
Allgemeine Histologie

Nervengewebe

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0151-00 Anatomie und Physiologie I

Do 30.09.2021 09:45-11:30

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**

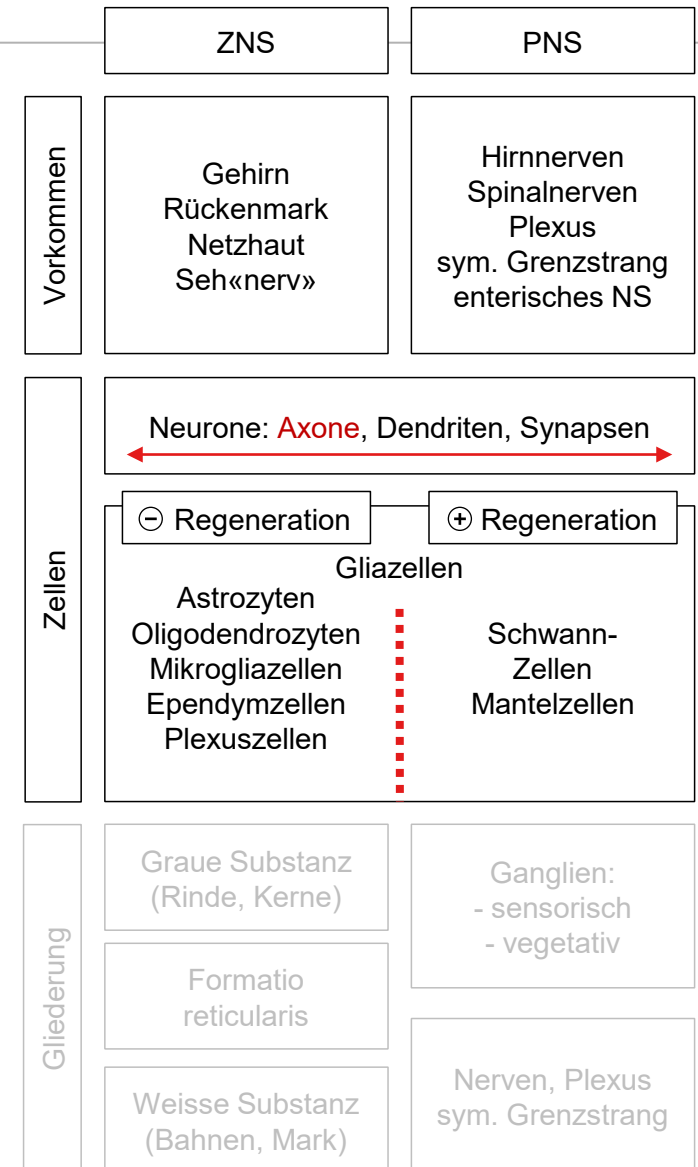
- bildet Parenchym im zentralen (ZNS) und peripheren Nervensystem (PNS)
- Plexus = Nervengeflecht: vegetatives Nervensystem (zB Blutgefäße umgebend), somatisches Nervensystem (Ausgangspunkt der Nerven zur Versorgung der Extremitäten)
- enterisches Nervensystem: Nervengewebe im Magendarmtrakt

