



Grundlagen Nervengewebe

David P. Wolfer
Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

377-0107-00 Nervensystem / Anatomie, Di 10.11.2020 08:15-10:00

Lernziele dieser Anatomievorlesung: Studierende können ...

- **Merken und Erinnern**

1. Nervengewebe definieren, Vorkommen und Gliederung des zentralen und peripheren Nervengewebes wiedergeben
2. Typen zentraler und peripherer Gliazellen aufzählen
3. den Grundbauplan und Strukturelemente der Nervenzelle, sowie Varianten des Bauplans in unterschiedlichen Typen von Nervenzellen wiedergeben
4. den Unterschied zwischen Projektions- und Interneuronen definieren
5. Aufbau und Strukturelemente peripherer und zentraler Nervenfasern, sowie die Struktur von Myelinscheiden wiedergeben
6. den ultrastrukturellen Aufbau peripherer und zentraler Synapsen wiedergeben
7. den Unterschied zwischen elektrischen und chemischen Synapsen definieren
8. erregende und hemmende Transmitter aufzählen

- **Verstehen und Anwenden**

1. die Unterschiede zwischen zentralen und peripheren Gliazellen und ihre Konsequenzen für die Reparatur zentraler und peripherer Läsionen erläutern
2. die Strukturelle Grundlagen des Transports, der Verarbeitung und der Speicherung von Informationen durch Nervenzellen erklären
3. Anpassungen des Bauplans von Nervenzellen an unterschiedliche Funktionen erläutern
4. den Zusammenhang zwischen Struktur und Leitgeschwindigkeit von Nervenfasern darlegen und den Grund für das Vorkommen von Nervenfasern unterschiedlicher Leitgeschwindigkeit erläutern
5. die Rolle der Strukturelemente elektrischer und chemischer Synapsen bei der Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen erläutern

Fakultative Lernmaterialien für diese Vorlesung

- Lehrbuch: Trepel, «Neuroanatomie»
 - 1 Grundlagen, Begriffe und Definitionen, 1.3 Zytologie und Histologie des Nervensystems
 - 1 Grundlagen, Begriffe und Definitionen, 1.5 Transmittersysteme
 - 1 Grundlagen, Begriffe und Definitionen, 1.6 Graue und weisse Substanz im ZNS
- LernAtlas: Prometheus «Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem»
 - A Allgemeine Anatomie
 - 8.4 Zellen des Nervensystems
 - 8.11 Unterschiede zwischen zentralem und peripherem Nervensystem
- LernAtlas: Prometheus «Kopf, Hals und Neuroanatomie»
 - B Neuroanatomie
 - 1.2 Zellen, Signalübertragung und morphologischer Aufbau des Nervensystems
 - 2.1 Das Neuron und seine Verschaltung
 - 2.2 Neuroglia und Myelin

Gewebefamilien / Grundgewebe

- Grosse Gewebevielfalt durch Zelldifferenzierung und Spezialisierung
 - Zusammenfassung zu 4 Grundgewebe mit gemeinsamen Eigenschaften
 - unterscheidbar durch Funktion, Zellform, Anteil Extrazellulärraum
 - Grundgewebe weiter unterteilbar
 - Organe enthalten mindestens 2, meistens alle 4 Grundgewebe

	Anteil EZR	Funktionen
Binde- und Stützgewebe	+ bis +++	Struktur, Versorgung, Speicherung, Abwehr, Stroma - Parenchym von Fett, Knochen, Knorpel
Epithelgewebe	(+)	Oberflächen, Drüsen, Rezeptoren, Parenchym innerer Organe
Muskelgewebe	(+) bis +	Kontraktion, Parenchym des Muskels
Nervengewebe	(+)	Übermittlung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen, Parenchym des Nervensystems

