



Nervensystem

mit Ausblick auf
Gehirnerschütterungen im Eishockey –
Risiken, Folgen und Langzeitschäden
im Gehirn

Lektionsreihe

Lektion 1 von 5

Gehirnerschütterung und Zentrales Nervensystem (ZNS)

Check an der Eishockey WM 2023

Video: [IIHF Monster hit ✨ #canada #norway #hockey #iihfworlids #short #teamcanada](#)



Lernziele

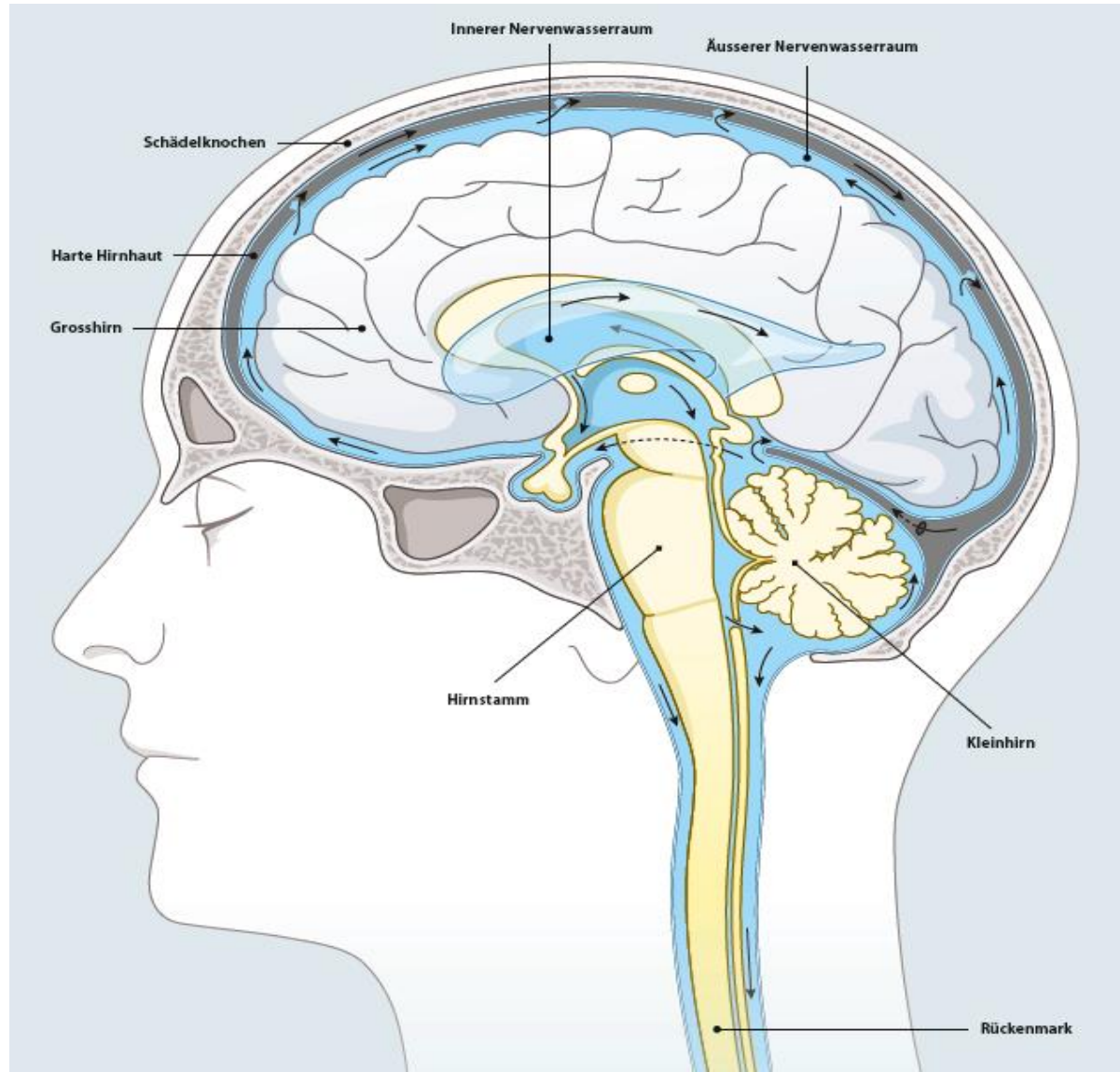
- Die Lernenden verstehen anhand eines Experiments, was eine Gehirnerschütterung ist, wie sie entsteht und können dies in eigene Worte fassen.
- Die Lernenden können den Aufbau des Zentralnervensystems (ZNS) erklären und die Funktionen der einzelnen Bestandteile (Gehirn, Rückenmark, graue und weisse Substanz sowie Gliazellen) beschreiben.

Definition Gehirnerschütterung

«Eine Gehirnerschütterung ist eine vorübergehende neurologische Funktionsstörung, ausgelöst durch ein Trauma mit konsekutiver Störung der Gehirnfunktion auf zellulärer Ebene.»

(Gänsslen et al., 2023)

Physiologie des Gehirns/ Schädels

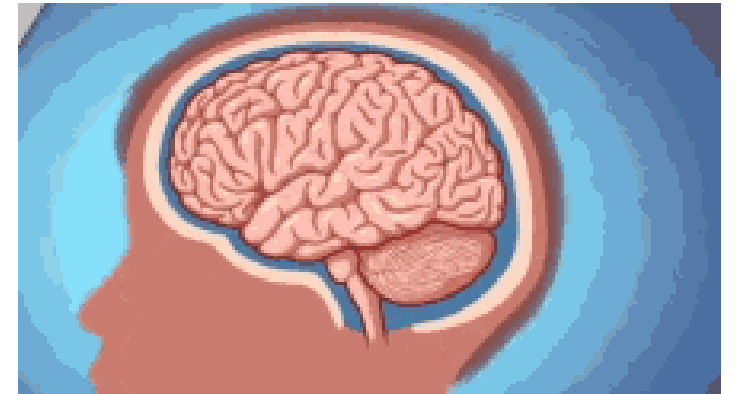


Experiment

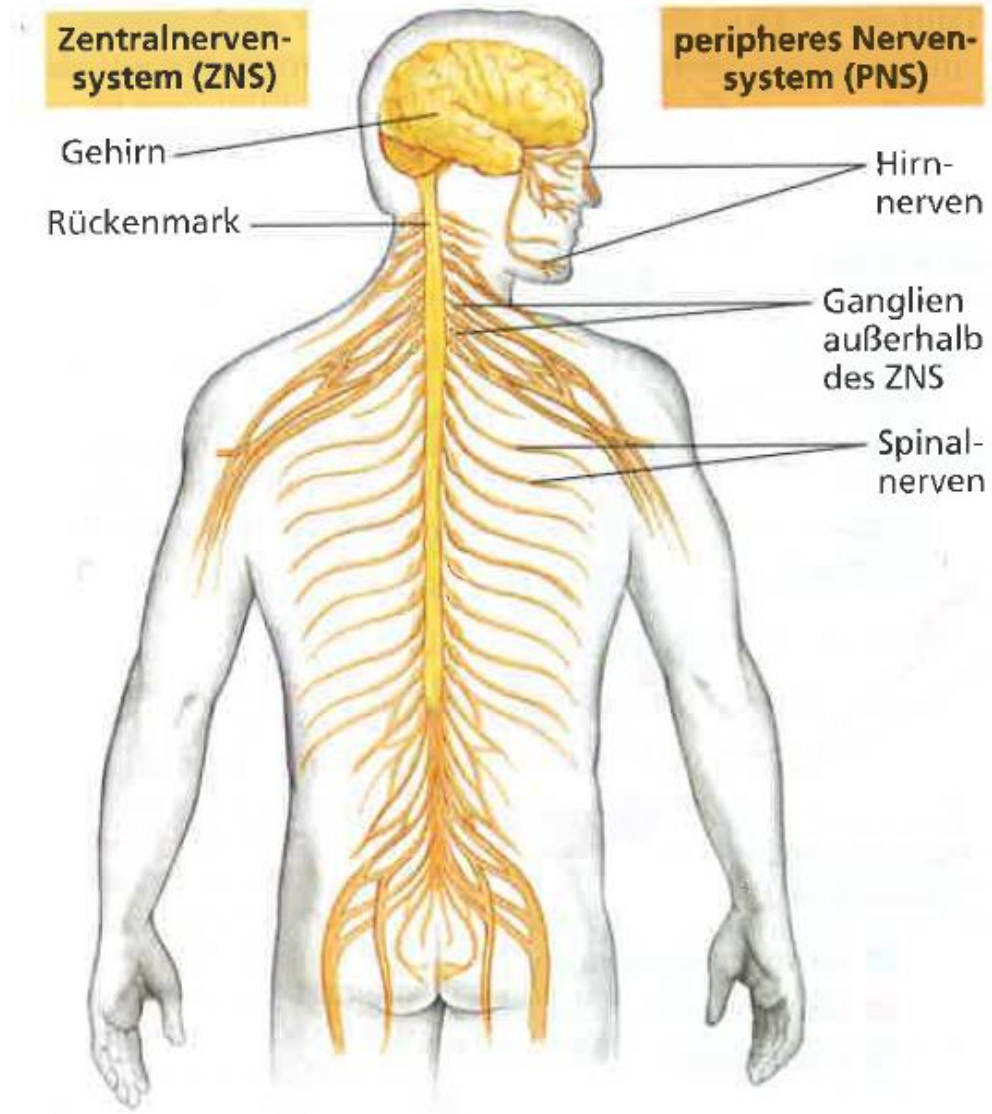
Was passiert bei
einer Gehirn-
erschütterung ?



