

Sensorik & Wahrnehmungssysteme

Dr. Franco Corvace



1

Sensorik & Wahrnehmungssysteme

Sensorik:

- Aufnahme von Reizen durch spezialisierte Rezeptoren
- Beispiel: Licht trifft auf die Netzhaut

Wahrnehmung:

- Zentrale Verarbeitung und Interpretation im Gehirn
- Beispiel: Entstehung eines Bildes im visuellen Kortex

Viserosensorisches System

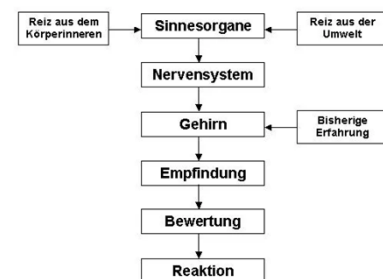
- Reize aus Organen und Gefäßen
- z. B. Magendehnung, Blutdruck

Somatosensorisches System

- Exterozeptoren: Berührung, Schmerz, Temperatur
- Propriozeptoren: Körperstellung, Bewegung

Speziell-sensorische Systeme

- Sehen, Hören, Riechen, Schmecken
- Lokalisiert in spezialisierten Sinnesorganen im Kopf



Bildquelle: Wikibooks



Bildquelle: Studyflix

2

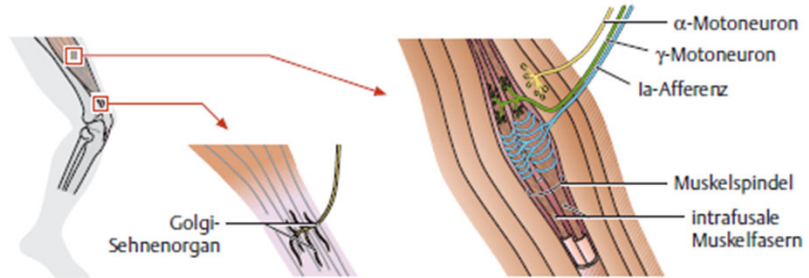
Mechanorezeption und Propriozeption

Rezeptoren der bewussten Propriozeption

- Muskelspindeln
- Sehnenorgane
- Gelenkrezeptoren

Muskelspindeln – Steuerung & Bedeutung

- Aktivierung durch γ -Motoneurone (Vorderhorn)
- Kontraktion der Enden \rightarrow Dehnung des Zentrums
- Erhöhte Empfindlichkeit für Dehnung
- Wichtigster Rezeptor für bewusste Propriozeption



Golgi-Sehnenorgane

- Lage: in Reihe zur Muskelfaser, am Muskel-Sehnen-Übergang
- Reagieren auf Kontraktion **und** Dehnung
- Ib-Fasern (dick, markhaltig)
- Früher: Schutzfunktion (widerlegt)
- Heute: Beitrag zur Bewegungskoordination (z. B. Gang)

In der Gelenkkapsel

- Aktiv nur bei Extremstellungen
- Keine zuverlässige Information über Mittelstellungen
- **Stellung wird zentral berechnet** – über Muskelspindeln

3

Hinterstrangsystem

Aufbau des Hinterstrangsystems

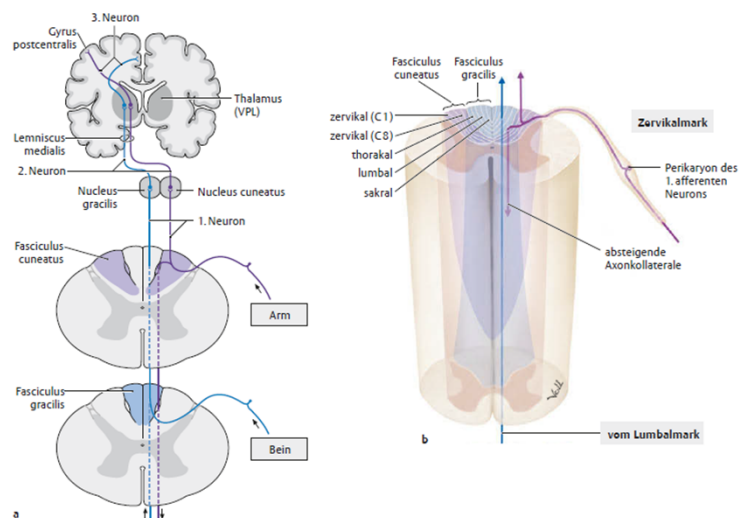
– Tast-, Vibrations- und Tiefensensibilität

Funktion & Überblick

- Vermittelt bewusste Wahrnehmung von:
 - Berührung, Vibration, Propriozeption
- Drei-Neuronen-System
- Verläuft überwiegend ungekreuzt bis zur Medulla oblongata

Erstes Neuron

- Pseudounipolare Spinalganglienzelle
- Verläuft ungekreuzt im Rückenmark
- Zwei Hinterstränge:
 - Fasciculus gracilis \rightarrow untere Körperhälfte
 - Fasciculus cuneatus \rightarrow obere Körperhälfte
- **Synapse in:**
 - Ncl. gracilis (medial)
 - Ncl. cuneatus (lateral)



