

---

# Grundlagen

## Nervengewebe

---

David P. Wolfer

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

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

377-0107-00 Nervensystem, Di 12.11.2019 08:00-09:45 Y17 M5

# 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 EZR
  - Grundgewebe weiter unterteilbar

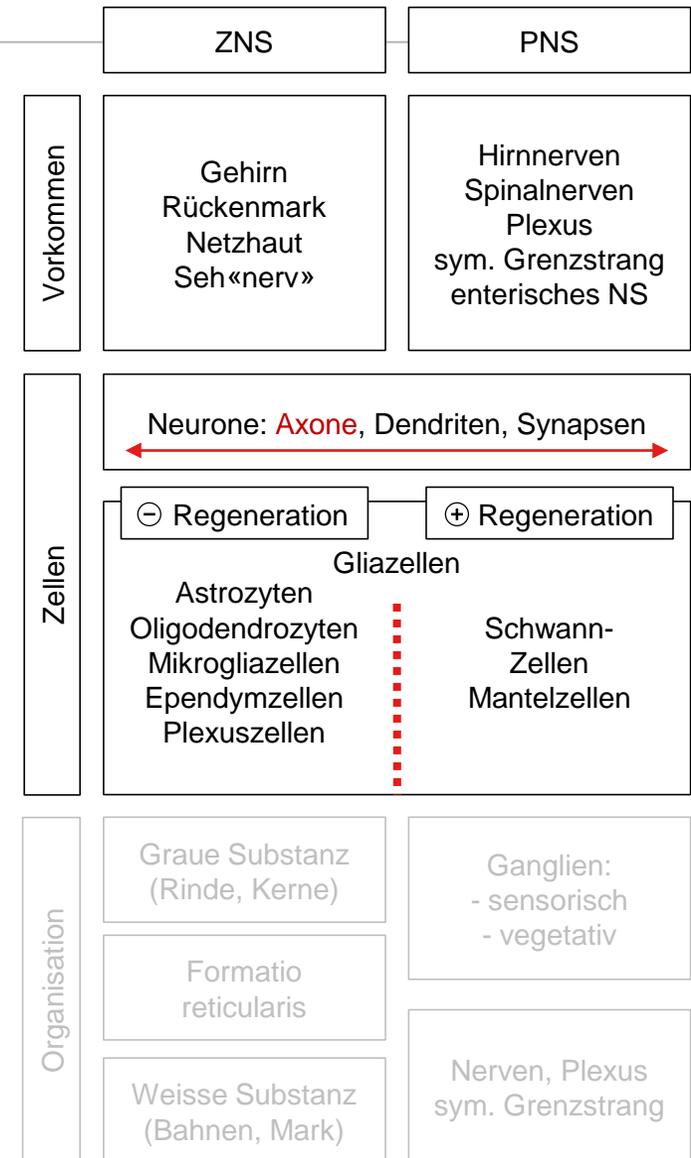
---

	Anteil EZR	Funktionen
Binde- und Stützgewebe	+ bis +++	Struktur, Versorgung, Speicherung, Abwehr, Stromabildung
Epithelgewebe	(+)	Oberflächen, Drüsen, Rezeptoren, Parenchymbildung
Muskelgewebe	(+) bis +	Kontraktion, mechanische Arbeit
Nervengewebe	(+)	Übermittlung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen

