

# Überblick

## NERVENSYSTEM — ÜBERBLICK

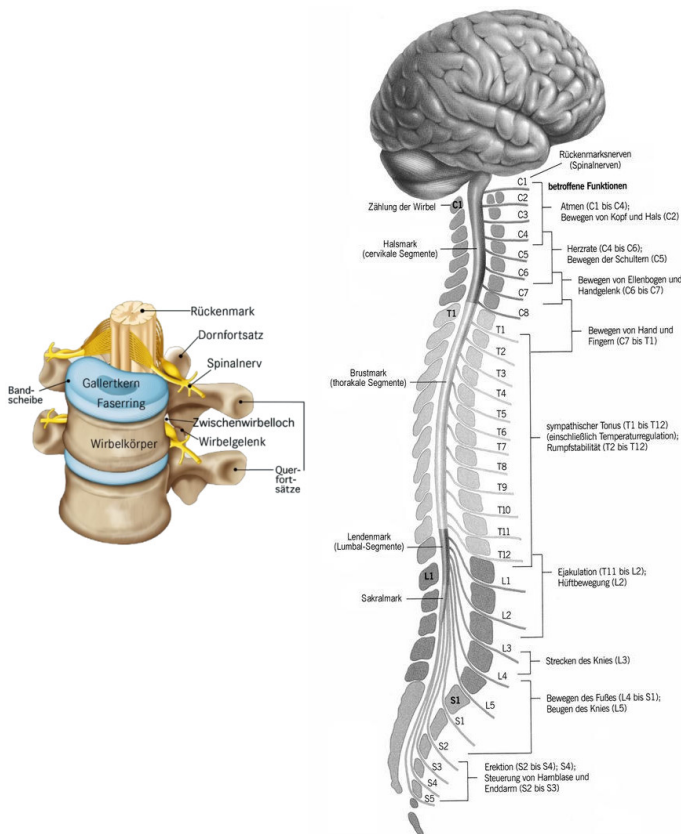
- Unterscheidung nach Lage
- **Zentrales Nervensystem (ZNS):** Gehirn und Rückenmark
- **Peripheres Nervensystem (PNS):** Außerhalb von Gehirn und Rückenmark
- **Autonomes Nervensystem (ANS):** Steuerung lebenswichtiger Funktionen

## AUTONOMES NERVENSYSTEM — UNTERTEILUNG

- **Sympathisches Nervensystem** (*fight or flight*): Bei Stressreizen → Notfallfunktionen des Organismus werden aktiviert:
  - Steigerung Puls + Blutdruck + Blutglukosespiegel (mehr Energie)
  - Steigerung Aufmerksamkeitslevel + Schweißproduktion
  - Vergrößerung Pupillen
  - Erhöhung Muskeltonus (= Grundspannung der Muskel)
- **Parasympathisches Nervensystem** (*rest and digest*): Stoffwechsel + Aufbau Körperreserven bei Erholung:
  - Reduktion Herz-Pumpleistung
  - Steigerung Darmaktivität

## DERMATOM + SPINALNERV

- **Spinalnerv:** Nerv, der zu einer bestimmten Seite und einem bestimmten Rückenmarksegment gehört (zw. 2 Wirbeln treten jeweils 2 Spinalnerven aus Wirbelkanal)
- **Dermatom:** Hautbereich, der von den sensiblen Fasern einer Spinalnervenzwurzel autonom versorgt wird.



## HIRNNERVEN

- Besondere Paar-Nerven mit Ursprung im Hirn (statt Rückenmark)
- Nummerierung: römisch von oben nach unten (je nach Austrittsstelle)

## NERVEN

- Kommunikationssystem des Körpers
- Geben Impulse zwischen ZNS und Körperbereichen weiter
- Bestehen aus vielen Neuronen
- Ernährung + Sauerstoffversorgung durch Blutgefäße
- **Aufbau:**
  - Nervenfaserbündel, umgeben von Bindegewebshülle
  - Alle Bündel umgeben von weiterer Bindegewebshülle (hält alle zusammen)

# Motorik und Sensorik

## ÜBERSICHT MOTORIK

- Motorik = Gesamtheit der Aktionen der Muskulatur
- **Sensomotorik:** Zusammenhang zwischen Sinneseindrücken und Muskelaktivität (Steuerungs- und Regelsysteme)
- **Psychomotorik:** Zusammenhang zwischen geistig-seelischer Verfassung und Körperbefindlichkeiten (Gestik, Körperhaltung,...)

