

Sensorik & Wahrnehmungssysteme

Dr. Franco Corvace



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

Viszerosensorisches System

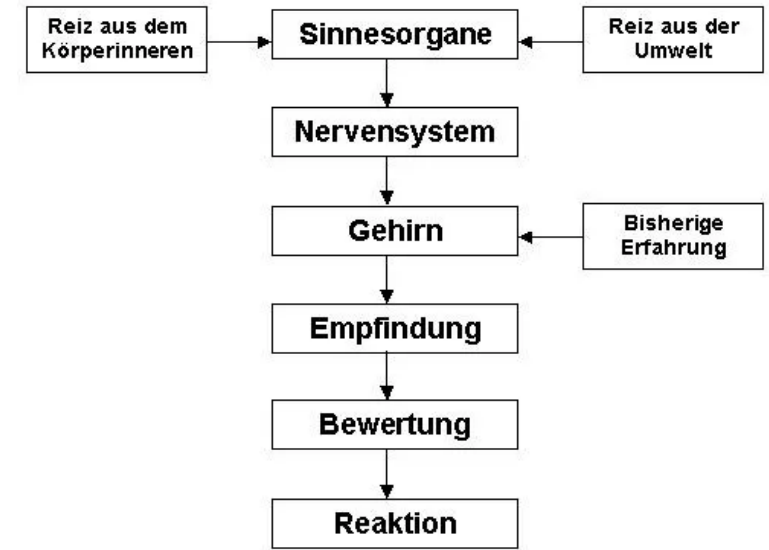
- Reize aus Organen und Gefäßen
- z. B. Magendehnung, Blutdruck

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

Somatosensorik und Viszerosensorik

Somatosensorik & Viszerosensorik

- Somatosensorik: Info aus Haut, Muskeln, Gelenken (via Somatoafferenzen)
- Viszerosensorik: Info aus Organen & Gefäßen (via Viszeroafferenzen)

Einteilung der Somatosensorik

- **Exterozeption:** Reize von außen (z. B. Hautberührung)
- **Propriozeption:** Stellung & Bewegung (aus Muskeln/Gelenken)
 - *Bewusst* → Hinterstrangsystem
 - *Unbewusst* → Spinozerebelläre Bahnen

Epikritisch vs. Protopathisch

- **Epikritisch (fein):**
 - z. B. Berührung, Vibration, 2-Punkt-Diskrimination
 - Genaue Lokalisation, hohe Auflösung
 - → *Hinterstrangsystem*
- **Protopathisch (grob):**
 - z. B. Schmerz, Temperatur, grober Druck
 - Geringe Auflösung
 - → *Anterolaterales System (Vorderseitenstrang)*

Sinnesmodalität	beteiligte Trakte
Mechanorezeption Tast-, Berührungs- und Vibrationssinn	■ Hinterstrangsystem ■ Tractus spinothalamicus anterior
Schmerz- und Temperatursinn	■ Tractus spinothalamicus lateralis ■ Tractus spinoreticularis
Propriozeption bewusste Tiefensensibilität (Stellungs-, Bewegungs- und Kraftsinn)	■ Hinterstrangsystem
unbewusste Propriozeption für motorische Kontrolle	■ u. a. Tractus spinocerebellaris anterior und posterior

Sensorik & Wahrnehmungssysteme

Aufbau des somatosensiblen Systems

Rezeptoren:

- Freie Nervenendigungen (z. B. Nozizeptoren)
- Spezialisierte Strukturen (z. B. Meissner-Körperchen)

1. Neuron (primärafferent):

- Pseudounipolar
- Zellkörper in Spinalganglien (Körper) oder Ganglion trigeminale (Kopf)
- Leitet Reize zum ZNS

2. Neuron:

- Umschaltung in Rückenmark oder Hirnstamm
- Projektionsbahn zum Thalamus

3. Neuron:

- Umschaltung im Thalamus
- Weiterleitung in den Gyrus postcentralis (somatosensibler Cortex)

Prinzip: 3-Neuronen-Kette → somatotopische Organisation → bewusste Wahrnehmung

Tab. 36.1 Einteilung der Rezeptoren des somatosensiblen Systems

Rezeptoren		Rezeptive Endigung	Adäquater Reiz
Exterozeptoren (Hautrezeptoren) → Oberflächensensibilität	kutane Mechanorezeptoren (Rezeptoren des Tastsinns)	Merkel-Endigung	Hautdeformation (Druck)
		Ruffini-Körperchen	Hautdehnung (Spannung)
		Meissner-Körperchen	Hautberührung
		Haarfollikelrezeptoren	Haarberührung
		Vater-Pacini-Körperchen	Vibration
	Thermorezeptoren (Kälte- und Wärmerezeptoren)	freie Nervenendigungen	15–35 °C bzw. 30–45 °C
	Nozizeptoren	freie Nervenendigungen	Noxen, Gewebeschädigung etc.
Propriozeptoren → Tiefensensibilität	Mechanorezeptoren der Propriozeption	Muskelspindeln	Muskeldehnung
		Golgi-Sehnenorgane	Muskelspannung
		Gelenkrezeptoren	Gelenkbewegung

Somatosensorik und Viszerosensorik

Somatosensorik & Viszerosensorik

- Somatosensorik: Info aus Haut, Muskeln, Gelenken (via Somatoafferenzen)
- Viszerosensorik: Info aus Organen & Gefäßen (via Viszeroafferenzen)

Einteilung der Somatosensorik

- **Exterozeption:** Reize von außen (z. B. Hautberührung)
- **Propriozeption:** Stellung & Bewegung (aus Muskeln/Gelenken)
 - *Bewusst* → Hinterstrangsystem
 - *Unbewusst* → Spinozerebelläre Bahnen

Epikritisch vs. Protopathisch

- **Epikritisch (fein):**
 - z. B. Berührung, Vibration, 2-Punkt-Diskrimination
 - Genaue Lokalisation, hohe Auflösung
 - → *Hinterstrangsystem*
- **Protopathisch (grob):**
 - z. B. Schmerz, Temperatur, grober Druck
 - Geringe Auflösung
 - → *Anterolaterales System (Vorderseitenstrang)*

Sinnesmodalität	beteiligte Trakte
Mechanorezeption Tast-, Berührungs- und Vibrationssinn	■ Hinterstrangsystem ■ Tractus spinothalamicus anterior
Schmerz- und Temperatursinn	■ Tractus spinothalamicus lateralis ■ Tractus spinoreticularis
Propriozeption bewusste Tiefensensibilität (Stellungs-, Bewegungs- und Kraftsinn) unbewusste Propriozeption für motorische Kontrolle	■ Hinterstrangsystem ■ u. a. Tractus spinocerebellaris anterior und posterior

Mechanorezeption und Propriozeption

Hinterstrangsystem und Tractus spinothalamicus anterior

Syn. Spino-bulbo-thalamo-kortikales System

Mechanorezeption & Propriozeption

- Hinterstrangsystem & Tractus spinothalamicus ant.
- Vermittlung: Berührung, Druck, Vibration, Stellung, Bewegung

Mechanorezeption (Haut) – Sinnesqualitäten

- Tastsinn (aktiv) vs. Berührungssinn (passiv)
- Druck, Vibration, Tastempfinden → *verschiedene Rezeptoren*

Tab. 36.1 Einteilung der Rezeptoren des somatosensiblen Systems

Rezeptoren		Rezeptive Endigung	Adäquater Reiz
Exterozeptoren (Hautrezeptoren) → Oberflächensensibilität	kutane Mechanorezeptoren (Rezeptoren des Tastsinns)	Merkel-Endigung	Hautdeformation (Druck)
		Ruffini-Körperchen	Hautdehnung (Spannung)
		Meissner-Körperchen	Hautberührung
		Haarfollikelrezeptoren	Haarberührung
		Vater-Pacini- Körperchen	Vibration
	Thermorezeptoren (Kälte- und Wärmerezeptoren)	freie Nervenendigungen	15–35 °C bzw. 30–45 °C
Propriozeptoren → Tiefensensibilität	Nozizeptoren	freie Nervenendigungen	Noxen, Gewebeschädigung etc.
	Mechanorezeptoren der Propriozeption	Muskelspindeln	Muskeldehnung
		Golgi-Sehnenorgane	Muskelspannung
		Gelenkrezeptoren	Gelenkbewegung

Mechanorezeption und Propriozeption

Hautrezeptoren & Eigenschaften

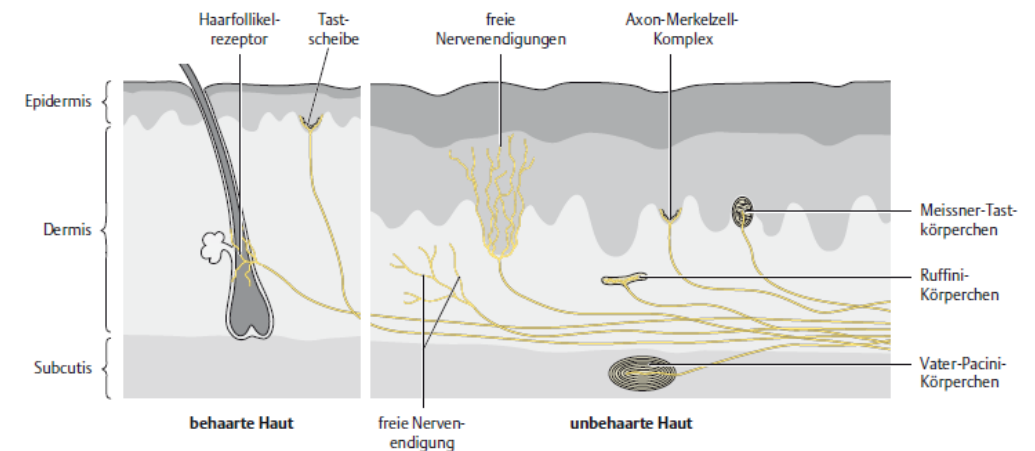
- **Merkel-Zellen (SA-Rezeptoren)**
 - Langsam adaptierend → *Druck, Berührung*
 - Proportionalitätsrezeptoren (Intensität)
- **Meissner-Körperchen / Haarfollikel (RA)**
 - Mittelschnell adaptierend → *Tastsinn*
 - Differenzialrezeptoren (Geschwindigkeit)
- **Pacini-Körperchen (PC)**
 - Sehr schnell adaptierend → *Vibration*
 - Beschleunigungsrezeptoren
- **Ruffini-Körperchen**
 - Langsam adaptierend → *starker Druck, Dehnung*

Propriozeption (Tiefensensibilität)

- **Bewusste Propriozeption: Stellung, Bewegung, Kraft**
- **Rezeptoren in Muskeln und Gelenken**
- **Leitung über Hinterstrangsystem**

