

GRUNDLAGEN DER BIOMEDIZIN II

NERVENSYSTEM

Sommersemester 2025

Dr. Inga Kraus

inga.kraus@med.uni-goettingen.de

Elisabeth Nyoungui, MD

elisabeth.nyoungui@med.uni-goettingen.de



Literatur

Soweit nicht anders vermerkt stammen die gezeigten Bilder aus:

Anatomie und Physiologie. G.J. Tortora, B.H. Derrickson. Copyright © 2006 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN 3-527-31547-0

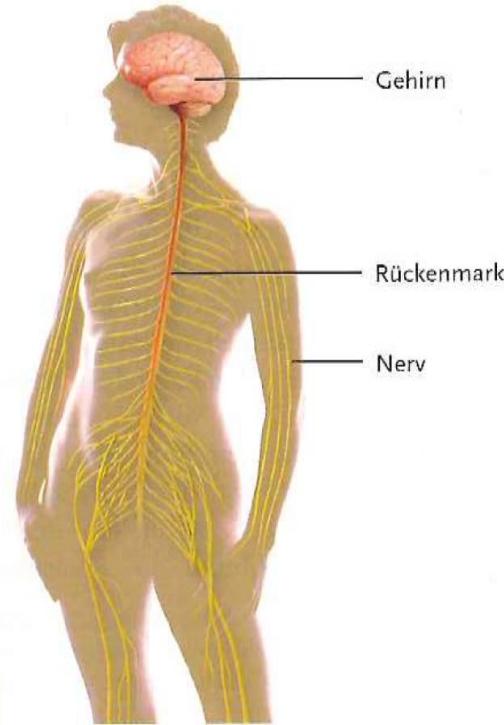
Lernziele der heutigen Vorlesung (1)

- Sie können die dem Nervensystem zugehörigen Aufgaben und Organe/Bestandteile/Strukturen nennen und beschreiben.
- Sie können beispielhaft Sinne und Sinnesorgane benennen.
- Sie können die 3 Grundfunktionen des Nervensystems auflisten und mit eigenen Worten erläutern.
- Sie können den Aufbau des Nervensystems zeichnen, sowie die einzelnen Untereinheiten mit eigenen Worten beschreiben und vergleichen.
- Sie können die Funktionen von Neuronen und Gliazellen beschreiben und gegenüberstellen.
- Sie können die Voraussetzungen, sowie die Entstehung und den Verlauf eines Aktionspotentials mit eigenen Worten beschreiben.

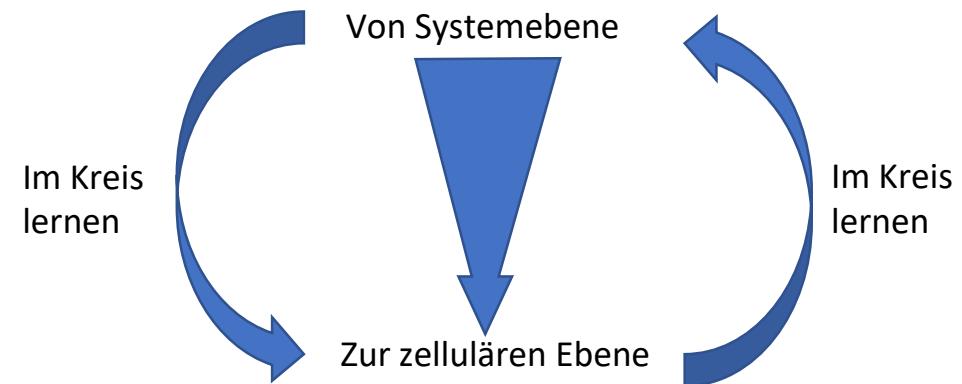
Lernziele der heutigen Vorlesung (2)

- Sie können den Zusammenhang von Myelinisierung und saltatorischer Weiterleitung beschreiben.
- Sie können die Ereignisse bei der Signalübertragung an einer chemischen Synapse mit eigenen Worten beschreiben.
- Sie können den Einsatzbereich von Neurotransmittern beschreiben und Beispiele für Neurotransmitter nennen.
- Sie können den Vorgang an der motorischen Endplatte beschreiben.
- Sie können das Grundprinzip eines Reflexes mit eigenen Worten erklären.
- Sie können beispielhaft Erkrankungen des Nervensystems nennen und kurz erläutern.

Nervensystem – Die Kabel des Körpers



Aufbau heute:



Hintergrund zum Nervensystem

- Nervensystem und Hormonsystem sorgen für kontrollierte Bedingungen in einem lebenserhaltenden Rahmen. Beide verfolgen dieses Ziel auf sehr unterschiedliche Weisen.
- Nervensystem regelt schnell mithilfe von Nervenimpulsen
- Hormonsystem regelt langsamer, jedoch nicht weniger effektiv, durch Freisetzen von Hormonen
- Nervensystem darüber hinaus auch verantwortlich für Wahrnehmungen, Verhaltensweisen, Emotionen, Erinnerungen, Lernen, Schlaf, löst alle willkürlichen und unwillkürlichen Bewegungen aus.

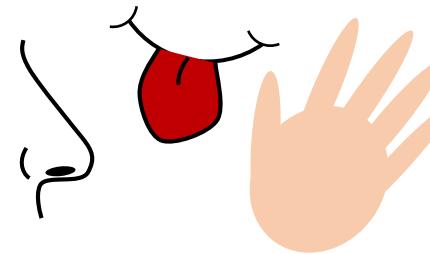
Neurologie: Bereich der Medizin der sich mit der normalen Funktion und Störungen des Nervensystems befasst.

→ *Wir benötigen eine ganzheitliche und personalisierte Medizin und müssen weg vom Denken in den verschiedenen medizinischen Disziplinen*

Strukturen des Nervensystems

- Nervensystem vom Gewicht (2 kg) her eines der kleinsten und doch das komplexeste der 11 Körpersysteme
- Kompliziertes, hochorganisiertes Netzwerk aus Milliarden von Nervenzellen und noch mehr Gliazellen (Hilfs-, Stütz-, Hüllzellen)
- Das Nervensystem umfasst folgende **Strukturen**:
 - Gehirn, Rückenmark, Nerven/Nervenbahnen, allgemeine Sinneswahrnehmung und Sinnensorgane
- Ein **Nerv** ist ein Bündel aus Hunderten bis Tausenden von Axonen, plus Bindegewebe und Blutgefäßen
- Jeder Nerv folgt einer bestimmten Bahn und bedient eine bestimmte Körperregion.

Sinne und Sinnesorgane



- Nehmen Reize aus der inneren und äußeren Umgebung auf und leiten sie an die Nervenzellen weiter
- Die allgemeinen Sinne beinhalten den Tastsinn (Berührung, Druck, Vibration, Jucken), Temperatursinn (kalt und warm), das Schmerzempfinden, Tiefensensibilität (Wahrnehmung der Körperteile und ihre Positionierung im Raum)
 - Ihre Rezeptoren sind über den ganzen Körper verteilt. Viele davon sitzen in der Haut → Verbindung zum Hautsystem
- Die speziellen Sinne umfassen Geruch, Geschmack, Sehen, Gehör, Gleichgewicht (liegt ebenfalls im Ohr).
 - Ihre Rezeptoren sind eingebettet in eigene hochkomplexe Sinnesorgane und an bestimmten Stellen des Kopfes konzentriert.
- Die Rezeptoren haben die Fähigkeit zur Anpassung, um ein Dauerfeuer bei gleichbleibenden Reizen zu verhindern. Sie sind darauf spezialisiert, eine Änderung des Reizes zu melden und einen Informations-Overload zu verhindern.

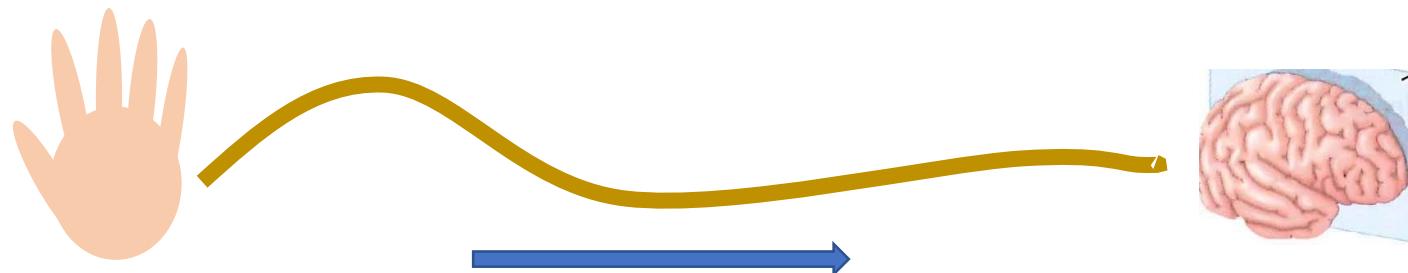
Funktionen des Nervensystems

Das Nervensystem führt eine Reihe unterschiedlicher Aufgaben aus, z.B. Gerüche wahrnehmen, Sprache erzeugen, an vergangene Ereignisse erinnern, liefert Signale zur Körperbewegung, reguliert die Funktion der inneren Organe.

- Diese verschiedenen Tätigkeiten können in 3 Grundfunktionen zusammengefasst werden:
 - Sensorisch
 - Integrativ
 - Motorisch

Sensorische Funktion

- Wahrnehmend, hinführend, aufsteigend
 - Sensoren (Sinne/Sinnesorgane) erkennen innere und äußere Reize (z.B. pH-Wert des Blutes oder einen Regentropfen auf der Haut)
 - Sensorische Nervenzellen leiten diese Informationen an Rückenmark und Gehirn weiter
- Der Reiz gelangt aus der Peripherie ins zentrale Nervensystem (aufsteigend)



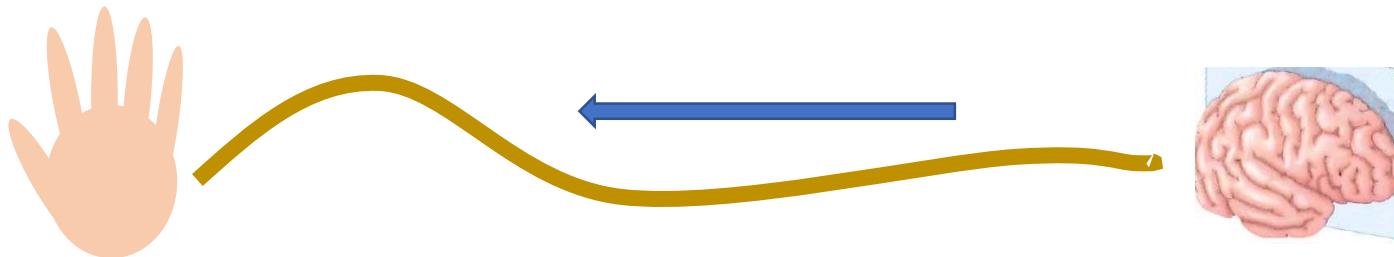
Integrative Funktion

- Verarbeitend
- Das Nervensystem *integriert* sensorische Informationen. Sie werden analysiert, ggf. gespeichert und Weichen für angemessene Reaktionen werden gestellt.
- Eine wichtige integrative Funktion ist die Wahrnehmung = das bewusste Erkennen sensorischer Reize
- Wahrnehmung findet im Gehirn statt
- Insgesamt arbeiten aber alle Nervenzellen integrativ (innerhalb und außerhalb des Gehirns)



