Aplysia* 4
M 3: Kurzzeit-Habituation bei *Aplysia* 7
M 4: Langzeit-Sensitivierung *Aplysia* 8
M 5: Aufgabenstellungen 9

Lösungsvorschläge **10**

Literatur **16**

Kompetenzprofil

- Niveau: weiterführend, vertiefend
- Fachlicher Bezug: Neurobiologie, Lernen auf zellulärer und molekularer Ebene, Reflex, Kurzzeit-Sensitivierung, Langzeit-Sensitivierung, Habituation
- Methode: Leistungskontrolle
- Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Entwicklung, System
- Erkenntnismethoden: Modelle beschreiben und erklären, Experimentaldaten beschreiben und deuten, qualitative und quantitative Zusammenhänge ableiten, begründete Hypothesen aufstellen
- Kommunikation: Erkenntnisse sprachlich und fachlich korrekt in Fachtexten darstellen, Modellvorstellungen dokumentieren, biologische Aussagen sachlich begründet beurteilen
- Reflexion: Kritische Beurteilung von Behauptungen
- Inhalt in Stichworten: Aufbau und Funktion von Neuronen, neuronale Informationsverarbeitung, Lernprozesse der Meeresschnecke *Aplysia*, Kiemenrückziehreflex, Second-Messenger, Habituation, Sensitivierung

VORSCHAU

netzwerk lernen

zur Vollversion

Zelluläre und molekulare Mechanismen der Gedächtnisbildung bei *Aplysia*

Vorausgesetztes Fachwissen

Zur Bewältigung dieser Leistungskontrolle, ist Vorwissen zum Aufbau und der Funktion von Neuronen sowie zur neuronalen Informationsverarbeitung nötig. Darüber hinaus sollten charakteristische Forschungsmethoden der Neurobiologie bekannt sein. Gegenstand des vorbereitenden Unterrichts sollte der Kiemenrückziehreflex der Meeresschnecke *Aplysia* sein. *Aplysia,* eines der ersten Untersuchungsobjekte der neurobiologischen Grundlagenforschung, ermöglichte dem späteren Nobelpreisträger Eric Kandel bahnbrechende Entdeckungen.

Die Schülerinnen und Schüler (SuS) sollten mit dem Aufbau und der Funktion von Reflexwegen und mit den Lernformen Sensitivierung und Habituation vertraut sein. Insbesondere sollten die neuronalen Verschaltungen und die Reflexantworten von *Aplysia*, die der Habituation und der Sensitivierung zugrunde liegen, im Unterricht thematisiert worden sein.

Diese Leistungskontrolle basiert auf Entdeckungen zur Second-Messenger-Übertragung. Daher sollten die SuS über ein fundiertes Vorwissen zu G-Protein-gekoppelten Rezeptoren und Signalkaskaden verfügen. Die SuS sollten diese Rezeptoren insbesondere von einfachen ionotropen Rezeptoren unterscheiden können. Des Weiteren weisen die SuS Kompetenzen auf, die komplexe Organisation des Gedächtnisses, sowohl zeitlich als auch inhaltlich, darzustellen. Neben der Erläuterung des Gedächtnisses werden auch Kenntnisse zur Charakteristik verschiedener Lernprozesse vorausgesetzt.

Aufgaben	1	2	3	4	5
Rohpunkte	17	20	17	6	6
AFB	I	II	I/II	III	III

VORSCHAU

netzwerk lernen

RAABE UN

zur Vollversion

M 1 Der Kiemenrückziehreflex der Meeresschnecke *Aplysia*

Der Neurowissenschaftler KANDEL und sein Forscherteam untersuchten den Kiemenrückziehreflex der Meeresschnecke *Aplysia californica* an einem Ganglion der hinteren Bauchregion, um die zellulären Mechanismen der Gedächtnisspeicherung zu identifizieren. Zu diesem Zweck reizten die Forscher den Siphon mit einem Pinsel und den Schwanz mit einem Elektroschock, leiteten die Erregungen intrazellulär ab und testeten die Stärke der synaptischen Verbindung.