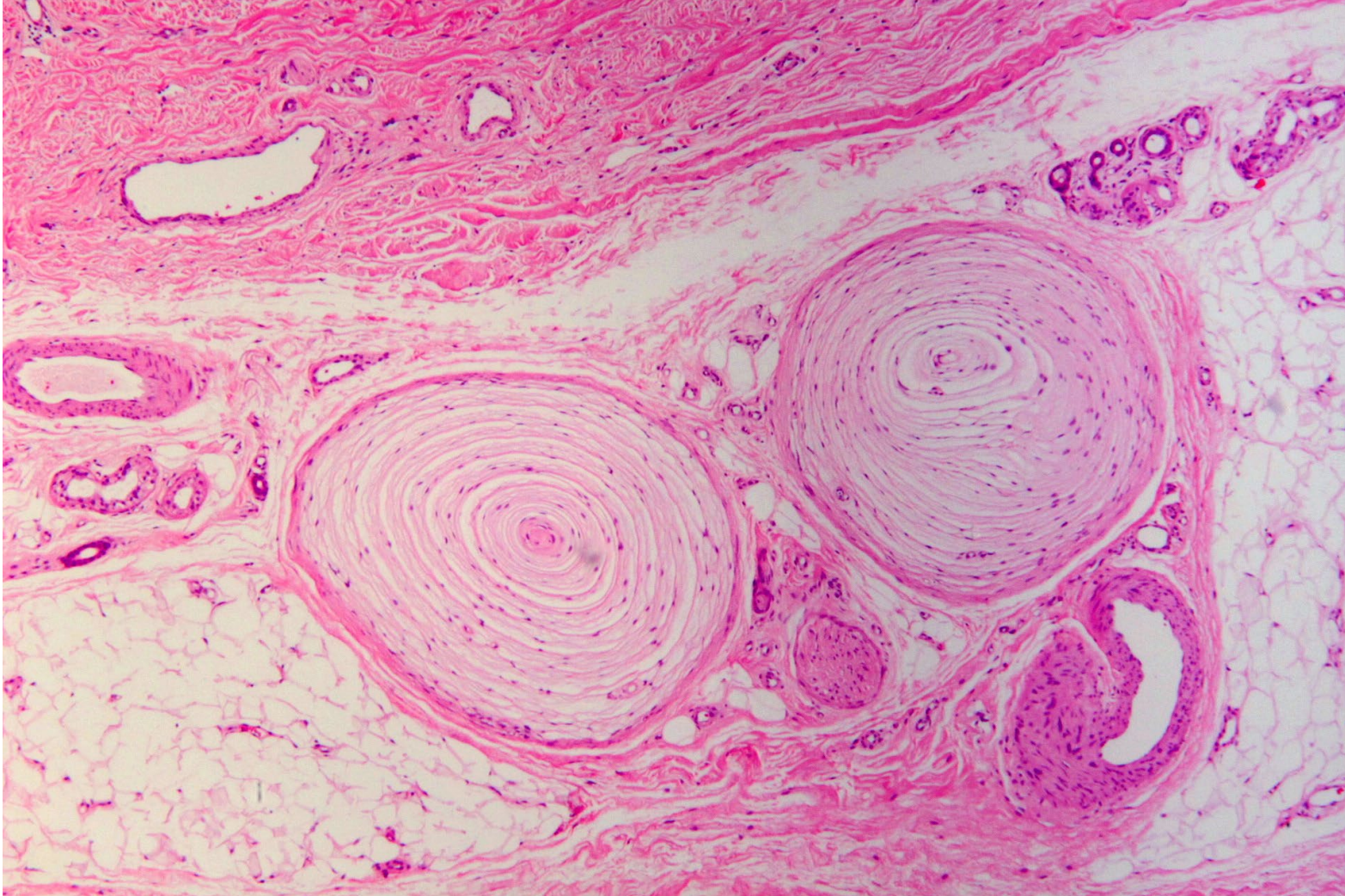
Tab. 36.1 Einteilung der Rezeptoren des somatosensiblen Systems

Rezeptoren		Rezeptive Endigung	Adäquater Reiz
Exterozeptoren (Hautrezeptoren) → Oberflächensensibilität	kutane Mechanorezeptoren (Rezeptoren des Tastsinns)	Merkel-Endigung	Hautdeformation (Druck)
		Ruffini-Körperchen	Hautdehnung (Spannung)
		Meissner-Körperchen	Hautberührung
		Haarfollikelrezeptoren	Haarberührung
		Vater-Pacini-Körperchen	Vibration
	Thermorezeptoren (Kälte- und Wärmerezeptoren)	freie Nervenendigungen	15–35 °C bzw. 30–45 °C
	Nozizeptoren	freie Nervenendigungen	Noxen, Gewebeschädigung etc.
Propriozeptoren → Tiefensensibilität	Mechanorezeptoren der Propriozeption	Muskelspindeln	Muskeldehnung
		Golgi-Sehnenorgane	Muskelspannung
		Gelenkrezeptoren	Gelenkbewegung



Schematische Darstellung der Rezeptoren in behaarter und unbehaarter Haut. Zu beachten ist, dass die freien Nervenendigungen als einzige Rezeptoren weit in die Epidermis hineinreichen. In der behaarten Haut kommen Meissner-Körpuskel nicht vor – hier wird der Tast- und Berührungssinn u. a. über Haarfollikelrezeptoren vermittelt. Ansonsten kommen die anderen Rezeptoren der unbehaarten Haut auch in der behaarten Haut vor (hier nicht dargestellt). (Prometheus LernAtlas, Thieme, 4. Aufl.)

Mechanorezeption und Propriozeption



Mechanorezeption und Propriozeption

Rezeptoren der bewussten Propriozeption

- Muskelspindeln
- Sehnenorgane
- Gelenkrezeptoren

Muskelspindeln – Steuerung & Bedeutung

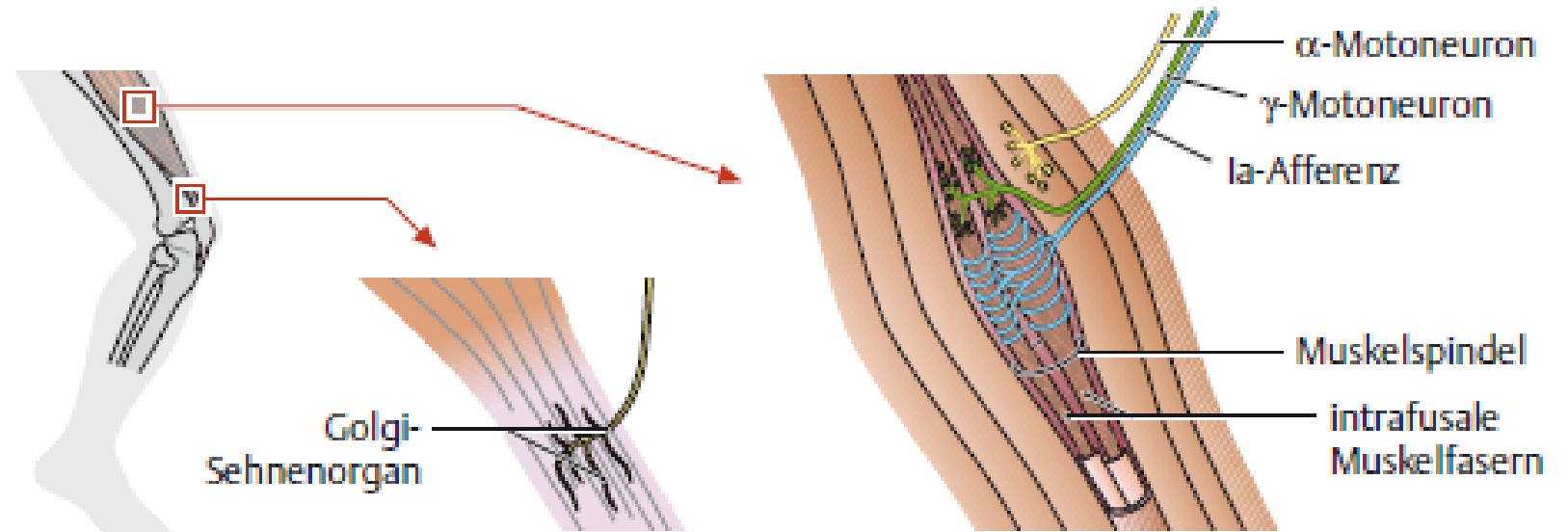
- Aktivierung durch γ -Motoneurone (Vorderhorn)
- Kontraktion der Enden $\rightarrow$ Dehnung des Zentrums
- Erhöhte Empfindlichkeit für Dehnung
- Wichtigster Rezeptor für bewusste Propriozeption

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



Hinterstrangsystem

Aufbau des Hinterstrangsystems

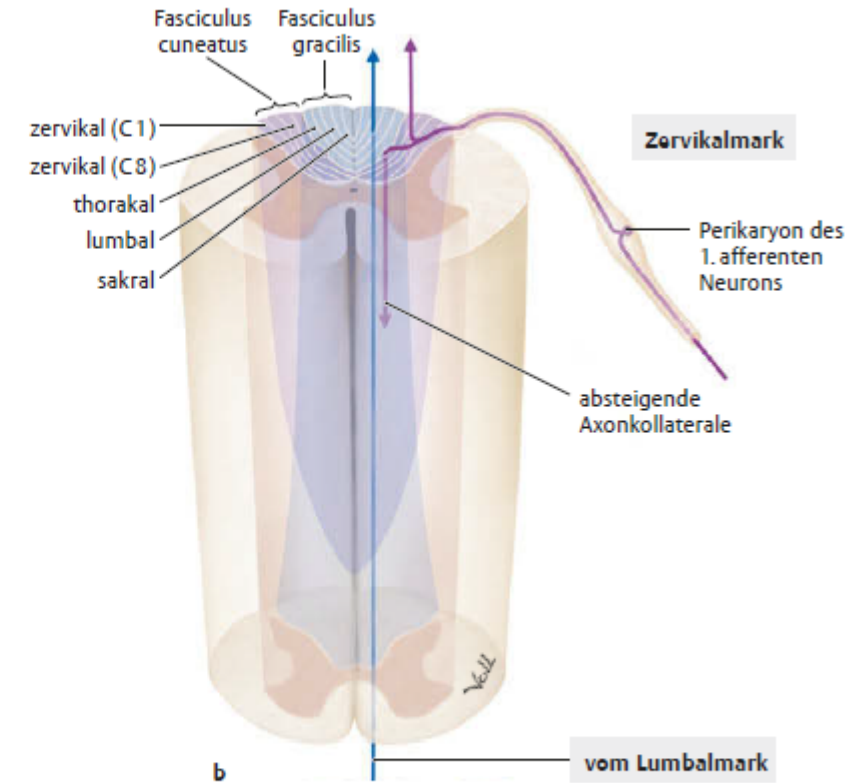
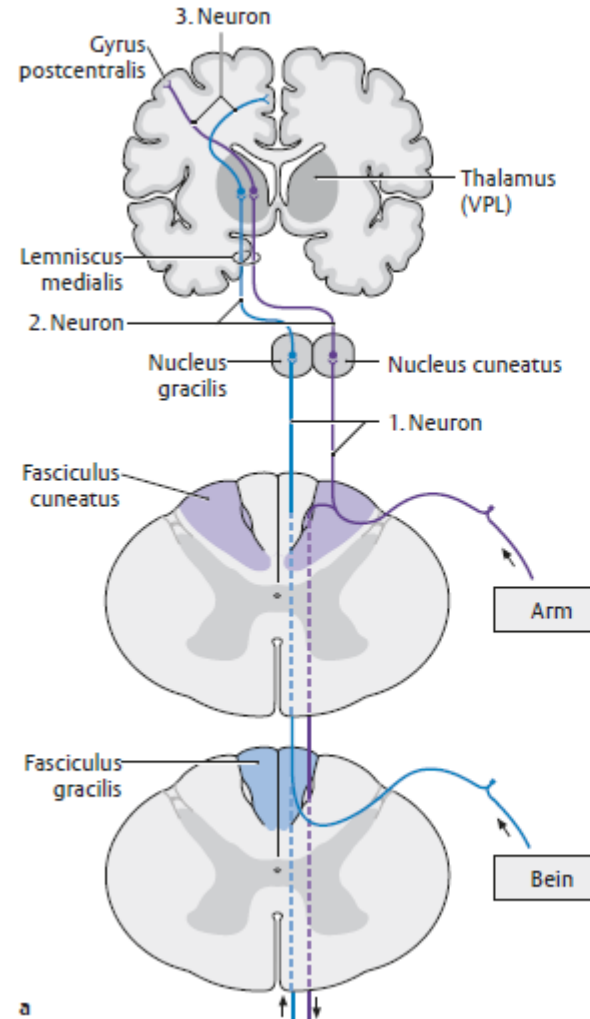
– Tast-, Vibrations- und Tiefensensibilität