4

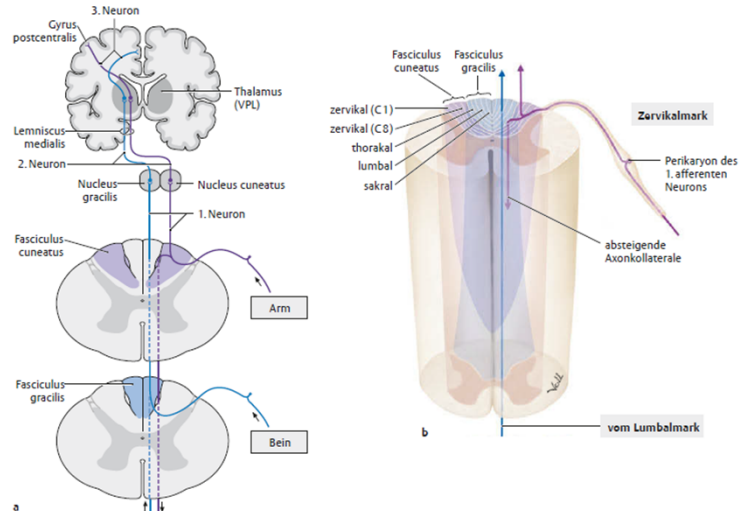
Hinterstrangsystem

Zweites Neuron

- Soma: in Hinterstrangkernen
- Kreuzt direkt in der Medulla oblongata
- Bildet den Lemniscus medialis
- Verläuft rostral → Thalamus
- Endet im Ncl. ventralis posterolateralis (VPL)

Drittes Neuron & Zielgebiet

- Soma im VPL (Thalamus)
- Axon durch Capsula interna
- Endet im Gyrus postcentralis (S1)
- Verarbeitung in:
 - Areae 3a/3b (Propriozeption)
 - Areae 1/2 (Homunculus)
- Transmitter: Glutamat



5

Tractus spinothalamicus anterior

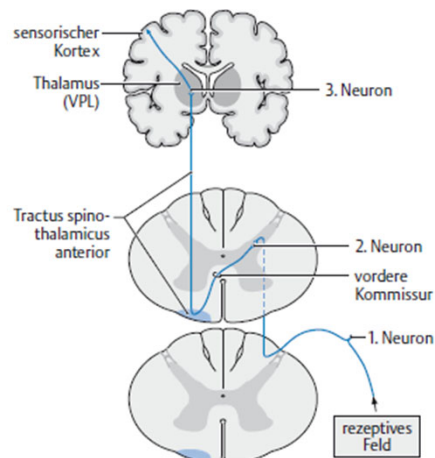
- Überträgt grobe Druckempfindungen
- Im Gegensatz zum Hinterstrangsystem mit geringerer räumlicher und zeitlicher Auflösung

Erstes Neuron

- Mechanorezeptoren wie beim Hinterstrang (Merkel, Ruffini)
- Umschaltung nicht in Hinterstrangkernen, sondern im Hinterhorn
- Fasern über kurze Kollaterale zu Hinterhornneuronen

Zweites Neuron

- Soma im Nucleus proprius (Lamina III/IV)
- Axon kreuzt in der Commissura alba anterior auf Gegenseite
- Kreuzung 1–2 Segmente oberhalb des Eintritts
- Aufstieg im Tractus spinothalamicus anterior
- Lage im Hirnstamm: lateral vom Lemniscus medialis



Schematische Darstellung des Tractus spinothalamicus anterior mit seinen Umschaltstationen: Das 1. Neuron wird im Hinterhorn kranial des Eintrittsortes in das Rückenmark umgeschaltet. Die zweite Station ist – wie für die Hinterstrangbahn – der VPL des Thalamus.
(Prometheus LernAtlas, Thieme, 4. Aufl.)

6

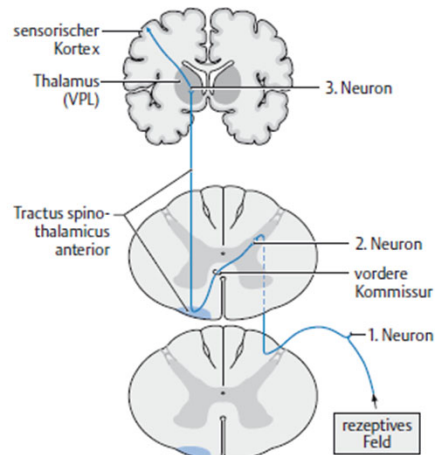
Tractus spinothalamicus anterior

Drittes Neuron & Zielgebiet

- Soma im VPL-Thalamus
- Projektion zum Gyrus postcentralis (S1)
- Verarbeitung bewusster Druckempfindungen

Somatotopie & Zusammenfassung

- Somatotopie vorhanden
- Fasern stammen von kontralateraler Rückenmarksseite
- Verlauf:
 - Erstes Neuron → Hinterhorn
 - Zweites Neuron → Kreuzung, Aufstieg im Tractus spinothalamicus anterior
 - Drittes Neuron → Thalamus → Kortex



Schematische Darstellung des Tractus spinothalamicus anterior mit seinen Umschaltstationen: Das 1. Neuron wird im Hinterhorn kranial des Eintrittsortes in das Rückenmark umgeschaltet. Die zweite Station ist – wie für die Hinterstrangbahn – der VPL des Thalamus.