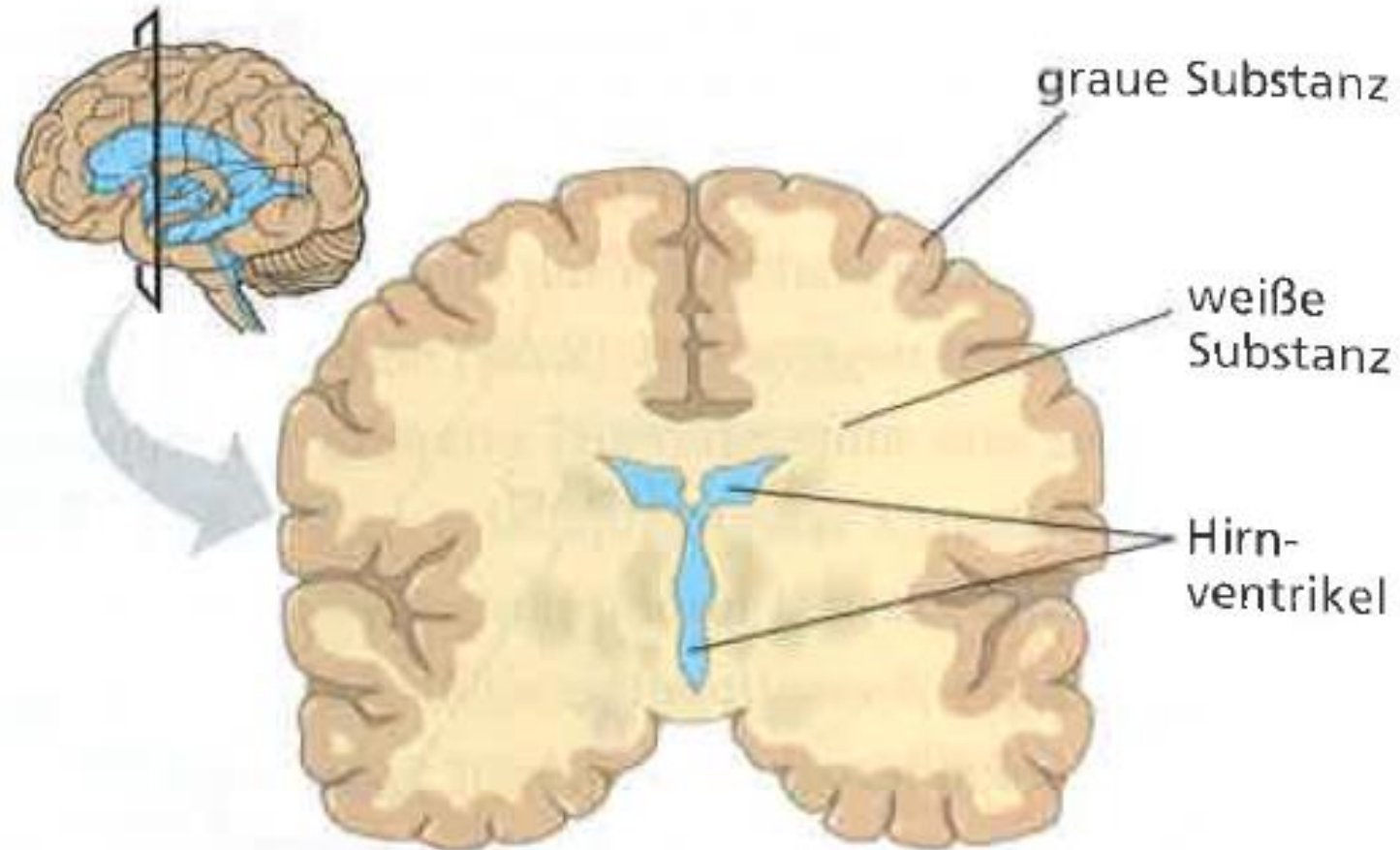
Verdeutlichung
des Experiments



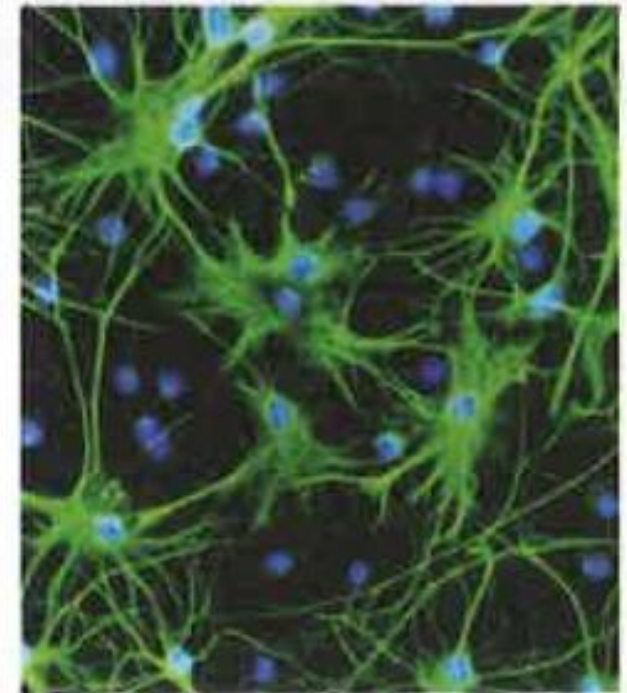
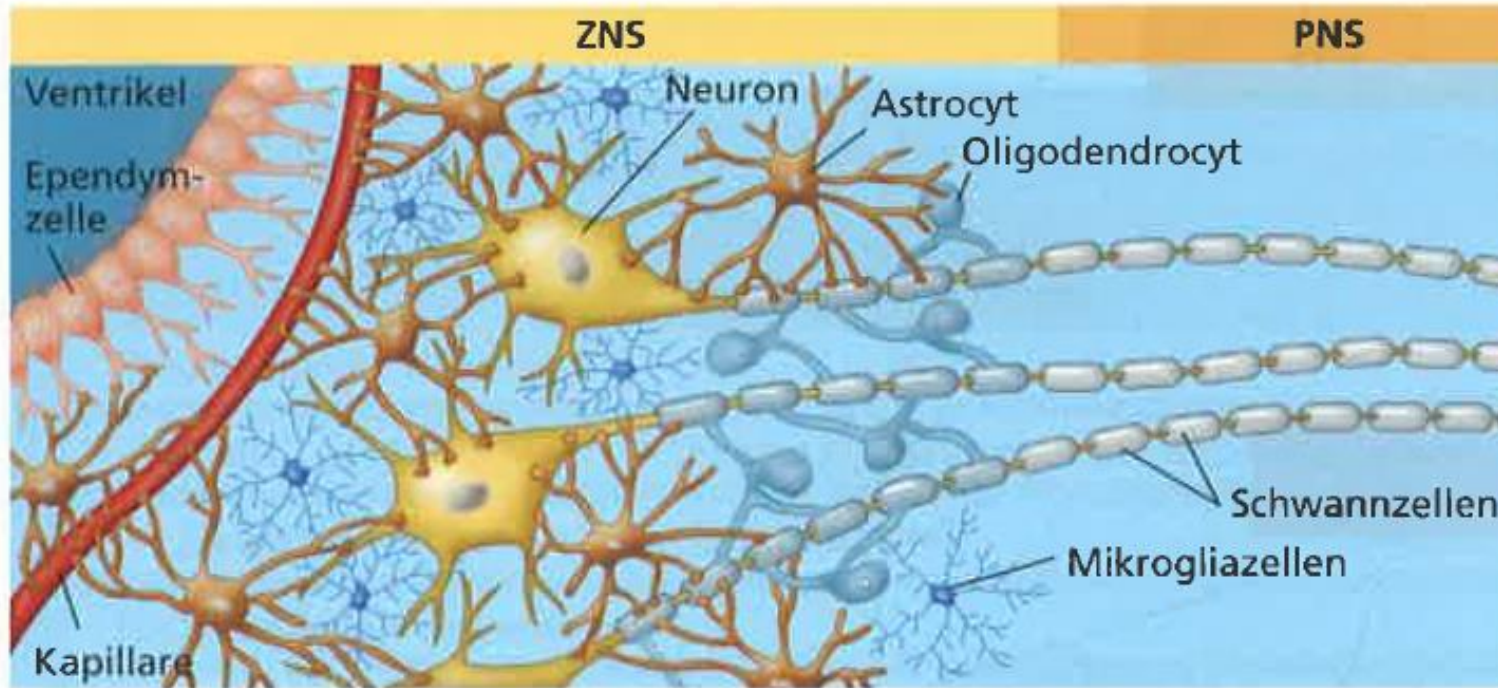
Aufbau menschliches Nervensystem



Graue und weisse Substanz



Gliazellen



Auftrag im Skript, S. 3 und 4

Fragen zum Thema lösen im Skript auf Seite 3 und 4 (8'):

Frage 1: Erkläre den Unterschied zwischen der weissen und der grauen Substanz im Gehirn und Rückenmark.

Frage 2: Nenne und beschreibe drei wichtige Typen von Gliazellen im ZNS und ihre Funktion.

Frage 3 (optional): Nach einer Gehirnerschütterung klagen viele Patienten über vorübergehende Kopfschmerzen. Welche Strukturen des ZNS sind dabei besonders betroffen, und welche Rolle könnten Gliazellen bei der Erholung spielen?

Lösungen Auftrag Skript, S.3

Frage 1: Erkläre den Unterschied zwischen der weissen und der grauen Substanz im Gehirn und Rückenmark.

Graue Substanz enthält Nervenzellkörper, Dendriten und Synapsen und ist für die Verarbeitung von Informationen zuständig.

Weisse Substanz besteht hauptsächlich aus myelinisierten Axonen, die Signale über weite Strecken leiten.

Lösungen Auftrag Skript, S.4

Frage 2: Nenne und beschreibe drei wichtige Typen von Gliazellen im ZNS und ihre Funktion.

Astrozyten: Unterstützen Neurone, regulieren das chemische Milieu und bilden die Blut-Hirn-Schranke.

Oligodendrozyten: Bilden Myelinscheiden um Axone im ZNS, was die Signalweiterleitung beschleunigt.

Mikrogliazellen: Agieren als Immunzellen des ZNS, indem sie Krankheitserreger und Zelltrümmer entfernen.

Lösungen Auftrag Skript, S.4

Frage 3 (optional): Nach einer Gehirnerschütterung klagen viele Patienten über vorübergehende Kopfschmerzen. Welche Strukturen des ZNS sind dabei besonders betroffen, und welche Rolle könnten Gliazellen bei der Erholung spielen?

Betroffene Strukturen: z.B. graue Substanz, Quetschungen oder Mikroblutungen (durch Aufprall/ Unfall/ Schlag etc.).

Oder auch weisse Substanz, dies kann zur Dehnung oder Schädigung myelinisierter Axone führen.

Rolle der Gliazellen: z.B. Mikrogliazellen, Entfernung geschädigter Zellstrukturen.

Oligodendrozyten, helfen beschädigte Myelinscheiden zu reparieren.

Astrozyten, Unterstützung Regeneration durch regulieren des chemischen Gleichgewichts.

Zusammenfassung und Ausblick

Lernziele:

- Die Lernenden verstehen anhand eines Experiments, was eine Gehirnerschütterung ist, wie sie entsteht und können dies in eigene Worte fassen.
- Die Lernenden können den Aufbau des Zentralnervensystems (ZNS) erklären und die Funktionen der einzelnen Bestandteile (Gehirn, Rückenmark, graue und weisse Substanz sowie Gliazellen) beschreiben.

Ausblick: Aufbau und Funktion des Periphere Nervensystems (PNS) und Aufbau eines Neurons.

Lektion 2 von 5

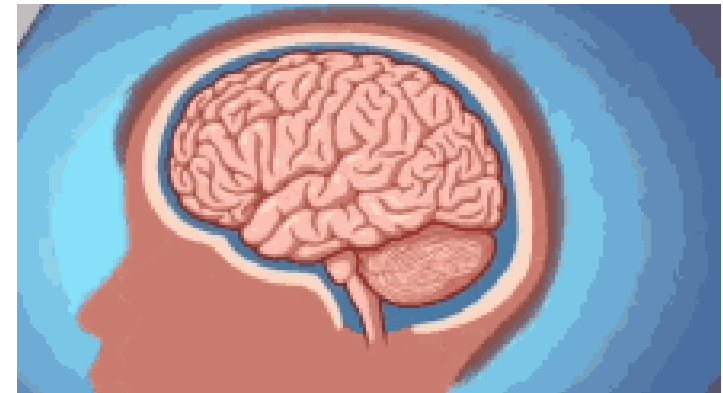
Peripheres Nervensystem (PNS) und Aufbau eines Neurons

Rückblick letzte Lektion

Wie wird eine Gehirnerschütterung definiert?

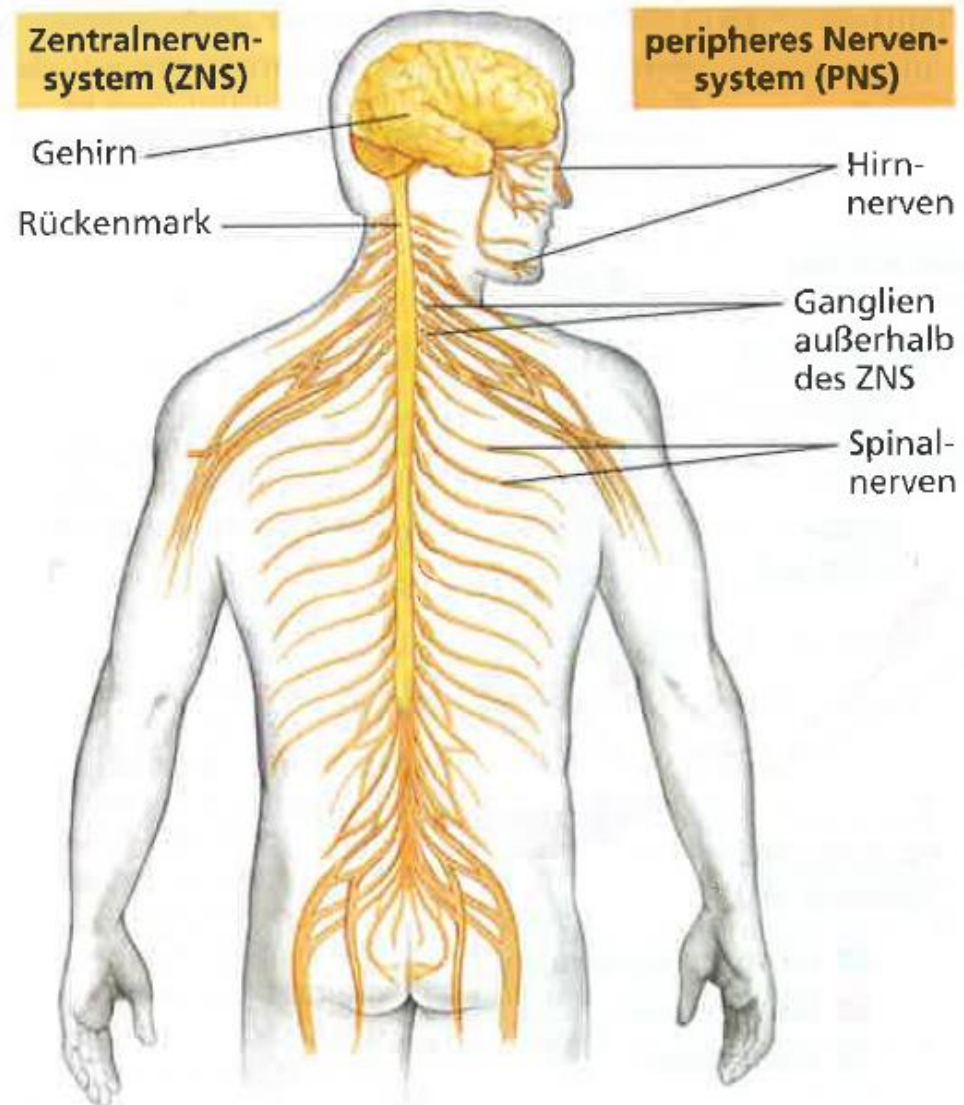
«Eine Gehirnerschütterung ist eine vorüber-gehende neurologische Funktionsstörung, ausgelöst durch ein Trauma mit konsekutiver Störung der Gehirnfunktion auf zellulärer Ebene.»