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 → untere Körperhälfte
 - Fasciculus cuneatus → obere Körperhälfte
- Synapse in:
 - Ncl. gracilis (medial)
 - Ncl. cuneatus (lateral)



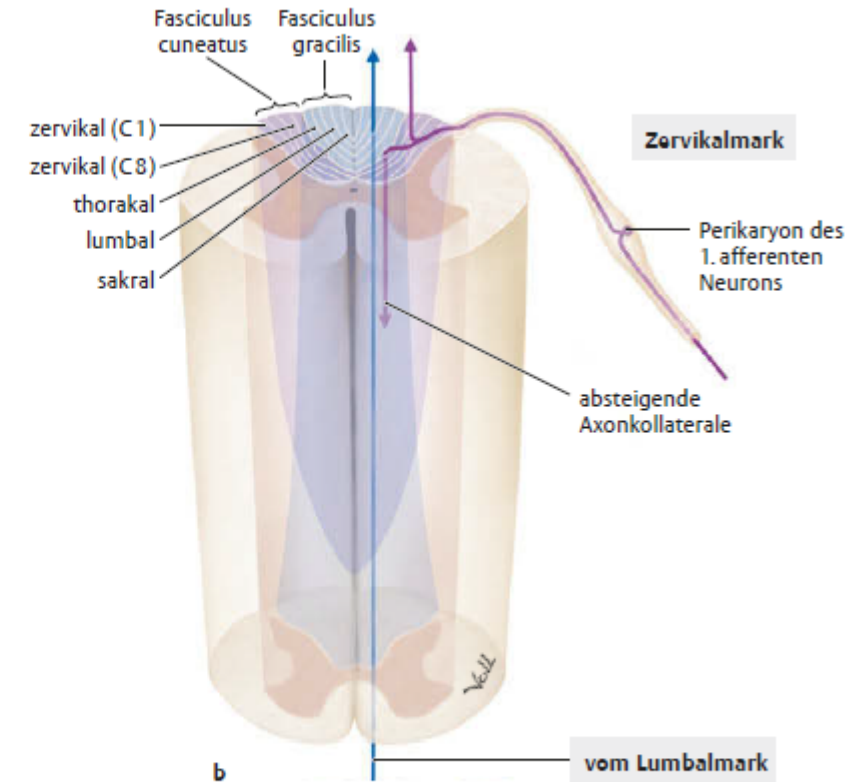
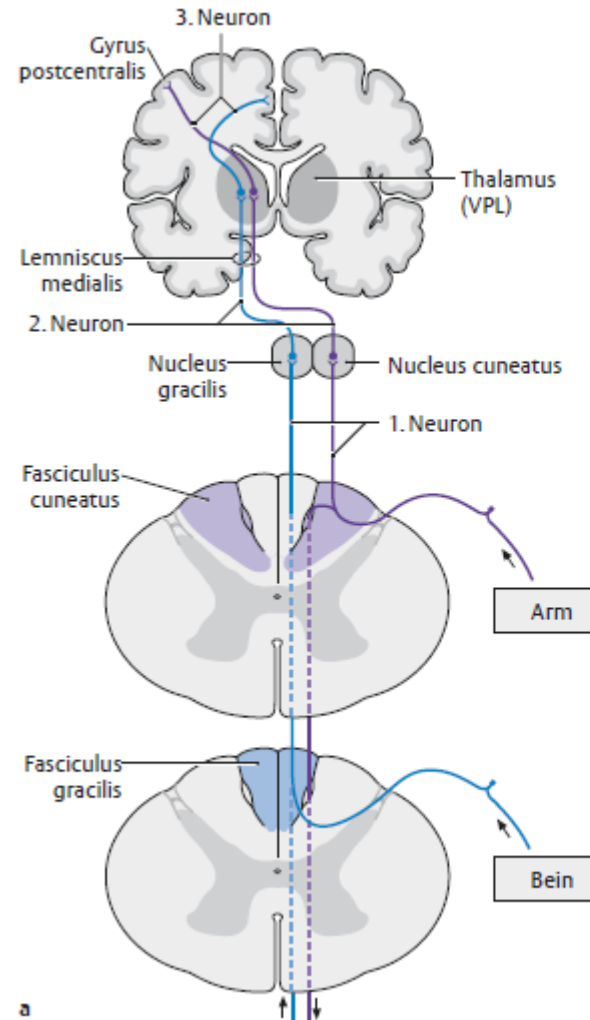
Hinterstrangsystem

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



Tractus spinothalamicus anterior

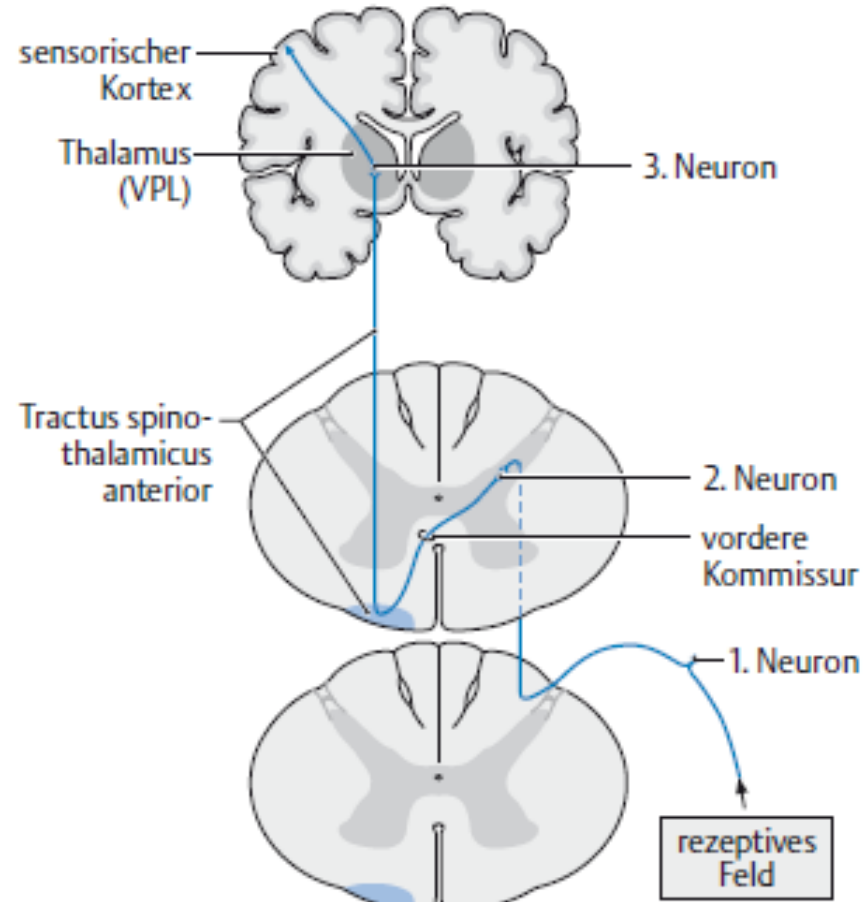
- Überträgt grobe Druckempfindungen
- Im Gegensatz zum Hinterstrangsystem mit geringerer räumlicher und zeitlicher Auflösung

Erstes Neuron

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

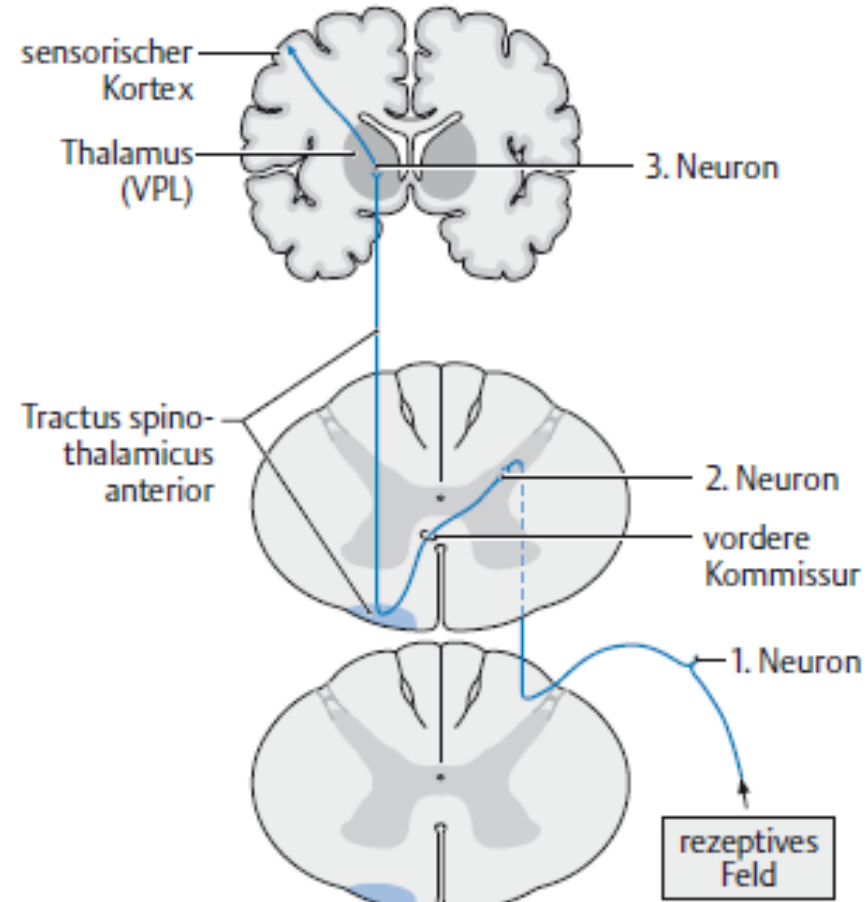
Tractus spinothalamicus anterior

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.)

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

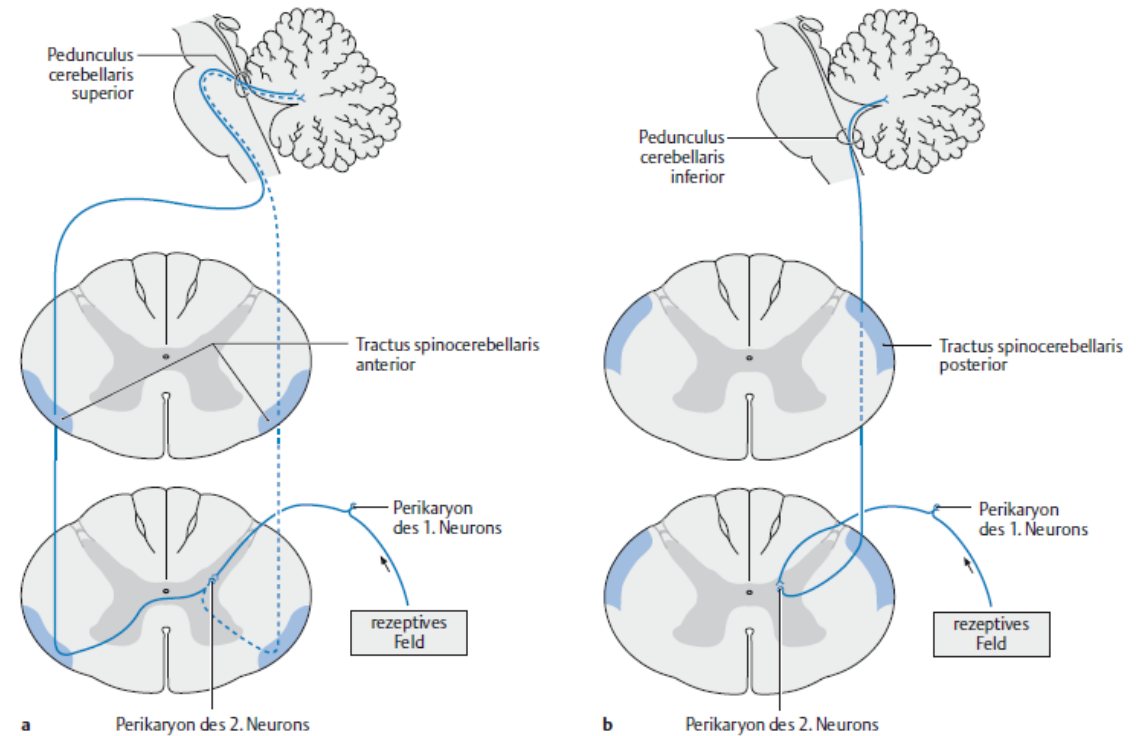
- Ursprung: Nucleus thoracicus posterior (Th1–L2)
- Verlauf: Ipsilateral im dorsalen lateralen Funiculus
- Ende: Zerebellum über unteren Kleinhirnstiel