Nervengewebe

- Vorkommen

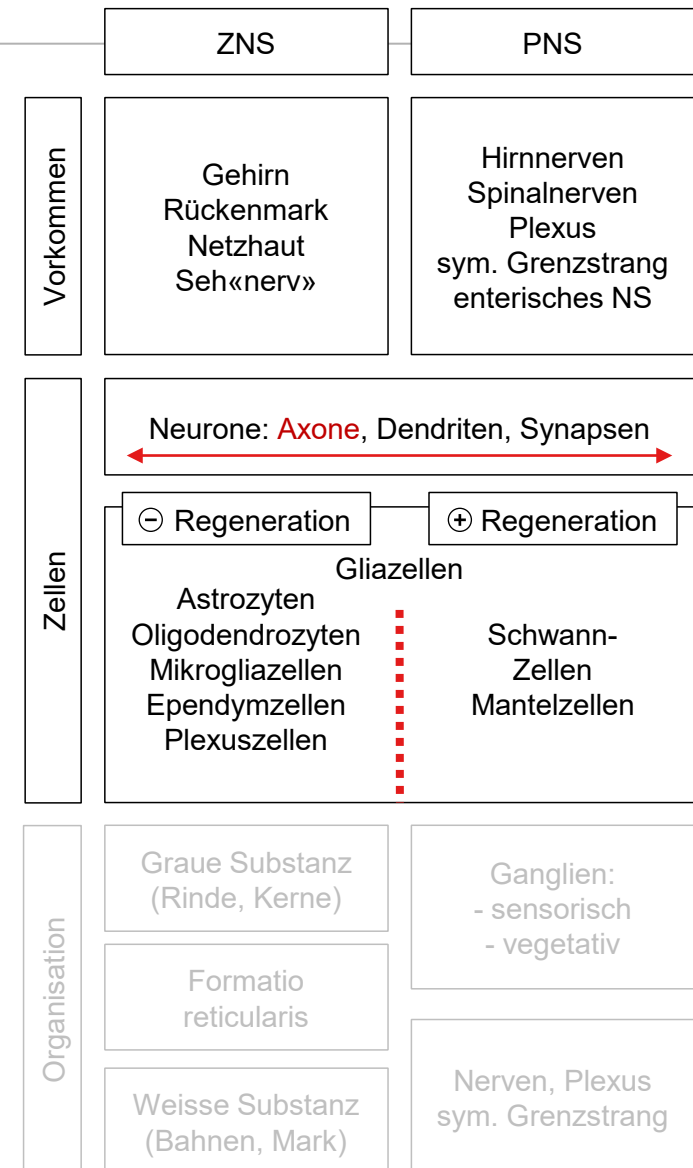
- bildet Parenchym im zentralen (ZNS) und peripheren Nervensystem (PNS)
- Plexus = Nervengeflecht: vegetatives Nervensystem (zB Blutgefäße umgebend), somatisches Nervensystem (Ausgangspunkt der Nerven zur Versorgung der Extremitäten)
- enterisches Nervensystem: Nervengewebe im Magendarmtrakt

- Neurone (10%)

- Information: codiert durch Änderungen des Membranpotentials (Depolarisation = Erregung, Hyperpolarisation = Hemmung)
- Informationsübermittlung: über lange Strecken durch Axone, können ZNS-PNS-Grenze überschreiten
- Informationsverarbeitung & Speicherung: Zellkörper, Dendriten & Synapsen