Motorische Funktion

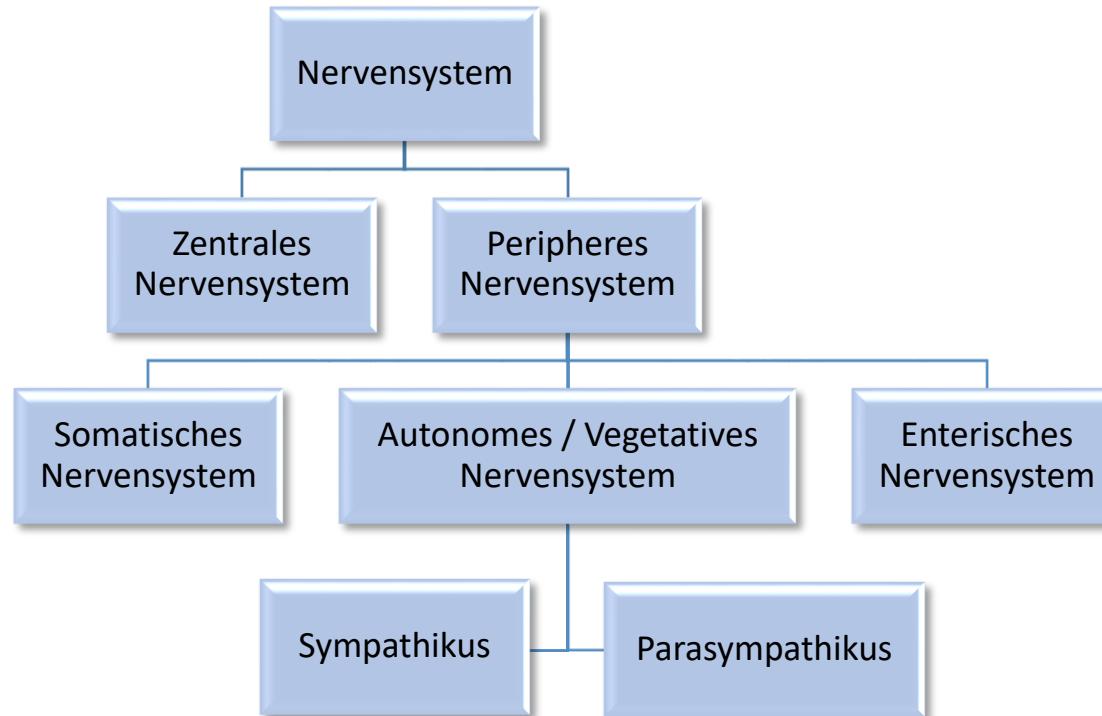
- Ausführend, wegführend, absteigend
 - Die sensorische Information ist verarbeitet (integriert) und das Nervensystem startet nun die Ausführung einer angemessenen motorischen Reaktion, z.B. eine Muskelkontraktion oder Drüsensekretion.
 - Motorische Nervenzellen, leiten diese Informationen vom Gehirn über das Rückenmark hin zu Effektoren (Muskeln oder Drüsen).
 - Die Stimulation der Effektoren durch die motorischen Nervenzellen führt zu Muskelkontraktionen und Drüsensekretionen.
- Der Befehl gelangt vom zentralen Nervensystem in die Peripherie (absteigend)



AUFBAU DES NERVENSYSTEMS



Aufbau des Nervensystems (Bild)



Aufbau des Nervensystems (Text)

2 große Untereinheiten

Zentrales Nervensystem (ZNS)

- Besteht aus Gehirn und Rückenmark

Peripheres Nervensystem (PNS)

- Umfasst sämtliches Nervengewebe außerhalb des ZNS

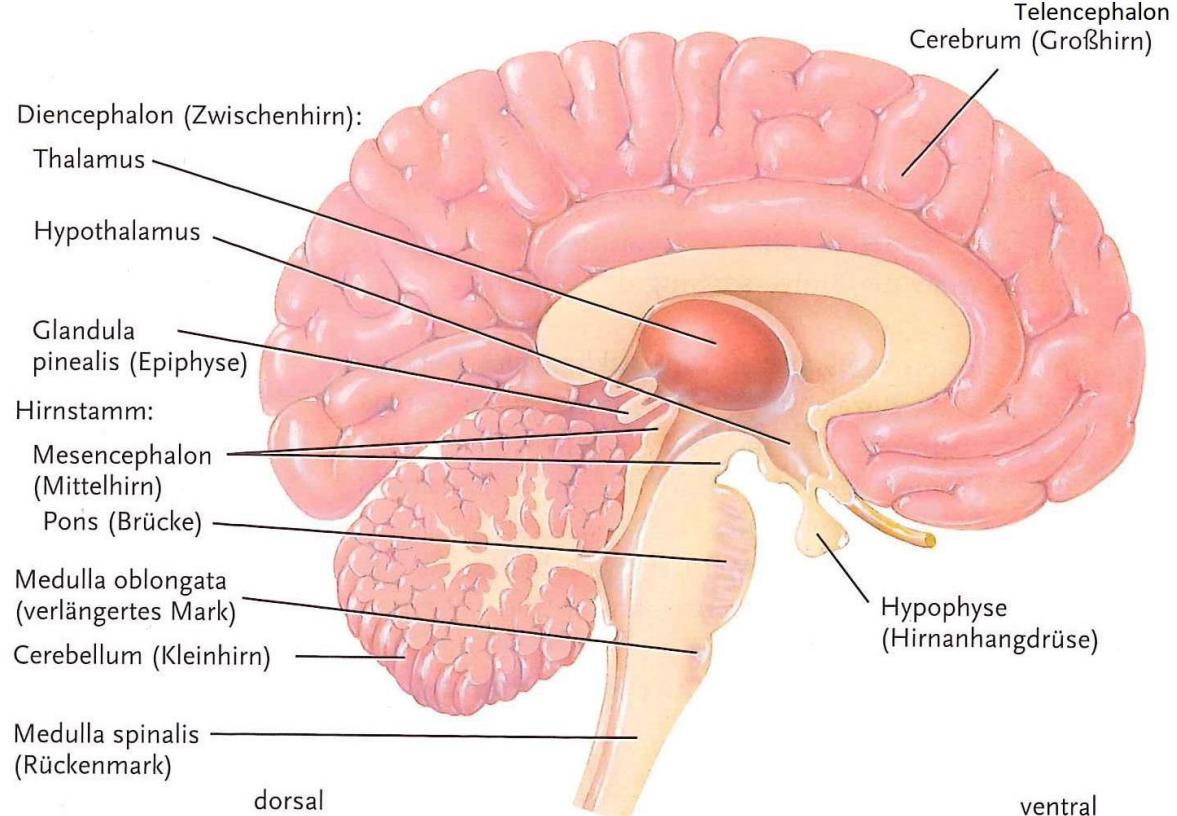
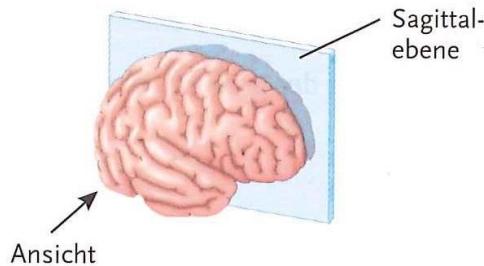
Das PNS kann weiter aufgeteilt werden

- Somatisches Nervensystem SNS (soma = Körper)
- Autonomes Nervensystem ANS oder auch Vegetatives Nervensystem (autos = selbst)
 - Sympathikus und Parasympathikus
- Enterisches Nervensystem ENS (enter = innen)

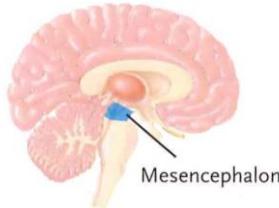
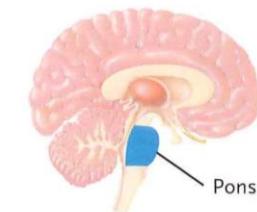
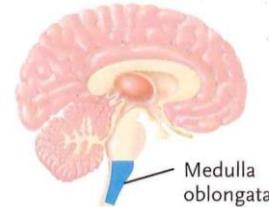
Das zentrale Nervensystem (ZNS)

- Das Rückenmark ist die Leitungsbahn für sensorische Impulse zum Gehirn und für motorische Impulse vom Gehirn. Zudem ist es eine Schaltzentrale für viele Reflexe.
- Das Gehirn erhält sensorische Signale, verschaltete neue und gespeicherte Informationen, fällt Entscheidungen und initiiert motorische Aktivitäten.
- Gehirn wiegt beim Erwachsenen etwa 1,3 kg, verbraucht aber im Ruhezustand bereits ca. 20 % des Sauerstoffs und der Glucose im Blut.
- Im Durchschnitt verfügt jede Nervenzelle im Gehirn über 100 Synapsen.
- Gehirn und Rückenmark gut abgeschottet und schwimmen in einer speziellen Zerebrospinalflüssigkeit. (kurz ‚Liquor‘ oder CSF). Rückenmarkspunktion zur Entnahme von Liquor für viele diagnostische Verfahren notwendig (z.B. bei Morbus Alzheimer).

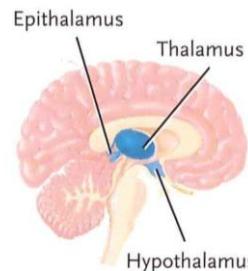
Aufbau Gehirn



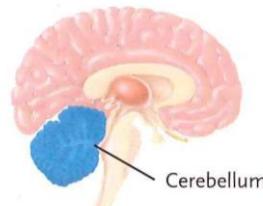
(a) Sagittalschnitt, mediale Ansicht



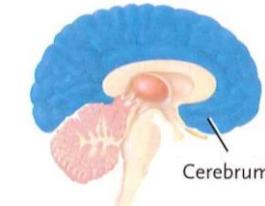
Hirnstamm:
Steuert
überlebenswichtige
Funktionen, z.B.
Atmung,
Herzfrequenz,
Blutdruck, Reflexe



Diencephalon (Zwischenhirn):
Hauptschaltstation für die meisten
sensorischen Impulse. Es enthält z.B.
Zentren für Riech-, Seh-, Hörbahn,
Tastsinn, Tiefensensibilität.
Regulation von Emotionen und Verhalten.
Regulation von Hunger, Durst, Schlaf.
Rolle bei Alarmsituationen.
Großes Regulationszentrum für das ANS
(Hypothalamus).



Cerebellum (Kleinhirn):
Unterstützung der Steuerung des
Gleichgewichts, Feinsteuerung von
motorischen Bewegungen, Regulierung
von Körperhaltung



Cerebrum (Großhirn):
Sitz der Intelligenz, ermöglicht uns zu lesen,
schreiben, sprechen. Kreativität, Logik,
Gedächtnis (Hippocampus), primäre Rolle in
Emotionsvielfalt

Erkrankungen des Nervensystems

Morbus Alzheimer

- Degenerative Demenz
- Verlust von kognitiven Fähigkeiten und häufig auch der Fähigkeit zur Selbstversorgung
- Jedes Jahr über 19.000 neue Fälle, davon 95 % über 65 J
- Die Ursachen sind unklar. Umwelteinflüsse und Alterungsprozesse spielen eine Rolle.
- Zunächst Probleme mit dem Kurzzeitgedächtnis, danach zunehmend verwirrt und vergesslich. Danach auch Langzeitgedächtnis betroffen. Verlieren Fähigkeit zu lesen, schreiben, sprechen, essen, gehen.
- Bildung von charakteristischen Plaques (Proteinablagerung) zwischen den Zellen im Gehirn, sowie in den Zellen durch „Verstopfungen“ von Axonen. Dadurch Zelltod und Verringerung der Hirnsubstanz über die Zeit.
- Nicht heilbar. Lediglich die Symptome lassen sich für eine gewisse Zeit bessern.
- Die Forschung sucht fieberhaft nach Biomarkern zur Früherkennung

Das somatische Nervensystem (SNS)

soma = Körper

Das somatische Nervensystem besteht aus

- Sensorischen Nervenzellen, die Informationen von Sensoren (Rezeptoren) in Kopf, Körperhülle und Gliedmaßen und von den speziellen Sinnen (Sehen, Hören, Schmecken, Riechen, Gleichgewicht) zum ZNS übermitteln.
- Motorischen Nervenzellen, die Impulse **vom ZNS ausschließlich zu SkelettmuskeIn** leiten. → **Motoneurone**
 - Diese motorischen Reaktionen können bewusst kontrolliert werden. Diese Leistung des Teils des PNS ist also *willkürlich*.