Obere Körperhälfte – Fibrae cuneocerebellares

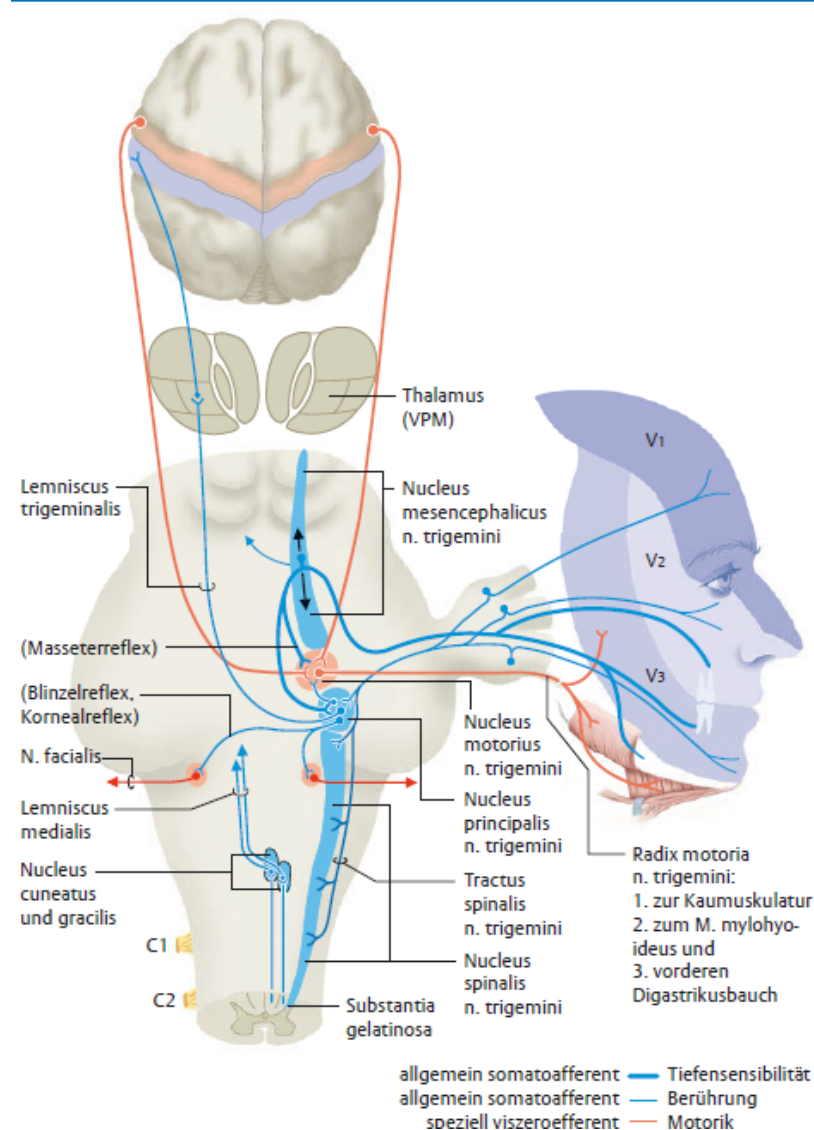
- Ursprung: Nucleus cuneatus accessorius (Medulla)
- Verlauf: Ungekoppelte Fasern → Umschaltung → ipsilateral über unteren Kleinhirnstiel ins Zerebellum

Obere Körperhälfte – Tractus spinocerebellaris superior

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



Mechanorezeption und Propriozeption im Kopfbereich



Übersicht über den Verlauf der Trigeminasfasern und ihre zentrale Verschaltung. Für die Mechanorezeption sind besonders der Ncl. principalis und der kraniale Teil des Ncl. spinalis nervi trigemini von Bedeutung. Der Ncl. mesencephalicus dient der Propriozeption und enthält die Somata der primär afferenten Neurone der Tiefensensibilität (pseudounipolare Zellen ohne Synapsen). (Bähr, M., Frotscher, M.: Duus' Neurologisch-topische Diagnostik. Thieme, 2003)

Viszerosensorik

Funktion der Viszerosensorik

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

Lokale Steuerung

- Viszerozeptoren 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

Nozizeption und Schmerz

Definition Nozizeption und Schmerz

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

Schmerzformen

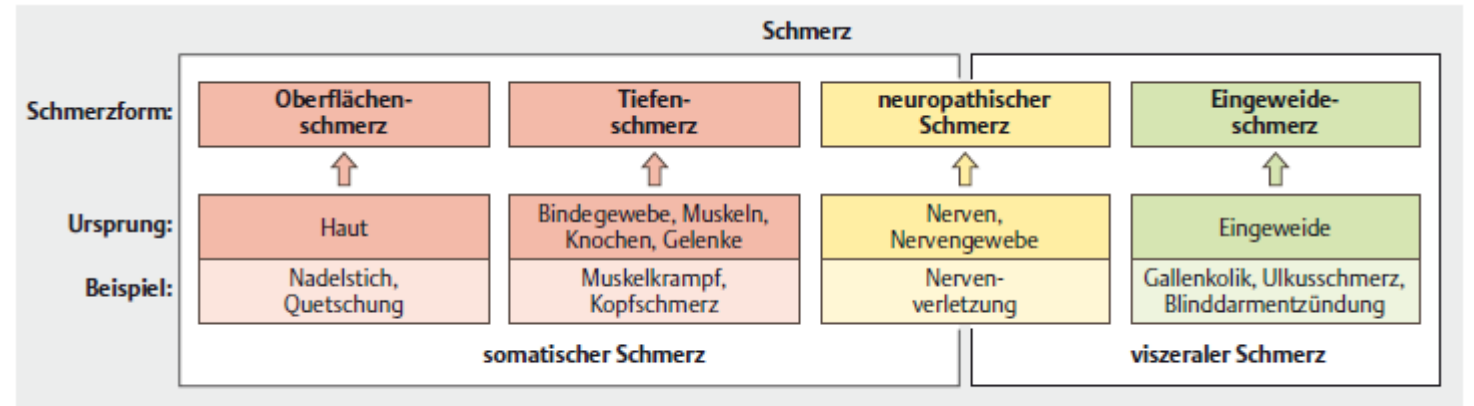
- Hautschmerz
- Somatischer Tiefenschmerz
- Eingeweideschmerz
- Neuropathischer Schmerz
- Unterschiede in Schmerzmechanismen (z. B. Aδ- und C-Fasern)

Phasen des Hautschmerzes

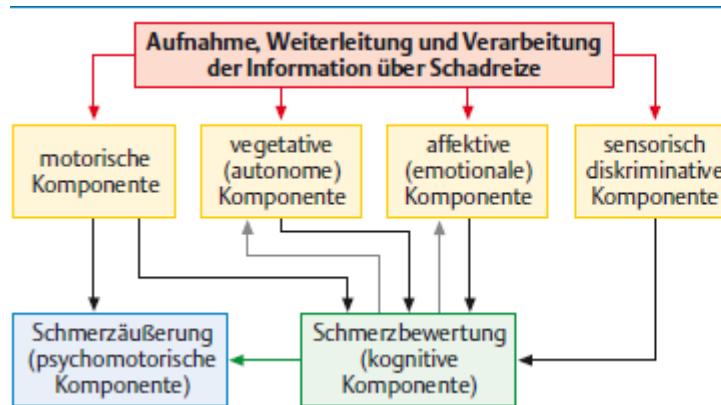
- Erster Schmerz: schnell, über Aδ-Fasern
- Zweiter Schmerz: verzögert, über C-Fasern
- Fehlt bei Muskel- und Eingeweideschmerz

Komponenten der Schmerzempfindung

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



Unterscheidung von somatischem und viszeralem Schmerz anhand ihres Ursprungs. (Prometheus LernAtlas, 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.

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
- Themonozizeptoren
- Polymodale Nozizeptoren
- Rezeptoren: TRPV1, ASICs

Leitung & Kanäle

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

Chemische Reizstoffe

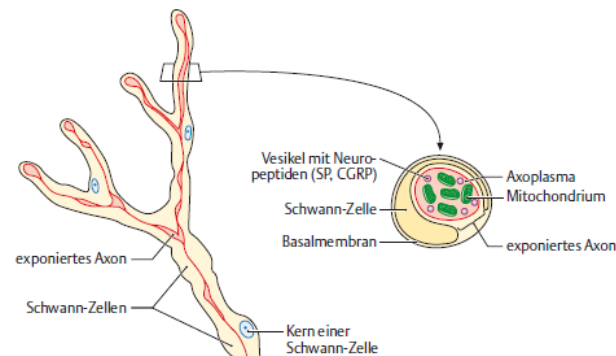
- Bradykinin, Serotonin, Prostaglandine
- ATP, Protonen, NGF → Sensibilisierung

Neuronale Verschaltung

- 1. 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.