- **Neurone**

- 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

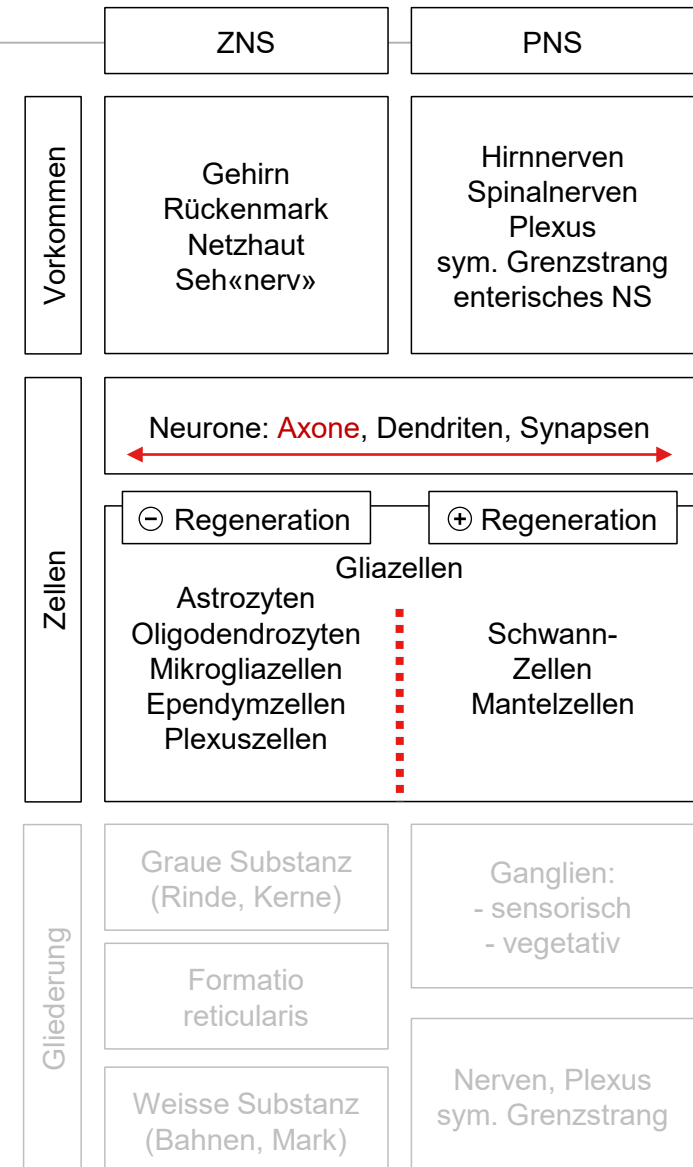
- **Gliazellen**

- 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



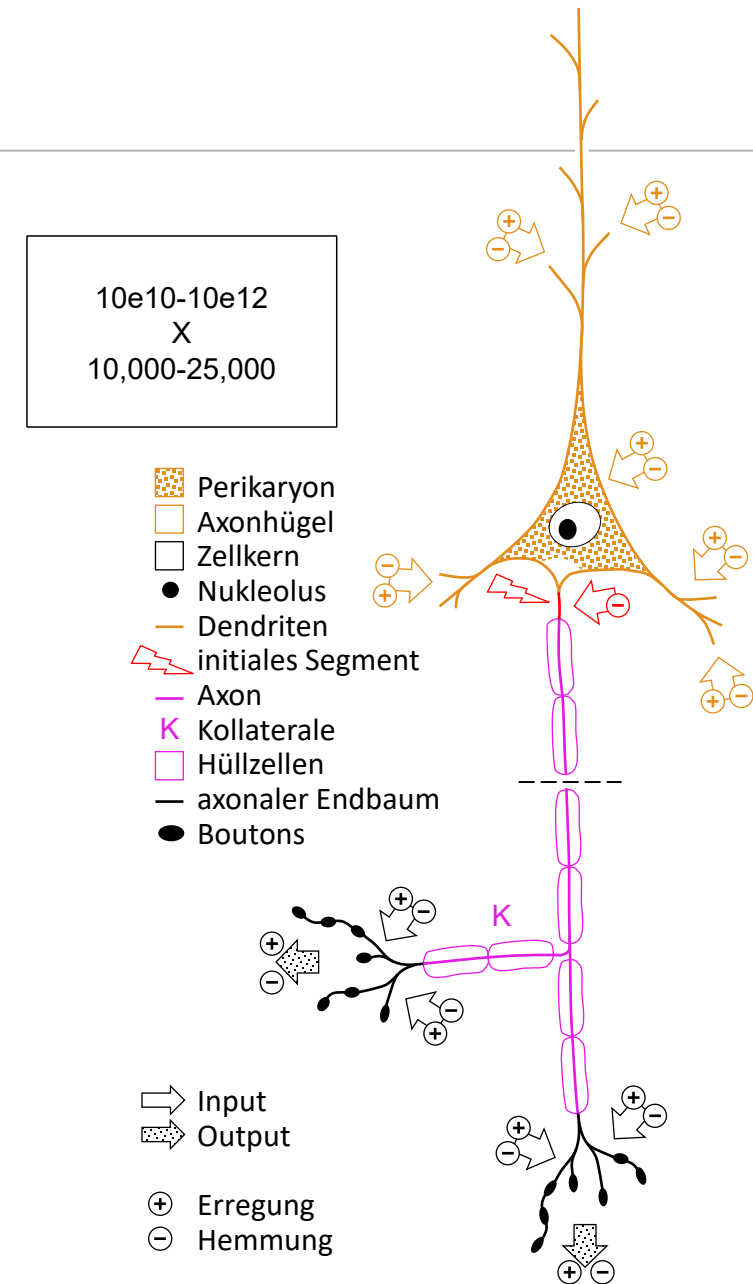
Gliazellen

- **Astrozyten**
 - überall im ZNS, viele kurze Fortsätze («sternförmige Zelle»)
 - 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 («Zelle mit wenigen Fortsätzen»)
 - bilden Markscheiden im ZNS, hemmen Wachstum und Regeneration
- **Mikrogliazellen (residente Makrophagen)**
 - Immunabwehr; Entwicklung: «Pruning» von Neuronen, Synapsen, Markscheiden
- **Ependymzellen, Plexusepithelzellen**
 - Ependymzellen → einschichtiges Epithel des 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