(Gänsslen et al., 2023)



Rückblick: Aufbau menschliches Nervensystem

Aus was besteht das ZNS?
Welche Funktion haben die
einzelnen Bestandteile?



Lernziele

- Die Lernenden können den Aufbau und die Funktion des peripheren Nervensystems (PNS) und dessen Verbindung zum zentralen Nervensystem (ZNS) erklären.
- Die Lernenden können anhand einer Grafik ein Neuron beschriften und aufzeigen, wo ein elektrisches Signal entsteht, resp. wahrgenommen und über welche Bestandteile des Neurons dieses Signal weitergeleitet wird.
 - Die Lernenden können den Zusammenhang von einer Gehirnerschütterung und deren Auswirkungen auf ein Neuron nachvollziehen und beschreiben.

Auftrag

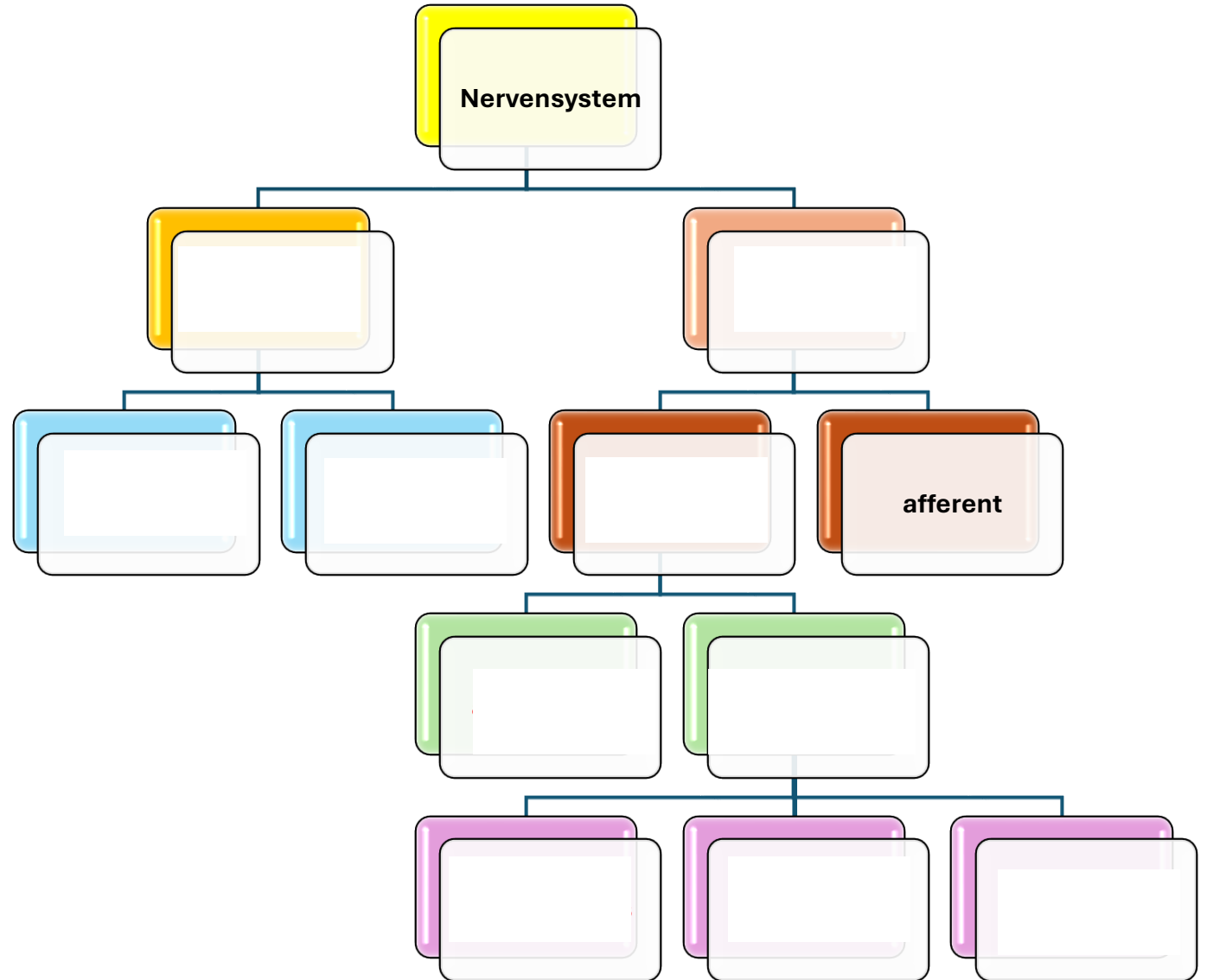
Lesen und arbeiten im Skript (20'):

- Lesen Sie die Seiten 2 - 9 aufmerksam durch und versuchen Sie anschliessend die Fragen 1 - 4 auf den Seiten 10 und 11 zu lösen.

Lösungen Auftrag Skript, S. 10

Frage 1: Beschriften Sie die Hierarchie des Nervensystems mit den folgenden Begriffen:

ENS (enterisches Nervensystem), **animales Nervensystem, PNS** (peripheres Nervensystem), **Rückenmark, Sympathikus, efferent, ZNS** (zentrales Nervensystem), **vegetatives Nervensystem, Parasympathikus, Gehirn**



Lösungen Auftrag Skript, S. 10

Frage 2 (optional): Was ist der Unterschied vom animalen zum vegetativen Nervensystem? Machen Sie zusätzlich zu Ihrer Erklärung je ein Beispiel zu den beiden Nervensystemen.

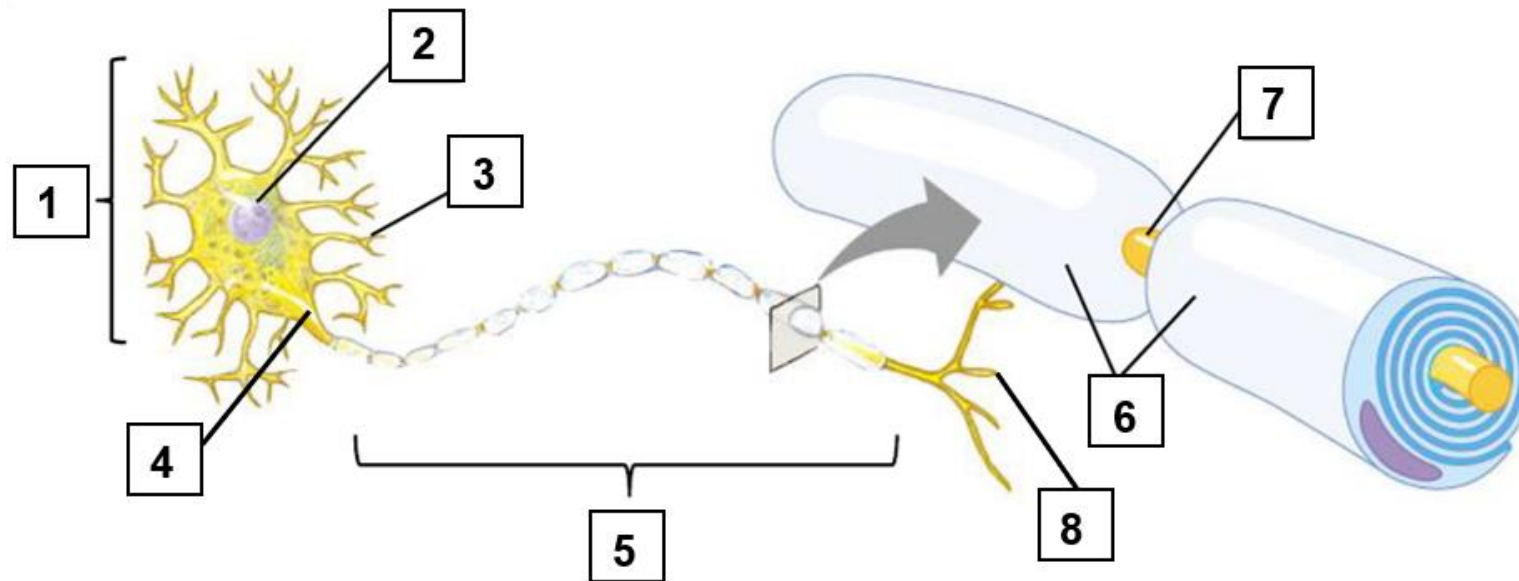
Das animale Nervensystem können wir willkürlich/ bewusst steuern. Das vegetative Nervensystem hingegen nicht, es ist unwillkürlich.

Willkürlich = quergestreifte Muskulatur => Muskelbewegung z.B. Arm heben.

Unwillkürlich = glatte Muskulatur => Peristaltik im Darm

Lösungen Auftrag Skript, S.11

Frage 3: Beschriften Sie die Nummern in der Abbildung.



1	2	3	4
5	6	7	8

Lösungen Auftrag Skript, S. 11

Frage 4: Beschreiben Sie in Stichworten, wo ein elektrisches Signal aufgenommen wird und an welchen Strukturen des Neurons dieses Signal weitergeleitet wird?

Ein Signal wird bei den Dendriten übertragen und diese gelangen dann zum (Zellkörper (Soma), wo sie am Axonhügel gesammelt werden. Wenn einen Schwellenwert überstiegen wird dann wird das Signal am Axon weitergeleitet bis in die Axon-Endköpfchen.

Diskussion

Wie kann nun eine Gehirnerschütterung ein Neuron und seine Funktion beeinträchtigen?

- Signalübertragung am Axon durch Hirnerschütterung gestört
- Kalium-Konzentration beeinflusst und beeinträchtigt Funktion der Nervenzelle
- Reaktionszeit, Koordination und Reflexe werden beeinträchtigt

Video: [Schädel-Hirn-Trauma: Das passiert bei Erschütterungen des Gehirns](#)

Zusammenfassung und Ausblick

Lernziele:

- Die Lernenden können den Aufbau und die Funktion des peripheren Nervensystems (PNS) und dessen Verbindung zum zentralen Nervensystem (ZNS) erklären.
- Die Lernenden können anhand einer Grafik ein Neuron beschriften und aufzeigen, wo ein elektrisches Signal entsteht, resp. wahrgenommen und über welche Bestandteile des Neurons dieses Signal weitergeleitet wird.
 - Die Lernenden können den Zusammenhang von einer Gehirnerschütterung und deren Auswirkungen auf ein Neuron nachvollziehen und beschreiben.

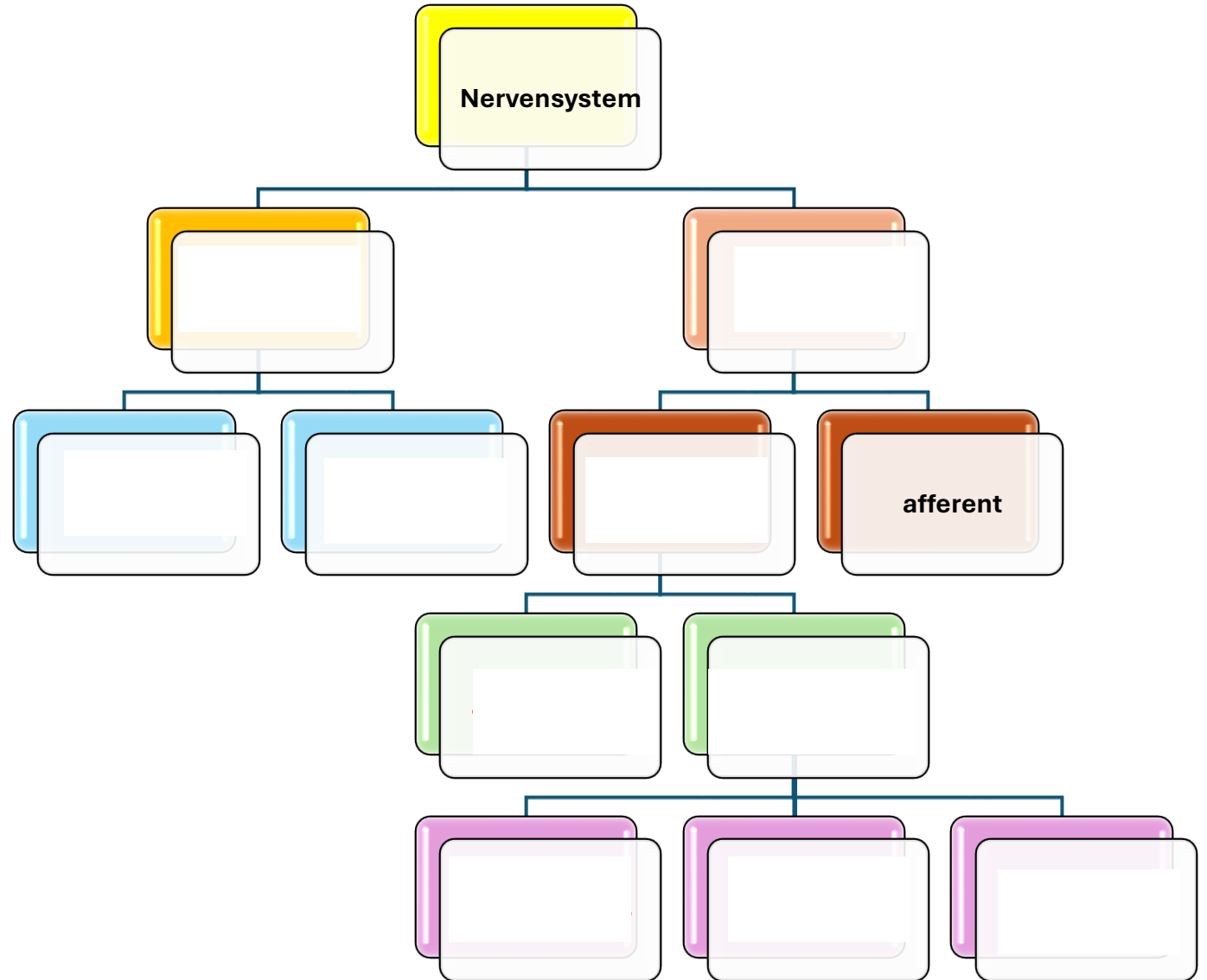
Ausblick: Elektrische Signalweiterleitung