Wikimedia/Genny Anaderson/CC BY-SA 4.0

Abb. 1: *Aplysia* mit Tintenwolke zur Abwehr

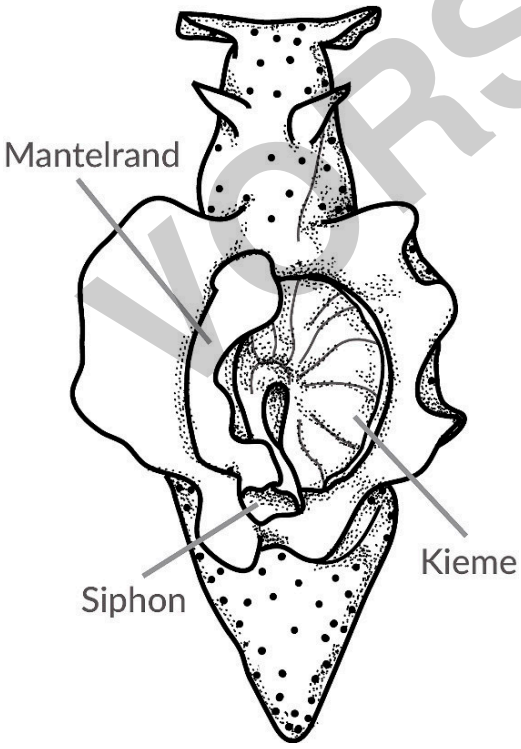
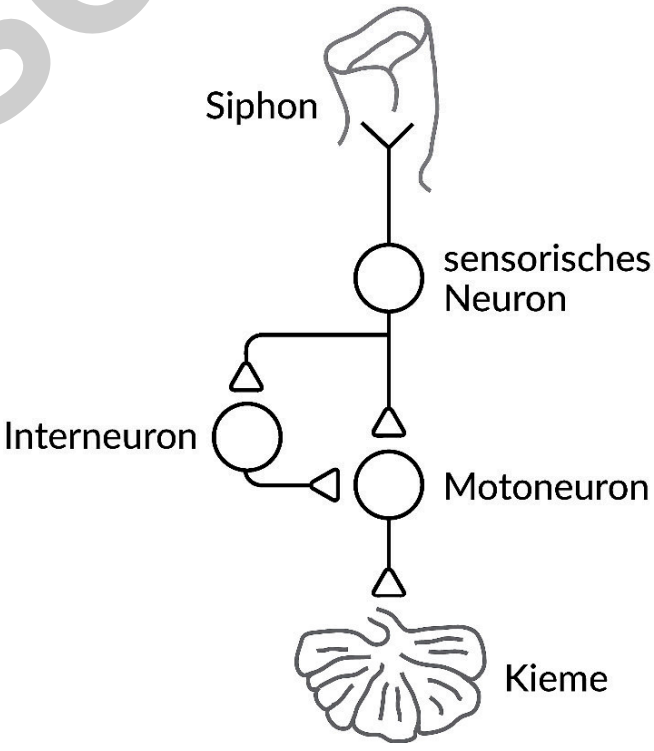


Abb. 2: Rückenansicht von *Aplysia*



Grafiken: Hans Schuhmacher

Abb. 3: Reflexweg des Kiemenrückzugs der *Aplysia*

VORSCHAU

netzwerk lernen

zur Vollversion

Das EPSP in Abbildung 6 wurde aus einem Motoneuron der Kieme in Antwort auf Reizung des sensorischen Neurons am Schwanz alle zehn Sekunden abgeleitet.