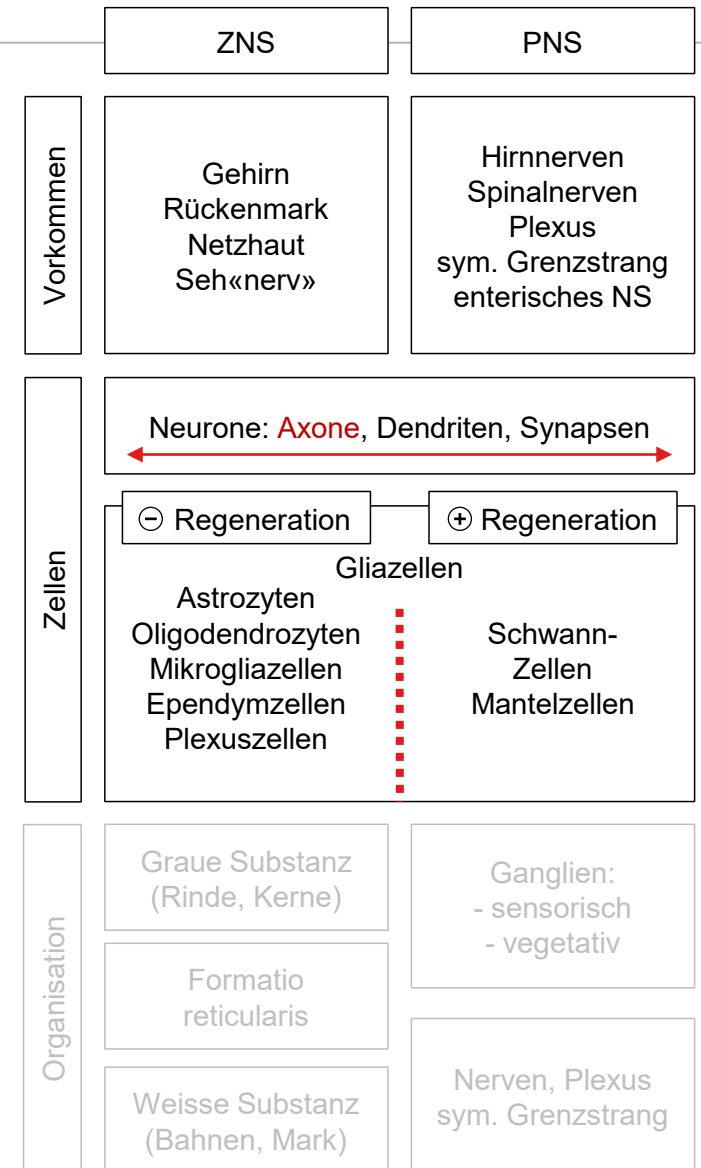
- Gliazellen (90%)

- Glia = Leim
- nicht-neuronale Zellen des Nervengewebes, essentiell!
- Mehrere Zelltypen, unterschiedliche Gliazellen in ZNS & PNS
- PNS: gutes Milieu für Nervenfaserverregeneration, ZNS: keine oder nur minimale Regeneration langer Nervenfasern