Lektion 3 von 5

Elektrische Signalweiterleitung

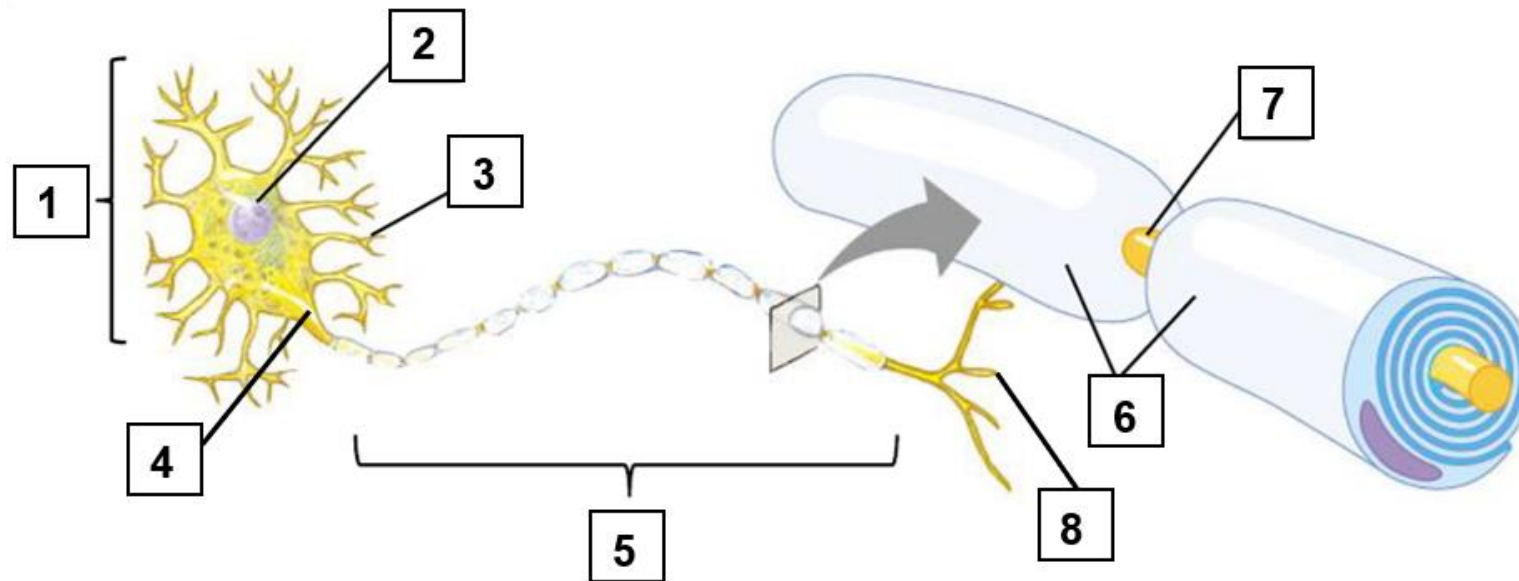
Rückblick letzte Lektion

Beschriftung der
Nervensystem-Hierarchie.



Rückblick letzte Lektion

Beschriften Sie die Nummern in der Abbildung.



1	2	3	4
5	6	7	8

Rückblick letzte Lektion

Beschreiben Sie in Stichworten, wo ein elektrisches Signal aufgenommen wird und an welchen Strukturen des Neurons dieses Signal weitergeleitet wird?

Ein Signal wird bei den Dendriten übertragen und diese gelangen dann zum (Zellkörper (Soma), wo sie am Axonhügel gesammelt werden. Wenn einen Schwellenwert überstiegen wird dann wird das Signal am Axon weitergeleitet bis in die Axon-Endköpfchen.

Lernziele

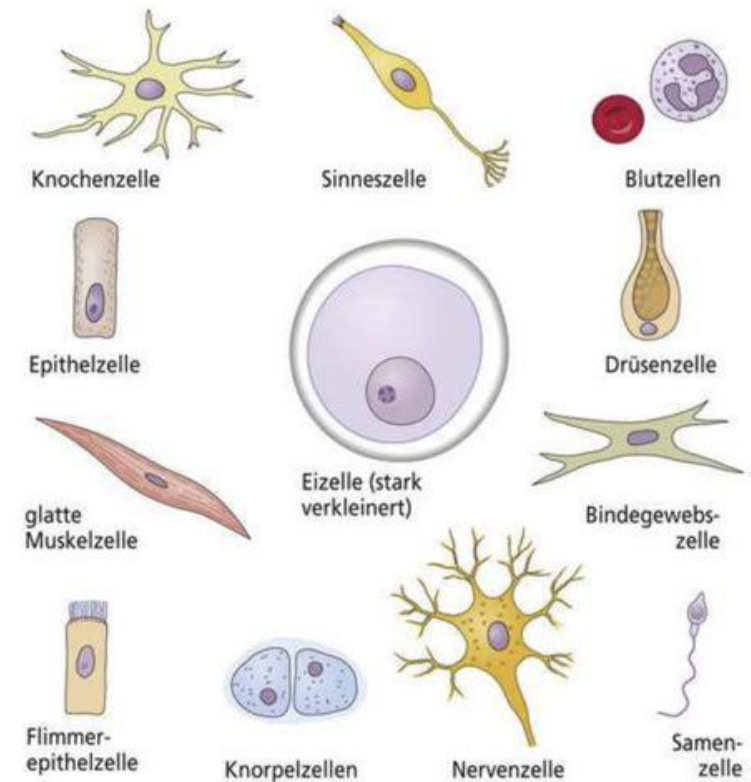
- Die Lernenden können die Begriffe zur Veränderung des Membranpotentials (Ruhepotential, Depolarisierung, Ionenkanäle, Aktionspotential, Repolarisation, Hyperpolarisation und Refraktärzeit) bei der Signalübertragung miteinander in Verbindung setzen und diese erklären.
- Die Lernenden können die Weiterleitung des Aktionspotentials am Axon beschreiben und die Wichtigkeit der Myelinschicht in diesem Prozess darlegen.

Elektrische Signalübertragung

- Grundfunktion Nervenzellen vs. andere Körperzellen.
- Besonderheit ist **Erregbarkeit**. Fähigkeit, nervöse Erregungen zu bilden, zu verarbeiten und zu leiten.
- Auch Sinneszellen und Muskelzellen sind erregbar.

Die folgenden zwei Voraussetzungen müssen gegeben sein:

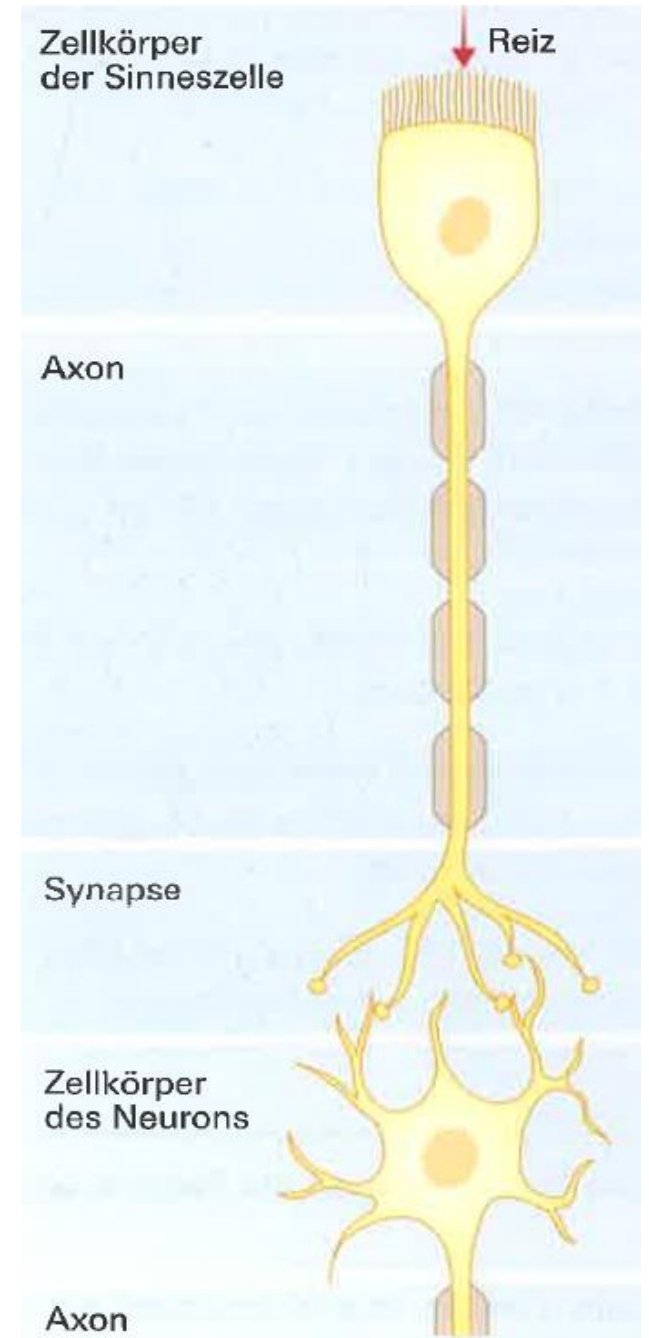
- **Selektive Permeabilität** der Zellmembran und aktive Leistung der Ionen-Pumpe (Ruhepotential aufrechterhalten und wieder herstellen).
- **Veränderung der Membrandurchlässigkeit** als Reaktion auf Reize, elektrische Impulse oder Botenstoffe.



Elektrische Signalübertragung

Erregungsbildung und Erregungsleitung:

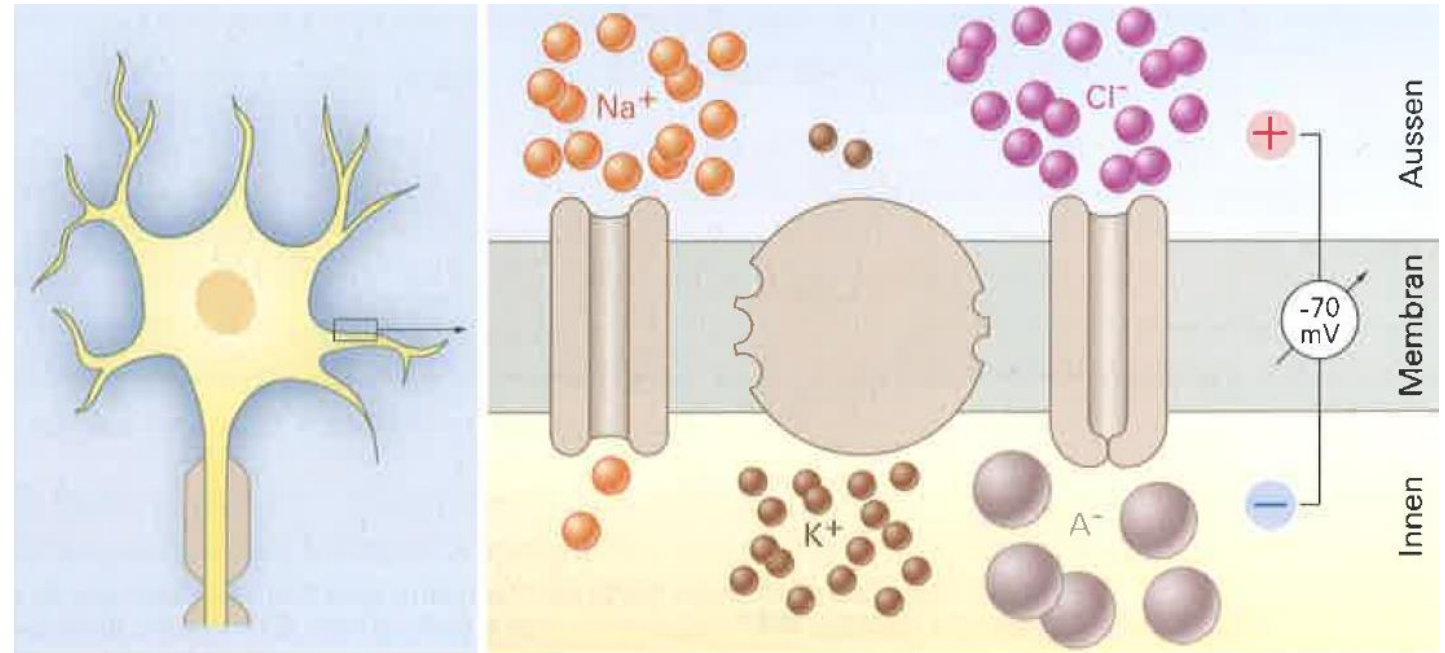
- Sinneszellen machen Umwandlung der Reize in nervöse Erregungen.
- Sinneszellen sind spezialisierte Nervenzellen.
- **Zellkörper** (Soma), **Axon** und **Synapsen** leiten nervöse Erregungen auf verschiedene Weise.