---

# Nervengewebe

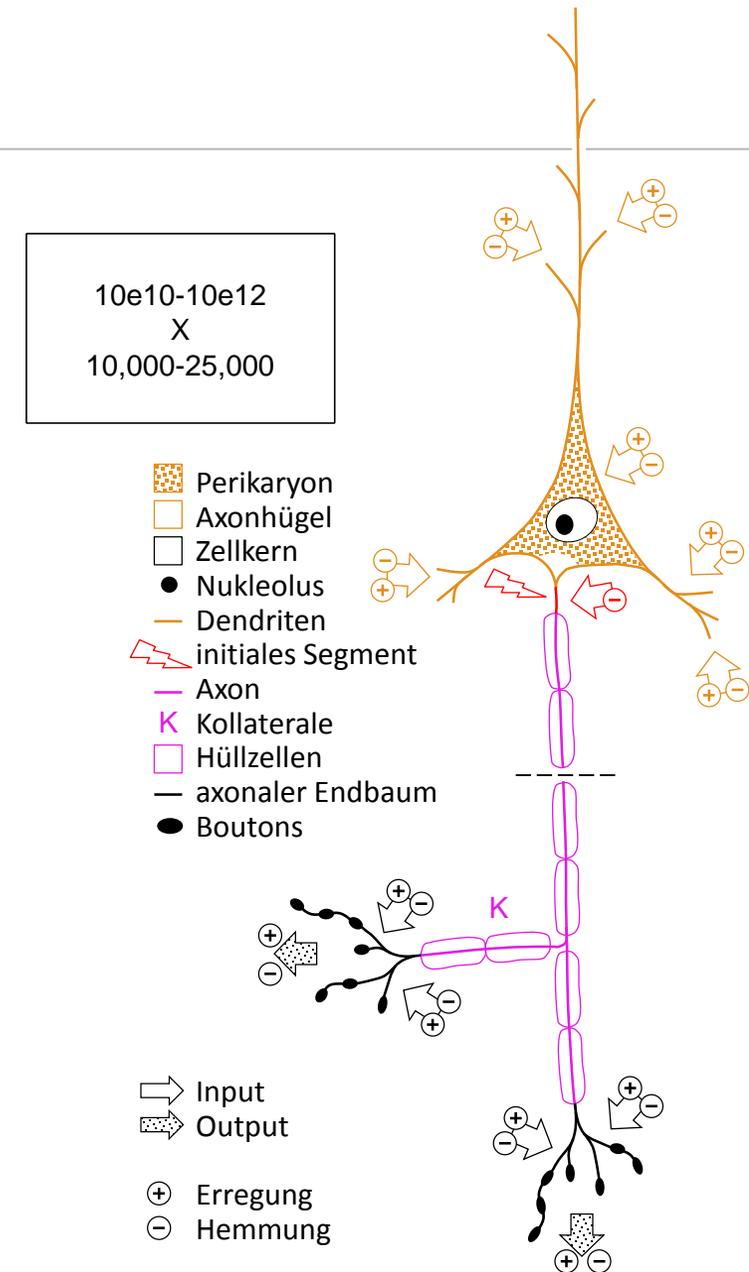
- **Vorkommen**
  - bildet zentrales (ZNS) und peripheres Nervensystem (PNS)
  - Plexus = Nervengeflecht: vegetatives Nervensystem (zB Blutgefäße umgebend), somatisches Nervensystem (Ausgangspunkt der Nerven zur Versorgung der Extremitäten)
  - enterisches Nervensystem: Nervengewebe im Magendarmtrakt
- **Neurone**
  - Information: codiert durch Änderungen des Membranpotentials (Depolarisation = Erregung, Hyperpolarisation = Hemmung)
  - Informationsübermittlung: über weite Strecken durch lange Fortsätze = Axone, können ZNS-PNS-Grenze überschreiten
  - Informationsverarbeitung, Speicherung: Zellkörper, Dendriten (kurze Fortsätze) & Synapsen (Zell-Kontakte)
- **Gliazellen**
  - Glia = Leim
  - 90% 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





