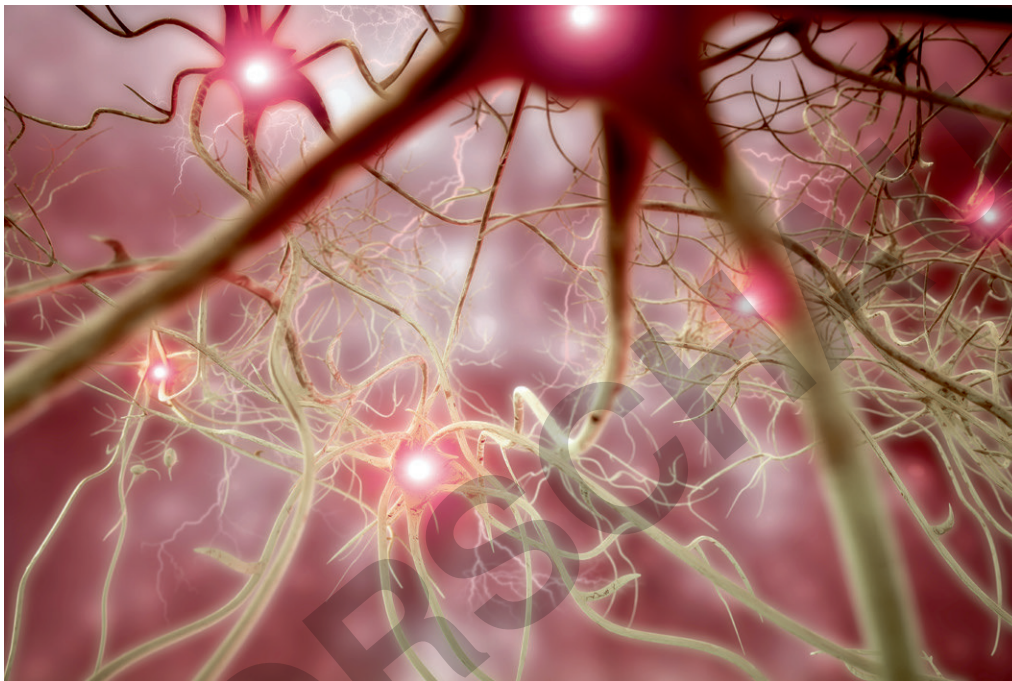


II.G.1.7

Reizphysiologie

Neuronen – Prinzip der elektrischen und stofflichen Informationsübertragung

Ein Beitrag von Dr. Stefan Löffler und Dr. Mignon Löffler-Ensgraber
Mit Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier



© RAABE 2020

© 4X-image/E+

Die Schüler setzen sich mit den Grundprinzipien der Informationsübertragung bei Neuronen auseinander. Dabei lernen sie nach dem Grundsatz „die Form bestimmt die Funktion“ zunächst den Aufbau eines Neurons kennen, um sich anschließend den elektrischen Vorgängen der Informationsübertragung am Axon und den stofflichen Vorgängen an den Synapsen und deren Beeinflussung zu widmen. Ebenso wird die Informationsverrechnung vieler Neuronen betrachtet. Durch Teamarbeit, insbesondere durch eine Performance zu den neuronalen Vorgängen, trainieren die Schüler ihre soziale und kommunikative Kompetenz.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	Sek II
Dauer:	5 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Grundprinzipien der Informationsübertragung an Neuronen verstehen; 2. Soziale und kommunikative Kompetenzen trainieren
Thematische Bereiche:	Neurobiologie

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, G = Glossar, Tx = Info-Text, Tk = Tippkarte, LEK = Lernerfolgskontrolle

1./2. Stunde

Thema: Der Begriff „Ruhe“ und die Hardware der Informationsübertragung: die Neuronen

- M 1** (Ab) **Assoziationen mit dem Begriff „Ruhe“**
M 2 (Ab/Tx) **Die Neuronen: Hardware der Informationsübertragung**
M 3 (Tk) **Tippkarte zum Neuronen-Modell**

3./4. Stunde

Thema: Die elektrische Informationsübertragung am Axon und eine Performance

- M 4** (Ab/Tx) **Die elektrische Informationsübertragung am Axon**
M 5 (Tk) **Tippkarten zur elektrischen Informationsübertragung**
M 6 (Ab) **Anleitung für ein Performance: die elektrische Informationsübertragung am Axon**

5. Stunde

Thema: Die stoffliche Informationsübertragung an der Synapse und Wege der Beeinflussung

- M 7** (Ab/Tx) **Die stoffliche Informationsübertragung an der Synapse und Wege der Beeinflussung**

6. Stunde

Thema: Klausur

- M 8** (LEK) **Informationsübertragung an Neuronen: Klausur**

Glossar

- M 9** (G) **Glossar**

M 2

Die Neuronen: Hardware der Informationsübertragung



Aufgabe 1

Bilden Sie mit vier bis fünf Personen eine Arbeitsgruppe und lesen Sie den Info-Text durch.