## ÜBERSICHT SENSORIK

- Sensorik (in Technik) = Sensoren nutzen für Messung + Regulation von biologischen/technischen Systemen
- Üblicherweise: Verwendung von *Einheitssignalen*

## MUSKULATUR — STRUKTUR

- Motorische Endplatte: überträgt elektrischen Nervenfasers-Reiz als chemischen Impuls an Muskelfaser (chemische Synapse, Neurotransmitter Acetylcholin)
- Muskel → Muskelfaser-Bündel → Muskelfaser → Muskelfibrille → Sarkomer → Myosin- und Aktin-Filamente

## MUSKULATUR — ZELLULÄRE GRUNDLAGEN

1. ATP-beladene Myosinköpfchen über Troponin an Aktinfilament angedockt
2. ATP zerfällt zu ADP und P, Ca wird abgestoßen, ADP bleibt in Myosinköpfchen
3. Myosinköpfchen schlagen um → Kontraktion
4. ADP wird abgegeben, Myosinköpfchen in Endstellung
5. Aktin-Myosinbindung wird gelöst, Myosinköpfchen durch ATP neu gespannt → ATP macht Myosinköpfchen "weich"

## MUSKULATUR — KONTRAKTION

- = Aktinfilamente bewegen sich zu Zentrum von dickstem Filament
- Bewegung durch Klappbewegung Myosinköpfchen → Ruderbewegung
- ATP zur Lösung von Myosin und Aktin benötigt → Totenstarre wenn keine

## TROPONIN

- = An Muskelkontraktion beteiligtes Strukturprotein
- Tropomyosinfaden blockiert Myosinbindungsstelle
- Muskelkontraktion → Anstieg  $Ca^{2+}$ -Konzentration → Bindung  $Ca^{2+}$  an Troponin → Troponinmoleküle bewegen Tropomyosinfaden → Kontaktstelle zwischen Aktin und Myosinköpfchen frei

## MOTORCORTEx

- = abgrenzbarer Großhirnrinde-Bereich und funktionelles System
- steuert willkürliche Bewegungen
- Zusammenstellung komplexer Bewegungsabfolgen aus einfachen Mustern
- Reizleitung Motorkortex → Rückenmark → Nerv (siehe motorische Endplatte)
- **Primär-Motorische Rinde (M1):** unmittelbare Bewegungssteuerung (liegt überwiegend auf *gyrus praecentralis*)
- **Supplementär-Motorische Rinde (SMA):** Erstellen Bewegungsabfolgen aus Bewegungs-Fundus + Vorbereitung willkürlicher (bewusst + unbewusst) Bewegungen

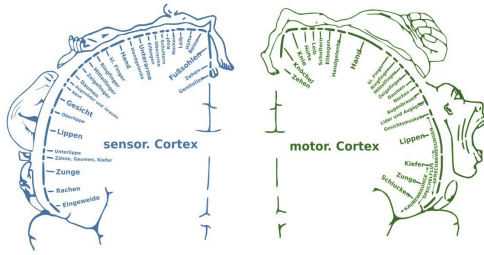
## SOMATOSENSORISCHER CORTEx

- = abgrenzbarer Großhirnrinde-Bereich
- zentrale Verarbeitung haptischer Wahrnehmungen (Tasten + Temperatur)
- **Mechanorezeptoren:** Sinneszellen, die mech. Kräfte in Signale wandeln
- Berührungs- und Druckrezeptoren:
  - Vater-Pacini-Körperchen: Mechanorezeptoren auf Haut, besonders gut bei Vibrationsempfindungen
  - Merkelsche Scheiben: Mechanorezeptoren auf Haut, Druckrezeptoren
  - Haarfollikelrezeptoren, ...
- Wärmerezeptoren:
  - Krausche Endkolben: Ermitteln Temperatur auf Hautoberfläche