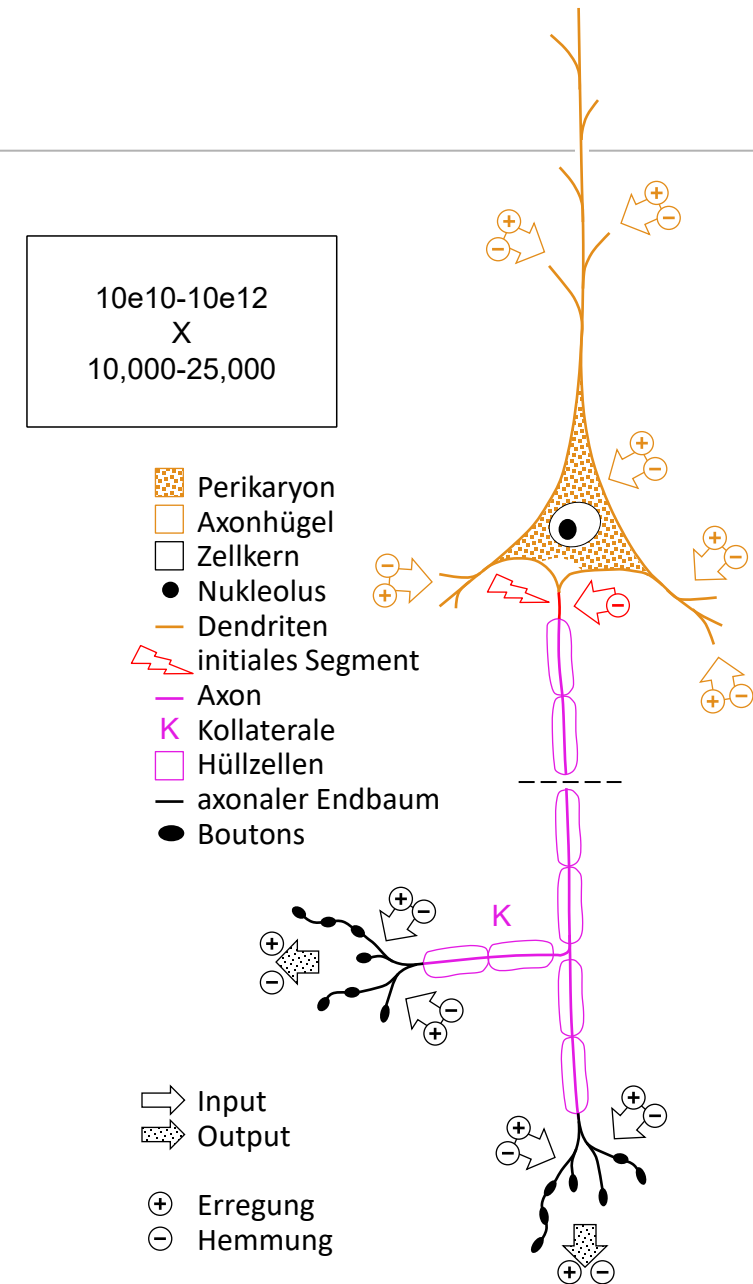
Gliazellen

- **Astrozyten**
 - überall im ZNS, viele kurze Fortsätze («Sternzelle»)
 - adult: Entsorgung von Stoffwechselabfall, Brennstoff-Bereitstellung, Aktivitätsregulation, Abgrenzung ZNS durch Grenzmembran, Narbenbildung
 - Entwicklung: Stammzellen für Neurone, Leitschienen für Zellwanderung
- **Oligodendrozyten**
 - überall im ZNS, wenige kurze Fortsätze
 - bilden Markscheiden im ZNS, hemmen Wachstum und Regeneration
- **Mikrogliazellen (residente Makrophagen)**
 - Immunabwehr; Entwicklung: «Pruning» von Neuronen, Synapsen, Markscheiden
- **Ependymzellen, Plexusepithelzellen**
 - Ependymzellen → einschichtiges Epithel der Ventrikelsystems mit Kinozilien, Plexusepithelzellen → Epithel des Plexus choroideus → Liquorproduktion
- **Schwann-Zellen**
 - Hüllzellen für Axone im PNS, Schmerzrezeptoren, unterstützen Regeneration
- **Mantelzellen = Satellitenzellen**
 - Hüllzellen für Nervenzellkörper im PNS, zT. ähnliche Funktion wie Astrozyten