Hinweis: Rezeptorzellen werden auch Sensorzellen oder Sinneszellen genannt.

Info-Text

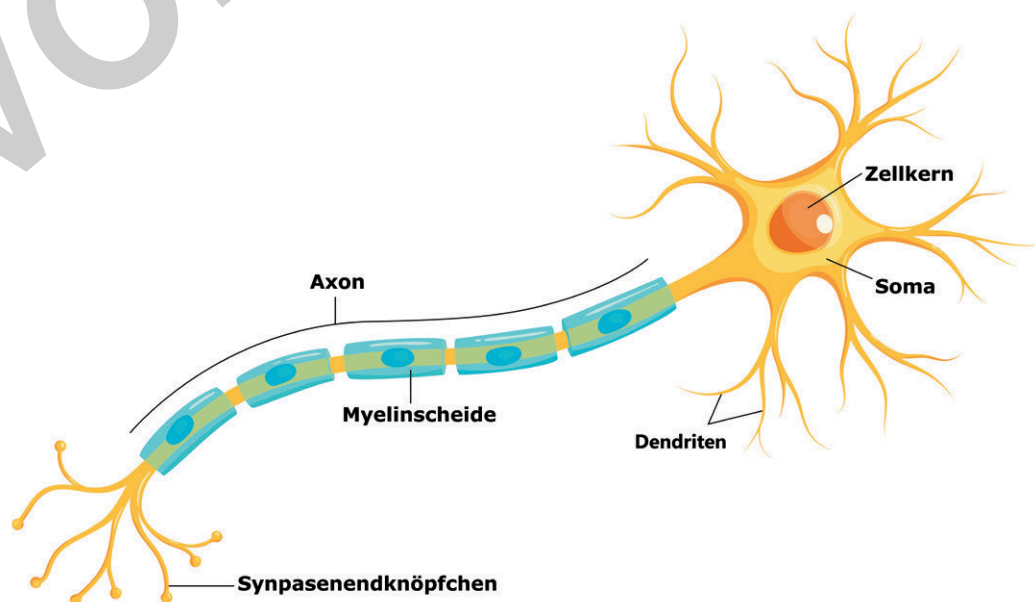
Rezeptorzellen nehmen Reize auf und wandeln diese Reize in Erregungen um, die sie an Neuronen (Nervenzellen) weiterleiten. Das Neuron ist die kleinste Einheit, die für die Informationsverarbeitung verantwortlich ist. Das macht eine Vernetzung mit anderen Neuronen notwendig. Schließlich wird die Erregung an die entsprechend zu reagierenden Muskel- oder Drüsenzellen geleitet.

Jedes Neuron besteht aus

- dem Zellkörper, auch Soma genannt. Hier befinden sich der Zellkern und weitere Zellorganellen wie Mitochondrien, raues und glattes endoplasmatisches Retikulum (ER), sowie der Golgi-Apparat. Die hohe Zahl an ER weist darauf hin, dass die Neuronen eine hohe Zellaktivität haben müssen. Vom Soma gehen viele Fortsätze aus.
- Die Dendriten sind fein verästelte Nervenzellfortsätze. Sie gehen vom Soma aus und bilden die Kontaktstelle für andere Zellen.
- Bei dem Axon handelt es sich um einen einzelnen langen Fortsatz, der bis zu einem Meter lang sein kann und die Erregung an andere Zellen weiterleitet. Am Ende des Axons können sich Verästelungen, wie an einem Baum, bilden. Diese Verästelungen bilden an ihren Enden kleine Verdickungen, die man als Synapsenendknöpfchen bezeichnet. Bis zu 10.000 solcher Endknöpfchen kann ein Neuron bilden. Diese legen sich an andere Neuronen an. Die Einheit zwischen zwei Neuronen nennt man Synapse.

Bei Wirbeltieren sind die meisten Neuronen sogenannte markhaltige Neuronen: Sie sind von einer lipid- und proteinreichen Hülle umwickelt, der sogenannten Myelinscheide (auch Markscheide genannt). Diese Hülle ist zwischendurch immer wieder kurz unterbrochen, sodass die Zellmembran des Axons an diesen Stellen frei liegt. Man bezeichnet diese Stellen als Ranvier-Schnürring. Durch die Einhüllung des Axons wird eine deutlich schnellere Signalweiterleitung erreicht.