## SOMATOTOPIE

- = Abbildung Körperregionen/-strukturen auf Nervenzellenareale im Gehirn

- **Homunculus:** Modell neuronale Beziehung zwischen kortikalen Bereichen und Skelettmuskeln/sensorischen Feldern  
→ Benachbarte Körperregionen auf benachbarte Kortexgebiete abgebildet
- Unterscheidung sensorischer und motorischer Cortex



## NERVENZELLE — AUFBAU

- **Soma:** Zellkörper, enthält Zellkern + verschiedene Organellen (raues/glattes ER, Mitochondrien,...)
- **Dendriten:** Von Soma auswachsende, fein verästelte Zellfortsätze  
→ Kontaktstellen für andere Zellen, Erregungsübertragung über Synapse
- **Axon:** Zellfortsätze, entspringen Axonhügel, Weiterleitung Erregung an andere Zellen
- **Synaptischer Spalt:** Zwischenraum zwischen präsynaptischer Membranregion (Präsynapse) und postsynaptischer/subsynaptischer Membranregion (Postsynapse) bei einer nachgeschalteten Zelle
- **Neurotransmitter:** Botenstoffe an chemischen Synapsen für Erregungsübertragung (Transmission): Acetylcholin, Noradrenalin, Dopamin, Serotonin, ...  
1. Senderzelle schüttet bei Erregung Neurotransmitter präsynaptisch aus  
2. Neurotransmitter überbrücken synaptischen Spalt  
3. Empfängerzellen-Rezeptoren empfangen postsynaptisch Neurotransmitter

## AKTIONSPOTENTIAL, ELEKTRO-CHEMISCHE MECHANISMEN

- **Zellmembran:**
  - Lipid-Doppelschicht, lipophile Seite innen, hydrophile Seite außen
  - Proteine mit verschiedenen Funktionen in Lipid-Doppelschicht integriert (z.B. Ionenkanäle)
- Ionenkonzentration unterschiedlich → viele  $K^+$ , wenige  $Na^+$  im Zellinneren
- Ionenpumpe hält Konzentrationsgefälle aufrecht  
→ Energiegewinnung durch ATP-Spaltung
- Einige  $K^+$ -Kanäle immer offen →  $K^+$ -Ionen diffundieren aus Zelle heraus
- Gleichzeitig wenige  $Na^+$ -Kanäle offen → kaum  $Na^+$ -Ionen zum Ausgleich  
→ Zellinneres verliert positive Ladungen, negative Spannung entsteht
- **Ruhepotential:** Potentialdifferenz bremsst Ausstrom von  $K^+$   
→ Gleichgewichtszustand zwischen nach außen gerichteter Diffusions-Tendenz und nach innen gerichteter elektrischer Anziehung der  $K^+$
- **Depolarisation:**
  - Axon durch elektrischen Reiz leicht depolarisiert → einige spannungsgesteuerte  $Na^+$ -Poren öffnen sich
  - Depolarisation erreicht Schwellwert → alle  $Na^+$ -Kanäle offen, Anzahl durchlässiger  $K^+$ -Poren zuerst gleich  
→ Überschuss positiver Ladung im Inneren des Axons
- **Repolarisation:**  $Na^+$ -Poren schließen nach kurzer Zeit wieder, alle noch geschlossenen  $K^+$ -Kanäle öffnen → schneller  $K^+$ -Ausstrom führt zu Rückkehr des Membranpotentials zu Ruhewert

## NERVENLEITUNG

1. Reizung an bestimmter Stelle → Aktionspotential → Angrenzung positiver und negativer Ladungen ohne trennende Membran
2. Ausgleichsströme entstehen → Membranpotential benachbarter Stellen wird erniedrigt → Schwellwert wird erreicht, Aktionspotential auch bei Nachbar
3. Signal wird weiterverbreitet