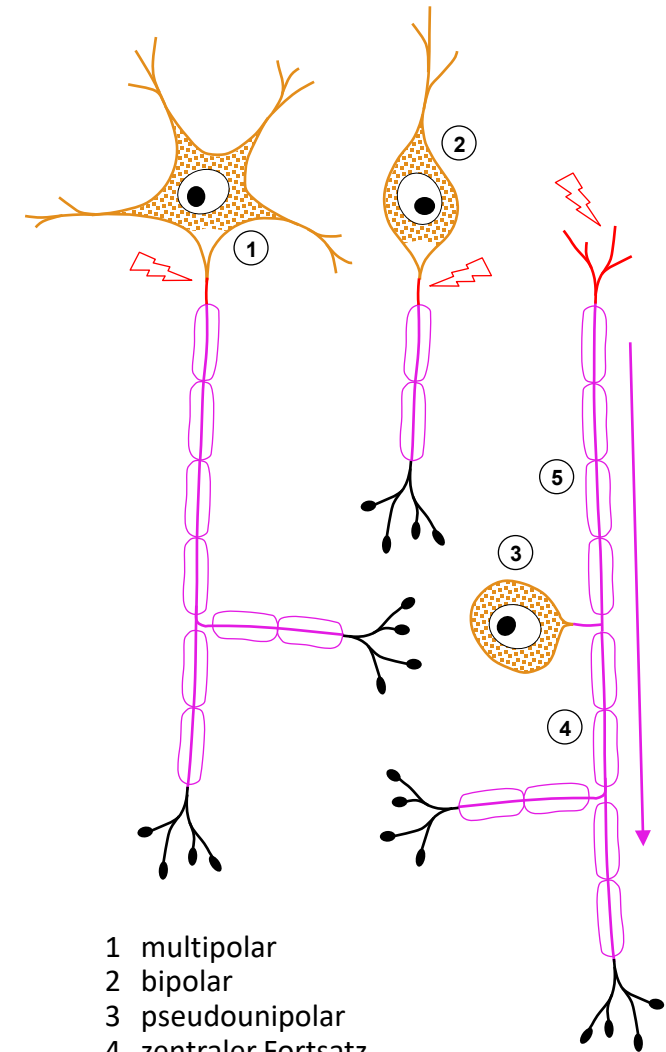
Neuron, Grundbauplan

- somatodendritisches Kompartiment
 - Soma = Zellkörper: Zellkern hell (Euchromatin, viele Gene exprimiert), Perikaryon = Zytoplasma des Soma mit Nissl-Substanz (rER)
 - Dendriten: meist mehrere, <1 mm, fließender Übergang aus Soma mit Nissl-Substanz im Anfangsteil, verzweigt, ev dekoriert mit Dornen = Spines
- axonales Kompartiment
 - Axon: singular, Kollateralen, Hüllzellen (im PNS immer vorhanden, im ZNS fakultativ), Länge bis über 1m
 - keine Nissl-Substanz in Axonhügel und Axon
 - initiales Segment: erster Abschnitt des Axons, Kompartimentgrenze, keine Hüllzellen
 - axonaler Endbaum, Boutons terminal und en passant
- Synapsen: Input & Output
 - Dendriten & Soma: Integration erregender & hemmender Inputs
 - initiales Segment: Resultat der Integration → neues Impulsmuster, Modulation durch hemmende Inputs
 - Axon & Kollateralen: Verbreitung der Impulse als Aktionspotential
 - Endbaum & Boutons: Output, Übertragung auf andere Zellen moduliert durch erregende & hemmende Inputs



Neuron, Formen

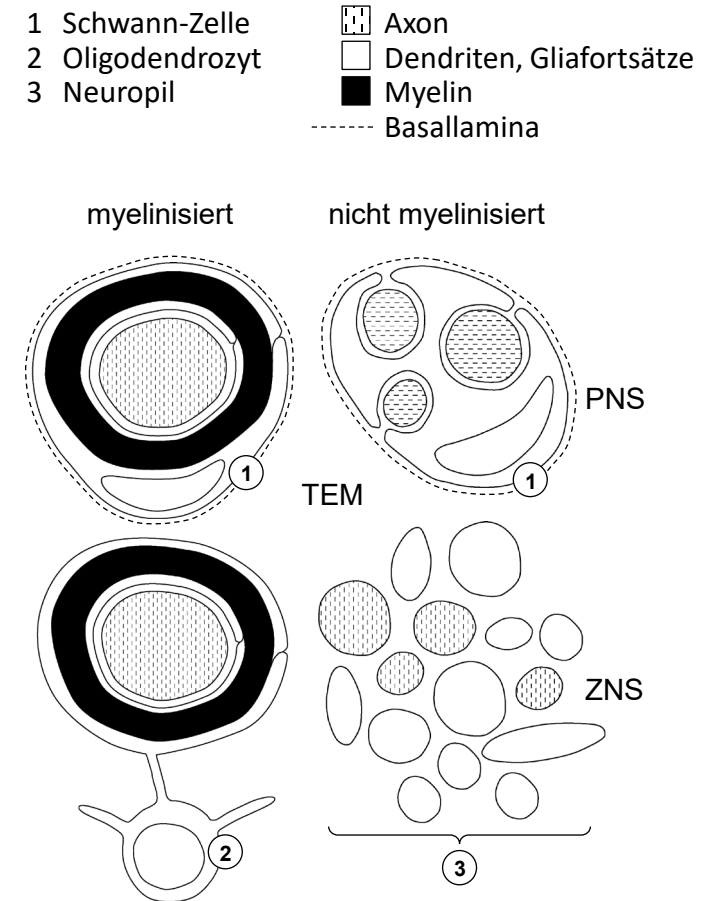
- Multipolares Neuron
 - 1 Axon + mehrere Dendriten
 - Pyramidenzellen (pyramidenförmiger Zellkörper, Grosshirnrinde), Sternzellen (rundlicher Zellkörper, Dendriten in alle Richtungen, ZNS+PNS)
- Bipolares Neuron
 - 1 Axon + 1 Dendrit (Netzhaut)
- Pseudounipolares Neuron
 - primärafferente Neurone
 - Soma in Spinal- oder sensiblem Hirnnervenganglion (PNS), ohne Dendriten, kein synaptischer Input
 - peripherer Fortsatz (dendritisches Axon, PNS): Verbindung zu Rezeptor / Sinnesorgan in Peripherie
 - zentraler Fortsatz (PNS → ZNS): Weiterleitung der Signale an Neurone in sensiblen Kernen in Rückenmark und Hirnstamm
- Reichweite
 - kurzes Axon: Interneurone, hemmend oder erregend
 - langes Axon: Projektionsneurone, mehrheitlich aber nicht immer erregend
 - Übergangsformen