Membranpotential – Ruhepotential

Ruhe-Membranpotential

- Das Membranpotential, auch **Ruhepotential** genannt, beträgt ca. **-70mV**.
- Negative Vorzeichen bedeutet, Zellinnere negativ geladen gegenüber der Zellumgebung.
- Ruhepotential wird durch die ungleiche Verteilung verschiedener Ionen verursacht.
- Aussen dominieren Na^+ und Cl^- im inneren K^+ und grosse Eiweiss-Anionen (A^-).



Membranpotential – Depolarisierung

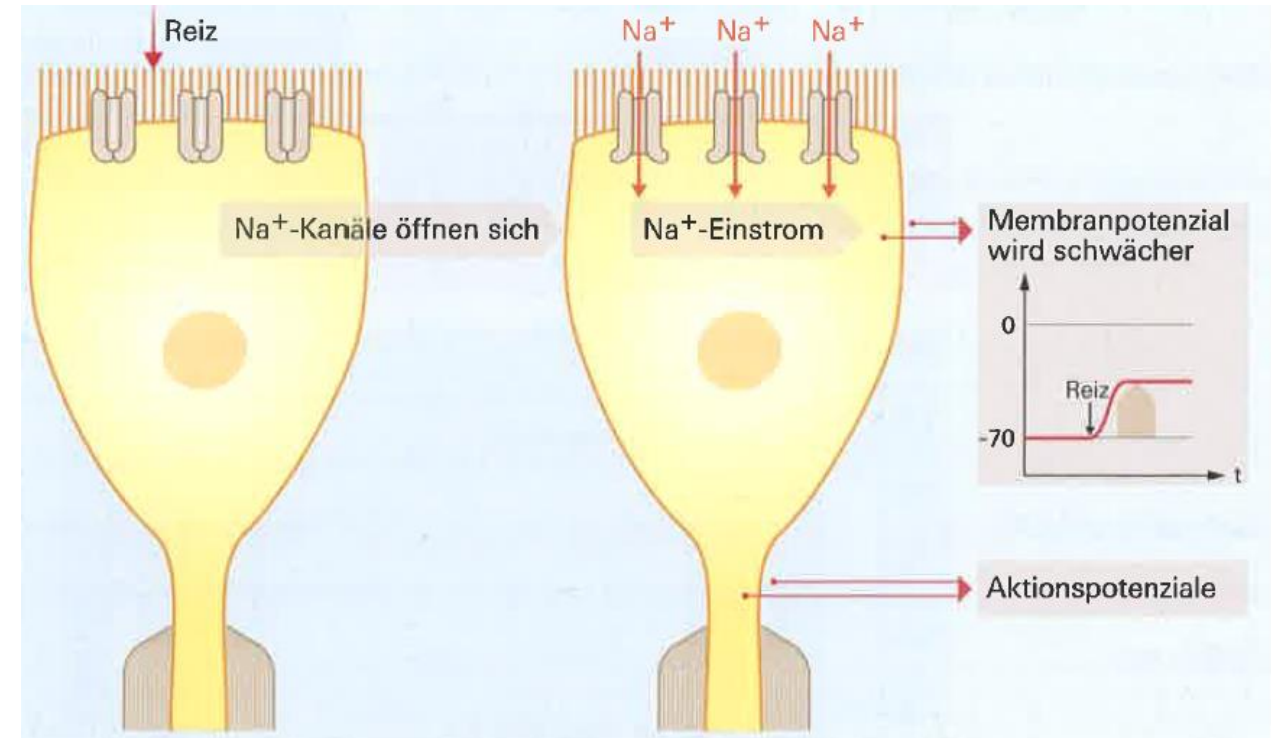
Änderung des Membranpotentials (Depolarisierung)

- Sinneszellen reagieren auf einen Reiz mit der Bildung nervöser Erregungen.
- Dies löst eine Reaktion aus, welche dazu führt, dass Ionenkanäle geöffnet werden.
- Veränderung des Membranpotentials findet statt.
- Öffnen der Natriumkanäle, Diffusion der positiv geladenen Natrium-Ionen in die Zelle.
- Ruhepotential von -70mV wird geschwächt und verändert sich gegen null =>
Depolarisierung der Membran
- Depolarisierung breitet sich über die Membran des Zellkörpers (Soma) aus.

Membranpotential – Depolarisierung

Änderung des Membranpotentials

- Wie stark das Membranpotential am Zellkörper geändert wird, hängt von der Reizstärke ab.
- Reize, die das Membranpotential so stark verändern, dass am Axonhügel Aktionspotentiale gebildet werden, nennt man **überschwellig**.
- Wenn der Reiz aber zu schwach ist, wird kein Aktionspotential ausgelöst, dies nennt man **unterschwellig**.



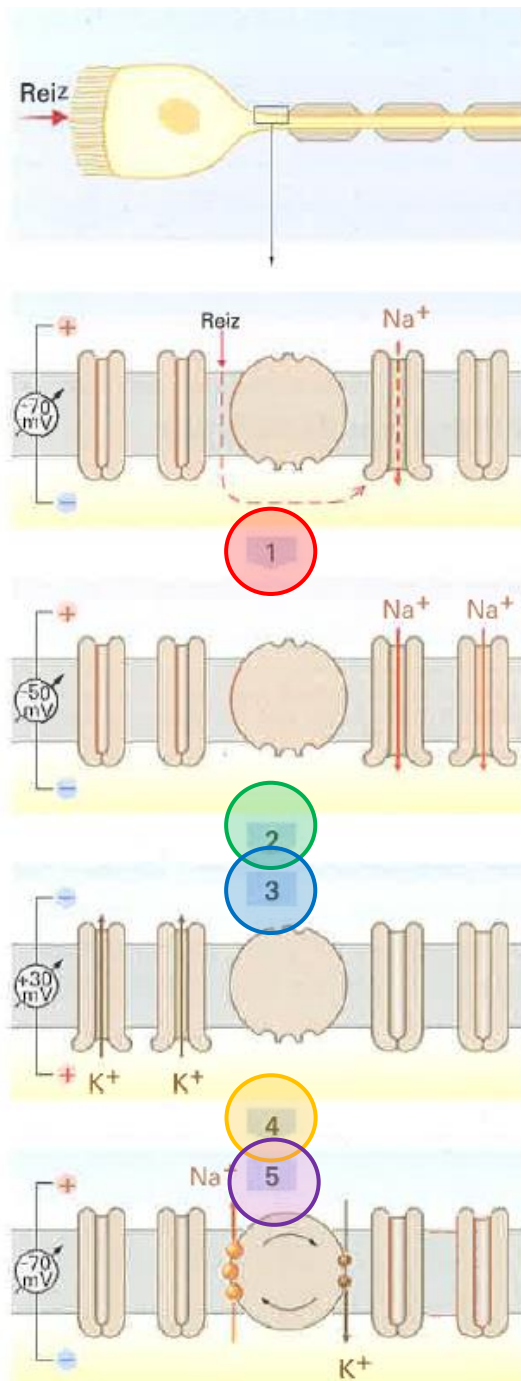
Aktionspotential

Aktionspotential

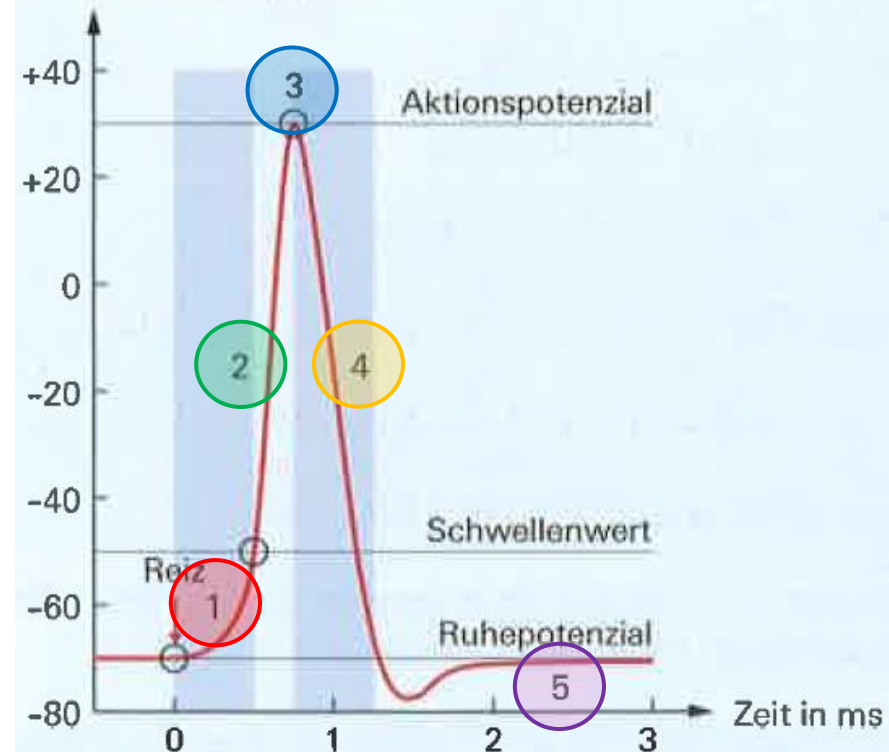


Video: [Aktionspotential • Ablauf und Phasen • \[mit Video\]](#)