Das autonome Nervensystem (ANS)

autos = selbst

Das autonome Nervensystem besteht aus

- Sensorischen Nervenzellen, die Informationen aus autonomen sensorischen Rezeptoren , die sich vorwiegend in inneren Organen wie dem Magen und der Lunge befinden, an das ZNS übermitteln (z.B. in Blutgefäßwänden, an Wänden der inneren Organe, oder zur Messung von CO₂ im Blut).
- Motorischen Nervenzellen, die Nervenimpulse **vom ZNS zur glatten Muskulatur, zum Herzmuskel und zu Drüsen** leiten. Diese ausgeführten Antworten stehen meist nicht unter bewusster Kontrolle und sind deshalb *unwillkürlich* (z.B. Änderung Pupillendurchmesser, Einfluss auf Herzfrequenz).

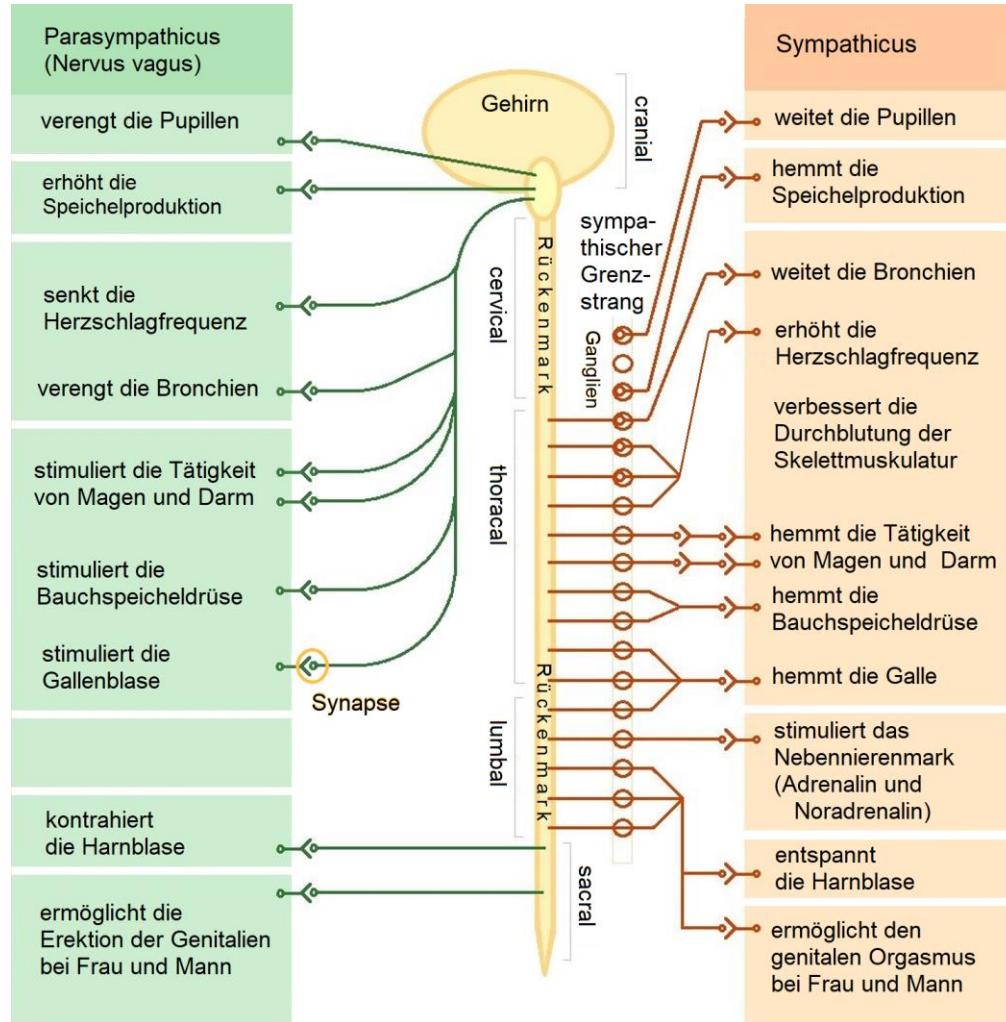
→ Es regelt vor allem die **Funktionen der lebenswichtigen inneren Organe**. Es stimuliert oder hemmt glatte Muskelzellen, Herzmuskelzellen und Drüsengewebe

Sympathikus und Parasympathikus

Der *motorische* Teil des autonomen Nervensystems besteht aus 2 Bereichen

- Sympathikus
 - Parasympathikus
-
- Die meisten Organe/Effektoren werden von beiden versorgt.
 - Für gewöhnlich haben die beiden Anteile gegensätzliche Wirkung → aktivierend oder vermindernd
 - Beide werden vom Hypothalamus reguliert.

Der Parasympathikus fördert eher Aktivitäten der Erholung und der Verdauung, um wieder Energie aufzubauen und zu speichern → „Rest-and-Digest-Reaktionen“

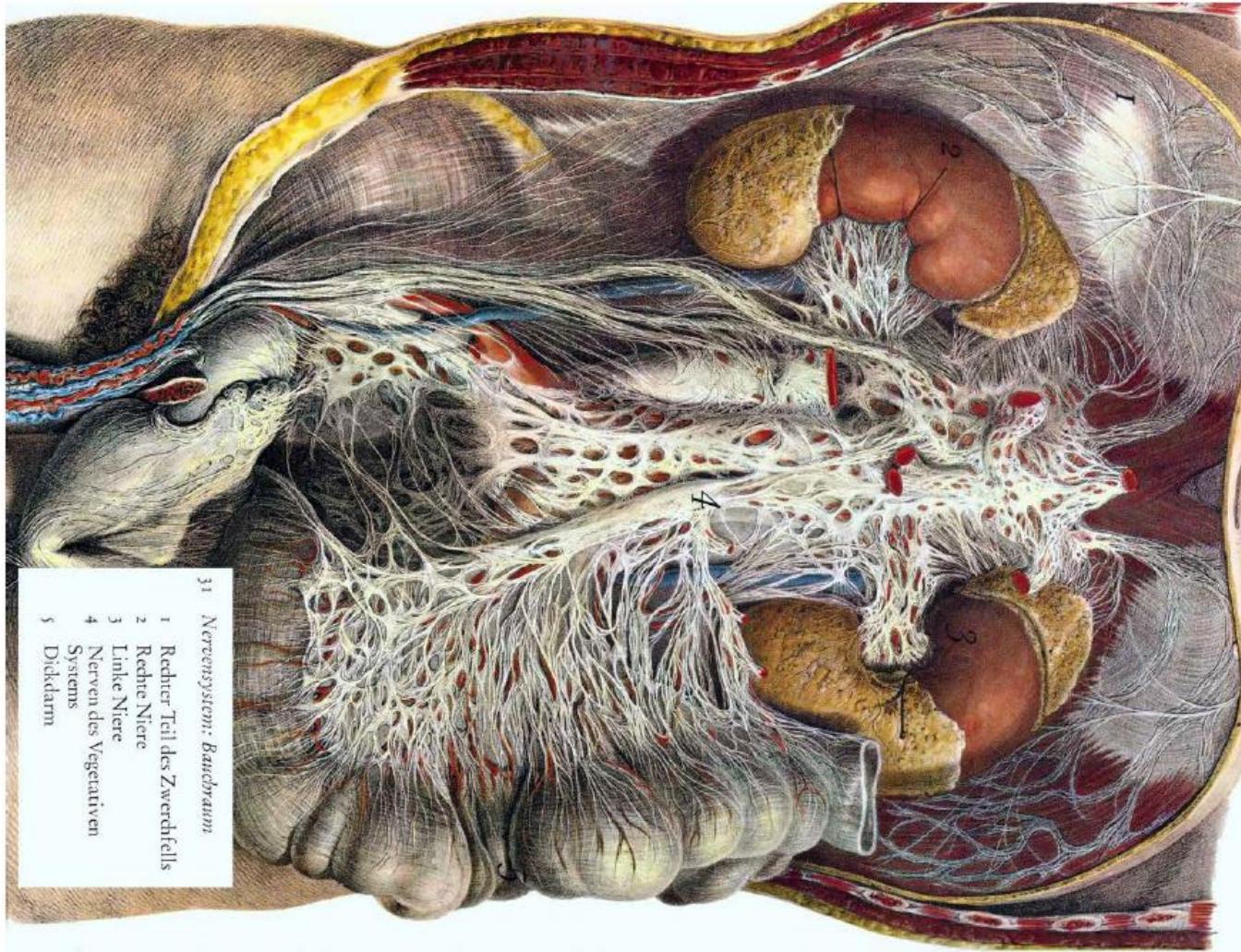


Während physischer oder psychischer Belastung dominiert der Sympathikus → „Fight-and-Flight-Reaktionen“

Das enterische Nervensystem (ENS)

enter = innen

- Wird auch „Darmwandnervensystem“, „Gehirn der Eingeweide“, „Bauchgehirn“ genannt. Wurde früher zum ANS gezählt.
- Umfasst ca. 300-400 g Nervengewebe, unbekannt warum es soviel ist
- Arbeitet *unwillkürlich*
- Erstreckt sich fast über die gesamte Länge des Magen-Darm-Trakts
- Arbeitet bis zu einem gewissen Grad unabhängig vom ANS und ZNS
- Motorische Nervenzellen des ENS helfen bei der Regulation des Verdauungssystems durch:
 - die Kontraktion der glatten Muskulatur des Magen-Darm-Trakts, um Nahrung hindurch zu schieben.
 - die Sekretion von Magensäure und die Aktivität von Drüsenzellen des Magen-Darm-Trakts, die Hormone ausschütten.



„Traité complet de l'anatomie de l'homme“ (1830-1844). Marc Jean Bourgery

Aufgabe

Beginnen Sie mit dem Ausfüllen des Kreuzworträtsels!

Sie können zum jetzigen Stand die Begriffe 1-8 bearbeiten.