(Prometheus LernAtlas, Thieme, 4. Aufl.)

7

Weitere propriozeptive Bahnen des Rückenmarks

Untere Körperhälfte – Tractus spinocerebellaris anterior

- Ursprung: Lamina V–VII (medial)
- Kreuzung: 1x Rückenmark + 1x oberer Kleinhirnstiel
- Verlauf: Ventral von Tr. spinocerebellaris posterior
- Ende: Kleinhirnrinde ipsilateral

Untere Körperhälfte – Tractus spinocerebellaris posterior

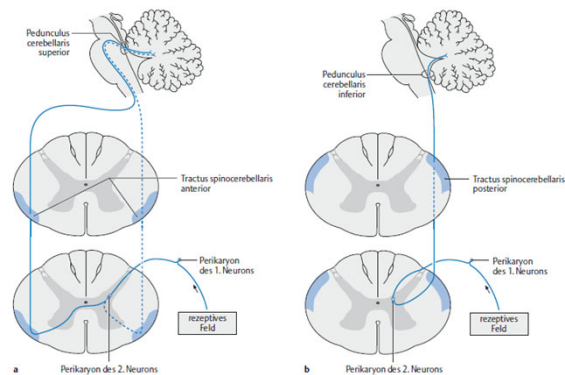
- Ursprung: Nucleus thoracicus posterior (Th1–L2)
- Verlauf: Ipsilateral im dorsalen lateralen Funiculus
- Ende: Zerebellum über unteren Kleinhirnstiel

Obere Körperhälfte – Fibrae cuneocerebellares

- Ursprung: Nucleus cuneatus accessorius (Medulla)
- Verlauf: Ungekoppelte Fasern → Umschaltung → ipsilateral über unteren Kleinhirnstiel ins Zerebellum

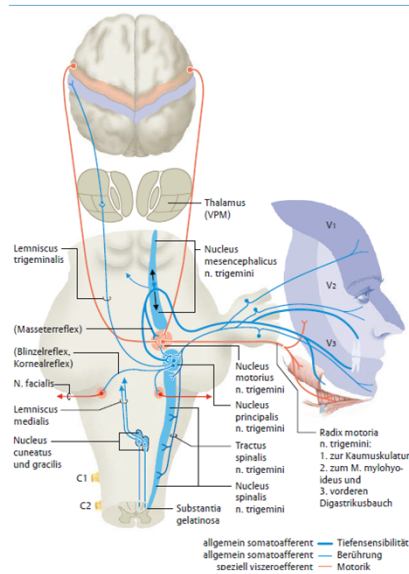
Obere Körperhälfte – Tractus spinocerebellaris superior

- Ursprung: Unteres Halsmark
- Verlauf: Über oberen und unteren Kleinhirnstiel
- Status: Vor allem bei Tieren beschrieben
- Funktion: Unbewusste Propriozeption der oberen Körperhälfte



8

Mechanorezeption und Propriozeption im Kopfbereich



9

Viszerosensorik

Funktion der Viszerosensorik

- Mechanorezeptoren, Chemorezeptoren, Nozizeptoren in Eingeweiden
- Hauptsächlich unbewusste Regulationsreflexe (z. B. Blutdruck, Darmperistaltik)
- Bewusste Empfindungen: Harndrang, Hungergefühl

Lokale Steuerung

- Viszerorezeptoren aktivieren Motoneurone der glatten Muskulatur
- Autonome Ganglien und Plexus myentericus als Steuerzentren

Zentrale Bahnen

- Somata in Spinal- und Hirnnervenganglien (z. B. N. vagus)
- Projektion zum Ncl. tractus solitarii (Hirnstamm)
- Verarbeitung im Rückenmark (Lamina X)
- Bahnen bei Eingeweideschmerz: spinothalamisch lateral und spinoretikulär

Kortikale Verarbeitung

- Unsicher: Lobus frontalis und Vorderhirn als mögliche Areale
- Weitere Zielgebiete: Hypothalamus, limbisches System
- Bedeutung für bewusste Wahrnehmung und emotionale Komponente

10

Nozizeption und Schmerz

Definition Nozizeption und Schmerz

- Nozizeption: Verarbeitung gewebschädigender Reize (subkortikal)
- Schmerz: bewusste Sinnesempfindung im Kortex
- Nozizeption läuft auch bei Narkose ab

Schmerzformen

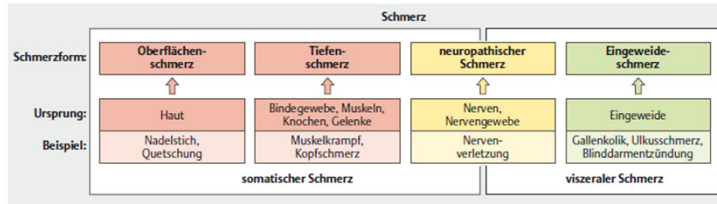
- Hautschmerz
- Somatischer Tiefenschmerz
- Eingeweideschmerz
- Neuropathischer Schmerz
- Unterschiede in Schmerzmechanismen (z. B. Aδ- und C-Fasern)