## SIGNALMODULATION

- Aktionspotential hat immer selbe Amplitudenform
- Information codiert über Frequenz + Dauer der Entstehung von Aktionspotentialen
- **Gewöhnung (Habituation):** verminderte Neurotransmitter-Ausschüttung bei wiederholter Reizung
- **Sensibilisierung:** erhöhte Ausschüttung bei Wiederholung
- Habituation + Sensibilisierung kurzfristig, langfristige Änderungen durch strukturelle Veränderung der Synapsenregion

## SYNAPSE

- Neurotransmitter in Nervenzelle produziert, wandern zu Axon-Endköpfchen
- Synapse: Umwandlung elektrisches in chemisches Signal
  1. Aktionspotential → Freisetzung Neurotransmitter
  2. Öffnung spannungsaktivierter  $Ca^{2+}$ -Kanäle → Anstieg intrazelluläres  $Ca^{2+}$
  3. Vesikel binden an präsynaptische Membran, Vesikel-Inhalt wird in synaptischen Spalt freigesetzt
- Chemische Botenstoffe diffundieren durch synaptischen Spalt zu angrenzenden Zellen → bewirken dort auch elektrischen Impuls
- Informationsübertragung meist chemisch, gibt aber auch elektrische
- **Elektrische Synapse:** Aktionspotential wird direkt auf nachfolgende Zelle über direkte Verbindungskanäle weitergeleitet (*gap junctions*)
- **Chemische Synapse:** Unterscheidung zwischen exzitatorischen (aktivierende) und inhibitorischen (hemmende) Synapsen
  - Effektorsynapsen: Enden an Drüsen/Muskelzellen
  - Rezeptorsynapsen: Zwischen Nerven- und Sinneszellen
  - Interneuronale Synapsen: Stellen Kontakt zwischen einzelnen Nervenzellen (vor allem im Gehirn) her

## GANGLION

- = Ansammlung von Nervenzellkörpern → Verdickung Nervenstrang
- Kommt besonders im PNS vor
- **Prä-Ganglionär:** Nervenfasern/Neuronen von vegetativem Nervensystem, ziehen von ZNS zu Ganglion
- **Post-Ganglionär:** Nervenfasern/Neuronen von vegetativem Nervensystem, ziehen vom Ganglion zu Zielorgan

## HAUT

- **Oberflächensensibilität:** Empfindungen, die über Hautrezeptoren wahrgenommen werden (Mechano-, Thermo-, Schmerzrezeptoren)
- **Tiefensensibilität:** Wahrnehmung bestimmter Reize aus Körperinnerem (Lage-, Kraft-, Bewegungssinn)
- **Zwei-Punkt-Diskrimination:** Fähigkeit, zwei taktile Reize räumlich unterscheiden zu können (hoch z.B. an Lippe, gering z.B. am Hintern)

## Sinnesorgane

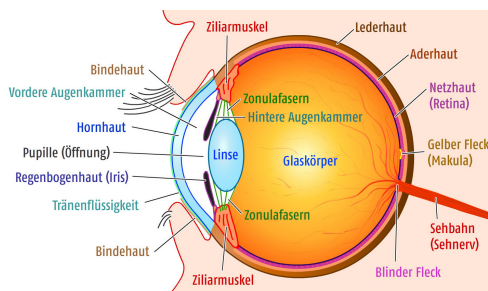
### GERUCHSSINN

- **Nase:** Atmung (Reinigung + Filterung) + Geruchswahrnehmung
- **Geruchswahrnehmung:**
  - komplexer chemisch-neuraler Vorgang
  - Riechschleimhaut: Luft scheidet Geruchsmoleküle an Rezeptormoleküle ab
  - Auf einzelne Duftstoffe ansprechende Rezeptoren (>350 Rezeptortypen) bilden durch Riechköpfchen Matrixstruktur an Oberfläche der Riechschleimhaut
  - Vereinigung Duftmolekül + Rezeptor → Kaskade in Rezeptorzellen → neuronale Signale über Riechnerv-Axone an Großhirn
  - Olfaktorisches System hochkomplex, Verbindungen zu Hypothalamus (Nahrungsaufnahme + Sexualverhalten) und limbischem System (Instinktiverhalten + Gedächtnisleistungen)