Mehrere Neuronen können nun, jeweils getrennt durch eine Bindegewebsschicht, wie ein mehrstrahliges Elektrokabel gebündelt sein und bilden so einen mikroskopisch sichtbaren Nerv.

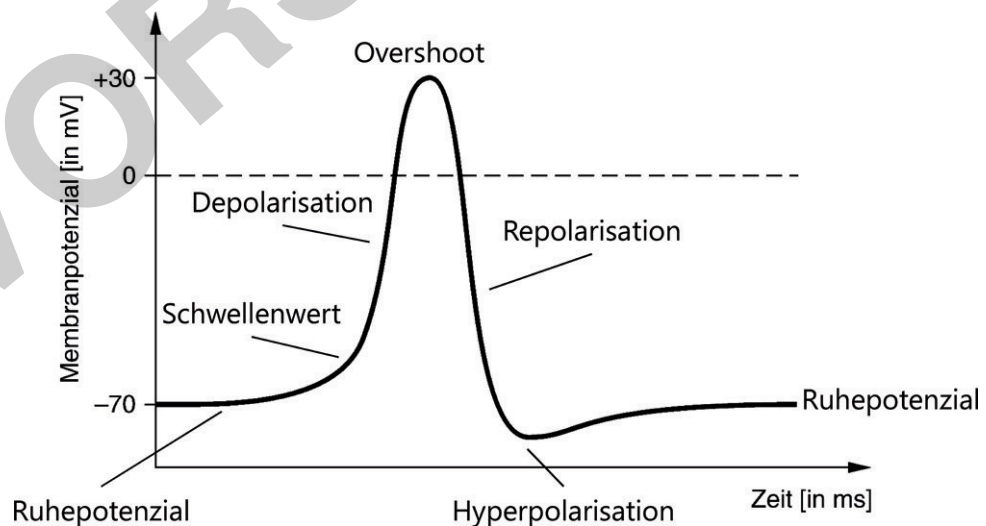


© Vitalii Dummal/Stock/Getty Images Plus

Das Aktionspotenzial

Beim Ablauf eines Aktionspotenzials, auch Nervenimpuls genannt, unterscheidet man mehrere Phasen:

1. **Ruhepotenzial:** Voraussetzung ist, dass sich der entsprechende Membranbereich des Axons im Ruhepotenzial befindet. Dabei beträgt das Membranpotenzial ca. -70 mV. Die negative Ladung liegt also im Zellinnern.
2. **Schwellenwert:** Nach dem Alles-oder-nichts-Gesetz muss ein bestimmter Schwellenwert (ca. -50 mV) erreicht werden, sonst wird kein Aktionspotenzial ausgelöst und der Reiz nicht weitergeleitet. Wird der Schwellenwert überschritten, so kommt es zu einem Aktionspotenzial, das immer einen schematisch gleichen Verlauf zeigt; d. h., die Amplitude ist immer identisch (Dauer: etwa 1 ms).
3. **Depolarisation:** Wird der Schwellenwert überschritten, öffnen sich schlagartig Natriumkanäle in der Membran, sodass positiv geladene Natrium-Ionen in das Zellinnere eindringen können. 1 bis 2 ms lang sind diese Poren geöffnet. Hierdurch wird die Ladung im Zellinneren schlagartig positiver. Die Kaliumkanäle sind währenddessen geschlossen. Es können Werte von ca. $+30$ mV gemessen werden. Liegt das Membranpotenzial im positiven Bereich, bezeichnet man diese besondere Phase der Depolarisation als Umpolarisation, oder auch Overshoot.
4. **Repolarisation:** Die Natriumkanäle sind bereits geschlossen. Es öffnen sich die Kaliumkanäle mit der Folge, dass relativ schnell viele positiv geladene Kalium-Ionen aus der Zelle strömen. Die Ladung im Zellinneren wird zunehmend wieder negativer.
5. **Hyperpolarisation:** Da sich die Kaliumkanäle nur verzögert schließen und somit vermehrt Kalium-Ionen nach außen strömen können, können vorübergehend negativere Werte als das Ruhepotenzial erreicht werden. In dieser Phase sind aufgrund der Inaktivität der Natrium- und Kaliumkanäle keine weiteren Aktionspotenziale möglich. Dies bezeichnet man als Refraktärphase, welche ca. 2 ms anhält.
6. **Ruhepotenzial:** Die Natrium-Kalium-Pumpe reguliert nun den Austausch der Ionen, bis die Spannung wieder ca. -70 mV erreicht und ein neues Aktionspotenzialmöglich ist.