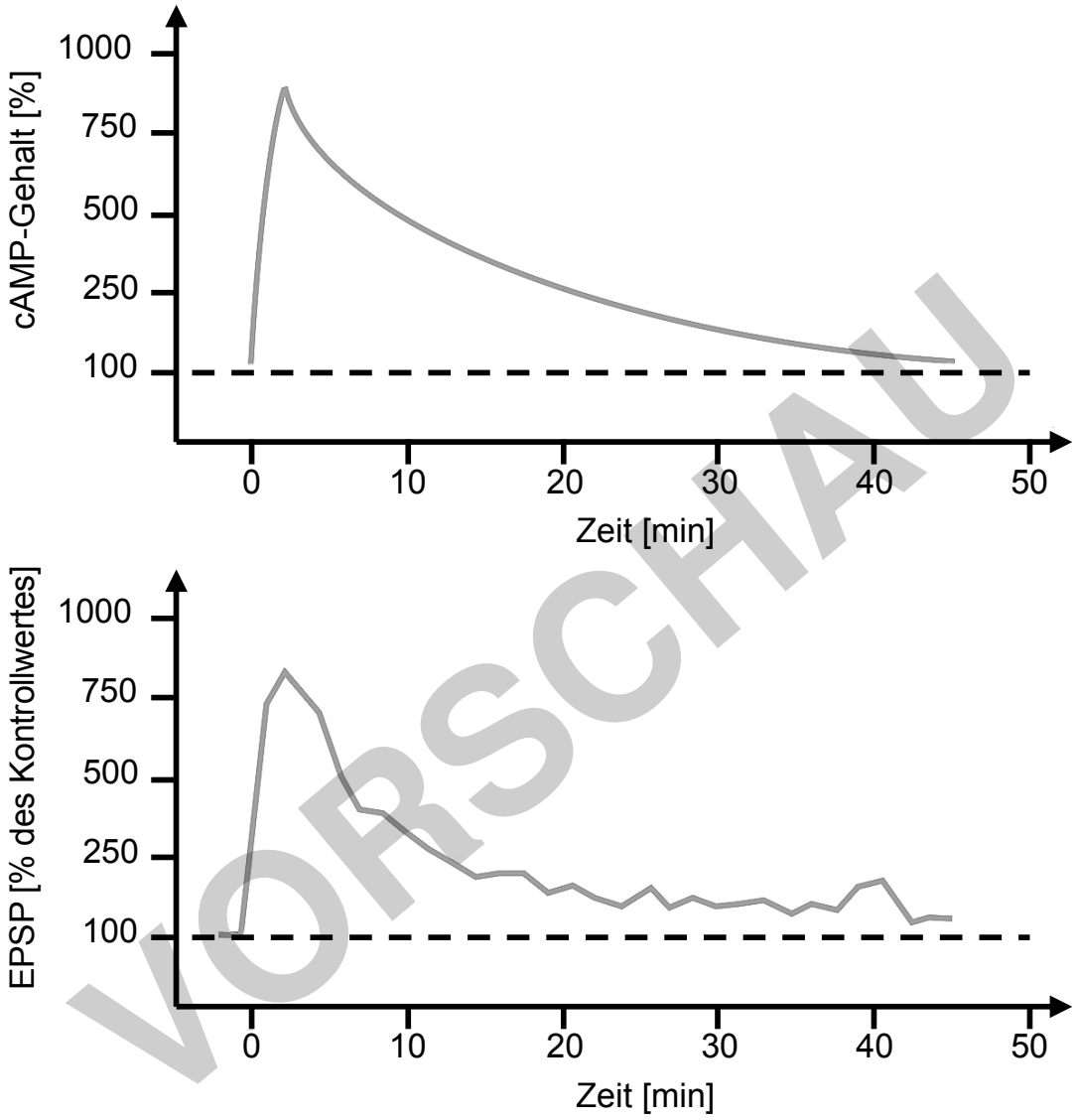


Abb. 6: Zeitverlauf der cAMP-Konzentration und EPSP-Messung im Ganglion von *Aplysia*

VORSCHAU

netzwerk lernen

RAABE UN

zur Vollversion

M 3 Kurzzeit-Habituation bei *Aplysia*

Weiterhin analysierte KANDEL mit seiner Arbeitsgruppe die molekularen Mechanismen der Kurzzeit-Habituation und verglich sie mit einer Gruppe von Kontrolltieren. Eine Kurzzeit-Habituation tritt nach mehrmaliger Reizung des Siphons der Meeresschnecke ein. Die Forschungsergebnisse sind in Abbildung 7 visualisiert.