Phasen des Hautschmerzes

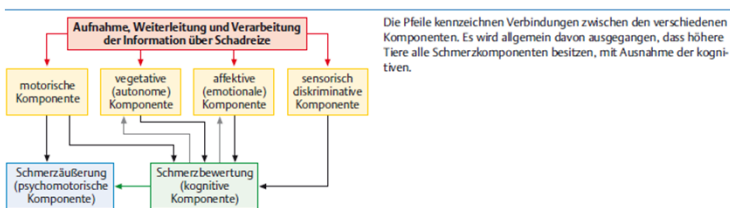
- Erster Schmerz: schnell, über Aδ-Fasern
- Zweiter Schmerz: verzögert, über C-Fasern
- Fehlt bei Muskel- und Eingeweideschmerz

Komponenten der Schmerzempfindung

- Sensorisch-diskriminativ
- Affektiv-emotional
- Vegetativ-autonom
- Motorisch
- Psychomotorisch
- Kognitiv



Unterscheidung von somatischem und viszeralem Schmerz anhand ihres Ursprungs. (Prometheus LehrAtlas, Thieme, 4. Aufl.)



Die Pfeile kennzeichnen Verbindungen zwischen den verschiedenen Komponenten. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass höhere Tiere alle Schmerzkomponenten besitzen, mit Ausnahme der kognitiven.

11

Nozizeption und Schmerz

Nozizeptor – Definition & Struktur

- Freie Nervenendigung
- Erkennt schädliche Reize, leitet elektrische Impulse weiter
- Nicht „Schmerzrezeptor“ – Schmerz entsteht zentral

Neurochemie & Axonreflex

- Enthält Substanz P → Freisetzung bei Reizung
- Axonreflex = Erregungsausbreitung ohne Zentrale
- Substanz P: Vasodilatation, Permeabilitätssteigerung
- → mögliche neurogene Entzündung

Typen & Rezeptoren

- Mechanonozizeptoren
- Thermo- und Nozizeptoren
- Polymodale Nozizeptoren
- Rezeptoren: TRPV1, ASICs

Leitung & Kanäle

- Marklos oder dünn markhaltig
- TTX-resistente Na⁺-Kanäle
- Leitung ca. 1 m/s

Chemische Reizstoffe

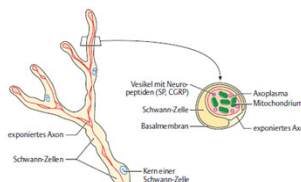
- Bradykinin, Serotonin, Prostaglandine
- ATP, Protonen, NGF → Sensibilisierung

Neuronale Verschaltung

- 2. Neuron: Peripherie → Spinalganglion → Hinterhorn
- 2. Neuron: Lamina I & II (nozizeptiv), IV–VI (WDR)
- WDR = konvergente Reize, Schmerz & andere Modalitäten

Chronifizierung

- Stumme Synapsen (NMDA-basiert)
- AMPA/KA-Kanäle erst bei Reizung gebildet
- → Schmerz kann sich ausbreiten & chronisch werden



Besonders wichtig für die Funktion einer nozizeptiven freien Nervenendigung scheinen die exponierten Axonbereiche zu sein, auf die z. B. entzündliche Substanzen direkt einwirken können.

12

Temperatursinn

Temperatursinn – Struktur

- Thermorezeptoren = freie Nervenendigungen
- Unterschied zu Nozizeptoren: andere Membranrezeptoren
- Reagieren auf Wärme oder Kälte

Leitung

- Afferente Fasern: marklos oder dünn markhaltig
- Langsame Weiterleitung

Zentrale Bahnen

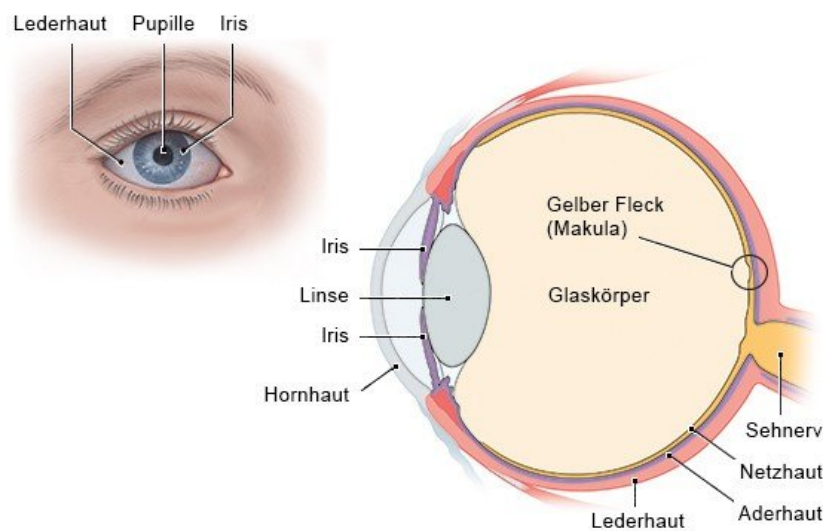
- Temperaturbahnen ≈ Nozizeptionsbahnen
- Weiterleitung über anterolaterales System (z. B. Tractus spinothalamicus)

Klinischer Bezug

- Anterolaterale Chordotomie → Verlust von Schmerz- und Temperaturempfinden
- Beleg für gemeinsame zentrale Bahnen