Aktionspotential

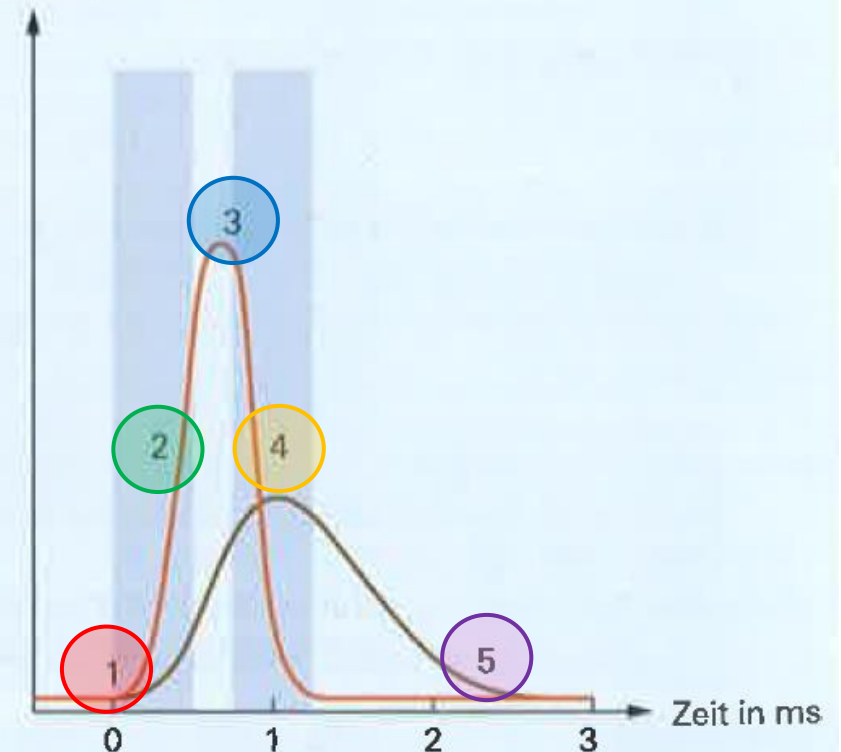


Membranpotenzial in mV



Auf- und Abbau eines Aktionspotentials

Offene Ionenkanäle

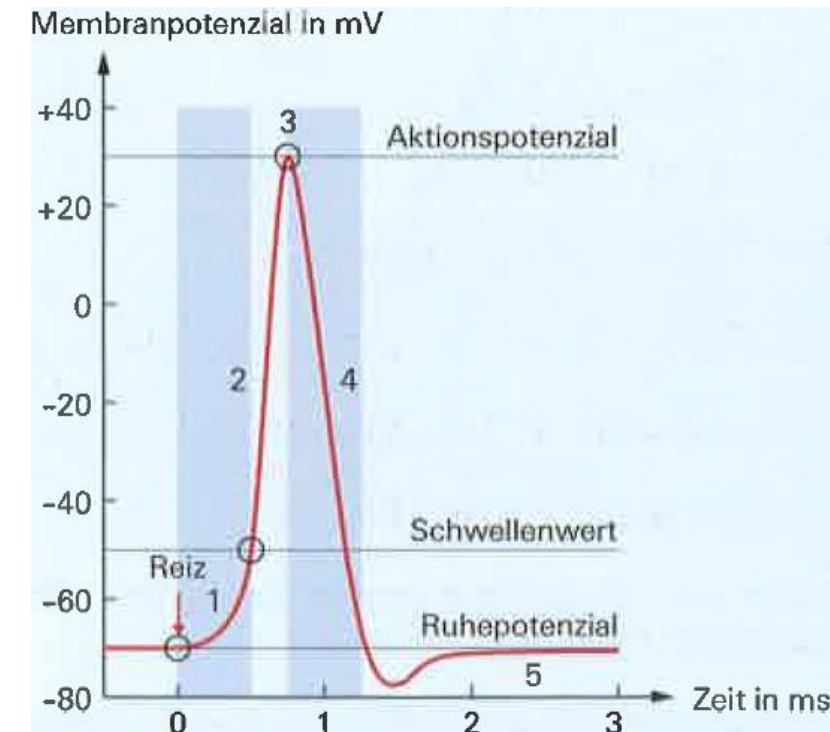


Anteil offener Natrium- (orange Linie) und Kaliumkanäle (braune Linie) beim Auf- und Abbau des Aktionspotentials.

Membranpotentialveränderungen

Repolarisation, Hyperpolarisation und Refraktärzeit

- Nach Aktionspotential nimmt die Leitfähigkeit der Zellmembran für Natrium-Ionen schnell ab.
- Nach 1ms überwiegt wieder die negative Ladung in der Zelle. Dieser Vorgang heisst **Repolarisation**.
- Für kurze Zeit kommt es zu einer **Hyperpolarisation** (Wert tiefer als -70mV).
- Danach ist der ursprüngliche Zustand, das Ruhepotential, wiederhergestellt.
- Für 2 – 10ms können keine Natrium-Kanäle geöffnet werden. Diese bezeichnet man als **Refraktärzeit**.



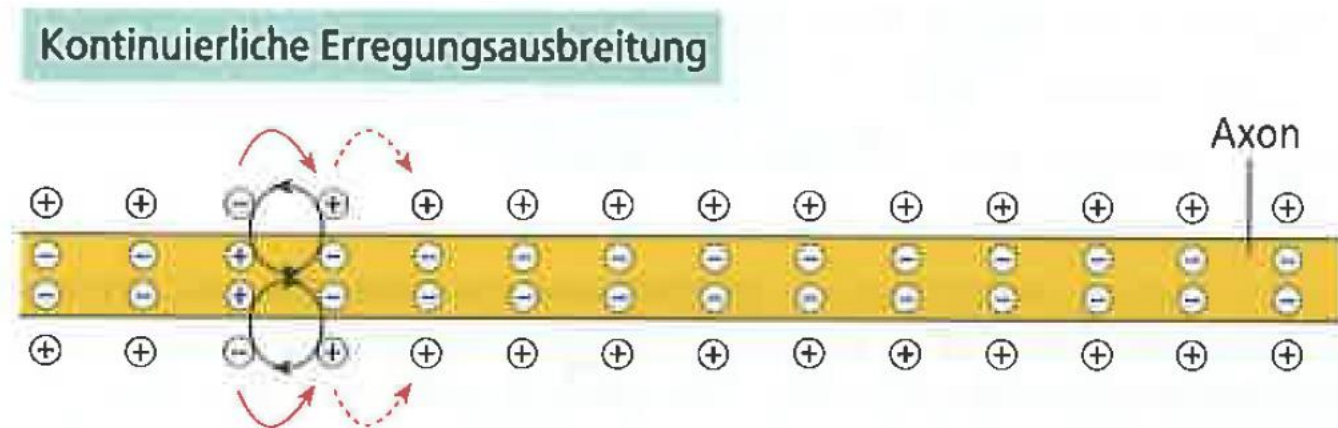
Weiterleitung eines Aktionspotentials

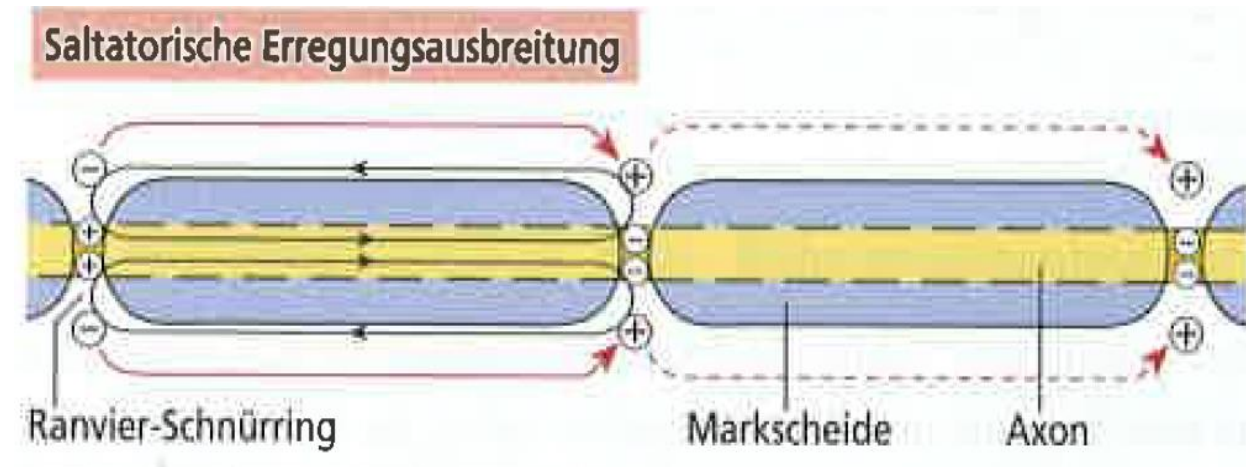
- Ein bereits erregter Membranabschnitt hat gegenüber seinem noch unerregten benachbarten Membranbezirk eine entgegengesetzte elektrische Ladung, da er sich im Ruhepotential befindet (+30mV versus -70mV).
- Dieser Unterschied führt zu einem elektronischen Stromfluss (durch Ladungsausgleich) vom positiven in den negativen Bereich.
- Der Stromfluss depolarisiert aber die benachbarte Axonmembran so stark, dass wiederum ein Aktionspotential entsteht. So pflanzt sich das Aktionspotential schrittweise über das gesamte Axon bis zum nächsten Neuron fort.

Signalübertragung: Aktionspotential

Weiterleitung von Aktionspotential am Axon

- Die auf dem vorderen Slide beschriebene Fortbewegung des Aktionspotentials ist aber relativ langsam (ca. 0,5m/s bis 3m/s).
- Dies ist bei marklosen Nervenfasern (*ohne Myelinschicht*) der Fall und wird **kontinuierliche Erregungsleitung** genannt.





Auftrag/ Hausaufgaben

Aufgaben 1 bis 4 im Skript lösen, S. 15-17.

Zusammenfassung und Ausblick

Lernziele:

- Die Lernenden können die Begriffe zur Veränderung des Membranpotentials (Ruhepotential, Depolarisierung, Ionenkanäle, Aktionspotential, Repolarisation, Hyperpolarisation und Refraktärzeit) bei der Signalübertragung miteinander in Verbindung setzen und diese erklären.
- Die Lernenden können die Weiterleitung des Aktionspotentials am Axon beschreiben und die Wichtigkeit der Myelinschicht in diesem Prozess darlegen.

Ausblick: Chemische Signalweiterleitung und Neurotransmitterwirkungsweisen

Lektion 4 von 5

**Chemische Signalweiterleitung sowie
Neurotransmitterwirkungsweisen**

Hausaufgaben letzte Lektion

Frage 1: Die Membran einer Nervenzelle ist im Ruhezustand polarisiert.
Was bedeutet dies?

Dies bedeutet, dass das Zellinnere negativ geladen ist im Vergleich zum Zelläusseren, bedingt durch ungleiche Verteilung der Ionen.

Hausaufgaben letzte Lektion

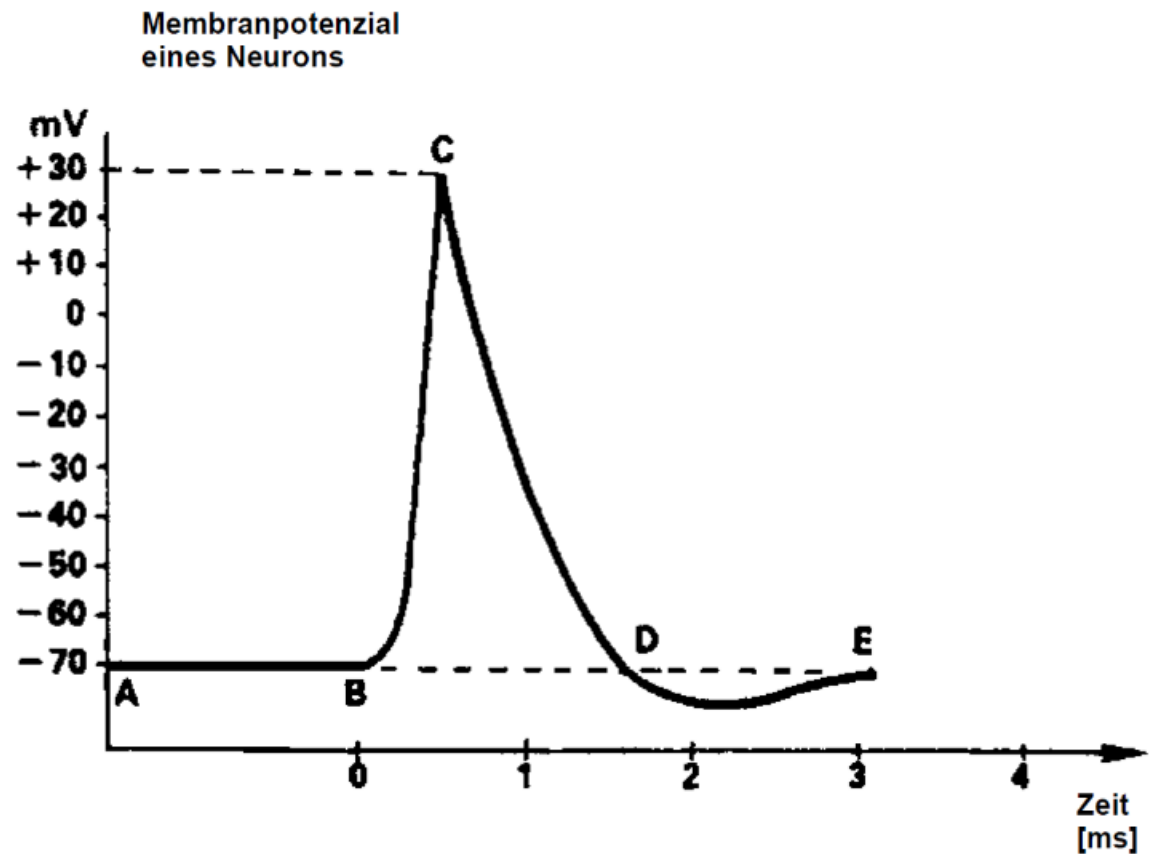
Frage 2: Kurvenbeschriftung

AB: Ruhemembranpotential

BC: Depolarisation

CD: Repolarisation

DE: Hyperpolarisation



Hausaufgaben letzte Lektion

Frage 3: Multiple Choice

- a) **B** b) **D** c) **B** d) **C** e) **A** f) **A**
g) **B** h) **C**

Hausaufgaben letzte Lektion

Frage 4 (Hypothese stellen): Wie könnte nun eine Hirnerschütterung diese elektrische Weiterleitung am Neuron beeinflussen? Geben Sie mind. eine Hypothese an.

- Mechanische Schädigung der Zellmembran (mikroskopische Verletzungen am Neuron beeinflussen die Ionenkanäle).
- Ionengleichgewicht gestört (durch Gehirnerschütterung kommt es zu übermäßigem Einstrom von Kalzium (Ca^{2+}) und Kalium-Ausstrom (K^+), dies stört das Ruhemembranpotential)
- Energiekrise (durch gestörtes Ionengleichgewicht muss mehr ATP aufgewendet werden, damit die Natrium/Kalium-Pumpe das Gleichgewicht herstellen kann)

Lernziele

- Die Lernenden können die chemische Signalübertragung an den Synapsen sowie die Rolle der Neurotransmitter beschreiben.
- Die Lernenden kennen die am häufigsten vorkommenden Neurotransmitter und ihre Wirkungsweisen.