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

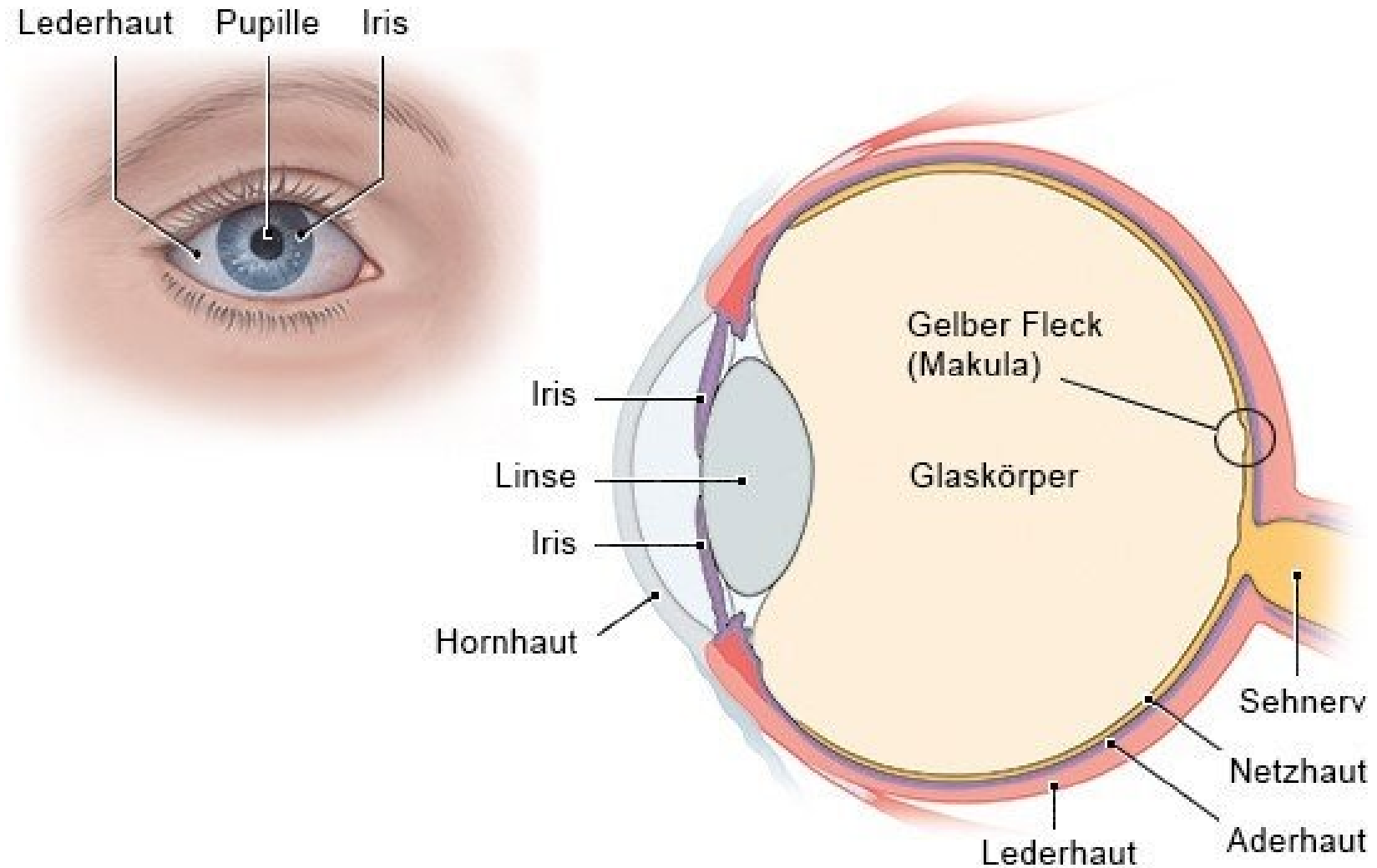
Zentrale Bahnen

- Temperaturbahnen $\approx$ Nozizeptionsbahnen
- Weiterleitung über anterolaterales System (z. B. Tractus spinothalamicus)

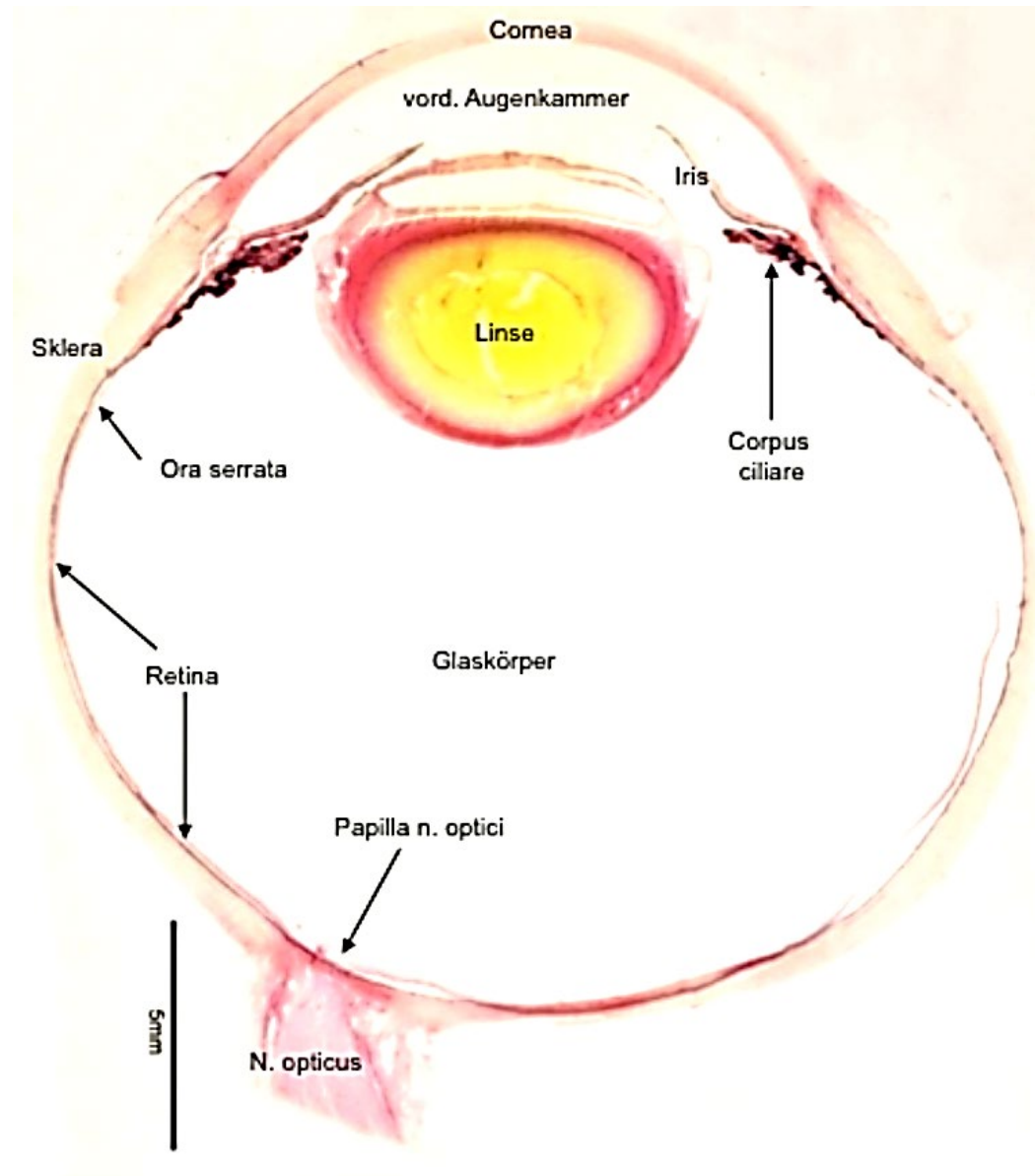
Klinischer Bezug

- Anterolaterale Chordotomie $\rightarrow$ Verlust von Schmerz- und Temperaturempfinden
- Beleg für gemeinsame zentrale Bahnen

Visuelles System



Visuelles System



Visuelles System

Augenkammer

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

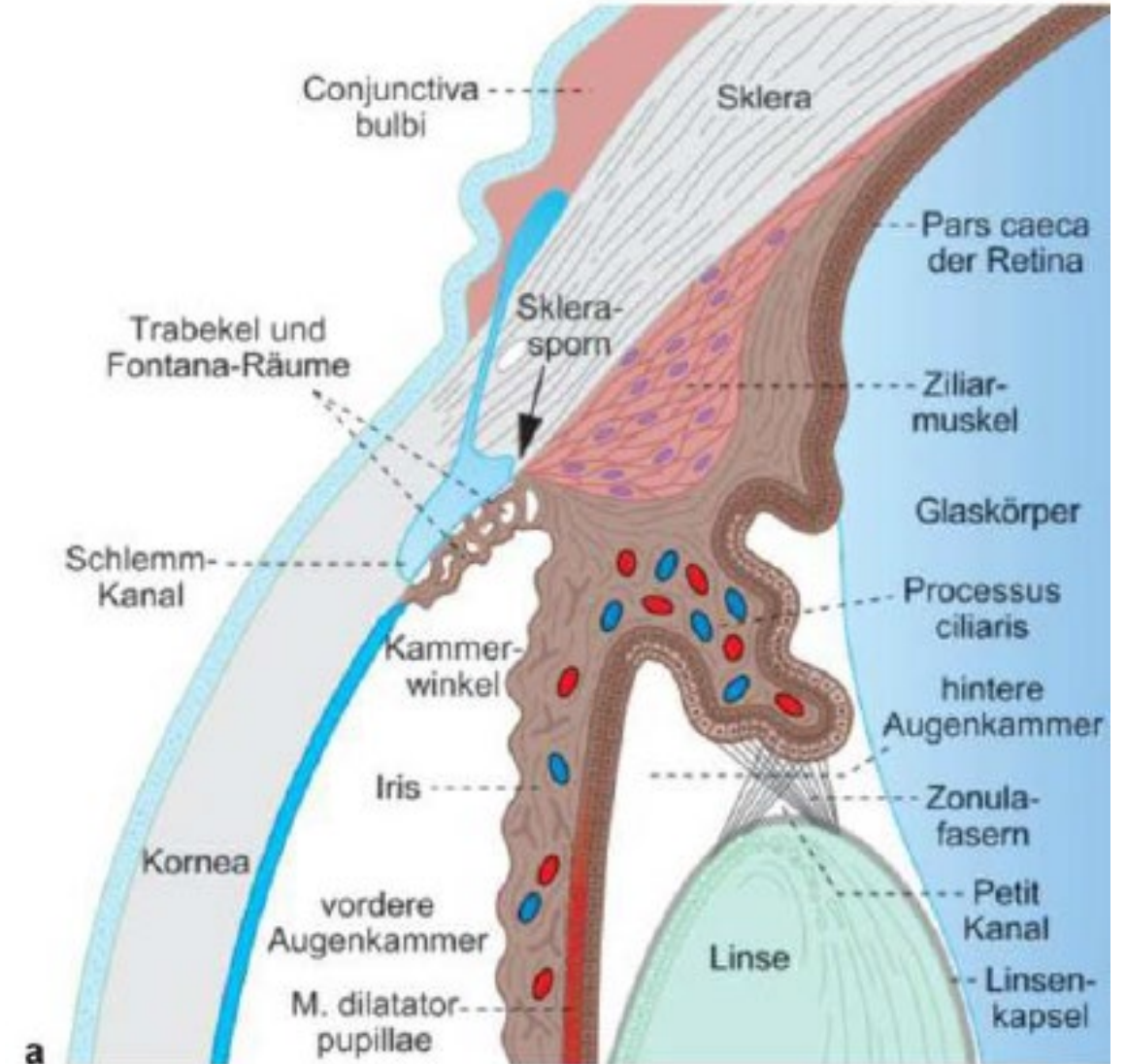
1. Vordere Augenkammer (Camera anterior bulbi)

Begrenzt durch:

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

2. Hintere Augenkammer (Camera posterior bulbi)

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



Visuelles System

Kammerwasser

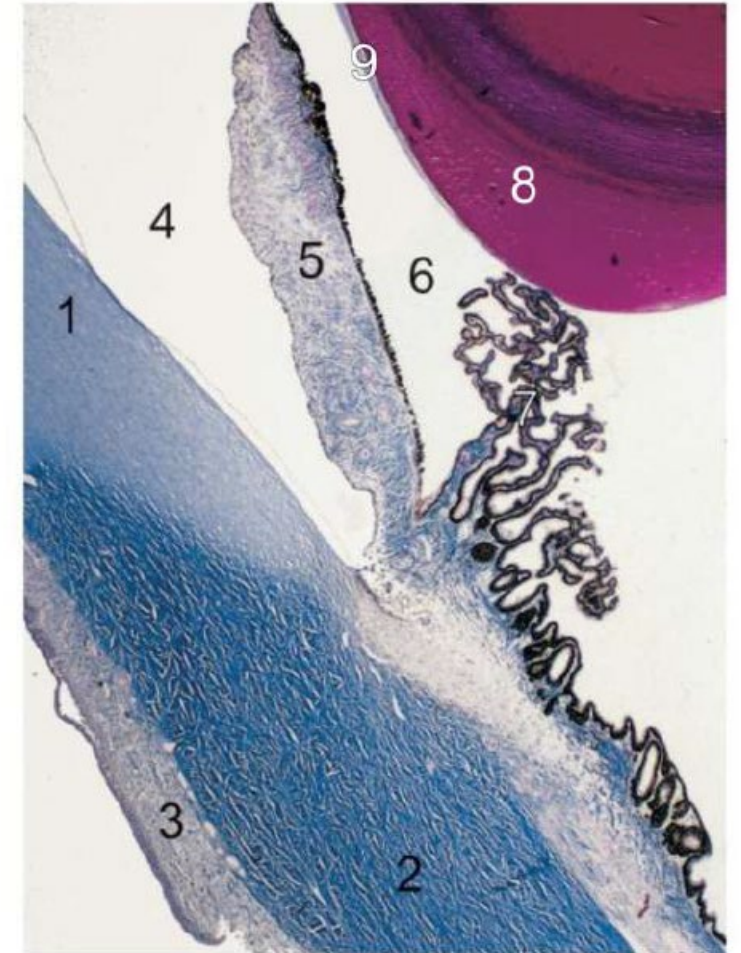
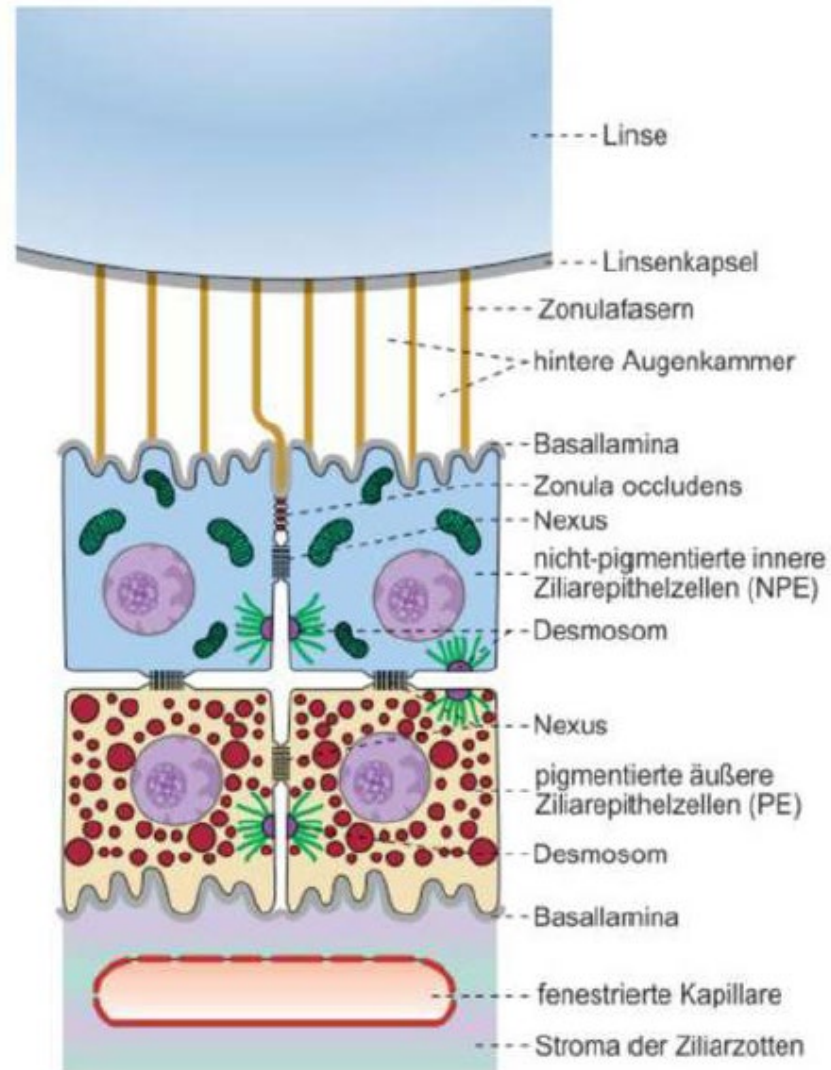
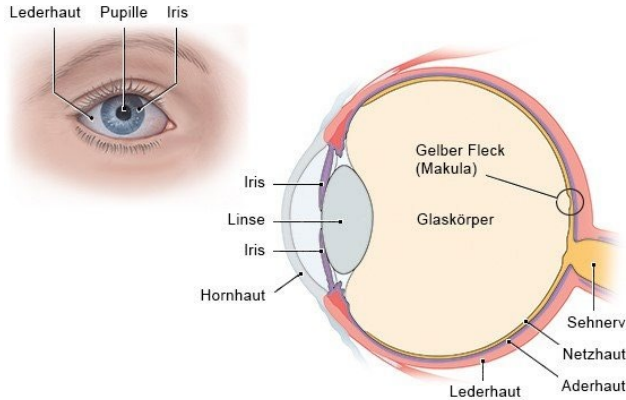


Abb. 17.16 Vordere Augenhälfte. 1 Kornea; 2 Sklera; 3 Konjunktiva; 4 vordere Augenkammer; 5 Iris; 6 hintere Augenkammer; 7 Ziliarzotten; 8 Linse; 9 LinsenkapSEL. Schwein (der Ziliarmuskel des Schweins oder des Rindes ist relativ schmal und locker gebaut); Masson-Trichrom-Färbung. Vergr. 25-fach.

Visuelles System

Hornhaut

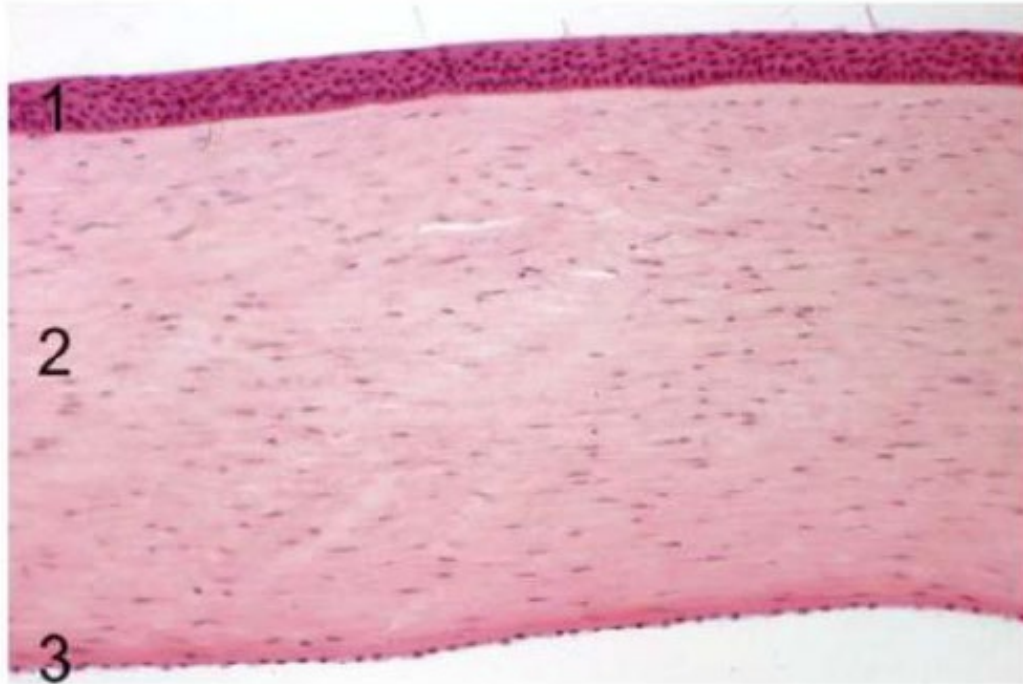
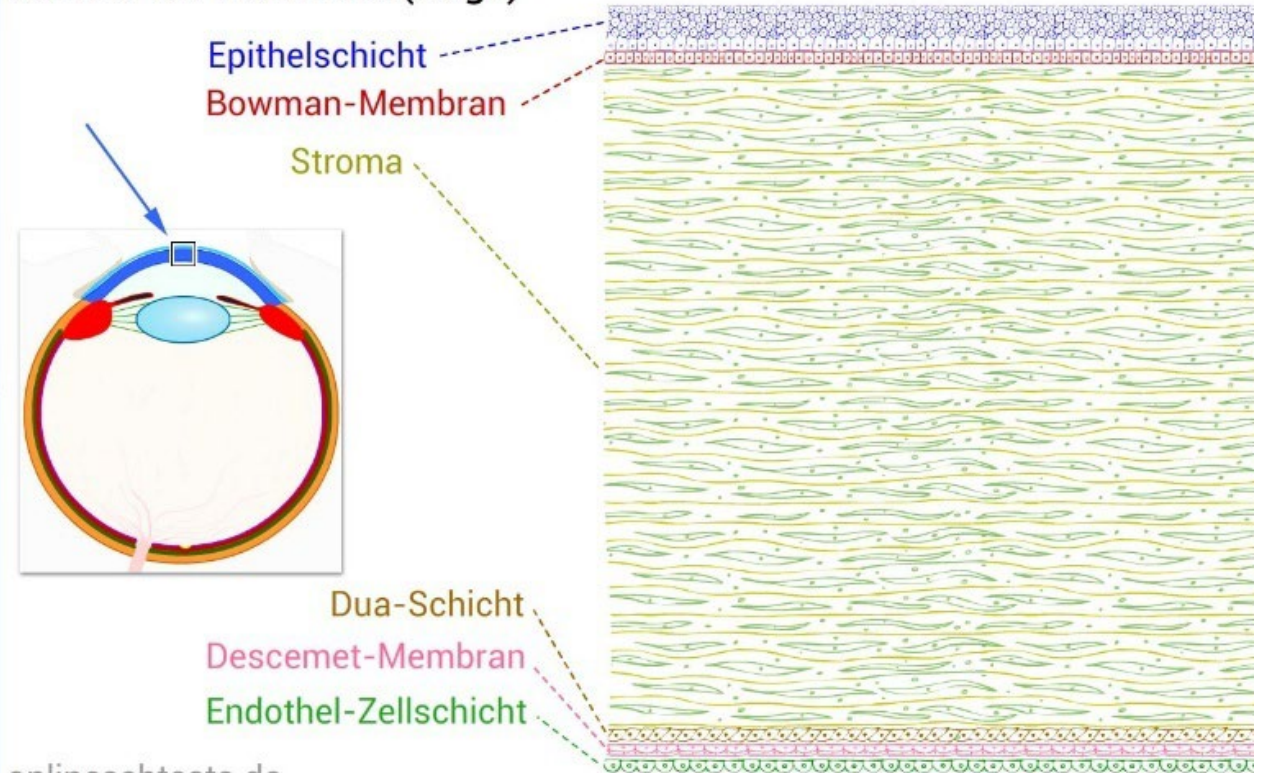


Abb. 17.17 Hornhaut (Kornea). Die Kornea ist gefäßfrei und ihr Stroma (2; Substantia propria) besteht aus Kollagenfibrillenlamellen, zwischen denen nur die Kerne der abgeflachten, verzweigten Hornhautfibrozyten (Hornhautkörperchen) erkennbar sind. **1** Korneaepithel; **3** Korneaendothel. Mensch; H.E.-Färbung.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

Aufbau der Hornhaut (Auge)