13

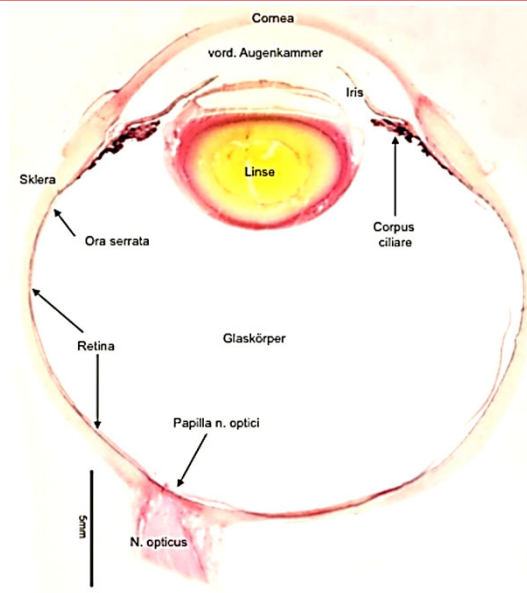
Visuelles System



<https://www.gesundheitsinformation.de>

14

Visuelles System



15

Visuelles System

Augenkammer

Das Auge besitzt zwei Kammern, die zusammen als vorderer Augenabschnitt bezeichnet werden:

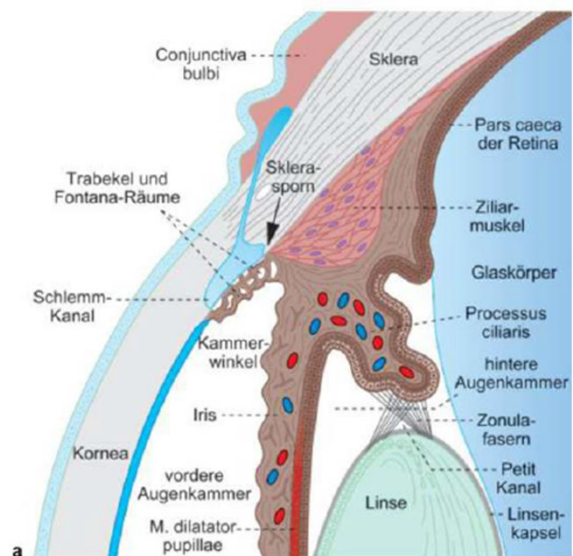
1. Vordere Augenkammer (Camera anterior bulbi)

Begrenzt durch:

- Vorne: die Innenseite der Hornhaut (Korneaendothel)
- Hinten: die Vorderfläche der Iris
- Rauminhalt: etwa 200 μ l Kammerwasser

2. Hintere Augenkammer (Camera posterior bulbi)

- Kleiner Raum zwischen:
- Hinterfläche der Iris
- Vorderfläche der Linse
- und den Zonulafasern
- Volumen: ca. 60 μ l



<https://www.gesundheitsinformation.de>

16

Visuelles System

Kammerwasser

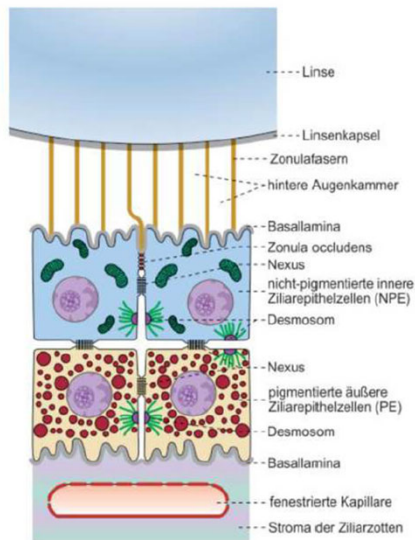
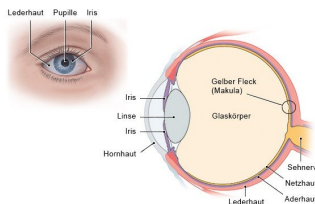


Abb. 17.16 Vorderer Augenhälfte. 1 Kornea; 2 Sklera; 3 Konjunktiva; 4 vordere Augenkammer; 5 Iris; 6 hintere Augenkammer; 7 Ziliarzotten; 8 Linse; 9 Linsenkapsel. Schwein (der Ziliarmuskel des Schweins oder des Rindes ist relativ schmal und locker gebaut); Masson-Trichrom-Färbung, Vergr. 25-fach.

17

Visuelles System

Hornhaut

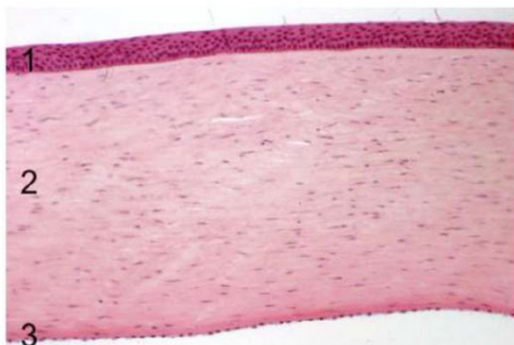
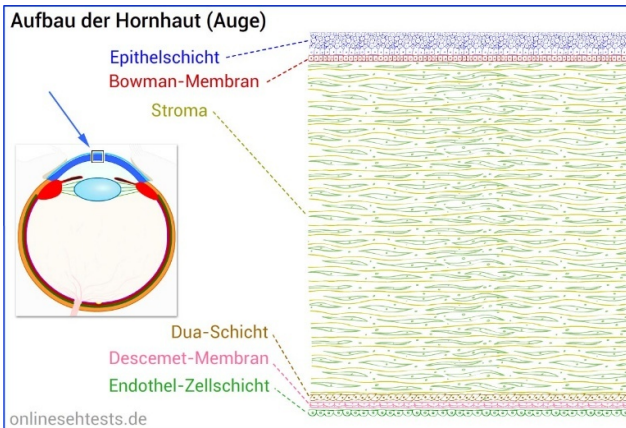