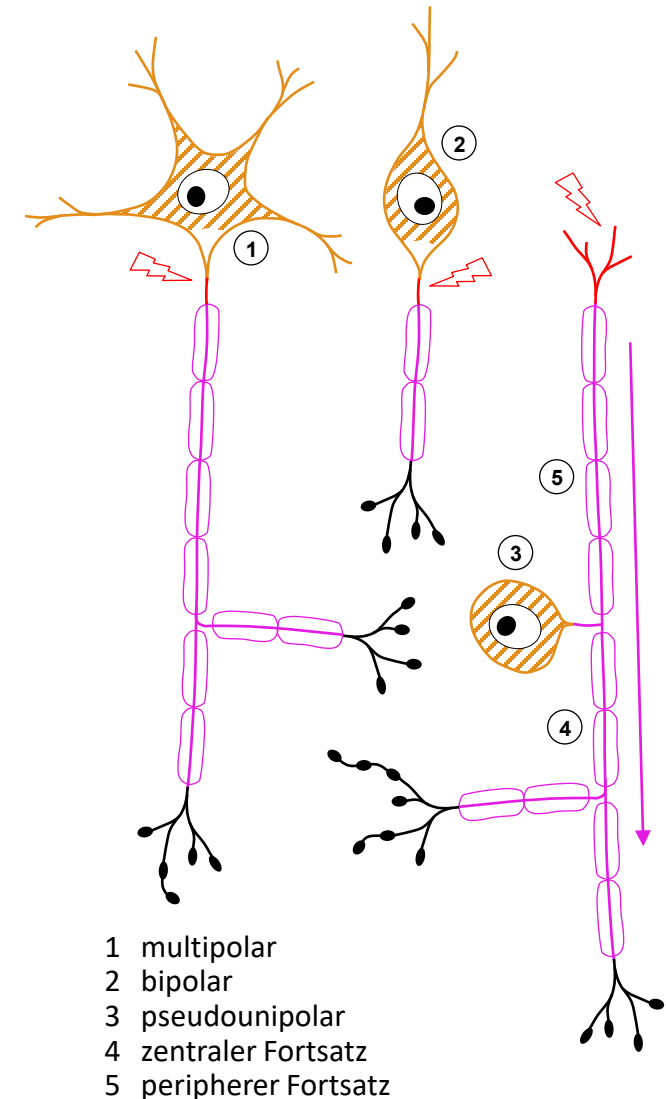
Neuron, Grundbauplan

- **Somatodendritisches Kompartiment**
 - Soma = Zellkörper: Zellkern hell (Euchromatin, viele Gene exprimiert), Perikaryon = Zytoplasma des Soma mit Nissl-Substanz (rER)
 - Dendriten: meist mehrere, ia. <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 / Unterdrückung 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 = 1. Glied der Leitung peripherer Rezeptor → ZNS
 - Soma in Spinalganglion oder sensiblem Hirnnervenganglion (PNS), kugelförmig ohne Dendriten, kein synaptischer Input am Soma
 - 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



Nervenfaser

- Nervenfaser (ZNS+PNS)