- 1 multipolar
- 2 bipolar
- 3 pseudounipolar
- 4 zentraler Fortsatz
- 5 peripherer Fortsatz

Nervenfaser

- Nervenfaser (ZNS+PNS)
 - Definition: Axon (Neuron) + Hüllzellen (Glia)
 - PNS: Basallamina zwischen Hüllzelle und umgebendem Bindegewebe
 - Funktion: Erregungsleitung, Informationsübermittlung über kurze (Interneurone) oder lange Strecken (Projektionsneurone)
 - PNS und ZNS: myelinisiert (va. Projektionsneurone) oder nicht myelinisiert
- myelinisierte Fasern
 - Myelinscheide = Markscheide:
 - Umwicklung durch Zellmembran der Hüllzelle, Stabilisation durch Proteine
 - pro Hüllzelle elektrische Isolation auf Strecke von 1-1.5mm (Internodium)
 - zwischen Hüllzellen Ranvier-Knoten:
 - erregbare Membrandomäne des Axons, saltatorische Erregungsleitung
 - PNS: myelinisierende Schwann-Zelle umhüllt nur ein Axon
 - ZNS: Oligodendrozyt, myelinisiert via Fortsätze mehrere Axone
- Nicht myelinisierte Fasern
 - PNS: mehrere Axone pro nicht-myelinisierende Schwann-Zelle
 - ZNS: keine Hüllzelle, Axone + Dendriten + Gliafortsätze = Neuropil
 - keine elektrische Isolation, kontinuierliche Erregungsleitung



Nervenfasertypen im PNS

- Leitgeschwindigkeit

- steigt mit Faserdurchmesser, beschleunigt durch Myelinisierung: saltatorische Erregungsleitung
- Ökonomie: Fasern nur so schnell wie nötig → Spektrum von Nervenfasertypen (auch im ZNS)
- Klassifikation im PNS: Erlanger-Gasser A α - δ , B, C; Lloyd-Hunt (nur afferent): I-IV

Erlanger Gasser	Lloyd Hunt	Myelin	Funktion		Ø μ m	m/s
A α		ja	efferent	Skelettmuskelfasern		
A α	Ia	ja	afferent	Muskelspindeln	12-20	70-120
A α	Ib	ja	afferent	Sehnenspindeln		
A β	II	ja	afferent	Muskelspindeln	6-12	40-70
A β	II	ja	afferent	Haut-Mechanorezeptoren		
A γ		ja	efferent	Muskelspindeln		
A δ	III	dünn	afferent	Temperatur, Schmerz	3-6	12-40
A δ	III	dünn	afferent	tiefe Druckrezeptoren		
B		dünn	efferent	vegetativ präganglionär	1-3	2-12
C		nein	efferent	vegetativ postganglionär	0.5-1	0.5-2
C	IV	nein	afferent	Temperatur, Schmerz		