### GESCHMACKSSINN

- 5 Grundqualitäten:
  1. **Süß:** Zucker + Derivate, Aminosäuren, Peptide, Alkohole
  2. **Salzig:** Speise- + Mineralsalze
  3. **Sauer:** saure Lösungen, organische Säuren
  4. **Bitter:** Bitterstoffe, Alkaloide, Glycoside (Chinin, Wermut)
  5. **Umami:** Glutaminsäure, Asparaginsäure  
! Scharf kein Geschmack, sondern Schmerzsignal
- **Primärer gustatorischer Cortex (Inselcortex):** für Geschmackswahrnehmung zuständige Hirnstruktur, mit anderen Sinneindrücken (z.B. Tast- und Temperaturinformationen) aus Mundhöhle integriert
- **Sekundärer gustatorischer Cortex:** in orbito-frontalem Cortex (überlappt mit sekundären olfaktorischen Cortex)

## VISUELLE WAHRNEHMUNG — AUGE

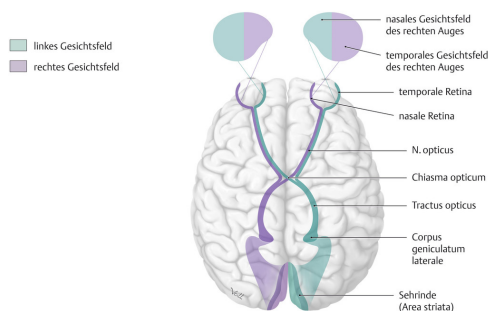


- **Augapfel:** kugelförmig, kardanische Aufhängung → beliebig drehbar
- Auge besteht aus drei Schichten:
  1. **Äußere Augenhaut:**
    - Durchsichtige Hornhaut (*cornea*) dort, wo Licht ins Auge tritt
    - Geht über in weiße Lederhaut (*sclera*), größter Teil der Augapfelhülle — teils von Bindehaut bedeckt, nur Cornea wird direkt von Tränenflüssigkeit benetzt
    - Tränenflüssigkeit: fließt von Tränendrüse über *canaliculi lacrimalis superior* und *inferior* (oberer + unterer Tränenkanal) in Nasenhöhle ab
  2. **Mittlere Augenhaut uvea:**
    - hinten gut durchblutete Aderhaut → Nährstoffversorgung
    - Übergang zu Ziliarkörper (*corpus ciliare*) → Aufhängung Augenlinse
    - vorne Regenbogenhaut (*iris*) + Pupille → Regulierung Lichteinfall
  3. **Innere Augenhaut:**
    - Netzhaut + Retina, enthält Lichtsinneszellen (Photorezeptoren)
    - Blinder Fleck dort, wo Sehnerv das Auge verlässt (Sehnervpapille)
    - Gelber Fleck (*fovea*): Stelle des schärfsten Sehens
- **Sensorzellen** in Retina:
  - Stäbchen: Lichtsensoren (Hell-Dunkel-Unterscheidung), im peripheren Bereich
  - Zapfchen: Farbsensoren (3 Gruppen, violett-grün-gelb), im Fovea-Bereich

## VISUELLE WAHRNEHMUNG — WEITERLEITUNG ZUM HIRN

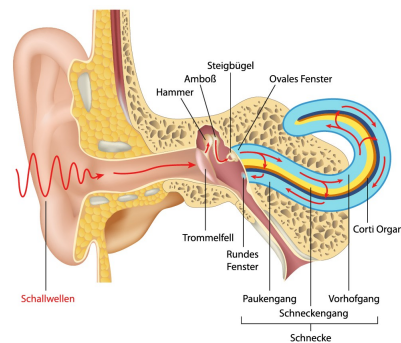
- Zapfchen + Stäbchen ergänzt durch Rezeptoren, an welche spezielles G-Protein gebunden ist (bestehen aus Bestandteilen von Vitamin A + Opsin-Protein)
- **Ablauf:**
  1. Eintreffende Photonen lösen in Vitamin A Strukturveränderung aus → Opsin kann mit Vitamin A agieren, Enzym-Ausschüttung
  2. Negative Ladung in Zellmembran ⇒ optisches zu elektrischem Signal
  3. Auswertezellen in Netzhaut: verarbeiten elektrisches Signal
  4. Weiterleitung Ganglienzellen, Fortsätze bilden II. Hirnnerv (*nervus opticus*)