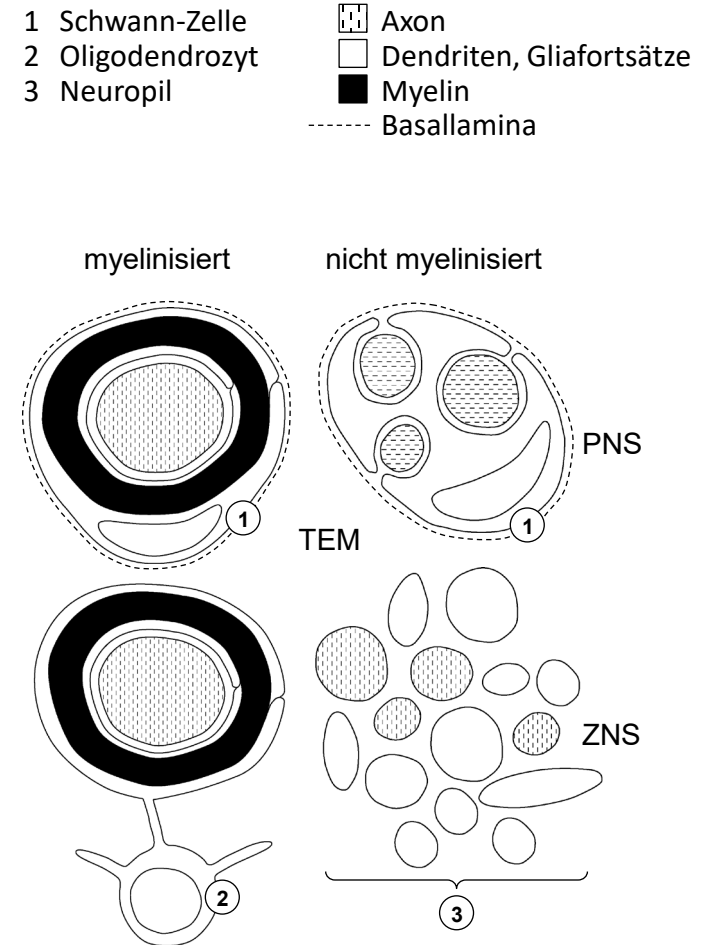
- Definition: Axon (Neuron) + Hüllzellen (Glia)
- PNS: Basallamina zwischen Hüllzelle und umgebendem Bindegewebe
- Funktion: Erregungsleitung, Informationsübermittlung über kurze (Interneurone) oder lange Strecken (Projektionsneurone)
- PNS und ZNS: myelinisiert (va. Projektionsneurone) oder nicht myelinisiert

- myelinisierte Fasern

- Myelinscheide = Markscheide: Umwicklung durch Zellmembran der Hüllzelle, Stabilisation durch Proteine, dynamisch auf- und abgebaut
- pro Hüllzelle elektrische Isolation auf Strecke von 1-1.5mm (Internodium)
- zwischen Hüllzellen Ranvier-Knoten: aktive Zwischenverstärkung des Signals durch 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

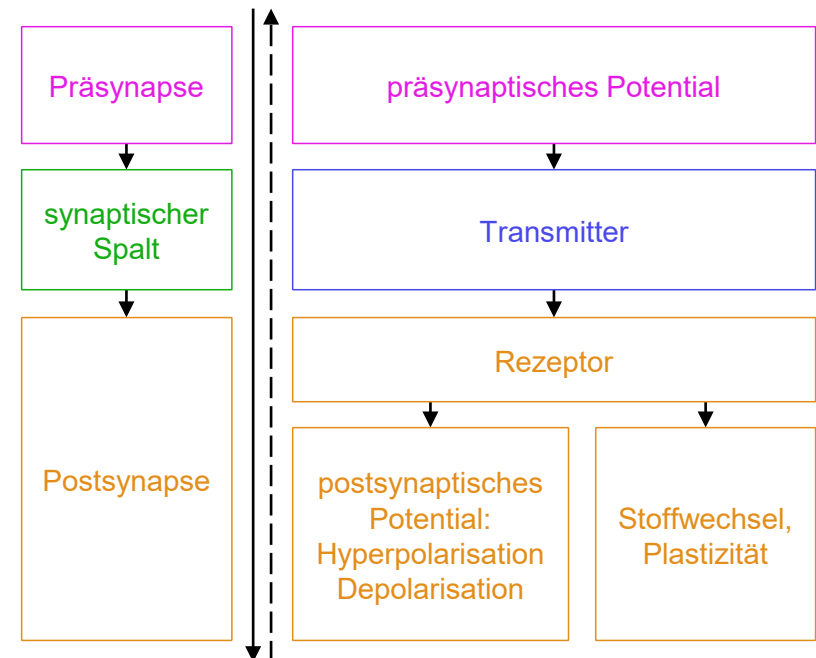
Erlanger Gasser	Lloyd Hunt	Myelin	Funktion		Ø μ m	m/s
A α		ja	efferent	Skelettmuskelfasern		
A α	Ia	ja	afferent	Muskelspindeln	12-20	70-120
A α	Ib	ja	afferent	Sehnenspindeln		
A β	II	ja	afferent	Muskelspindeln	6-12	40-70
A β	II	ja	afferent	Haut-Mechanorezeptoren		
A γ		ja	efferent	Muskelspindeln		
A 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 Signalübertragung, 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**