Bearbeitungshinweis:

scharfes ß = ss

ä, ö, ü = ä, ö, ü

Lösungen Kreuzworträtsel Teil1

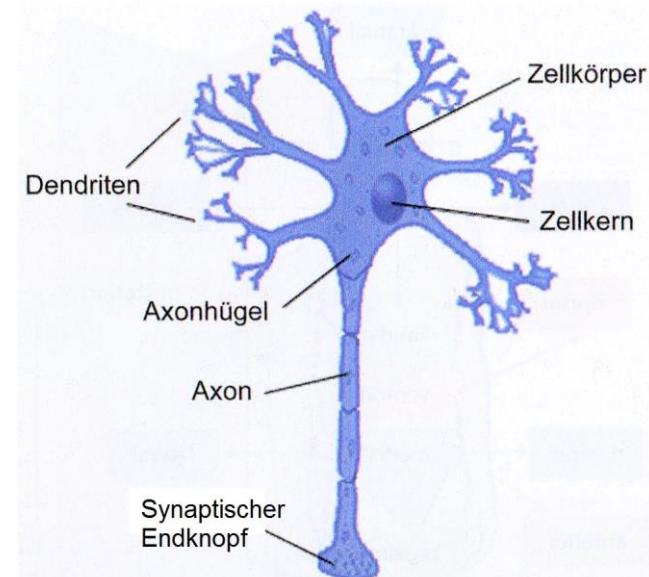
- | | |
|---|---------------------|
| (1) Augen und Ohren sind ... | (1) Sinnesorgane |
| (2) Das Nervensystem besitzt mehrere Grundfunktionen: Die Funktion zur Erkennung von Reizen ist die ... Funktion. | (2) Sensorische |
| (3) Das ... Nervensystem überwacht die lebenswichtigen Körperfunktionen. | (3) Autonome |
| (4) Organ des ZNS. | (4) Gehirn |
| (5) Leitungsbahn vom und zum Gehirn. | (5) Rückenmark |
| (6) Sämtliches Nervengewebe außerhalb des ZNS bildet das ... Nervensystem. | (6) Periphere |
| (7) Teil des ANS für Aktivitäten der Erholung und der Verdauung. | (7) Parasympathikus |
| (8) Neurone, die einen Skelettmuskel innervieren. | (8) Motoneurone |

ZELLEN DES NERVENSYSTEMS



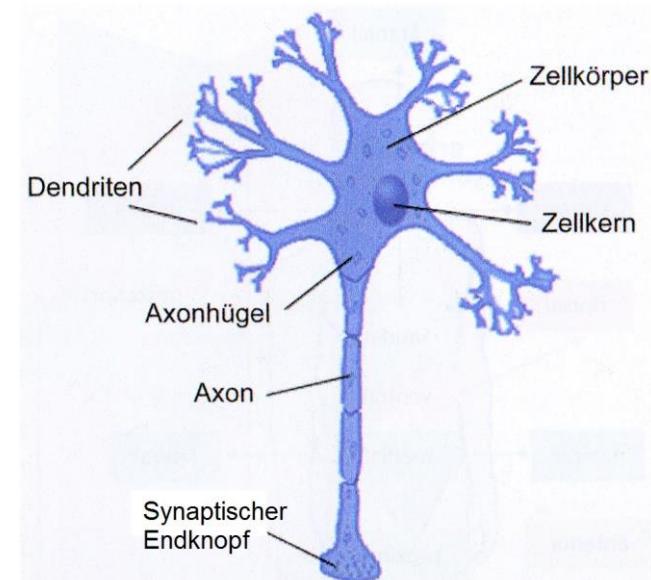
Das Neuron

- Nervenzelle = Neuron
- Funktion: Aufnahme, Integration, Weitergabe von Signalen
- Dendriten sind kurze verzweigte Zellfortsätze zur Signalaufnahme.
- Der Zellkörper dient zur Integration eingehender Signale.
- Der Axonhügel ist die Verbindungsstelle von Zellkörper und Axon.
- Das Axon ist ein langer Zellfortsatz, der Informationen weiterleitet und am Axonhügel entspringt.
- Am Axonhügel wird entschieden, ob ein Signal weitergegeben wird oder nicht.
- Wenn ja, läuft das Signal über das Axon bis zum synaptischen Endknopf und wird dann an das nächste Neuron oder z.B. eine Muskelzelle weitergegeben.



Das Neuron

- Neuronen sind elektrisch erregbar (wie Muskelzellen)
- Haben die Fähigkeit auf einen Reiz zu antworten und ihn in ein Aktionspotential (Nervenimpuls) umzuwandeln
- Ein Reiz ist jede Veränderung in der Umwelt, die stark genug ist, ein Aktionspotential auszulösen
- Manche Neurone sind die längsten Zellen im Körper und reichen vom unteren Teil des Gehirns bis zu den Zehen.



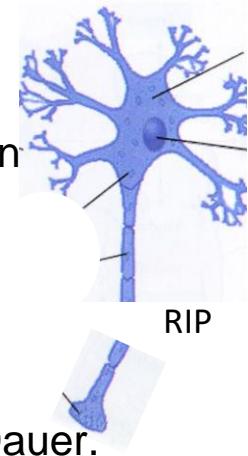
Gliazellen

Hilfs-, Stütz- und Hüllzellen für das Nervensystem

- Machen ungefähr das halbe Volumen des ZNS aus
- Nehmen sehr aktiv an den Aktivitäten des Nervengewebes teil, sind nicht nur Statisten
- Erzeugen keine Aktionspotentiale und leiten sie auch nicht weiter
- Füllen bei Absterben von Nervenzellen den freigewordenen Raum aus
- Stützen Neuronen des ZNS
- Isolieren Neuronen des ZNS vor potentiell schädlichen Substanzen im Blut, indem sie sich um die Blutkapillaren dort wickeln (Blut-Hirn-Schranke, s. Vorlesungseinheit Herz-Kreislauf-System)
- Könnten auch am Lernen beteiligt sein, indem sie die Bildung von Synapsen beeinflussen
- Bilden die Myelinscheide um die Axone für die saltatorische Erregungsleitung
- Beseitigen den zellulären Abfall, Mikroben und beschädigtes Gewebe

Regeneration und Reparatur von Nervengewebe

- Das Nervensystem hat die Fähigkeit, sich lebenslang aufgrund von Erfahrungen zu verändern
- Lernen → vorhandene Synapsen können sich verändern und neue Synapsen können sich bilden
- Dennoch haben Neuronen eine sehr eingeschränkte Fähigkeit zur Regeneration
- **Im peripheren Nervensystem** können Schäden an Dendriten oder am myelinisierten Axon repariert werden, wenn der Zellkörper und die Gliazellen, welche die Myelinscheiden bilden, intakt sind.
- **Im zentralen Nervensystem** tritt kaum eine Reparatur von Neuronenschäden auf. Selbst wenn der Zellkörper intakt ist, kann ein abgetrenntes Axon nicht repariert werden oder nachwachsen. → Zelltod
- Lediglich im Hippocampus (Region im Hirn für Lernen) können große Zahlen neuer Neuronen entstehen.
- Eine Verletzung des Gehirns oder des Rückenmarks ist für gewöhnlich von Dauer.



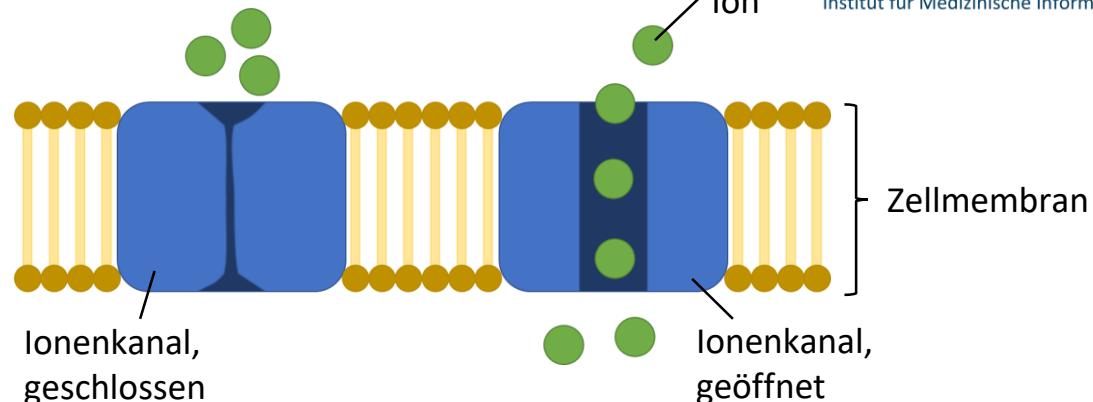
SIGNALFLUSS – DAS AKTIONSPOTENTIAL

Bei der Informationsaufnahme, -integration und -weiterleitung spielen sowohl elektrische als auch biochemische Vorgänge eine Rolle.



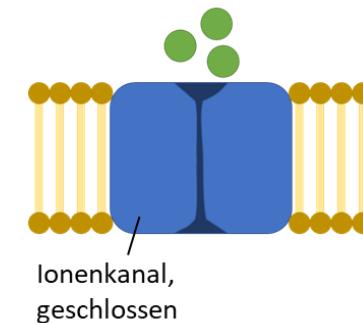
Ionenkanäle

- Sind Proteine, die wie Tore fungieren
 - Geöffnete Ionenkanäle ermöglichen spezifischen Ionen sich entlang ihres elektrochemischen Gradienten über die Zellmembran zu bewegen (aus der Zelle raus oder in die Zelle rein)
 - Es gibt verschiedene Arten von Ionenkanälen:
 - Öffnen bei **Änderung der elektrischen Spannung** in ihrer Nähe. Wichtig für die Erzeugung und Weiterleitung von Aktionspotentialen (Spannungsgesteuerte Ionenkanäle).
 - Öffnen bei **Anwesenheit einer spezifischen chemischen Substanz**. Dazu zählen u.a. Neurotransmitter und Hormone. Wichtig für chemische Synapsen (Ligandengesteuerte Ionenkanäle).



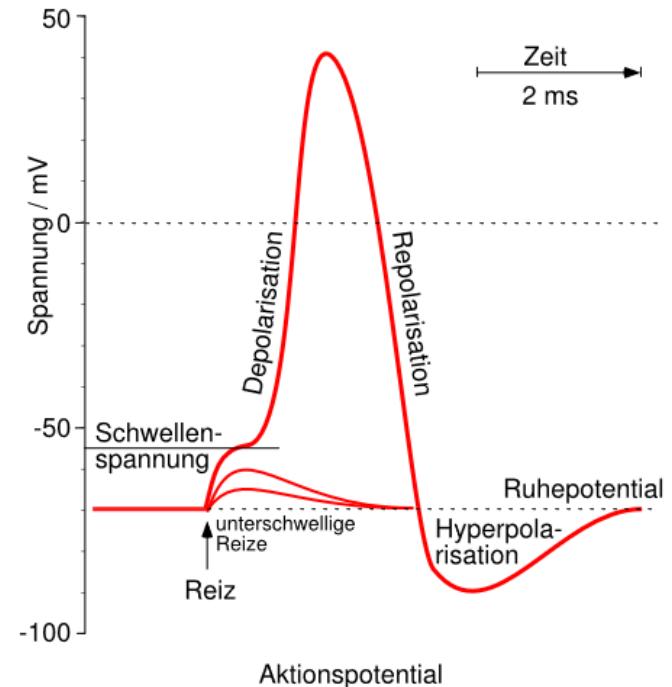
Das Ruhemembranpotential

- Ohne einen Reiz haben Nervenzellen ein sog. Ruhepotential in ihrem Inneren (als Gegenpart zum Aktionspotential).
- Damit ist eine elektrische Spannung gemeint, die durch unterschiedliche Ionenverteilungen über die Zellmembran erzeugt wird.
- In Nervenzellen hat das Ruhepotential eine Spannung von ca. -70 mV.



Das Aktionspotential – Die Schwelle

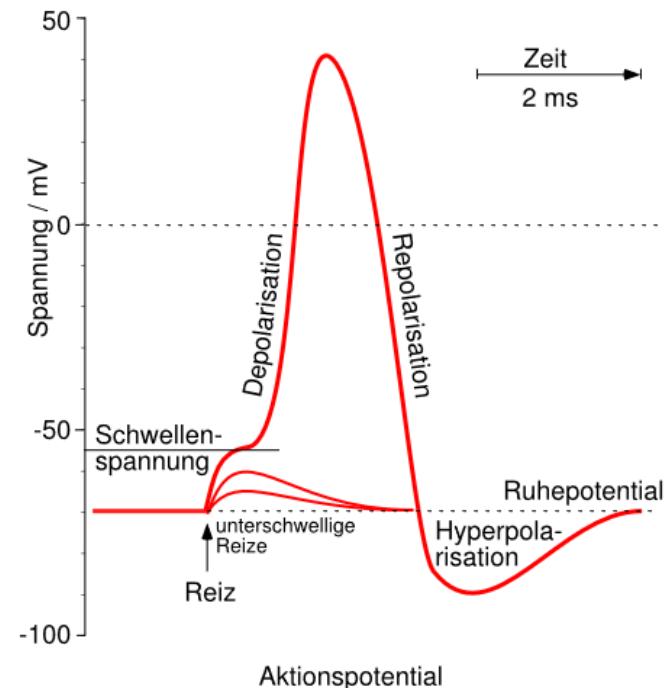
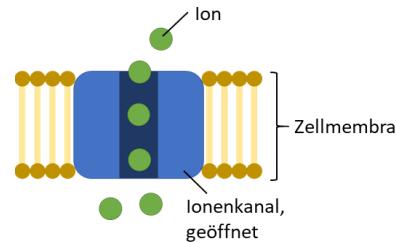
- Eingehende Signale von Sinneszellen/Sinnesorganen oder anderen Nervenzellen können dafür sorgen, dass sich das Ruhepotential verändert.
- Wird ein gewisser Schwellenwert erreicht (ca. -55 mV), kommt es zur Auslösung eines Aktionspotentials.
- Das Aktionspotential funktioniert nach dem **Alles-oder-nichts-Prinzip**. Es hat immer dieselbe Größe (Amplitude).