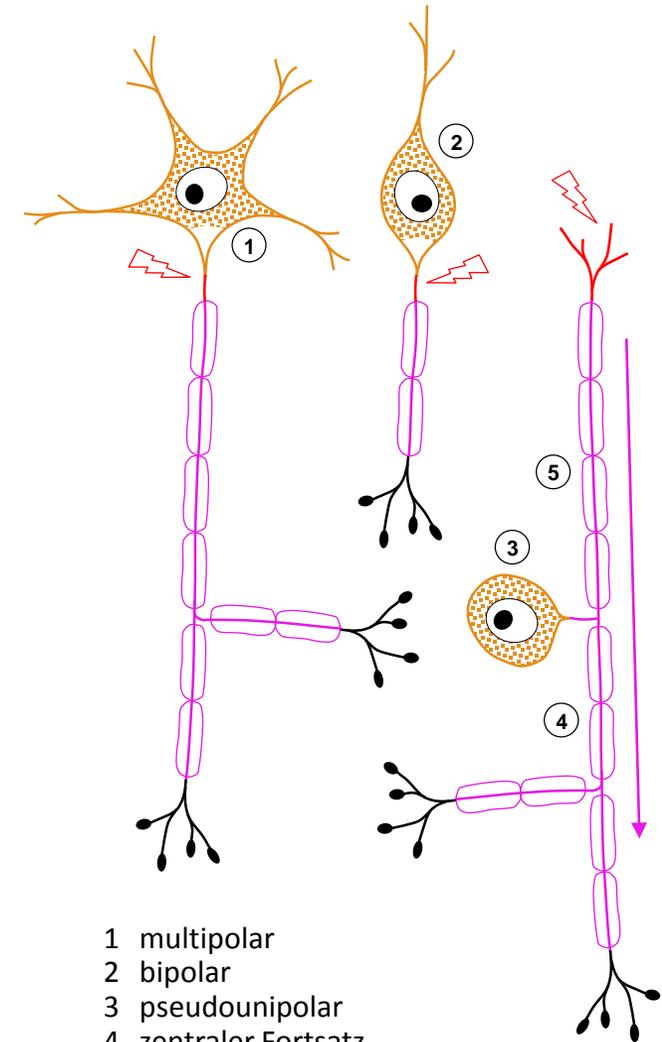
# Neuron, Grundbauplan

- 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, häufig in ZNS+PNS)
- **Bipolares Neuron**
  - 1 Axon + 1 Dendrit (Netzhaut)
- **Pseudounipolares Neuron**
  - primärafferente Neurone
  - Soma in Spinal- oder sensorischem 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, meist aber nicht immer erregend
  - Übergangsformen

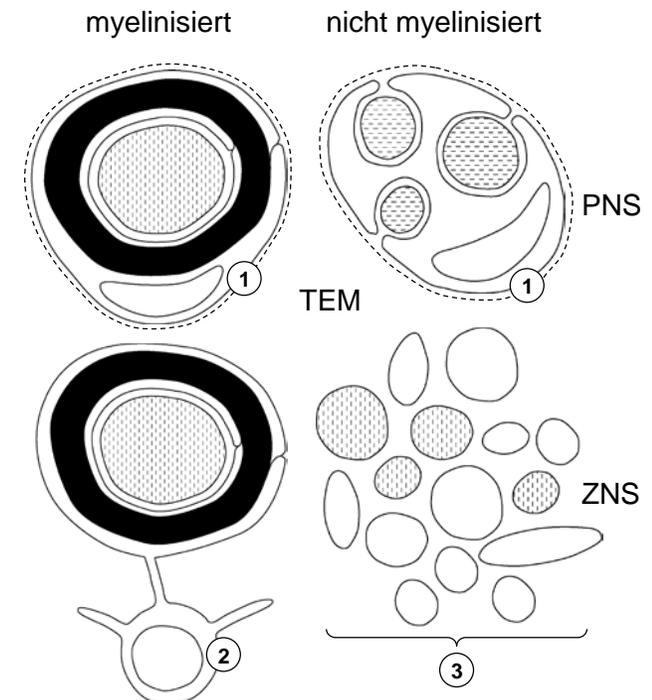


- 1 multipolar
- 2 bipolar
- 3 pseudounipolar
- 4 zentraler Fortsatz
- 5 peripherer Fortsatz