Visuelles System

Iris

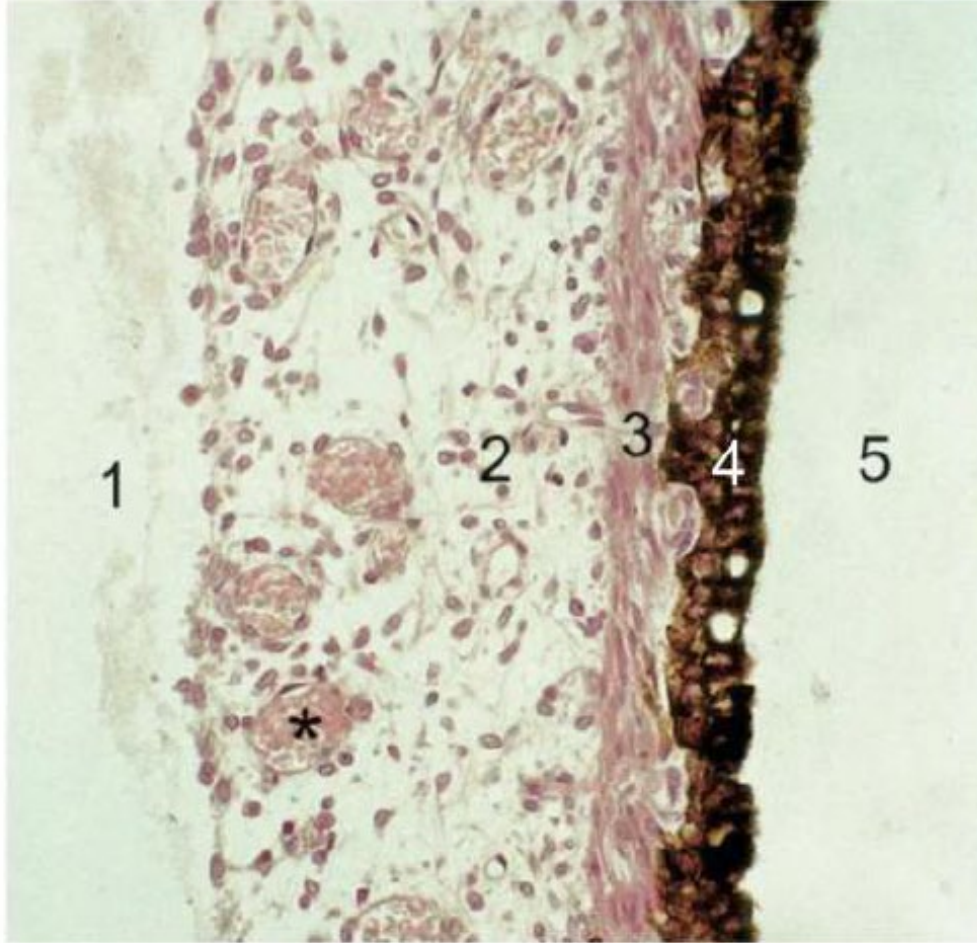
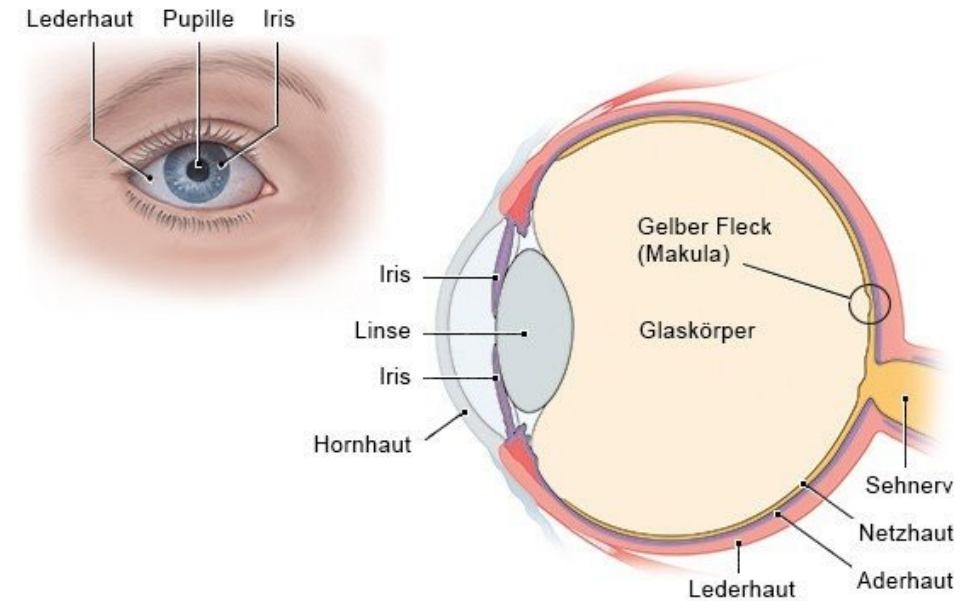


Abb. 17.19 Iris. 1 Vordere Augenkammer; 2 Irisstroma, * Blutgefäß im Irisstroma; 3 M. dilatator pupillae, entspricht den kontraktile Fortsätzen des äußeren (an das Irisstroma grenzenden) Irisepithels; 4 inneres pigmentiertes Irisepithel; 5 hintere Augenkammer. Mensch; H. E.-Färbung. Vergr. 110-fach.



Visuelles System

Linse & Ziliarkörper

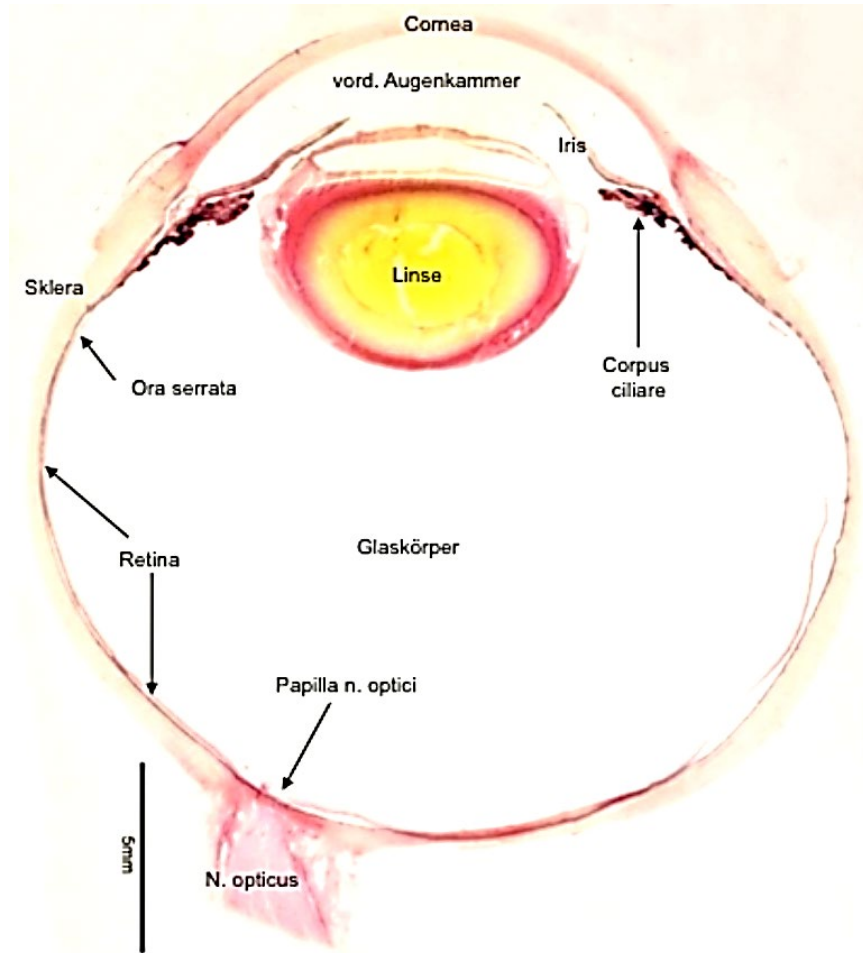
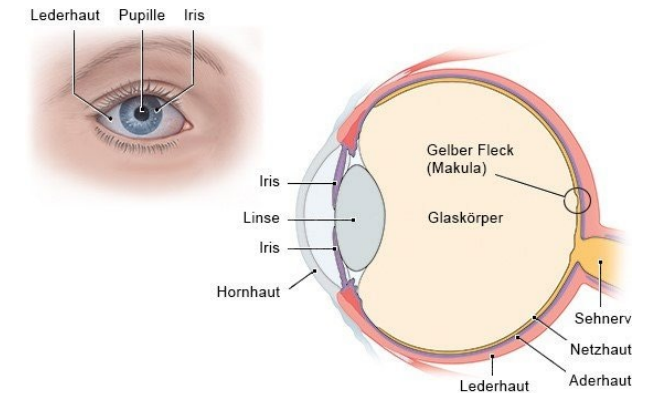


Abb. 17.16 Vordere Augenhälfte. 1 Kornea; 2 Sklera; 3 Konjunktiva; 4 vordere Augenkammer; 5 Iris; 6 hintere Augenkammer; 7 Ziliarzotten; 8 Linse; 9 Linsenkapsel. Schwein (der Ziliarmuskel des Schweins oder des Rindes ist relativ schmal und locker gebaut); Masson-Trichrom-Färbung. Vergr. 25-fach.