Von Action_potential.svg: Original by en:User:Chris 73, updated by en:User:Diberri, converted to SVG by tiZomderivative work: de:Benutzer:Jnns - Action_potential.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10316004>

Das Aktionspotential – Der Verlauf

- In der Membran von Axonhügel und Axon befinden sich spannungsgesteuerte Ionenkanäle.
- Wird der Schwellenwert (s.o.) erreicht, öffnen sich diese spannungsgesteuerten Ionenkanäle und bestimmte Ionen (Natrium und Kalium) strömen über die Zellmembran und das Aktionspotential entsteht.
- Nach Ablauf des Aktionspotentials wird der Ausgangszustand wiederhergestellt.



Von Action_potential.svg: Original by en:User:Chris 73, updated by en:User:Diberri, converted to SVG by tiZomderivative work: de:Benutzer:Jnns - Action_potential.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10316004>

Reizintensität

Wie können unsere sensorischen Systeme Reize unterschiedlicher Intensität wahrnehmen, wenn alle Nervenimpulse die gleiche Größe haben?

→ Lösung: Impulsfrequenz

d.h. wie häufig Aktionspotentiale an der Triggerzone (Axonhügel) erzeugt werden

- Ein leichter Druck auf den Finger löst eine niedrige Frequenz aus
- Ein stärkerer Druck löst eine höhere Frequenz von Aktionspotentialen aus
- Ein zusätzlicher Faktor ist die Anzahl an sensorischen Neuronen, die vom Reiz aktiviert werden

Aufgabe

Füllen Sie das Kreuzworträtsel nun bis zum Ende aus (Begriffe 9-15) und ermitteln Sie das Lösungswort!

Bearbeitungshinweis:

scharfes ß = ss

ä, ö, ü = ä, ö, ü

Lösungen Kreuzworträtsel Teil2

- | | |
|--|----------------------------|
| (9) Fachbegriff Nervenzelle | (9) Neuron |
| (10) Teil der Nervenzelle zur Fortleitung von Nervenimpulsen | (10) Axon |
| (11) Unterstützende Zellen in ZNS und PNS | (11) Gliazellen |
| (12) Nervenimpuls | (12) Aktionspotential |
| (13) Tore zum Durchlass von Ionen | (13) Ionenkanäle |
| (14) ca. -70 mV | (14) Ruhemembran potential |
| (15) Starke und schwache Reize werden durch die ... unterschieden. | (15) Frequenz |

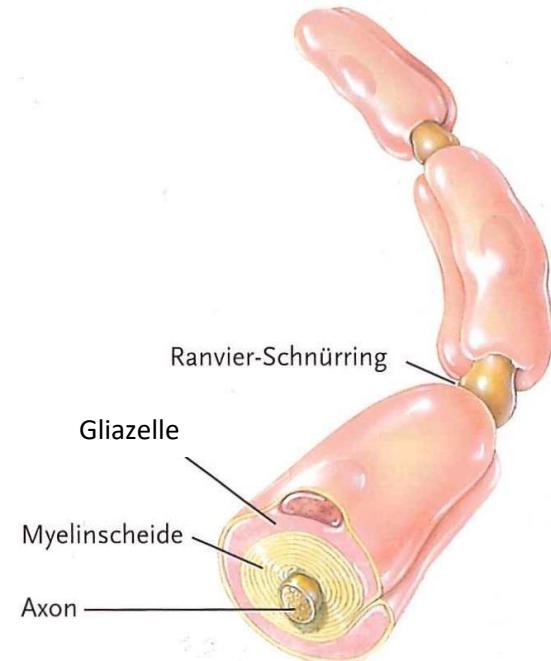
SIGNALFLUSS – DIE WEITERLEITUNG IN DER ZELLE

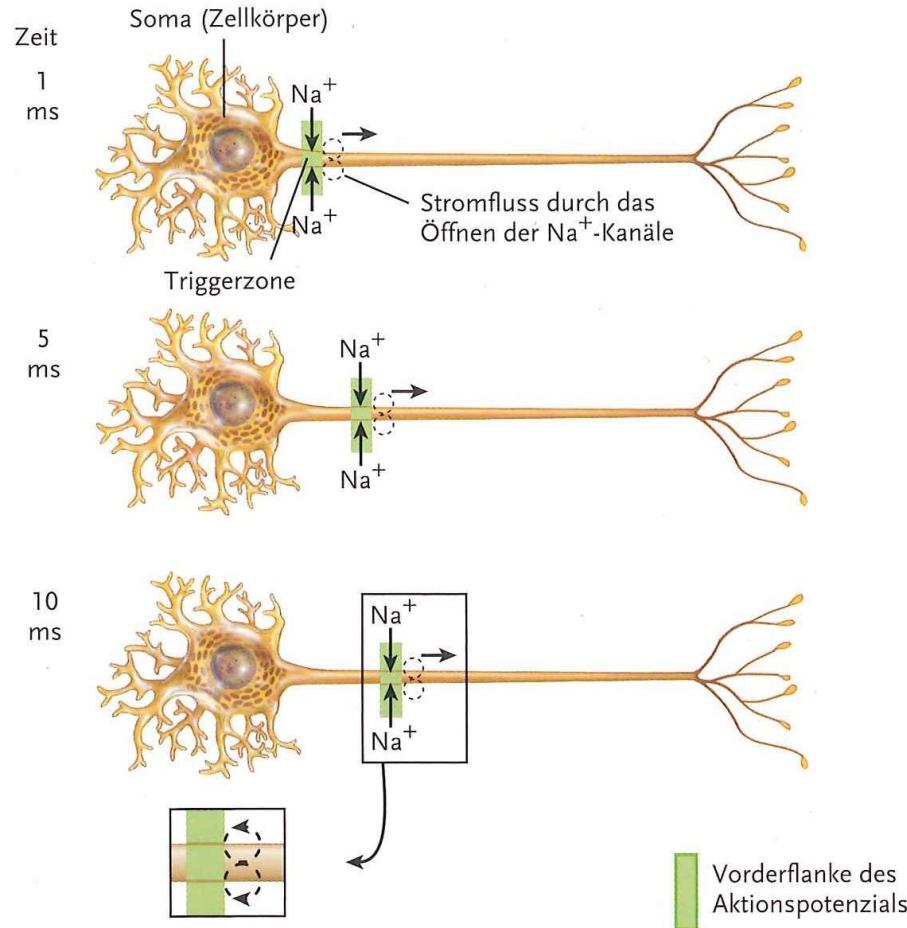
Bei der Informationsaufnahme, -integration und -weiterleitung spielen sowohl elektrische als auch biochemische Vorgänge eine Rolle.



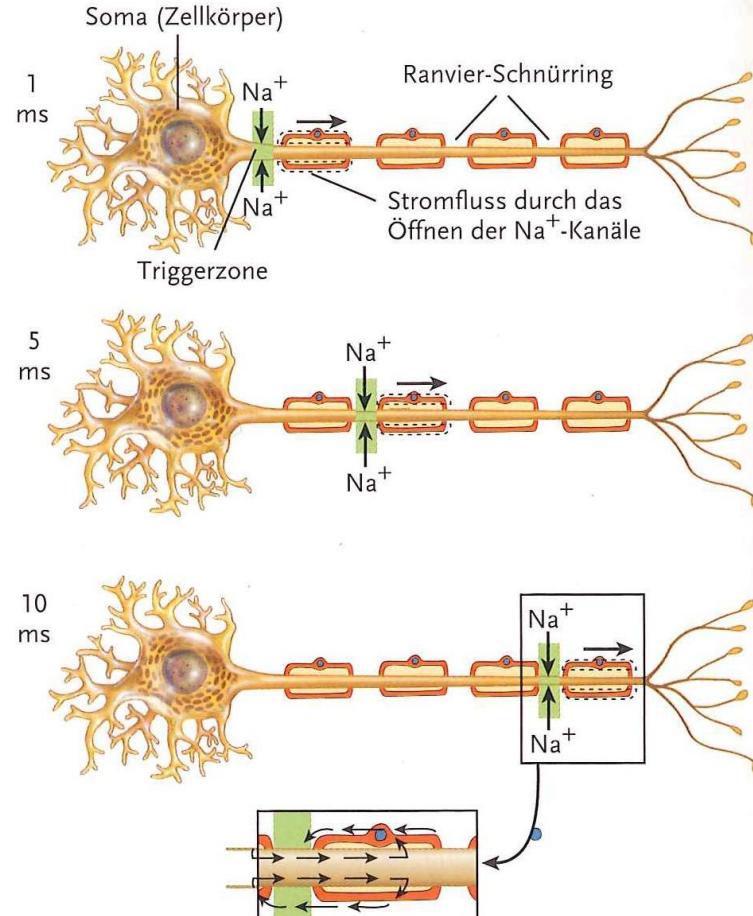
Myelinisierung

- Spezifische Gliazellen umhüllen die Axone und myelinisieren sie
- Die **Myelinscheide** ist eine vielschichtige Hülle aus Lipiden und Proteinen
- Wirkt wie eine elektrische Isolierung für Axone
- Erhöht die Geschwindigkeit der Weiterleitung von Nervenimpulsen
- Lücken in der Myelinscheide, die sog. Ranvier-Schnürringe, treten in Abständen entlang des Axons auf
- Demyelinisierung: Zerstörung oder Verlust der Myelinscheide um die Axone.
 - Kann Folge von Erkrankung sein → Multiple Sklerose
 - Kann Folge von medizinischen Behandlungen wie Bestrahlung oder Chemotherapie sein
 - Jede einzelne Demyelinisierung kann den Zelltod der betroffenen Nervenzelle bedeuten



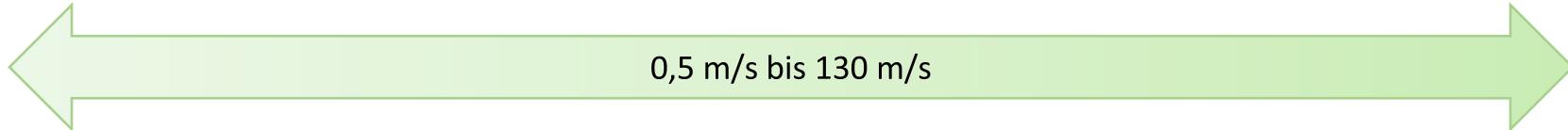


(a) kontinuierliche Fortleitung



(b) saltatorische Fortleitung

Kontinuierliche und saltatorische Weiterleitung (Text)



Kontinuierliche Weiterleitung:

- Schritt-für-Schritt-Voranschreiten des Aktionspotentials durch jeden angrenzenden Membranabschnitt
- Langsame Form der Weiterleitung
- Bei nicht myelinisierten Axonen

Saltatorische Weiterleitung:

- Besondere Form der Impulsfortpflanzung
- spannungsgesteuerte Ionenkanäle sitzen dafür an den Ranvier-Schnürringen
- Aktionspotential springt von einem Schnürring zum nächsten
- Schnelle Form der Weiterleitung
- Bei myelinisierten Axonen

Diese Fortleitung kann durch Neurotoxine und Lokalanästhetika verhindert werden

- Gift des Kugelfischs (Tetrodotoxin), sowie Procain oder Lidocain (Anästhesie der Haut oder beim Zahnarzt) blockieren die spannungsgesteuerten Natriumkanäle und verhindern damit das Entstehen von Aktionspotentialen am Axonhügel