Chemische Signalübertragung

Video: [Synapse – Reizübertragung](#)

Auftrag (15’):

Partnerarbeit mit Erklärkarten (10’):

- Unvollständige Informationen zur chemischen Signalübertragung auf den Karten.
- Ergänzen Sie die fehlenden Informationen mit eigenen Worten und erklären Sie sich gegenseitig den Ablauf.

Partnerarbeit Synapsen-Puzzle (5’):

- Zuordnung der richtigen Begriffe zu den Nummern.

Lösungen Erklärkarten – Karte 1 (S. 21 im Skript)

Was passiert, wenn ein Aktionspotential die Synapse erreicht?

- Erkläre, wie das elektrische Signal am präsynaptischen Endknopf in eine chemische Signalübertragung umgewandelt wird.
- Welche Rolle spielen Spannungsabhängige Kalziumkanäle?

Lösung

Ein Aktionspotenzial (elektrisches Signal) erreicht das Ende des präsynaptischen Neurons (Endknopf der Nervenzelle). Dadurch öffnen sich spannungsgesteuerte Kalziumkanäle in der präsynaptischen Membran.

Kalzium-Ionen (Ca^{2+}) strömen in die Zelle ein und lösen die Fusion von Vesikeln mit der Membran aus.

Die Vesikel enthalten Neurotransmitter, die durch Exozytose in den synaptischen Spalt freigesetzt werden

Lösungen Erklärkarten – Karte 2 (S. 21 im Skript)

Freisetzung von Neurotransmittern

- Was passiert mit den Vesikeln, die die Neurotransmitter enthalten?
- Erkläre den Vorgang der Exozytose in der Synapse.

Lösung

Die Vesikel enthalten chemische Botenstoffe, sogenannte Neurotransmitter (z. B. Glutamat, Acetylcholin, Dopamin).

Wenn die Vesikel mit der präsynaptischen Membran verschmelzen, werden die Neurotransmitter in den synaptischen Spalt abgegeben.

Die Neurotransmitter diffundieren durch den synaptischen Spalt und binden an Rezeptoren auf der postsynaptischen Membran der Zielzelle.

Diese Bindung löst eine elektrische oder chemische Reaktion in der Zielzelle aus.

Lösungen Erklärkarten – Karte 3 (S. 22 im Skript)

Rolle der Rezeptoren an der postsynaptischen Membran

- Wie wirken Neurotransmitter auf die postsynaptischen Rezeptoren?
- Erkläre den Unterschied zwischen erregender (EPSP) und hemmender (IPSP) Signalweiterleitung.

Lösung

Die Neurotransmitter binden spezifisch an Rezeptoren auf der postsynaptischen Membran. Je nach Art des Neurotransmitters und des Rezeptors kann die Signalweiterleitung entweder:

- Erregend (exzitatorisch, EPSP): Öffnung von Natriumkanälen → Depolarisation der postsynaptischen Zelle → Weiterleitung des Signals.
- Hemmend (inhibitorisch, IPSP): Öffnung von Chlorid- oder Kaliumkanälen → Hyperpolarisation der postsynaptischen Zelle → Hemmung der Signalweiterleitung.

Das Zusammenspiel dieser erregenden und hemmenden Signale entscheidet, ob die nächste Nervenzelle ein neues Aktionspotenzial auslöst.

Lösungen Erklärkarten – Karte 4 (S. 22 im Skript)

Abbau oder Wiederaufnahme von Neurotransmittern

- Was passiert mit den Neurotransmittern nach der Signalübertragung?
- Welche Rolle spielen Enzyme und Wiederaufnahme-Transporter?

Lösung

Nach der Signalübertragung müssen die Neurotransmitter entfernt werden, um eine übermässige Stimulation zu verhindern.

Es gibt drei Hauptmechanismen:

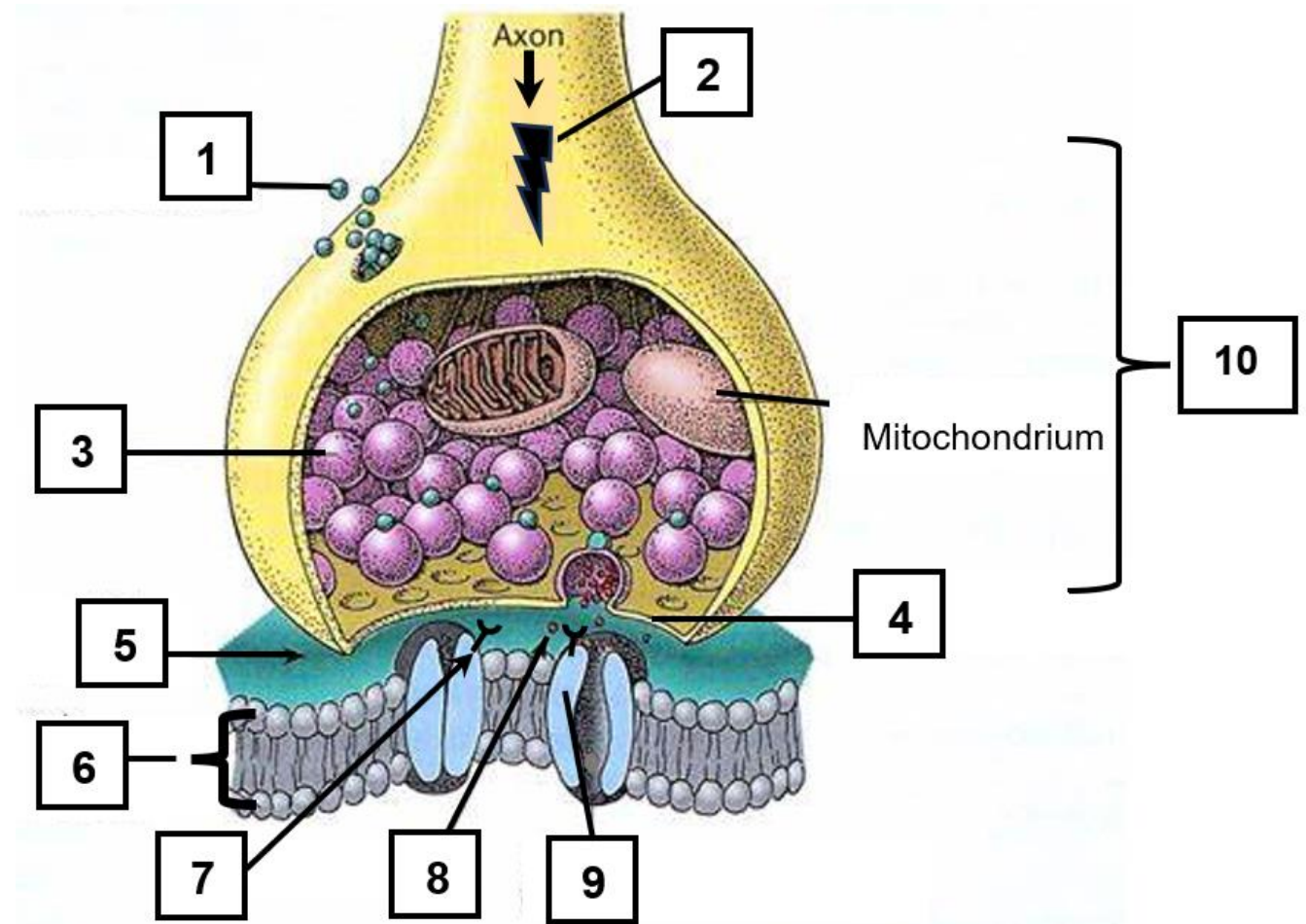
- **Wiederaufnahme:** Spezielle Transportproteine nehmen Neurotransmitter zurück in die präsynaptische Zelle.
- **Enzymatischer Abbau:** Enzyme spalten die Neurotransmitter, z.B. Acetylcholinesterase baut Acetylcholin ab.
- **Diffusion:** Einige Neurotransmitter verlassen den synaptischen Spalt und werden ausserhalb abgebaut.

Diese Mechanismen sind wichtig, um die Signalübertragung präzise zu steuern.

Synapsen-Puzzle auf S. 23 im Skript

Zuordnung der richtigen Begriffe zu den Nummern.

1	Ca ²⁺ -Ionen/ Kalzium-Ionenkanal
2	Aktionspotential
3	Vesikel
4	Präsynaptischer Membran
5	Synaptischer Spalt
6	Postsynaptischer Membran
7	Rezeptor
8	Neurotransmitter
9	Ionenkanal (geöffnet)
10	Axonendköpfchen (präsynapt.)



Wirkungsweisen von Neurotransmittern (NT)

Video: [Wie wirken Drogen?! 2 - Neurotransmittersysteme und Hormone](#) (2:48 – 5:28)

Auftrag: Ergänzen Sie die Wirkungsweisen der häufigsten Neurotransmitter im Skript auf Seite 23.

Lösungen Wirkungsweisen bei NT (S. 23 Skript)

Wichtige und häufige Neurotransmitter und ihre Wirkung:

- **Glutamat** (im ZNS): erregende Wirkung; an Lern- und Gedächtnisfunktionen beteiligt
- **Acetylcholin**: erregende Wirkung; vor allem bei Übertragung auf Muskel und im vegetativen Nervensystem wichtige Rolle
- **Noradrenalin**: erregende Wirkung; im ZNS, Steuerung von Aufmerksamkeit und Wachheit
- **Dopamin**: erregende Wirkung; emotionale und geistige Reaktionen sowie Bewegungsabläufe mit kontrolliert
- **Serotonin**: erregende und hemmende Wirkung; zahlreiche periphere und zentrale Wirkungen, im ZNS soll es Körpertemperatur, den Schlaf und auch Aspekte des Gefühlslebens regeln
- **GABA** (*Gamma-Aminobuttersäure*): hemmende Wirkung; vor allem im ZNS (übermäßige neuronale Aktivität)

Zusammenfassung und Ausblick

Lernziele:

- Die Lernenden können die chemische Signalübertragung an den Synapsen sowie die Rolle der Neurotransmitter beschreiben.
- Die Lernenden kennen die am häufigsten vorkommenden Neurotransmitter und ihre Wirkungsweisen.

Ausblick: Wie beeinflusst eine Gehirnerschütterung die chemische Signalübertragung? Welche Symptome zeigen sich bei einer Hirnerschütterung und was ist CTE?

Lektion 5 von 5

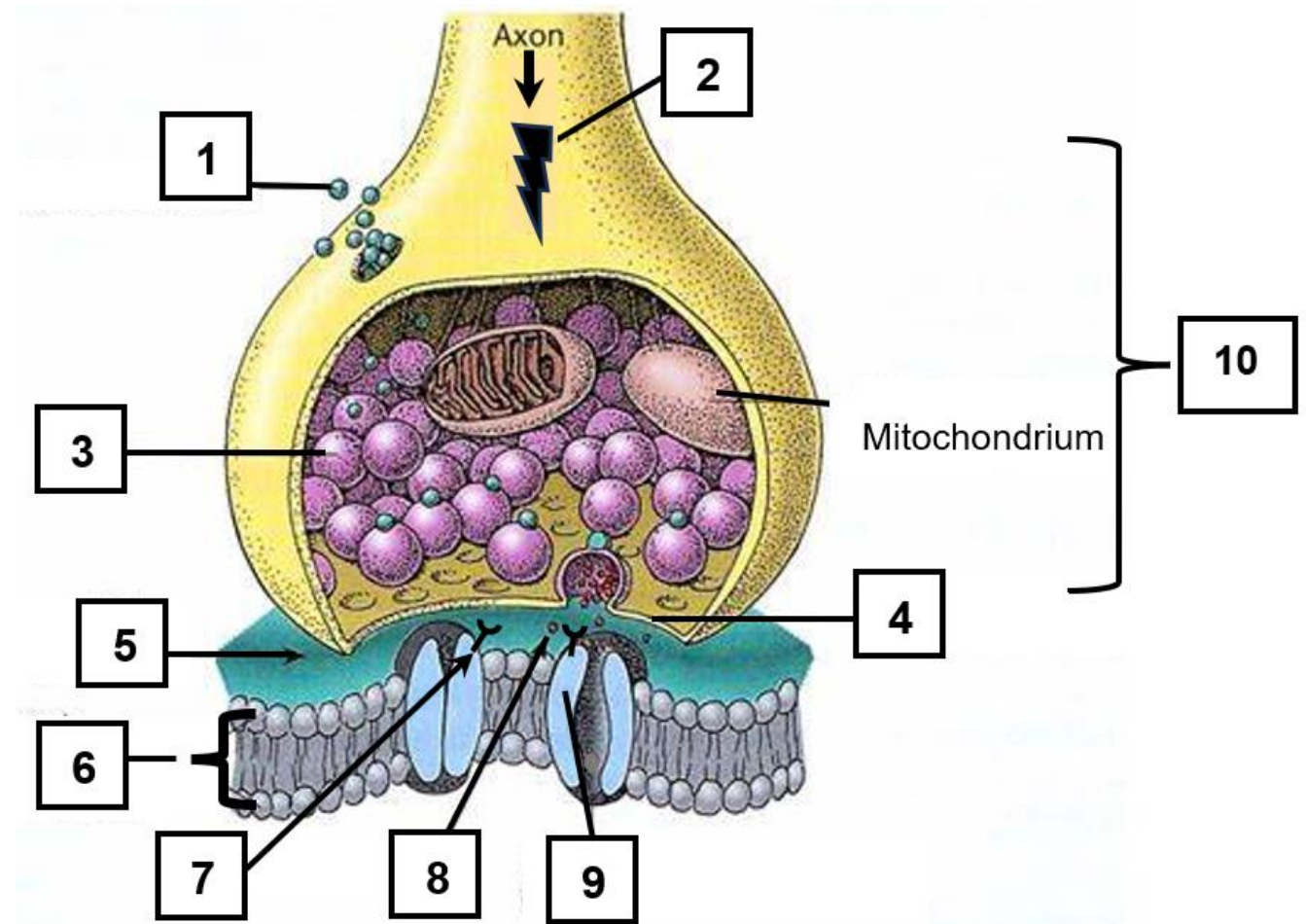
**Gehirnerschütterung und Folgen für die chemische
Signalübertragung.**

Symptome einer Gehirnerschütterung und CTE.