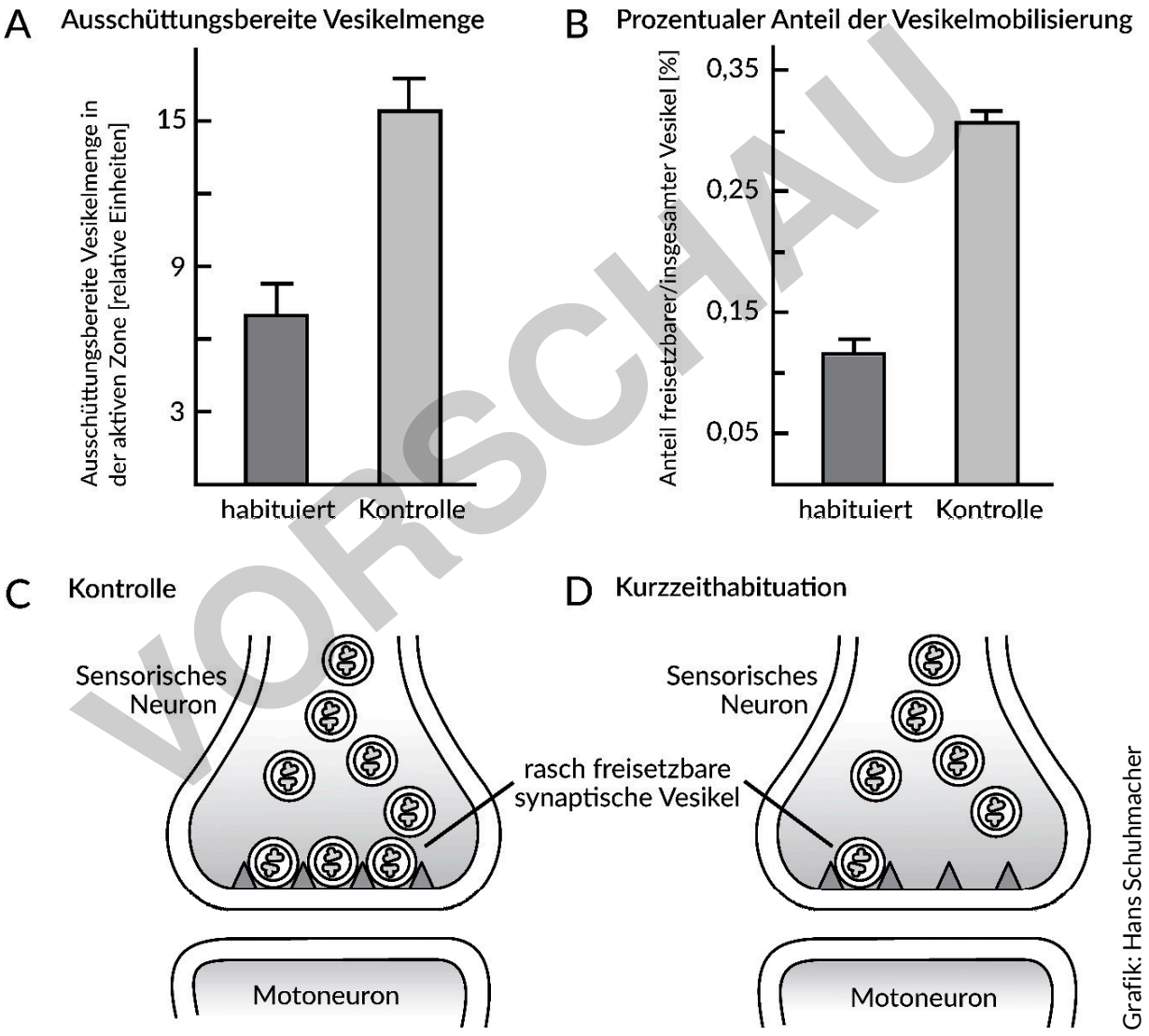


Abb. 7: Kurzzeit-Habituation bei *Aplysia*

VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion

Lösungsvorschläge

	Inhaltliche Leistungen	Max. Punkte (AF)
	Der Prüfling …	
1	… beschreibt den Aufbau und die Funktionsweise des Reflexweges für den Kiemenrückzug der Meeresschnecke *Aplysia* (**M 1/2**):	10 (I)
	• Der einfache Reflexweg, der in Abb. 3 dargestellt ist, beginnt mit sensorischen Neuronen, die den Siphon innervieren. Sie leiten die Erregung anschließend entweder direkt an die Motoneuronen der Kieme weiter oder indirekt über Interneuronen.	2
	• Eine einmalige neutrale Reizung des Siphons aktiviert die sensorischen Neuronen des Siphons, die die Motoneuronen der Kieme erregen, um die Kieme zurückzuziehen. Nach mehrmaliger Reizung des Siphons mit einem Pinsel wird das Tier eine schwächere Reflexantwort zeigen.	2
	• Die neuronale Verschaltung, die in Abb. 4 dargestellt ist und der Sensitivierung zugrunde liegt, ist dagegen von höherer Komplexität. Die sensorischen Neuronen des Schwanzes von *Aplysia* bilden Synapsen mit Interneuronen, welche wiederum sowohl mit den Somata als auch mit den präsynaptischen Endigungen sensorischer Neuronen des Siphons in synaptischem Kontakt stehen. Die Signale aus beiden Verschaltungen werden den Motoneuronen weitergeleitet.	3
	• Infolge der Reizung der Meeresschnecke am Schwanz mit Elektroschocks werden die sensorischen Neuronen des Schwanzes aktiviert. Diese Nervenzellen wiederum leiten die Signale an Interneuronen weiter, die synaptischen Kontakt zu den sensorischen Neuronen des Siphons herstellen. Die Eingangssignale werden an den Motoneuronen der Kieme verrechnet und lösen Aktionspotenziale für ein reflexartiges, starkes Zurückziehen der Kieme aus.	3
	… benennt und erläutert die untersuchte Gedächtnisform und ihre Komponenten:	4

VORSCHAU

netzwerk lernen

RAABE UN

zur Vollversion