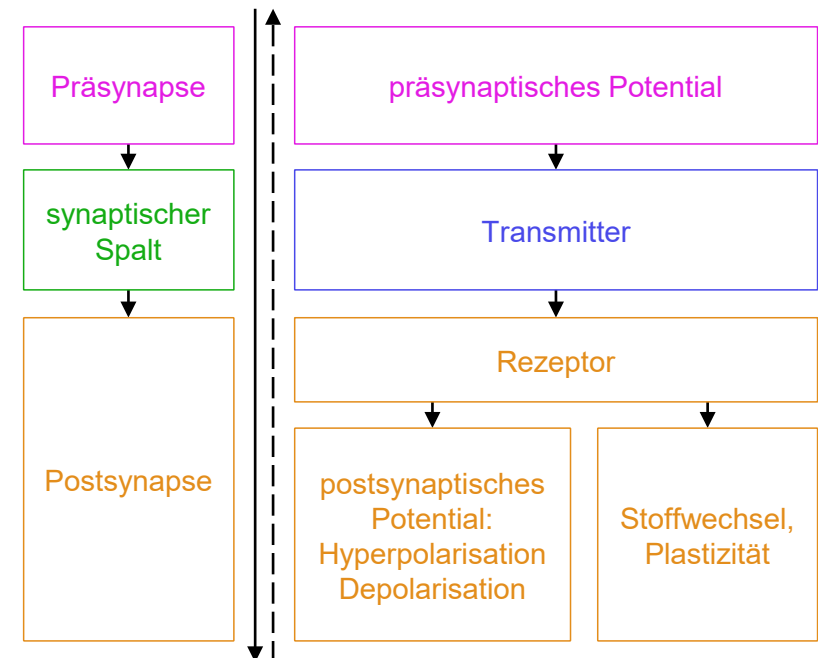
Chemische und elektrische Synapse

- Synapse
 - Kommunikationskontakt zur Impulsübertragung zwischen erregbaren Zellen: Neurone, Muskelzellen, Sinneszellen
- elektrische Synapse
 - Gap Junction, elektrische Koppelung und Synchronisation durch Austausch von Ionen zwischen beteiligten Zellen
- chemische Synapse
 - Präsynapse: Bereitstellung Transmitter in synaptischen Vesikeln, präsynaptisches Potential bewirkt Freisetzung durch Exozytose
 - synaptischer Spalt: keine zytoplasmatische Kontinuität zwischen Prä- und Postsynapse, überwunden durch Diffusion des Transmitters von Prä- zu Postsynapse
 - Postsynapse: ausgelöste Prozesse bestimmt durch Kombination Rezeptor-Transmitter: Hyperpolarisation = Hemmung (IPSP), Depolarisation = Erregung (EPSP), Stoffwechseleränderung (Plastizität der Synapse → Gedächtnis)
 - asymmetrische Struktur → gerichtete Informationsübertragung, Impulsverstärkung oder -verminderung, Hemmung, Informationsspeicherung durch Plastizität
 - Feedback Postsynapse → Präsynapse trägt zur Plastizität bei

- Transmitter

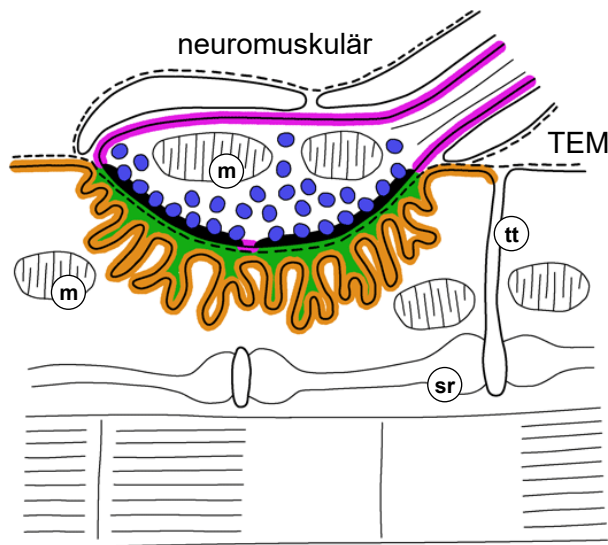
- erregend: Glu
- hemmend: GABA, Gly
- je nach Rezeptor: DA, NA, ACh, 5HT
- Peptide: Transmitter oder Modulator

chemische Synapse: Strukturelemente und Prozesse:



Chemische Synapse PNS versus ZNS

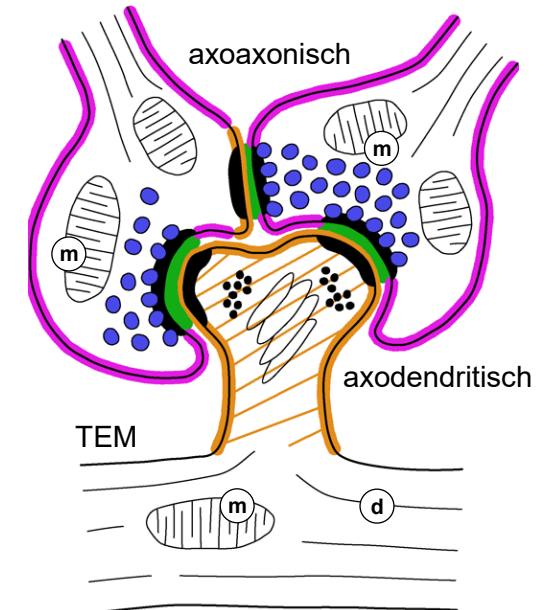
- gemeinsame Strukturelemente
 - Präsynapse = Bouton mit synaptischen Vesikeln, aktive Zone, Mitochondrien
 - Postsynapse durch synaptischen Spalt von Präsynapse getrennt, Mitochondrien
- Speziell für neuromuskuläre Synapse
 - Schwann-Zellen, Basallamina (auch im synaptischen Spalt), Postsynapse = Muskelfaser, Membranauffaltung
- Speziell für ZNS-Synapse
 - axodendritisch: Postsynapse = Spine oder Schaft, axoaxonisch: Postsynapse = Bouton
 - postsynaptische Verdichtung: Typ Gray I = erregend; ohne Verdichtung: Typ Gray II = hemmend



- Motoneuron
- Schwann-Zellen
- - - Basallamina
- Muskelfaser
- tt T-Tubulus
- sr sarkopl. Retikulum

- Axon + Bouton
- synaptische Vesikel
- ▲▲▲ aktive Zone, präsynaptische Membran
- synaptischer Spalt
- postsynaptische Membran
- m Mitochondrien (prä- & postsynaptisch)

- d Dendrit
- ▨ Spine
- postsynaptische Verdichtung



Organisation des Nervengewebes

- Graue und weisse Substanz im ZNS
 - weisse Substanz spezialisiert auf Leitungsfunktion.
Histologie: myelinisierte Nervenfasern und Gliazellen (v.a. Oligodendrozyten),
fehlend: Somata, Dendriten, axonale Endbäume, Synapsen
 - graue Substanz spezialisiert auf Verarbeitung, Speicherung.
Histologie: Neurone (Somata, Dendriten, Axone, axonale Endbäume), Synapsen,
Gliazellen, wenige myelinisierte Fasern
 - Rinde = oberflächliche graue Substanz (Grosshirn, Kleinhirn)
 - Kerne = Nuclei = tiefliegende Elemente grauer Substanz
 - Formatio reticularis: Bereich des Hirnstamms mit verstreut angeordneten Neuronen, weder weiss noch grau
- Periphere Ganglien und Nerven im PNS
 - neuronale Somata im PNS in Ganglien konzentriert:
 - sensibel: Somata afferenter Neurone, Gliazellen
 - vegetativ: Somata efferenter Neurone, Dendriten, Synapsen, Gliazellen
 - Rest nur Nervenfasern: Leitungsfunktion
(Plexus, sympathischer Grenzstrang, benannte Nerven,
kleine namenlose Nervenfaserbündel)