Erkrankungen des Nervensystems

Multiple Sklerose (MS)

- mehr als 280.000 MS-Erkrankte in Deutschland. Jährlich mehr als 15.000 neu Fälle.
- Ist eine **Autoimmunkrankheit** (ausgelöst durch fehlgeleitete T-Zellen; s.a. Vorlesungseinheit lymphatisches System und Immunität)
- Gekennzeichnet durch eine fortschreitende Zerstörung der Myelinscheiden von Neuronen im ZNS (Demyelinisierung)
- Bildgebende Verfahren mit z.B. Magnetresonanztomographie (MRT) zeigen optische Veränderungen in der weißen Substanz von Gehirn und Rückenmark
- Zerstörung der Myelinscheiden verlangsamt die Nervenleitung und schließt sie kurz
- Fortschreitender Funktionsverlust (z.B. Sehstörungen, Lähmungserscheinungen, Sprechstörungen, etc.)
- Tritt in Schüben auf im Abstand von z.T. mehreren Jahren
- Nicht heilbar, lediglich die Zeit zwischen den Schüben kann etwas verlängert werden
- Ursachen unklar, genetische Anfälligkeit und Umweltfaktoren scheinen dazu beizutragen

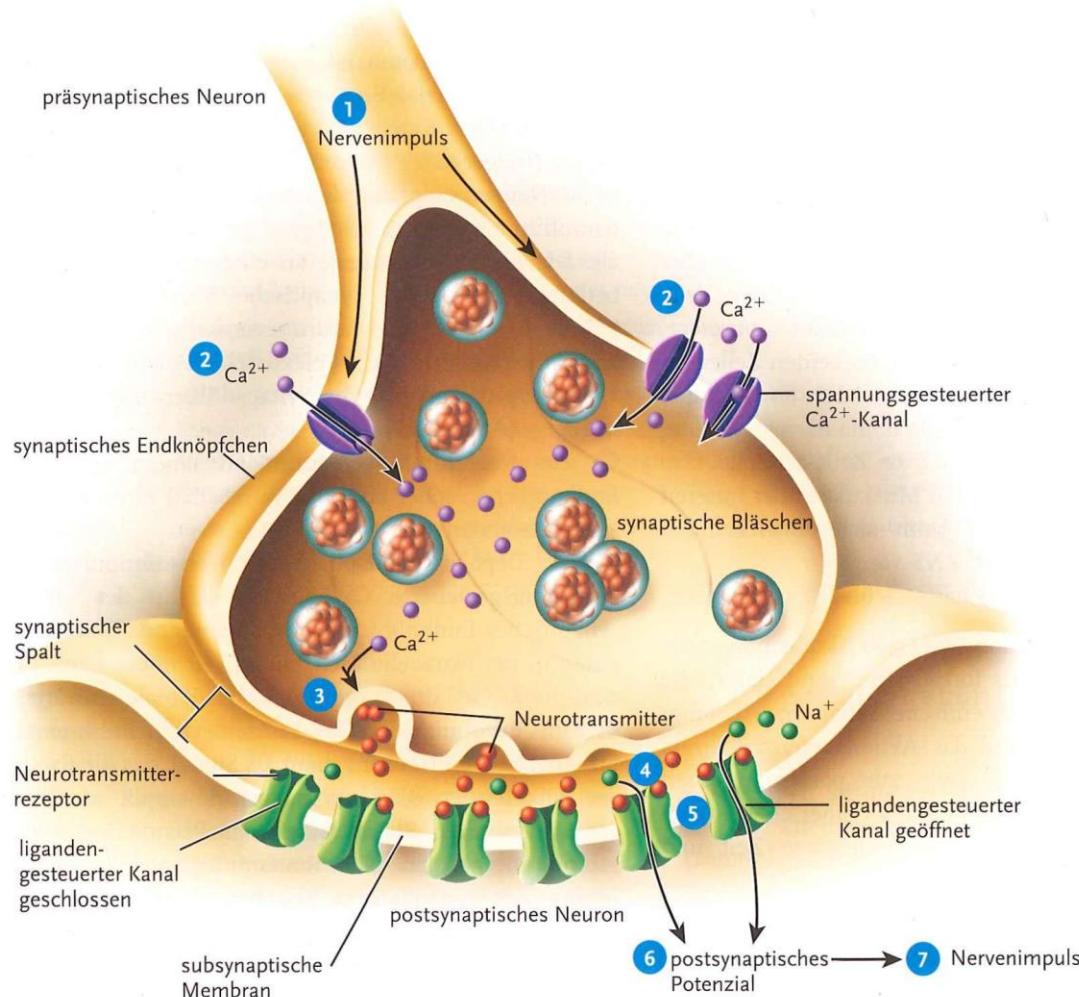
SIGNALFLUSS – DAS ÜBERTRAGUNG AUF EINE ANDERE ZELLE

Bei der Informationsaufnahme, -integration und -weiterleitung spielen sowohl elektrische als auch biochemische Vorgänge eine Rolle.



Die Synapse

- Eine Synapse ist NICHT das Ende eines Axons!
- Eine Synapse ist der Ort der Kommunikation zwischen zwei Nervenzellen oder zwischen einer Nerven- und einer Effektorzelle (z.B. einer Muskelzelle)
- Die Axone bilden knopfartige Kontaktstellen zu den Dendriten des nächsten Neurons, oder aber auch zu einer sonstigen Effektorzelle
- Die *chemische Synapse* besteht aus
 - der präsynaptischen Membran → dies ist die Membran der Nervenzelle am Axonende
 - Dem synaptischen Spalt = der Zwischenraum zwischen der prä- und postsynaptischen Zelle
 - Der postsynaptischen Membran → diese kann zu einer Nervenzelle oder z.B. einer Muskelzelle gehören



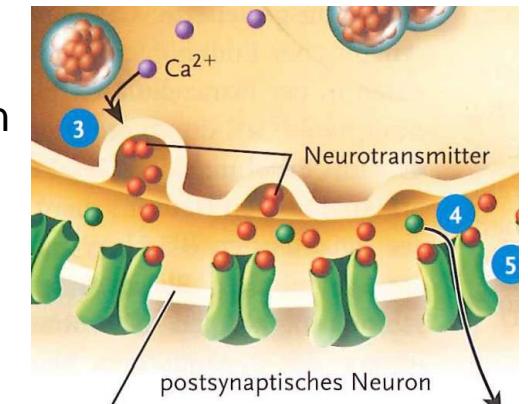
Signalübertragung an chemischen Synapsen (Text)

- Das präsynaptische Neuron enthält die synaptischen Bläschen mit den Neurotransmittern.
- Die postsynaptische Membran beinhaltet ligandengesteuerte Ionenkanäle für diese Transmitter.
- 1+2+3: Trifft am synaptischen Endknopf ein Aktionspotential ein, kommt es zur Verschmelzung der synaptischen Bläschen mit der präsynaptischen Membran und damit zur Freisetzung der Neurotransmitter in den synaptischen Spalt.
- 4+5: Die Neurotransmitter passieren den synaptischen Spalt in einer tausendstel Sekunde und binden an ihre spezifischen ligandengesteuerten Ionenkanäle in der postsynaptischen Membran, welche sich daraufhin öffnen.
- 6+7: Das Ruhepotential der postsynaptischen Zelle wird verändert. Ggf. wird in dieser Zelle dadurch wieder der Schwellenwert überschritten und ein neues Aktionspotential ausgelöst.
- Der Neurotransmitter wird danach im synaptischen Spalt schnell inaktiviert, um eine dauerhafte Erregung zu vermeiden (durch enzymatischen Abbau oder durch Wiederaufnahme durch präsynaptisches Neuron).
- Die am Axon elektrisch fortgeleitete Erregung wird an der Synapse chemisch übertragen und an der postsynaptischen Membran wieder elektrisch weitergeleitet.
- Die Weiterleitung funktioniert nur in eine Richtung.

Neurotransmitter

- Es gibt verschiedene Neurotransmitter, die an der postsynaptischen Zelle erregend oder hemmend wirken können.
- Wirken sie erregend, verschiebt sich das Ruhepotential Richtung Schwellenwert und die Wahrscheinlichkeit steigt, dass ein neues Aktionspotential entsteht.
- Wirken sie hemmend, verschiebt sich das Ruhepotential entgegengesetzt zum Schwellenwert und die Wahrscheinlichkeit zum Entstehen eines neuen Aktionspotentials sinkt.

→ Ein einziges postsynaptisches Neuron erhält Input von vielen präsynaptischen Neuronen. Einige davon sind erregend, andere hemmend. Die Summe all dieser Wirkungen zu einem festgelegten Zeitpunkt bestimmt, ob ein Aktionspotential entsteht oder nicht.

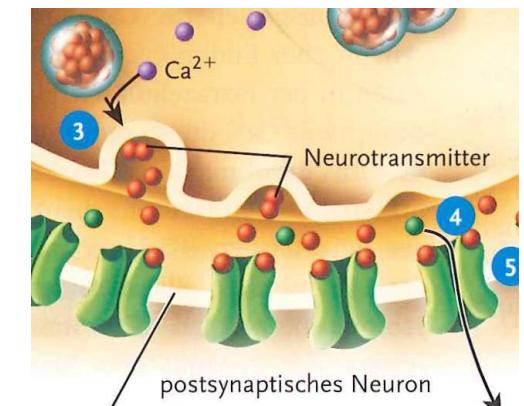


Neurotransmitter

Beispiele für Neurotransmitter:

- **Acetylcholin:** erregender Neurotransmitter an der **motorischen Endplatte**
- Glutamat: häufigster erregender Neurotransmitter im ZNS
- Gamma-Aminobuttersäure (GABA): häufigster hemmender Neurotransmitter im ZNS
- Noradrenalin/Adrenalin: Hormone, die z.T. auch als Neurotransmitter dienen (erregend und hemmend)
- Dopamin: wirkt überwiegend erregend. Spielt bei Suchtverhalten eine Rolle (z.B. Kokain hemmt die Dopaminwiederaufnahme aus dem synaptischen Spalt)
- Serotonin: Hormon, das auch als Neurotransmitter dient

→ Viele therapeutische und suchterzeugende chemische Substanzen setzen an der chemischen Synapse an



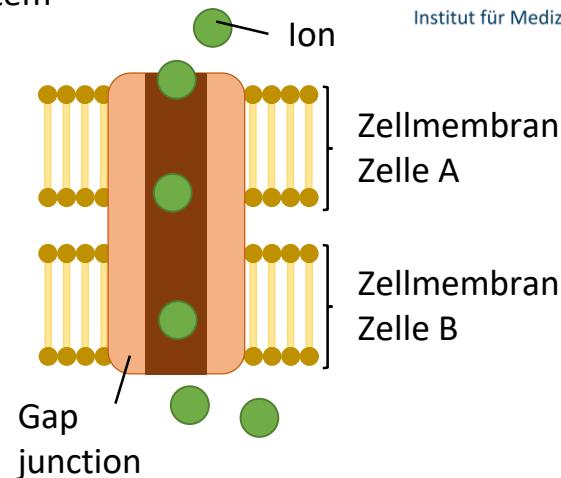
Erkrankungen des Nervensystems

Morbus Parkinson (Parkinsonsche Krankheit)

- Fortschreitende Erkrankung des ZNS
- Typisches Einsetzen um das 60. Lebensjahr oder älter
- Das Absterben dopaminerger Neurotransmitter-spezifischer Neurone führt zu einem Ungleichgewicht von verschiedenen Typen an Neurotransmittern im ZNS.
- Auslöser ungeklärt
- Die Folgen sind unfreiwillige Muskelkontraktionen bei Willkürbewegungen, z.B. das typische Zittern/Schütteln der Hände.
- Führt dadurch auch zu Problemen beim Schreiben, Gehen, Sprechen
- Medikamentöse Therapie zielt auf den Ausgleich der Neurotransmitter ab, verhindert aber nicht das Absterben der Neurone.