## VISUELLE WAHRNEHMUNG — VISUELLES SYSTEM



- **Sehrinde:** Empfängt elektrische Impulse über Sehbahnen
- **Sehnervenkreuzung (chiasma opticum):** Hier kreuzen sich nach Eintritt in Schädelhöhle die Sehnerven der beiden Augen
- Äußere Fasern verlaufen weiter, Innere kreuzen zur Gegenseite → Fasern linke Netzhauthälfte beider Augen in linke Hirnhälfte, rechte analog
- **Tractus opticus:** Weiterleitung Nervenfasern zu **seitlichen Kniehöckern (corpus geniculatum laterale)**
- breite Fächerung der Sehstrahlung hin zur **Sehrinde** (visueller Cortex)

## GEHÖRSINN — OHR



- **Äußeres Ohr** (Ohrmuschel, Ohrknorpel, äußerer Gehörgang): Einfangen von Schall, Codieren der Einfallsrichtung
- **Mittelohr** (Trommelfell, Gehörknöchelchen, Eustachische Röhre): Mechanische Impedanzwandlung → optimale Übertragung Außenohr-Innenohr
- **Innenohr** (Labyrinth: Gehörschnecke (*cochlea*), Bogengänge, Hörnerv): Gehörschnecke setzt Schall in Nervenimpulse um, Innenohr beherbergt Gleichgewichtsorgan (besteht aus drei Bogengängen + zwei Aussackungen (*utricle*, *sacculus*))
- Steigbügel = Übertragungselement zur Gehörschnecke
- Schwingungen erregen Haarzellen in Cochlea, welche mit Hörnerv verbunden sind → Ausschüttung Neurotransmitter → Weiterleitung ans Gehirn

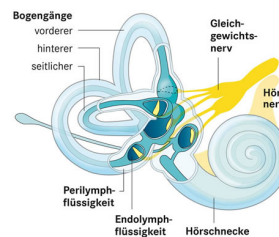
## GEHÖRSINN — COCHLEA + EINORTSTHEORIE

- Frequenzabhängiges Schwingungsmaximum zw. Steigbügel und *helicotrema*
  - Hohe Frequenz → nah bei Steigbügel, tiefe Frequenz → nah bei *helicotrema*
  - Anregung Sinneszellen bei Maximum → erregte Zellen frequenzabhängig
- Konstante Töne weniger angenehm als variierende

## GEHÖRSINN — AUDITIVES WAHRNEHMEN

- **Auditiver Cortex:** Auditorische Fasern rückverschaltet → Impulse beider Ohren kommen in beiden auditiven Cortices an → Richtungshören, Resthörempfinden bei Schäden
- **Oberer Olivenkomplex:** Rücksendung von Fasern zum Innenohr → Empfindlichkeitsmodulierung

## GEHÖRSINN — GLEICHGEWICHTSSINN



- **Utriculus + Sacculus:** besitzen von Gallertmasse umhüllte Sinneshaarzellen
- **Calciumkarbonatkristalle** auf Sinneshaarzellen, umgeben von weniger dichter Flüssigkeit
- Translationsbewegung → Kristalle hinken gegenüber Bewegung nach → Beugung + Reizung Sinneshaarzellen
- Rotatorische Bewegungen: Ermittlung durch 3 Bogengänge
- Signale über VIII. Hirnnerv in Vestibularis-Kerne im Stammhirn weitergeleitet
- Nutzung zusätzlicher Informationen von Augen, Kopf und Körperstellung zur eindeutigen Lagebestimmung