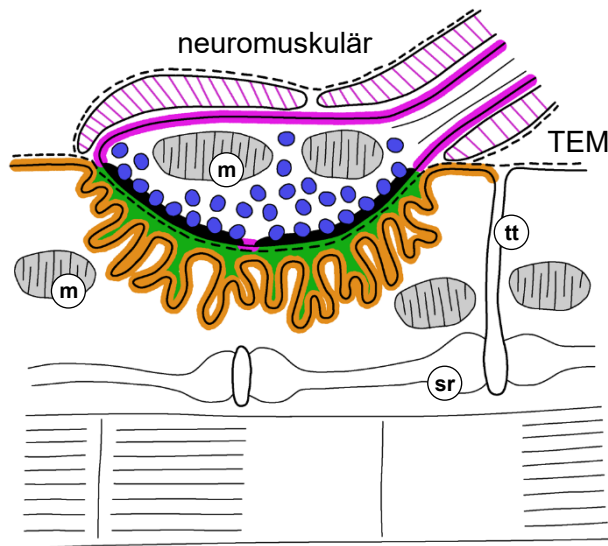
- Präsynapse = Bouton mit synaptischen Vesikeln, aktive Zone = Andockstelle für Vesikel an präsynaptischer Membran, Mitochondrien
- Postsynapse durch synaptischen Spalt vollständig von Präsynapse getrennt, Mitochondrien

- **Speziell für neuromuskuläre Synapse**

- Schwann-Zellen, Basallamina (auch im synaptischen Spalt), Postsynapse = Muskelfaser mit starker Membranauffaltung

- **Speziell für ZNS-Synapse**

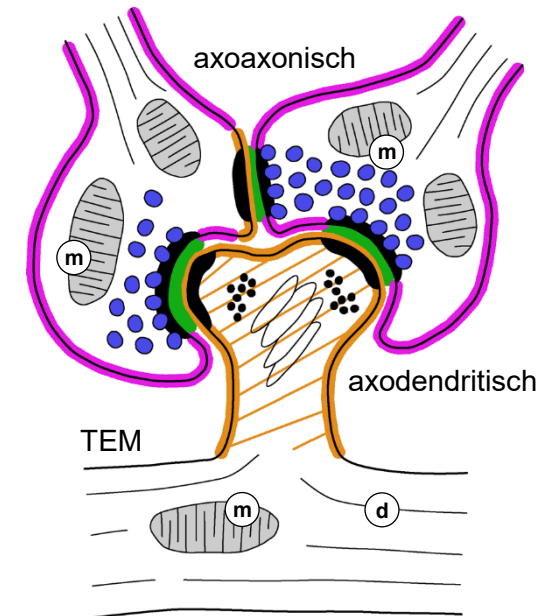
- axodendritisch: Postsynapse = Spine (Dorn) oder Schaft, axoaxonisch: Postsynapse = Bouton, axosomatisch
- mit postsynaptischer Verdichtung: Typ Gray I = erregend = asymmetrisch; ohne Verdichtung: Typ Gray II = hemmend = symmetrisch



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

- Axon + Bouton
- synaptische Vesikel
- ▲▲▲ aktive Zone, präsynaptische Membran
- synaptischer Spalt
- Postsynapse / 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: neuronale Somata, Dendriten, axonale Endbäume, Synapsen
- graue Substanz spezialisiert auf Informationsverarbeitung, -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 mit ihren Ästen,
kleine namenlose Nervenfaserbündel)