Die elektrische Synapse

- Aktionspotentiale pflanzen sich direkt zwischen angrenzenden Zellen über ‚gap junctions‘ fort.
- Gap junctions wirken wie Tunnel, die das Cytoplasma benachbarter Zellen miteinander verbinden
- Findet man in der glatten Muskulatur der inneren Organe, im **Herzmuskel**, und zum Teil im ZNS



Vorteile:

- Schnellere Kommunikation: elektrische Synapsen sind schneller als chemische
- Synchronisation: elektrische Synapsen können die Aktivität einer Gruppe von Neuronen oder Muskelfasern synchronisieren. Großer Nutzen beim Herz und den inneren Organen durch eine koordinierte Kontraktion dieser Fasern, um den Herzschlag zu erzeugen oder Nahrung durch den Verdauungstrakt zu bewegen.

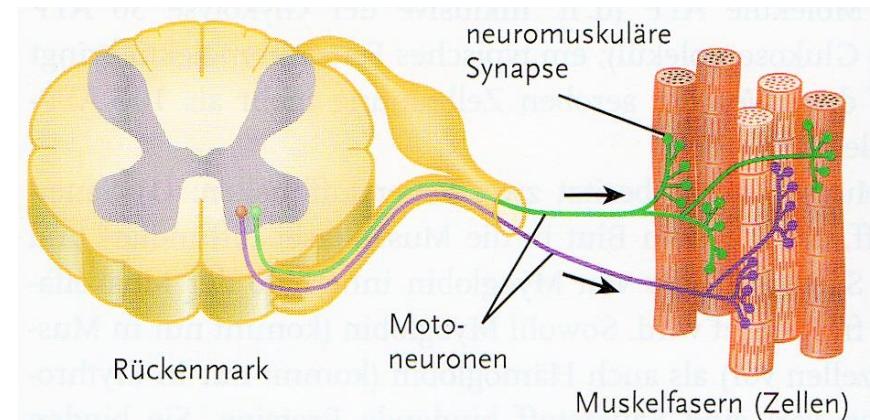
VERBINDUNGEN, GESAMTABLAUF, VARIATIONEN



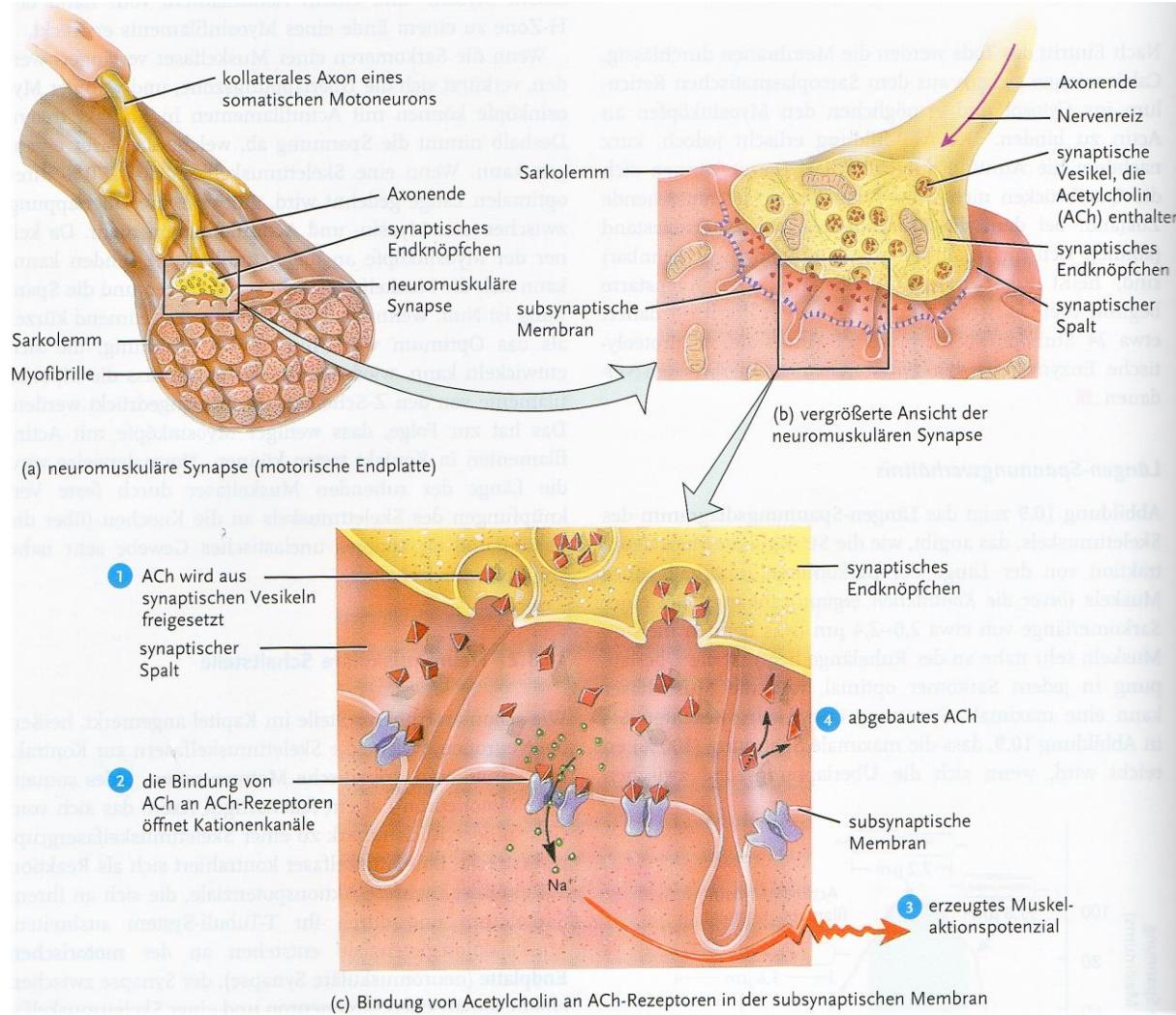
Vom Nervensystem zur Muskelkontraktion

- Damit ein Muskel kontrahieren kann, muss er u.a. von einem Nervenimpuls dazu angeregt werden.
 - **Skelettmuskelfasern** werden von **Motoneuronen** (Teil des SNS) stimuliert.
 - Aktionspotential kommt durch Motoneuron am synaptischen Endknopf an
 - Übertragung an Muskelzelle durch **motorische Endplatte/neuromuskuläre Synapse** (= Synapse zwischen einem Motoneuron und einer Skelettmuskelfaser)
 - Motorische Endplatte arbeitet mit **Acetylcholin** als Neurotransmitter
 - Im Muskel entsteht ein sog. Muskelaktionspotential, was letztlich zur Muskelkontraktion über den Filamentgleitmechanismus führt.

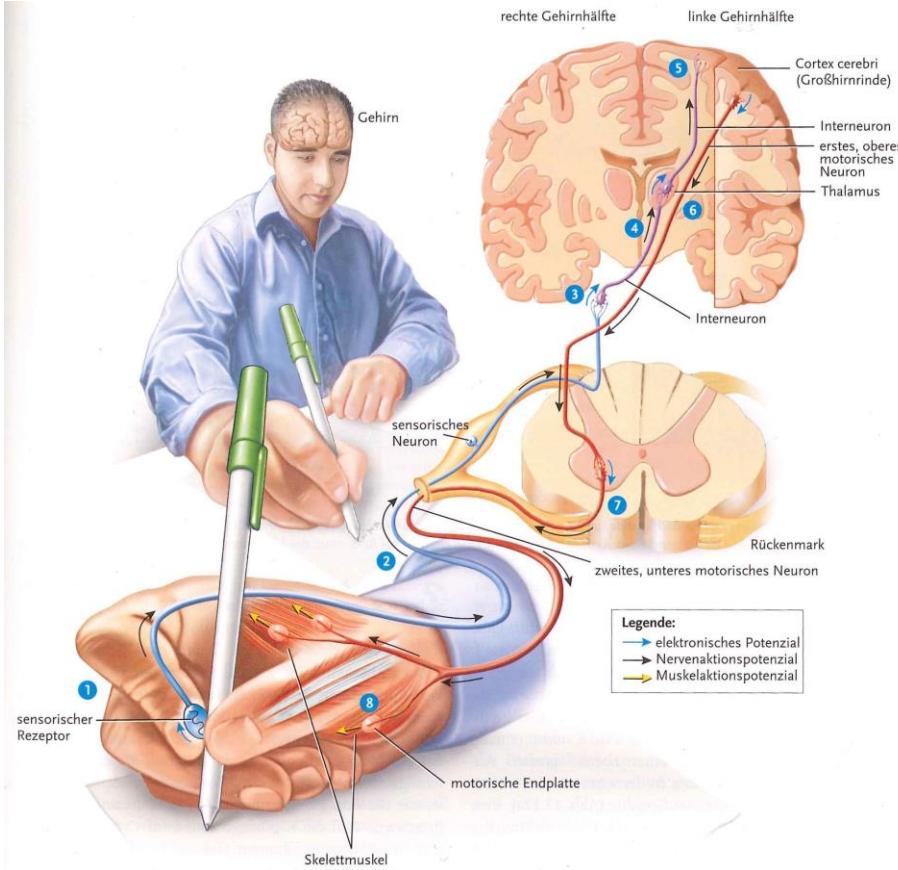
→ Anknüpfung ans Muskelsystem



Motorische Endplatte



Vom Reiz zur Reaktion (Bild)



Übersicht der Funktionen des Nervensystems.

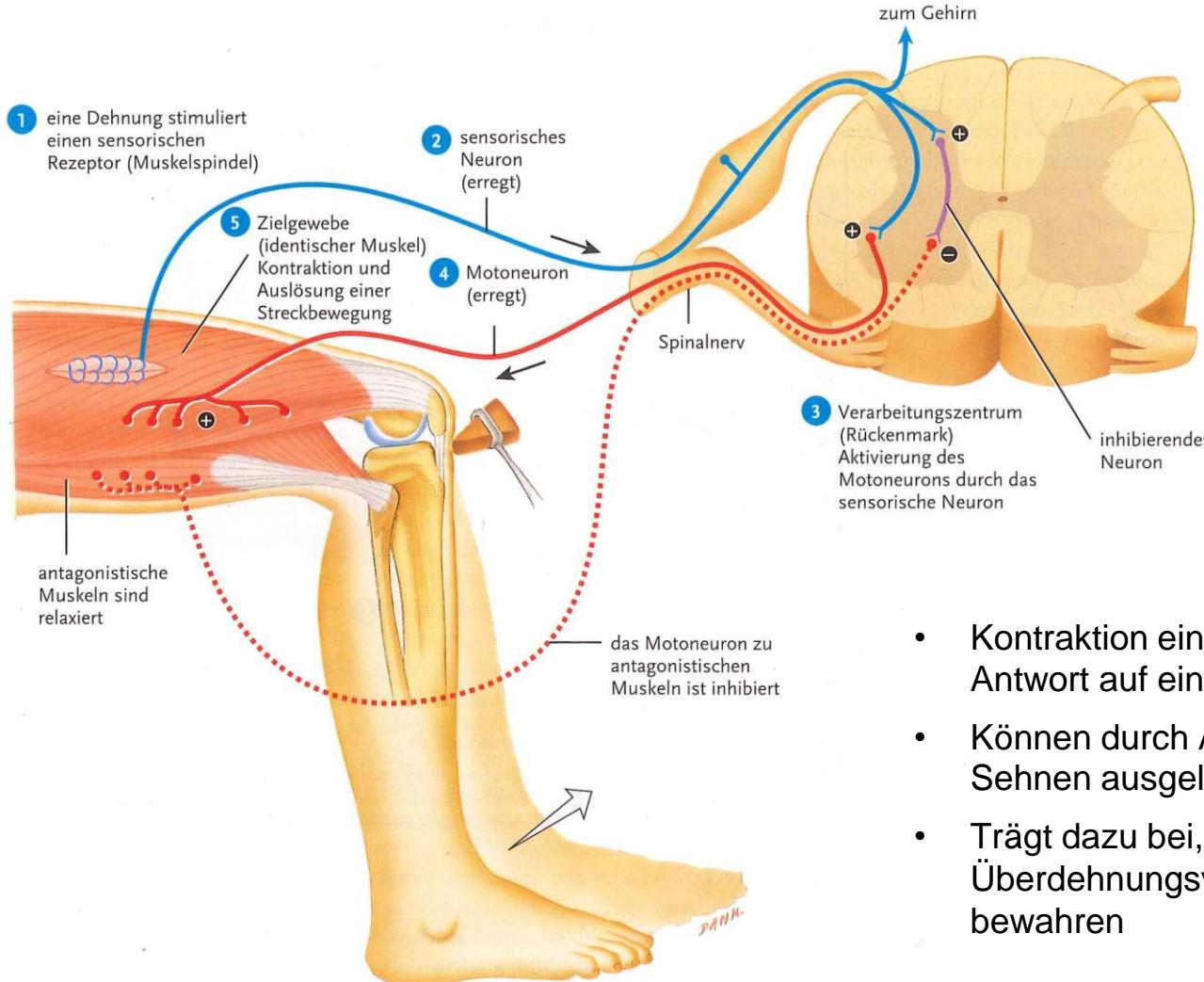
Elektrotonische, Nerven- und Muskelaktionspotenziale sind an der Weiterleitung sensorischer Reize, an integrativen Funktionen (wie Wahrnehmung) und motorischen Abläufen beteiligt.