Abb. 17.17 Hornhaut (Kornea). Die Kornea ist gefäßfrei und ihr Stroma (2; Substantia propria) besteht aus Kollagenfibrillenlamellen, zwischen denen nur die Kerne der abgeflachten, verzweigten Hornhautfibrozyten (Hornhautkörperchen) erkennbar sind. 1 Korneaepithel; 3 Korneaendothel. Mensch; H.E.-Färbung. Vergr. 80-fach.



18

Visuelles System

Iris

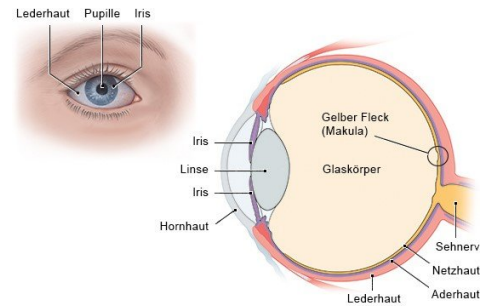
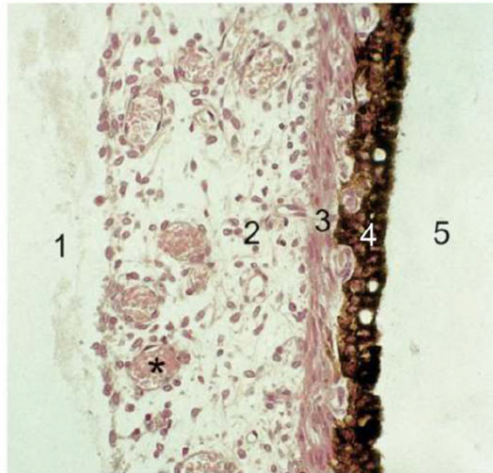


Abb. 17.19 Iris. 1 Vorderer Augenkammer; 2 Irisstroma, * Blutgefäß im Irisstroma; 3 M. dilatator pupillae, entspricht den kontraktile Fortsätzen des äußeren (an das Irisstroma grenzenden) Irisepithels; 4 inneres pigmentiertes Irisepithel; 5 hintere Augenkammer. Mensch; H. E.-Färbung. Vergr. 110-fach.

19

Visuelles System

Linse & Ziliarkörper

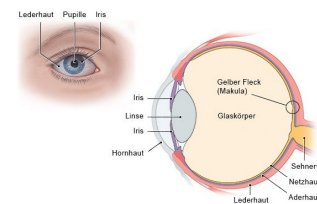
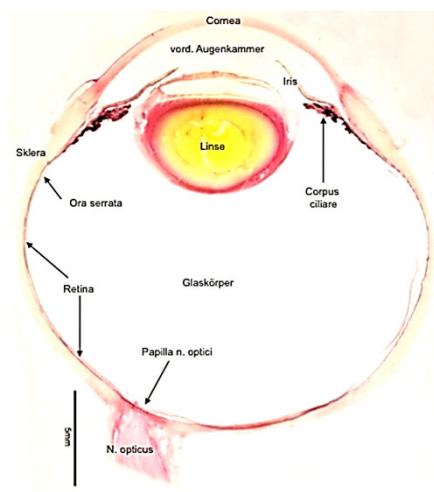


Abb. 17.16 Vorderer Augenhälfte. 1 Kornea; 2 Sklera; 3 Konjunktiva; 4 vordere Augenkammer; 5 Iris; 6 hintere Augenkammer; 7 Ziliarzotten; 8 Linse; 9 Linsenkapsel. Schwein (der Ziliarmuskel des Schweins oder des Rindes ist relativ schmal und locker gebaut); Masson-Trichrom-Färbung. Vergr. 25-fach.