Rückblick letzte Lektion

Zuordnung der richtigen Begriffe zu den Nummern.

1	Ca ²⁺ -Ionen/ Kalzium-Ionenkanal
2	Aktionspotential
3	Vesikel
4	Präsynaptischer Membran
5	Synaptischer Spalt
6	Postsynaptischer Membran
7	Rezeptor
8	Neurotransmitter
9	Ionenkanal (geöffnet)
10	Axonendköpfchen (präsynapt.)



Rückblick letzte Lektion

Wichtige und häufige Neurotransmitter und ihre Wirkung:

- **Glutamat** (im ZNS): erregende Wirkung; an Lern- und Gedächtnisfunktionen beteiligt
- **Acetylcholin**: erregende Wirkung; vor allem bei Übertragung auf Muskel und beeinflusst Lernen, Gedächtnis und Aufmerksamkeit
- **Noradrenalin**: erregende Wirkung; im ZNS, Steuerung von Aufmerksamkeit und Wachheit
- **Dopamin**: erregende Wirkung; emotionale und geistige Reaktionen sowie Bewegungsabläufe mit kontrolliert
- **Serotonin**: erregende und hemmende Wirkung; zahlreiche periphere und zentrale Wirkungen, im ZNS soll es Körpertemperatur, den Schlaf und auch Aspekte des Gefühlslebens regeln
- **GABA** (*Gamma-Aminobuttersäure*): hemmende Wirkung; vor allem im ZNS (versucht übermäßige neuronale Aktivität zu senken)

Lernziele

- Die Lernenden können fünf Symptome einer Gehirnerschütterung nennen.
- Die Lernenden erkennen anhand von CTE (Chronisch Traumatische Enzephalopathie), wie eine Gehirnerschütterung den Prozess der Signalweiterleitung/-übertragung beeinflussen kann.
 - Die Lernenden können die Auswirkungen auf die Kognition, Stimmung und motorischen Funktionen herleiten.

Symptome einer Gehirnerschütterung



Auftrag im Skript, S.24

Notieren Sie fünf typische Symptome, welche nach einer Gehirnerschütterung auftreten können.



Video: [Lehrfilm zum Thema "Gehirnerschütterung" - Langfassung](#)

Lösungen Symptome Gehirnerschütterung

Skript, S. 24

Notieren Sie fünf typische Symptome, welche nach einer Gehirnerschütterung auftreten können.

Kopfschmerzen

Schwindel (Unkoordiniertheit)

Sehstörungen (eingeschränktes Sichtfeld, Tunnelblick)

Konzentrationsschwierigkeiten

Lichtempfindlichkeit

Weitere direkte Symptome:

Nackenschmerzen, Übelkeit

CTE (Chronisch Traumatische Enzephalopathie)

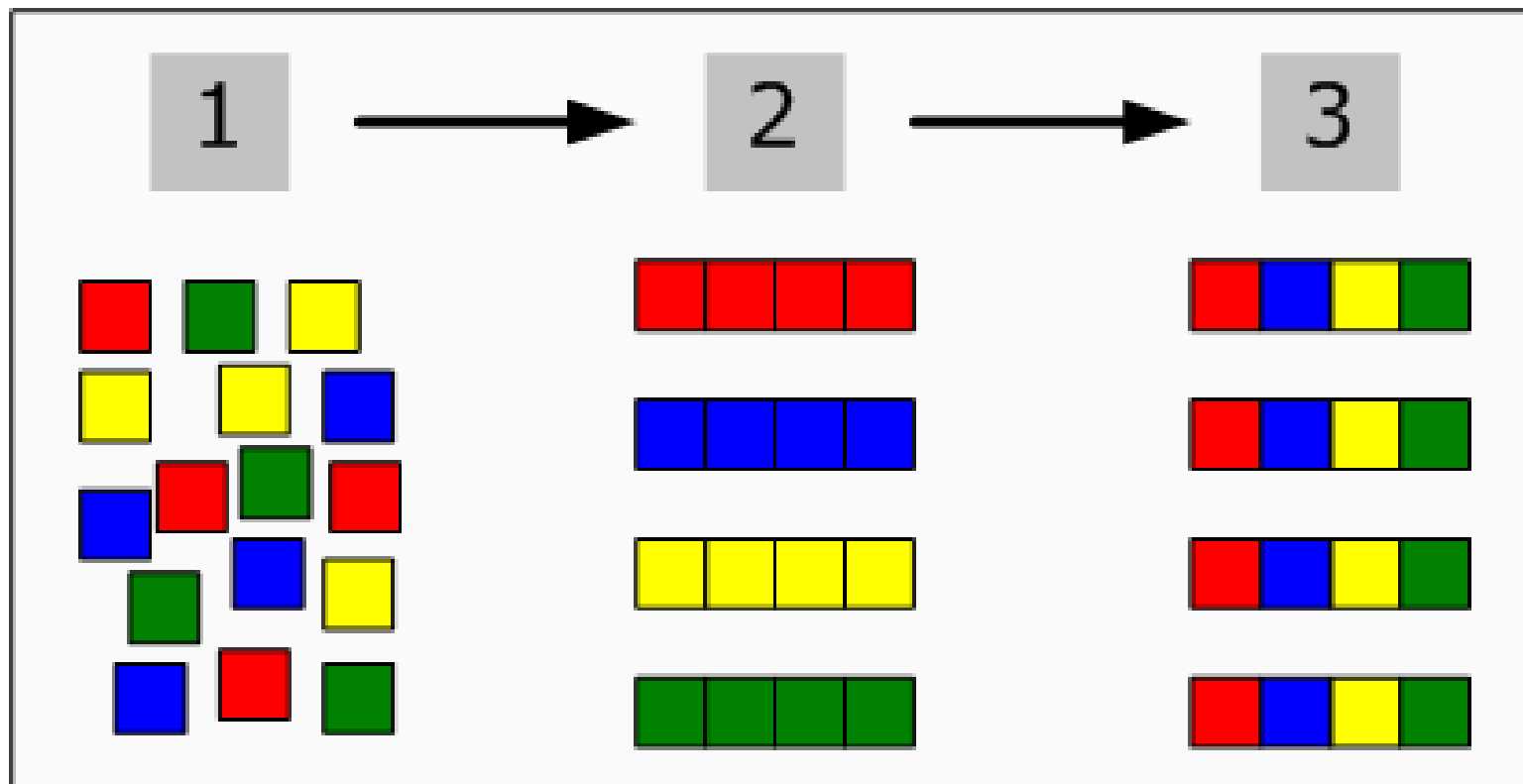
Video: [CTE-Demenz im Sport: Müssen Kopfbälle verboten werden? | Die Story | Kontrovers | BR24 – YouTube \(4:14 – 5:58\)](#)

Gruppenpuzzle Fallbeispiele (Zusatzblatt)

1. Zuteilung in
Gruppe

2. Stammrunde
10'

3. Expertenrunde
16'



Musterlösung Fallbeispiel 1

- Eine Gehirnerschütterung führt zu einer übermässigen Freisetzung von Glutamat, was die Neuronen übererregt und den Energiehaushalt durcheinanderbringt.
- Acetylcholin ist ein wichtiger Neurotransmitter für die Gedächtnisbildung, besonders im Hippocampus – dieser kann durch die Erschütterung beeinträchtigt sein, was zu Gedächtnislücken führt.
- Da der Hippocampus eine zentrale Rolle für das Kurzzeitgedächtnis und die räumliche Orientierung spielt, kann eine Störung dort die Gedächtnisleistung erheblich verschlechtern.

Musterlösung Fallbeispiel 2

- Nach einer Gehirnerschütterung wird zu viel Glutamat freigesetzt, was die Ionenkanäle der Neuronen überaktiviert.
- Eine Störung im Serotonin- und Dopamin-Haushalt kann zusätzlich depressive Symptome und Motivationsverlust verstärken.
- Dadurch strömt zu viel Kalzium in die Zellen, was den Energieverbrauch der Neuronen drastisch erhöht. Gleichzeitig ist die Blutzufuhr oft reduziert, sodass die ATP-Produktion nicht ausreicht, um den hohen Bedarf zu decken.
- Das Gehirn geht in eine Art „Energiesparmodus“, um Schäden zu vermeiden – dies führt zu extremer Müdigkeit und Antriebslosigkeit.

Musterlösung Fallbeispiel 3

- Nach einer Gehirnerschütterung ist die Reizweiterleitung von Lichtsignalen überaktiv, da die GABA-Hemmung reduziert sein könnte (GABA ist ein hemmender Neurotransmitter).
- Durch die verringerte neuronale Hemmung feuern die Neuronen im visuellen Kortex zu stark, was zu Lichtempfindlichkeit führt.
- Kopfschmerzen entstehen, weil das Gehirn Schwierigkeiten hat, die visuelle Reizüberflutung zu regulieren – zudem kann eine gestörte Blutzirkulation die Schmerzverarbeitung verstärken.
- Der Okzipitallappen (visuelles Zentrum) liegt am Hinterkopf – ein Aufprall in dieser Region kann direkt die Signalverarbeitung im Sehsystem stören.

Musterlösung Fallbeispiel 4

- Serotonin und Dopamin sind entscheidend für die Stimmungsregulation. Nach einer Gehirnerschütterung kann ihre Produktion und Ausschüttung gestört sein, was depressive Verstimmungen und emotionale Schwankungen verursacht.
- Die Amygdala, ein Zentrum für Emotionen, kann nach einer Gehirnerschütterung überempfindlich reagieren, was sich in verstärkter Angst, Stressreaktionen oder emotionaler Labilität äussern kann.
- Der präfrontale Cortex steuert Impulskontrolle, Entscheidungsfindung und emotionale Regulation. Eine Störung in diesem Bereich kann zu Reizbarkeit und plötzlichen Stimmungsschwankungen führen.

Musterlösung Fallbeispiel 5

- Eine gestörte Acetylcholin-Funktion führt dazu, dass Informationen schlechter gespeichert und abgerufen werden.
- Durch die neuronale Überlastung mit Glutamat kann es außerdem zu vorübergehenden Störungen in der Gedächtniskonsolidierung kommen.
- Antriebslosigkeit (Dopamin, Serotonin & Energiehaushalt): Eine Gehirnerschütterung kann die Produktion von Dopamin (Motivation & Antrieb) und Serotonin (Stimmungsregulation) senken.
- Durch die Überaktivität von Glutamat nach der Erschütterung entsteht ein hoher Energieverbrauch der Neuronen, wodurch das Gehirn in eine Art Energiesparmodus schaltet.
- Gedächtnisprobleme (Hippocampus & Acetylcholin): Die Gehirnerschütterung könnte den Hippocampus, der für Gedächtnisbildung und Erinnerungen zuständig ist, beeinträchtigt haben.

Zusammenfassung und Abschluss

Lernziele:

- Die Lernenden können fünf Symptome einer Gehirnerschütterung nennen.
- Die Lernenden erkennen anhand von CTE (Chronisch Traumatische Enzephalopathie), wie eine Gehirnerschütterung den Prozess der Signalweiterleitung/-übertragung beeinflussen kann.
 - Die Lernenden können die Auswirkungen auf die Kognition, Stimmung und motorischen Funktionen herleiten.



ENDE

Ersatz Lektion 1

- [Cerebrospinale vloeistof - Cerebrospinal fluid - abcdef.wiki](http://abcdef.wiki)