Vom Reiz zur Reaktion (Text)

- Bei Berührung eines Gegenstandes wird im sensorischen Rezeptor der Haut (z.B. vom Tastsinn) ein Aktionspotential erzeugt
- Das Aktionspotential wandert entlang der aufsteigenden Bahnen ins ZNS
- Übertragung auf andere Nervenzellen durch Neurotransmitter (chemische Synapse)
- Sobald dieses Signal im Großhirn ankommt, setzt die Wahrnehmung ein und wir können den Gegenstand spüren
- Nun bilden sich Aktionspotentiale in absteigenden Bahnen bzw. einem Motoneuron
- Letztlich Neurotransmitterausschüttung an der motorischen Endplatte
- Der Neurotransmitter regt die Bildung eines Muskelaktionspotentials in den Muskelfasern an
- Muskelaktionspotential führt dazu, dass sich die Muskelfasern der Finger kontrahieren
→ wir greifen den Stift, um zu schreiben

Reflexe

- Vom Willen unabhängige Reaktionen auf Reize → unwillkürlich
- Werden zum Teil über das Rückenmark vermittelt
- Einige der schnellsten Reaktionen auf Änderungen in der Umgebung
- Reflexhandlungen werden über bestimmte Pfade, sog. Reflexbögen, ausgelöst
- Rezeptor nimmt Reiz auf → über sensorische Nervenfasern zum Reflexzentrum im ZNS (z.B. Rückenmark) weitergeleitet → hier wird Reflexantwort gebildet → motorische Nervenfasern übermitteln Reflexantwort zum ausführenden Organ (Effektor, z.B. Muskelgruppe)
- Auch die glatte Muskulatur der inneren Organe wird über Reflexe gesteuert. Sie werden über das vegetative Nervensystem vermittelt.
- Eine Reflexhandlung (z.B. Flucht oder Angriff) dauert nur 1-2 msec. Die Entscheidung wird bereits getroffen, bevor die eigentliche Wahrnehmung überhaupt im Gehirn angekommen ist.



- Kontraktion eines Skelettmuskels als Antwort auf eine Dehnung
- Können durch Anschlagen von Sehnen ausgelöst werden
- Trägt dazu bei, Muskeln vor Überdehnungsverletzungen zu bewahren

Aufgabe

Füllen Sie das Kreuzworträtsel nun bis zum Ende aus (Begriffe 16-22) und ermitteln Sie das Lösungswort!

Bearbeitungshinweis:

scharfes ß = ss

ä, ö, ü = ä, ö, ü

Lösungen Kreuzworträtsel Teil3

- | | |
|---|-----------------------|
| (16) Spezifische Gliazellen bilden eine ... um die Axone. | (16) Myelinscheide |
| (17) Schnelle Form der Signalweiterleitung im Axon | (17) Saltatorisch |
| (18) Erkrankung, die mit Zerstörung der Myelinscheiden einhergeht:
Multiple... | (18) Sklerose |
| (19) Ort der Kommunikation zwischen zwei Nervenzellen | (19) Synapse |
| (20) Chemische Stoffe zur Signalübermittlung | (20) Neurotransmitter |
| (21) Das Nervensystem besitzt nur eine sehr eingeschränkte Fähigkeit zur ... | (21) Regeneration |
| (22) Schnelle Reaktionen auf Reize ohne bewusste Wahrnehmung | (22) Reflexe |

Lösungswort?

Endokrines System

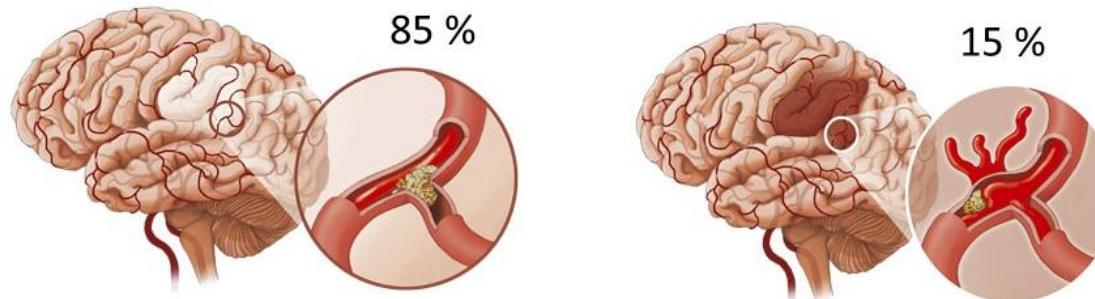


Erkrankungen des Nervensystems

- „**Gürtelrose**“ (**Windpocken**): akute Infektion des PNS durch einen spezifischen Virus. Viren lagern sich nach Erstinfektion in sensorischen Nervenzellen ab. Bei erneutem Ausbruch charakteristische Linie von Bläschen entlang des Nervenverlaufs.
- **Poliomyelitis**: kurz Polio, auch Kinderlähmung genannt, von Poliovirus ausgelöst. Fieber, heftige Kopfschmerzen, Muskelschwäche, Verlust einiger somatischer Reflexe. Verursacht im späteren Verlauf Lähmungen, indem es Motoneuronen zerstört. Deshalb Impfung im frühen Kindesalter.

Erkrankungen des Nervensystems

- **Schlaganfall/Hirnschlag:** 290.000 Fälle pro Jahr in Deutschland, dritthäufigste Todesursache. Charakterisiert durch abruptes Auftauchen von Lähmungen oder Empfindungsverlust. Ursache meist gestörte Blutversorgung (durch z.B. Hirnblutungen, Blutgerinnung, Verstopfung/Blockierung der Blutbahn) und dadurch Sauerstoffunterversorgung einzelner Hirnbereiche. Behandlung muss schnell erfolgen, z.B. Gabe von Medikamenten zur Auflösung der Blutgerinnung.

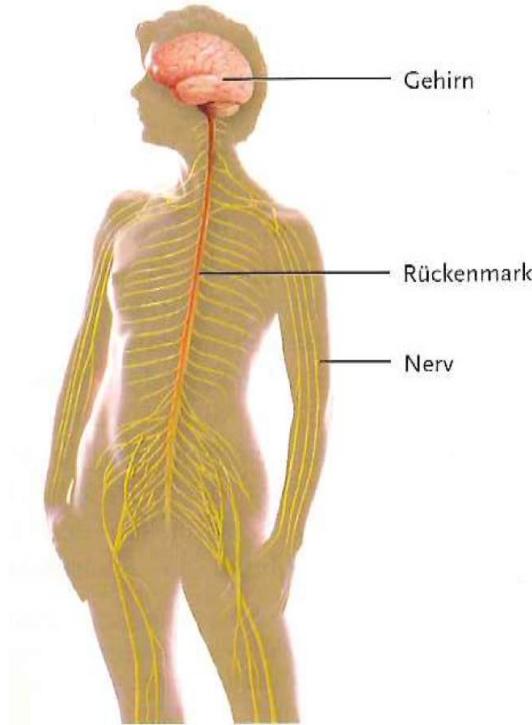


Prof. Dr. K. G. Häusler

Bildnachweis: Homepage Rheinland-Pfalz gegen den Schlaganfall

Heuschmann et al., Aktuelle Neurologie 2010; Stahmeyer et al. Arztbl Int 2019

Nervensystem - Zusammenfassung



Organe / Bestandteile	Aufgaben/Funktionen
Gehirn	Erzeugung von Nervenimpulsen zur Kommunikation und Regulation
Rückenmark	Steuerung und Regulation sämtlicher Körperfunktionen und Bewegungen
Nerven/Nervenbahnen	Aufnahme, Verarbeitung und Weiterleitung von Reizen
Zentrales Nervensystem	Bewusstsein, Wahrnehmungen, Assoziationsfähigkeit, Verhaltensweisen, Emotionen, Sprache und Gedächtnis
Peripheres Nervensystem mit allen Unterstrukturen	Schaltzentrale für Reflexe
Sinne und Sinnesorgane	

Begriffsbeschreibungen Kreuzworträtsel

- (1) Augen und Ohren sind ...
- (2) Das Nervensystem besitzt mehrere Grundfunktionen: Die Funktion zur Erkennung von Reizen ist die ... Funktion.
- (3) Das ... Nervensystem überwacht die lebenswichtigen Körperfunktionen.
- (4) Organ des ZNS.
- (5) Leitungsbahn vom und zum Gehirn.
- (6) Sämtliches Nervengewebe außerhalb des ZNS bildet das ... Nervensystem.
- (7) Teil des ANS für Aktivitäten der Erholung und der Verdauung.
- (8) Neurone, die einen Skelettmuskel innervieren.

Begriffsbeschreibungen Kreuzworträtsel

- (9) Fachbegriff Nervenzelle
- (10) Teil der Nervenzelle zur Fortleitung von Nervenimpulsen
- (11) Unterstützende Zellen in ZNS und PNS
- (12) Nervenimpuls
- (13) Tore zum Durchlass von Ionen
- (14) ca. -70 mV
- (15) Starke und schwache Reize werden durch die ... unterscheiden

Begriffsbeschreibungen Kreuzworträtsel

- (16) Spezifische Gliazellen bilden eine ... um die Axone.
- (17) Schnelle Form der Signalweiterleitung im Axon
- (18) Erkrankung, die mit Zerstörung der Myelinscheiden einhergeht: Multiple ...
- (19) Ort der Kommunikation zwischen zwei Nervenzellen
- (20) Chemische Stoffe zur Signalübermittlung
- (21) Das Nervensystem besitzt nur eine sehr eingeschränkte Fähigkeit zur ...
- (22) schnelle Reaktionen auf Reize ohne bewusste Wahrnehmung

Lösungen Kreuzworträtsel

- | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|
| (1) Sinnesorgane | (9) Neuron | (16) Myelinscheide |
| (2) Sensorische | (10) Axon | (17) Saltatorisch |
| (3) Autonome | (11) Gliazellen | (18) (Multiple) Sklerose |
| (4) Gehirn | (12) Aktionspotential | (19) Synapse |
| (5) Rückenmark | (13) Ionenkanäle | (20) Neurotransmitter |
| (6) Peripherie | (14) Ruhemembranpotential | (21) Regeneration |
| (7) Parasympathikus | (15) Frequenz | (22) Reflexe |
| (8) Motoneurone | | |