© Dr. Wolfgang Zettlmeier

M 7

Die stoffliche Informationsübertragung an der Synapse und Wege der Beeinflussung



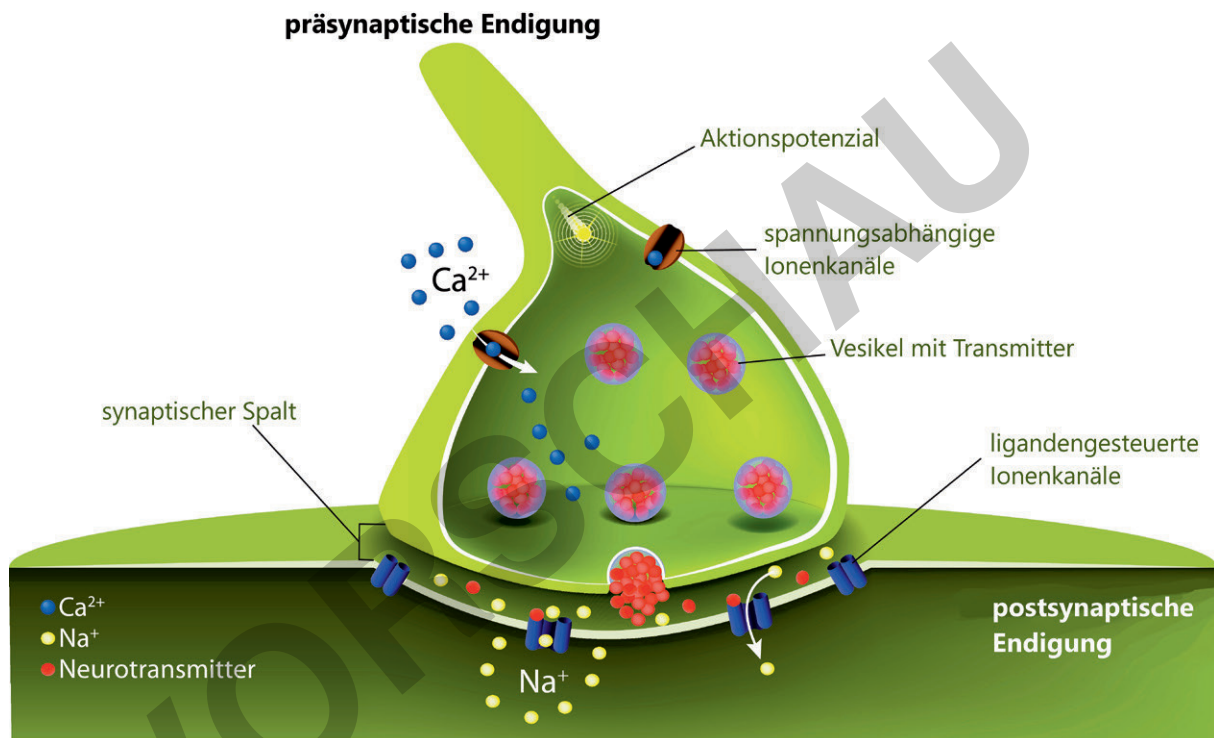
Aufgabe 1

Arbeiten Sie in Zweiergruppen. Lesen Sie sich zunächst den Info-Text durch.

Info-Text

Bei Synapsen unterscheidet man drei Bereiche:

1. Präsynaptische Endigung im Bereich des Axons
2. Synaptischer Spalt
3. Postsynaptische Endigung im Bereich des Dendriten



Hier wird eine exzitatorische Synapse dargestellt. Ebenso gibt es inhibitorische Synapsen, welche die Bildung eines Aktionspotenzials am Axon verhindern.

© ttsz/Stock/Getty Images Plus

Erreicht ein Aktionspotenzial eine Synapse, werden folgende Vorgänge ausgelöst:

An der präsynaptischen Endigung werden spannungsabhängige Calciumkanäle geöffnet. Positiv geladene Calcium-Ionen diffundieren in das Zellinnere. Der Anstieg der positiv geladenen Calcium-Ionen bewirkt, dass die mit Neurotransmittern gefüllten Vesikel in Richtung des synaptischen Spalts gedrückt werden und dort mit der Membran der präsynaptischen Endigung verschmelzen und ihren Inhalt in den synaptischen Spalt entlassen.

Die Transmittermoleküle diffundieren zur postsynaptischen Membran und binden an Rezeptoren. Die Rezeptoren bewirken eine Öffnung der Ionenkanäle, sobald Neurotransmitter binden. Positiv geladene Natrium-Ionen strömen in der Folge durch die Membran der postsynaptischen Endigung. Wenn hierdurch der erforderliche Schwellenwert am Axonhügel erreicht wird, startet im Axon ein Aktionspotenzial.