20

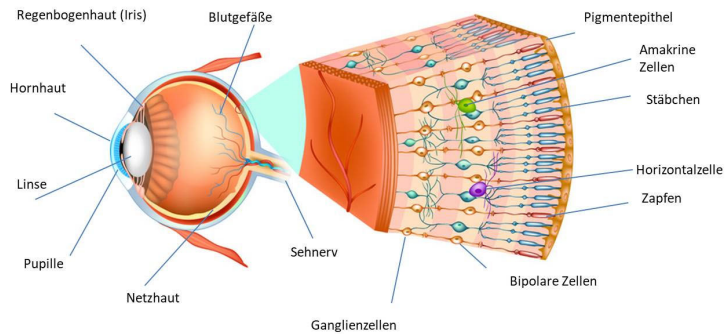
Visuelles System

Retina



gesund

Photorezeptor	Außen-segment	Disci membranacei	Sehpigment
Stäbchen	zylinderförmig	alleitig von Zytoplasma umgebene, abgeplattete, in sich geschlossene Membransäckchen	Rhodopsin bestehend aus einem Molekül 11-cis-Retinal (Aldehyd des Vitamins A) und einem Eiweißanteil (Opsin)
Zapfen	konisch	Einfaltungen der Zellmembran der Außensegmente, die außen von Interzellularflüssigkeit umgeben sind	Jodopsine (auch Zapfenseptine genannt) unterscheiden sich geringfügig von Rhodopsin durch eine andere Zusammensetzung des Opsins. Jeder Zapfentyp (rot, grün, blau) hat einen anderen Opsin-Aufbau. Anmerkung: Ein Teil der retinalen Ganglienzellen erhält ein drittes Opsin, das Melanopsin. Diese Zellen sind nicht am Sehorgan beteiligt, sondern wahrscheinlich an der Steuerung des Tagesrhythmus.

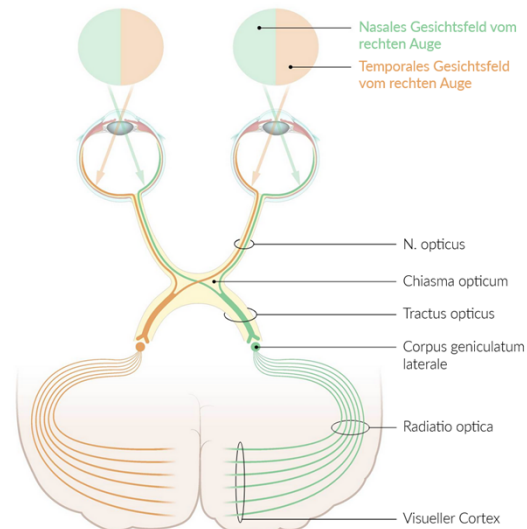


<https://www.pro-retina.de/netzhauterkrankungen/was-ist-eine-netzhauterkrankung>

21

Visuelles System

Gesichtsfeld



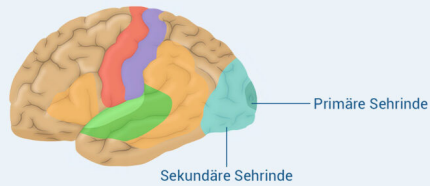
Amboss.de

22

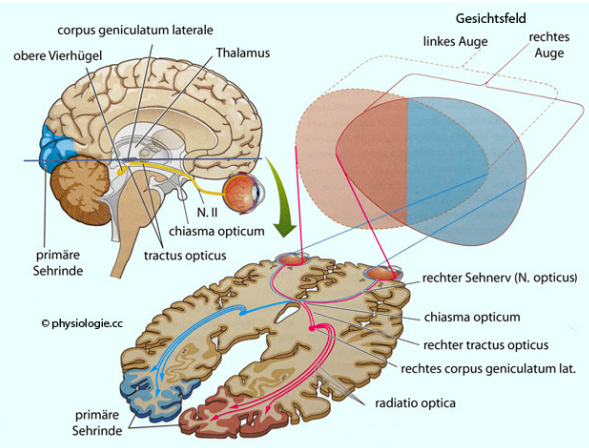
Visuelles System

Sehbahn

Sehrinde (Visueller Kortex)



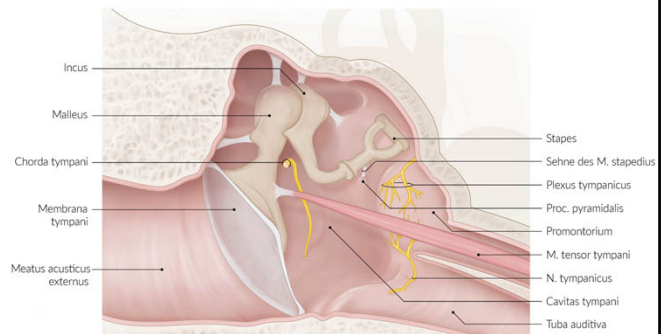
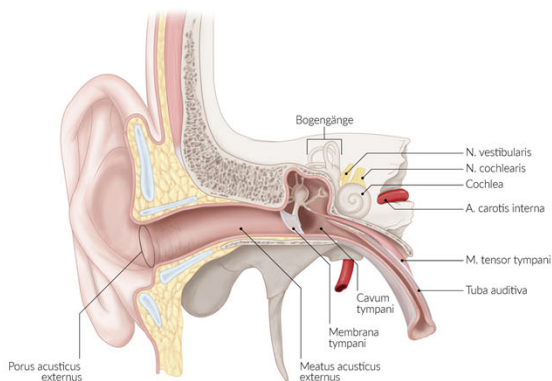
Medi:Karriere