# Nervenfaser

- Nervenfaser (ZNS+PNS)
  - Definition: Axon (Neuron) + Hüllzellen (Glia)
  - Funktion: Erregungsleitung, Informationsübermittlung über lange Strecken
  - PNS und ZNS: nicht myelinisiert oder myelinisiert
  - PNS: Basallamina zwischen Hüllzelle und umgebendem Bindegewebe
- Myelinisierte Fasern
  - Myelinscheide = Markscheide: Umwicklung des Axons durch Zellmembran der Hüllzelle, Stabilisation durch Proteine
  - pro Hüllzelle elektrische Isolation auf Strecke von 1-1.5mm (Internodium) → rasche passive Ausbreitung des Signals
  - zwischen Hüllzellen Ranvier-Knoten: nicht isolierte, erregbare Membrandomäne des Axons → aktive Zwischenverstärkung des Signals, 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

- |                  |  |
|------------------|--|
| 1 Schwann-Zelle  |  Axon                     |
| 2 Oligodendrozyt |  Dendriten, Gliafortsätze |
| 3 Neuropil       |  Myelin                   |
|                  |  Basallamina              |



# 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: Erlanger-Gasser A $\alpha$ - $\delta$ , B, C; Lloyd-Hunt (nur afferent): I-IV

Erlanger Gasser	Lloyd Hunt	Myelin	Funktion		Ø $\mu$ m	m/s
A $\alpha$		ja	efferent	Skelettmuskelfasern		
A $\alpha$	Ia	ja	afferent	Muskelspindeln	12-20	70-120
A $\alpha$	Ib	ja	afferent	Sehnenspindeln		
A $\beta$	II	ja	afferent	Muskelspindeln	6-12	40-70
A $\beta$	II	ja	afferent	Haut-Mechanorezeptoren		
A $\gamma$		ja	efferent	Muskelspindeln		
A $\delta$	III	dünn	afferent	Temperatur, Schmerz	3-6	12-40
A $\delta$	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		

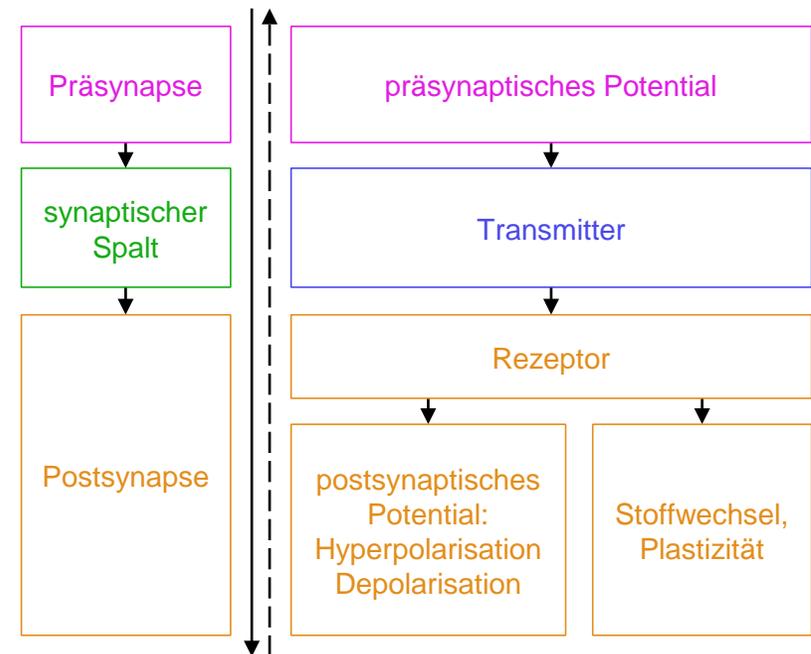
# Chemische und elektrische Synapse

- 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
- modulierende Peptide

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