<http://physiologie.cc/XIV.6a.htm>

25

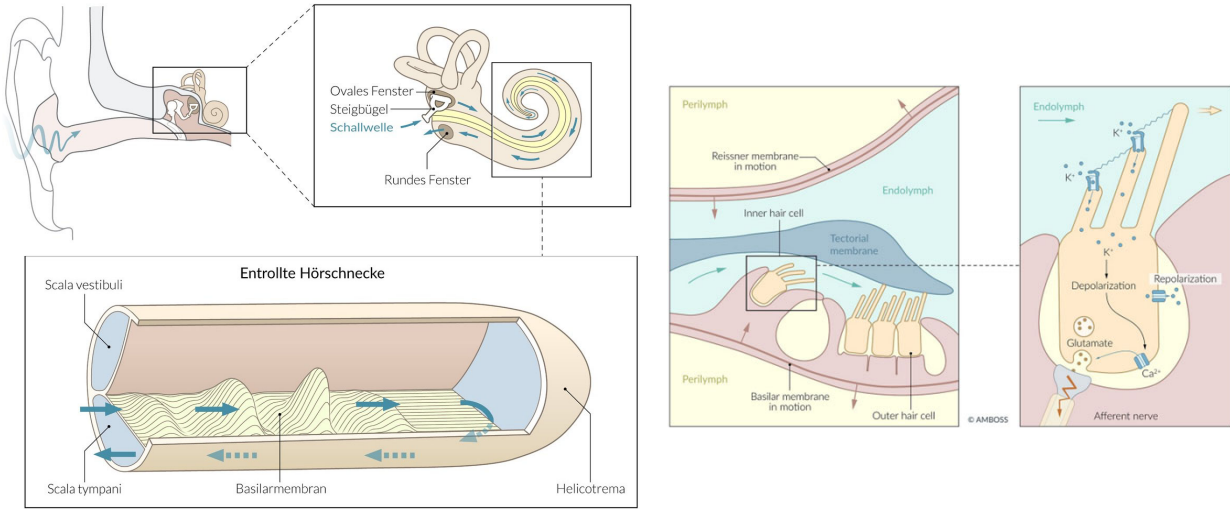
Auditives System



Amboss.de

26

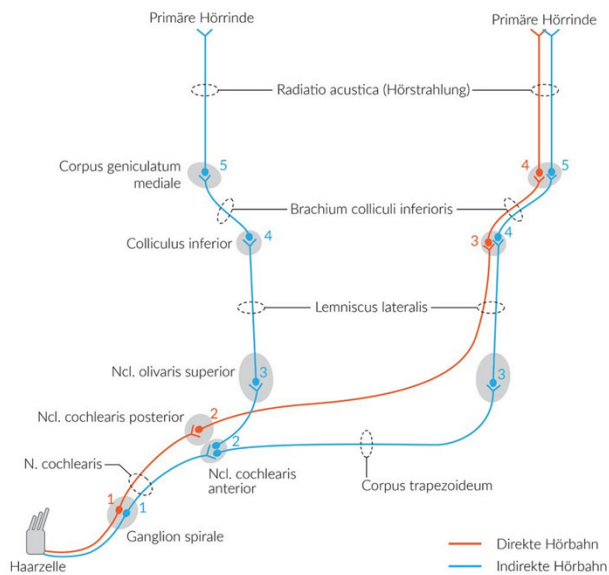
Auditives System



Amboss.de

27

Auditives System



Hörbahn	Verschaltung	Besonderheiten/Charakteristika
Rezeptorgan	• Haarzellen im Corti-Organ ☐	<ul style="list-style-type: none"> • Innere Haarzellen <ul style="list-style-type: none"> - Fasernqualität - Überwiegend afferente Fasern - Myelinisierte Fasern - Anteil: 90% des N. cochlearis • Außere Haarzellen <ul style="list-style-type: none"> - Fasernqualität - Überwiegend efferente Fasern ☐ - Nicht-myelinisierte Fasern - Anteil: 10% des N. cochlearis
1. Neuron (N. cochlearis)	• Ganglion spirale ☐	<ul style="list-style-type: none"> • Enthält die Perikarya des 1. Neurons der Hörbahn ☐ • Behalten sich im Modulus der Cochlea
2. Neuron	• Indirekte Hörbahn - Ncl. cochlearis anterior	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Hörbahn (Ncl. cochlearis posterior) • Indirekte Hörbahn: Zusätzliche Verschaltungen und kreuzende Fasern • Direkte Hörbahn: kürzere Bahn mit weniger kreuzenden Fasern
3. Neuron (thalamisch)	• Corpus trapezoidum (ein kreuzendes Nervenzellbündel, hierin eingeleitet: - Ncl. olivaris superior - Nucleus corporis trapezoidi)	<ul style="list-style-type: none"> • Nucleus olivaris superior <ul style="list-style-type: none"> - Kerngebiet im Hirnstamm - Enthält audiotische Informationen von beiden Corti-Organen - Wichtige Station für das Rostbrückenplättchen
Faserbahn	• Lemniscus lateralis ☐	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindet Ncl. cochlearis posterior bzw. Ncl. olivaris superior mit den Colliculi inferiores
3./4. Neuron	• Colliculus inferior	<ul style="list-style-type: none"> • Teil der Vierhügelplatte (Lamina tectalis im Mittelhirn)
Faserbahn	• Brachium colliculi inferioris	-
4./5. Neuron	• Corpus geniculatum mediale	<ul style="list-style-type: none"> • Behalten sich im Thalamus ☐
Primäre zentrale Verschaltung	• Primäre Hörrinde (Area 41 nach Brodmann): Die Fasern gelangen über die Hörstrahlung zur Hörrinde in den Gyrus temporalis superior ☐	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenz-Orts-Abbildung wird bis in die Hörrinde beibehalten ☐

Amboss.de

28

Olfaktorisches System