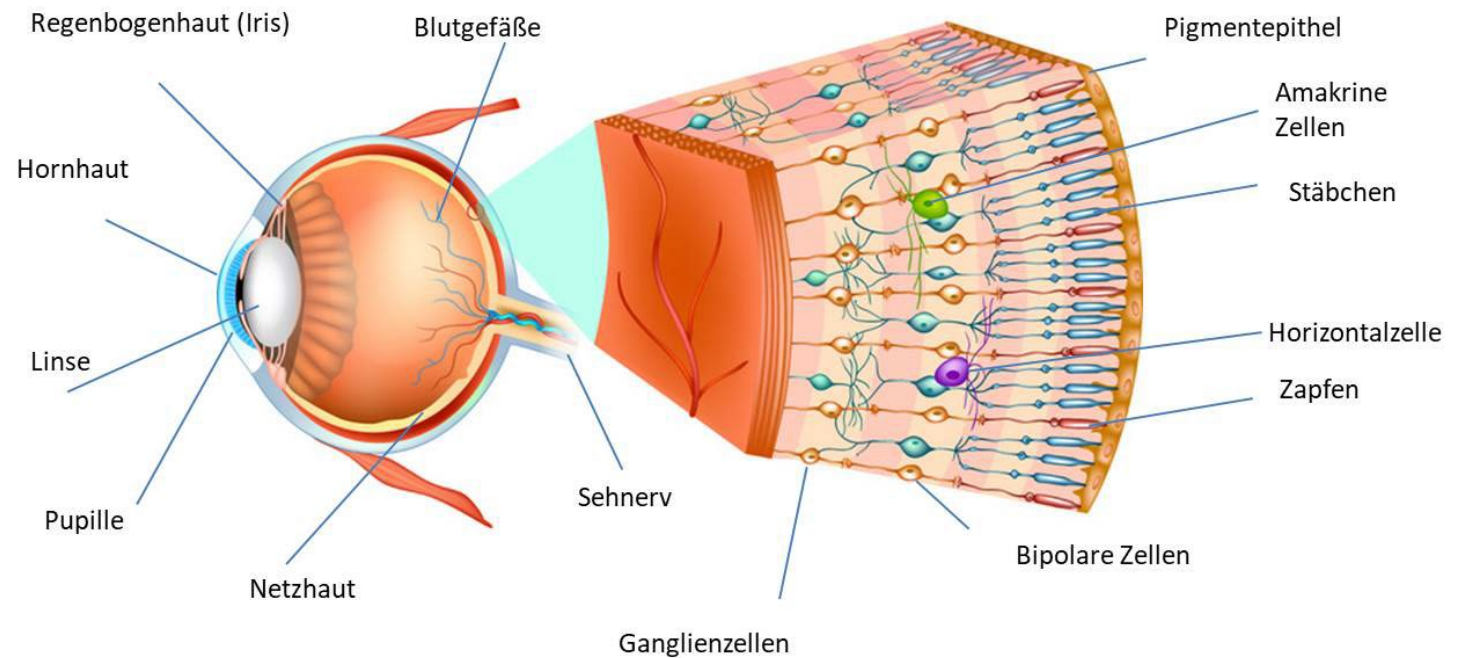
Visuelles System

Retina



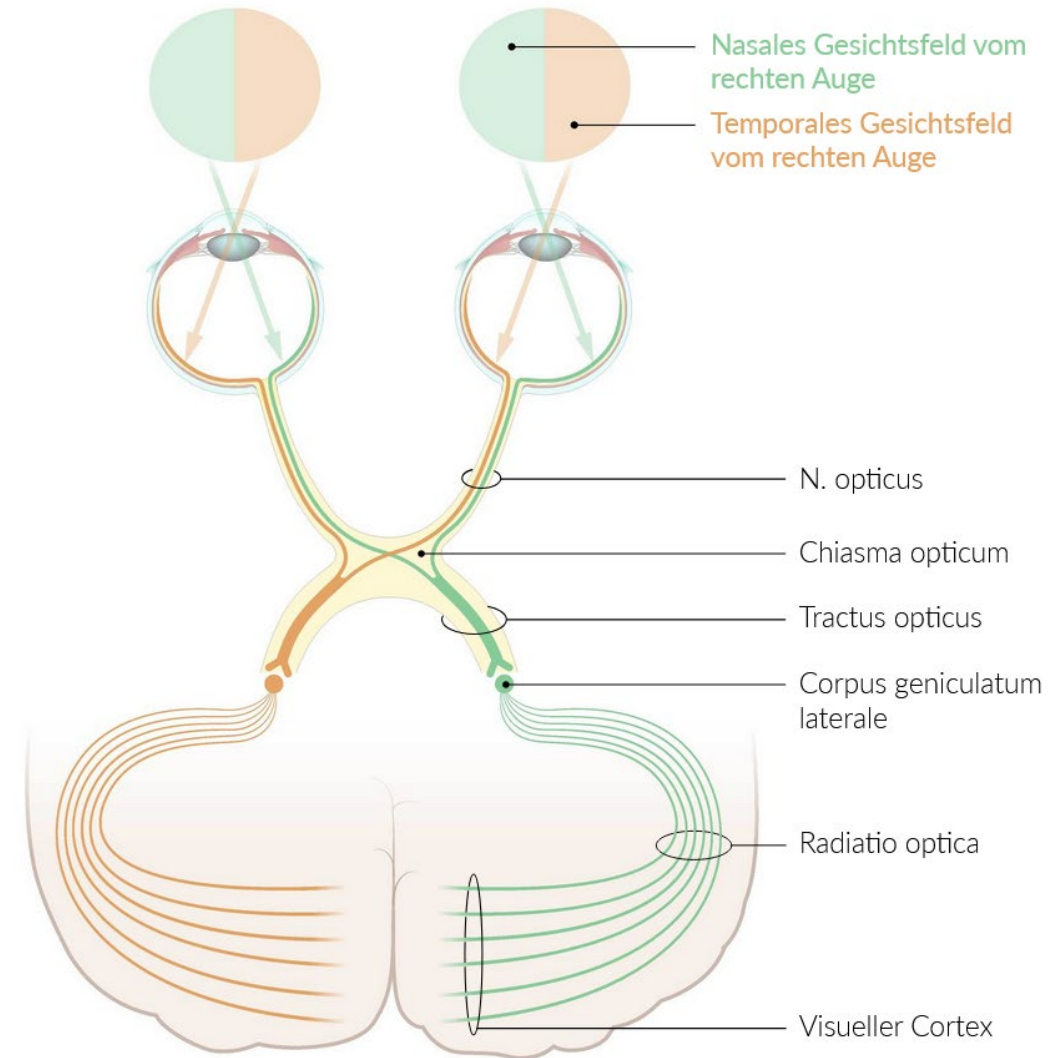
gesund

Photo-rezeptor	Außen-segment	Disc membranacei	Sehpigment
Stäbchen	zylinderförmig	allseitig 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 Interstitialflüssigkeit umgeben sind	Jodopsine (auch Zapfenopsine 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 enthält ein drittes Opsin, das Melanopsin . Diese Zellen sind nicht am Sehvorgang beteiligt, sondern wahrscheinlich an der Steuerung des Tagesrhythmus.



Visuelles System

Gesichtsfeld



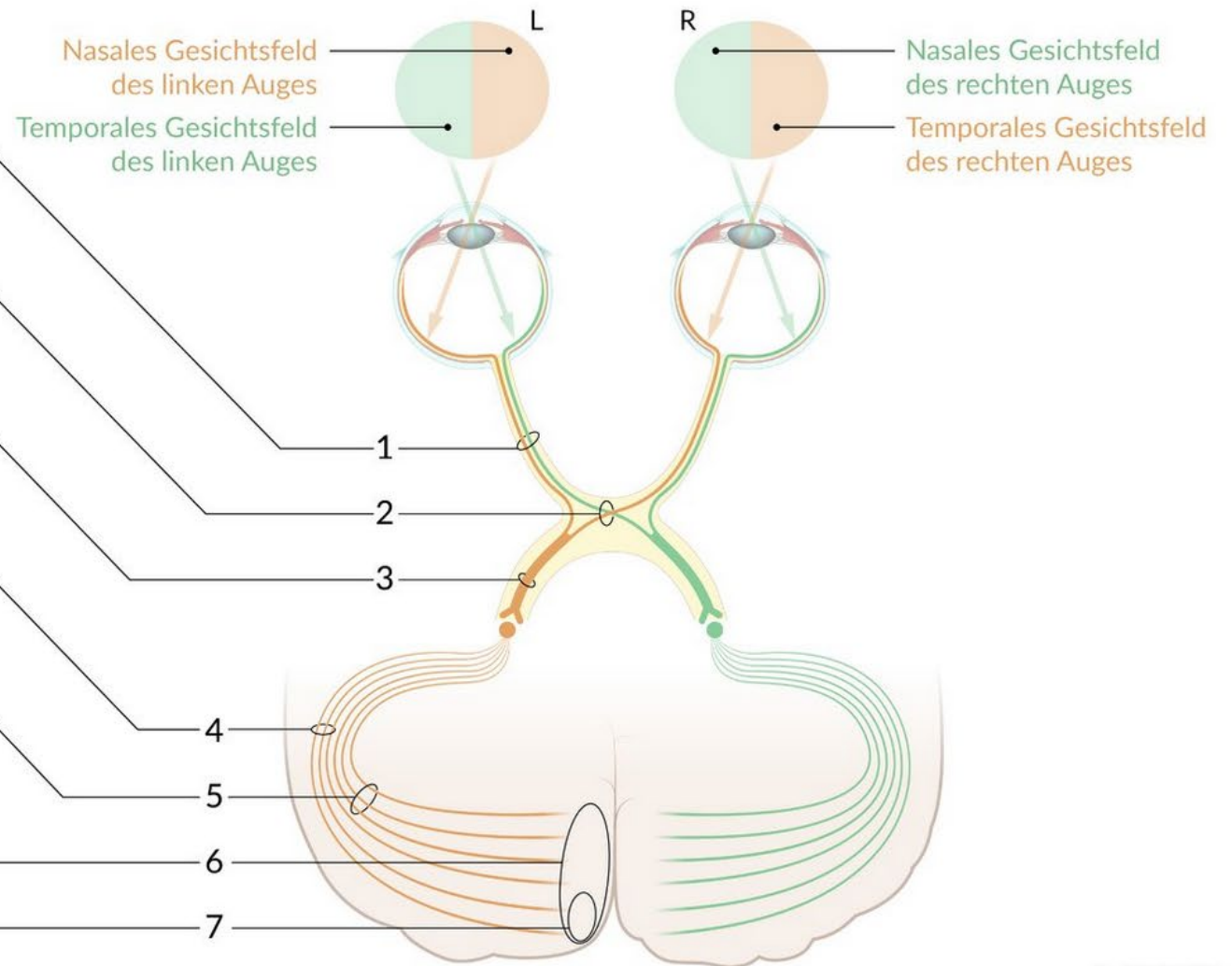
Visuelles System

Gesichtsfeld

Schädigungsort

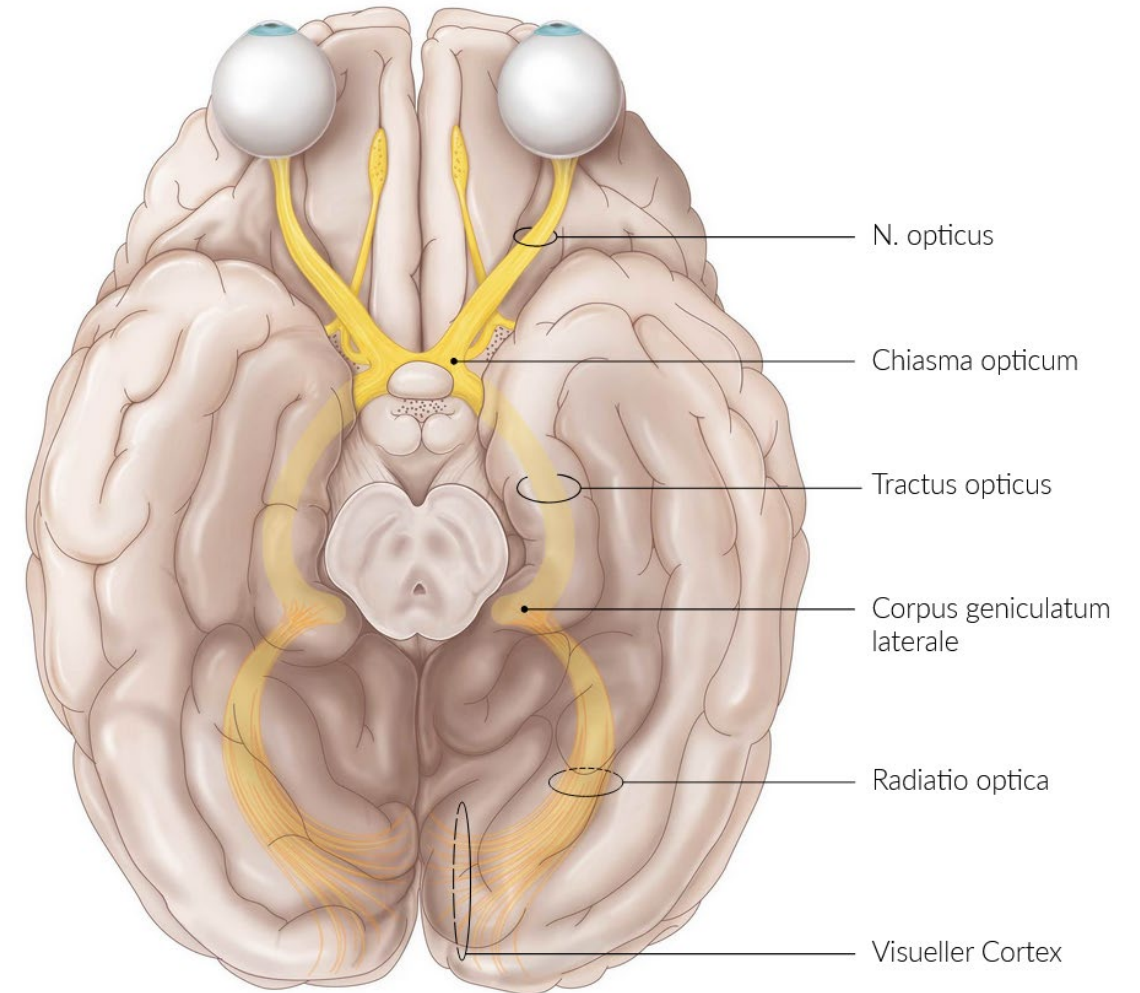
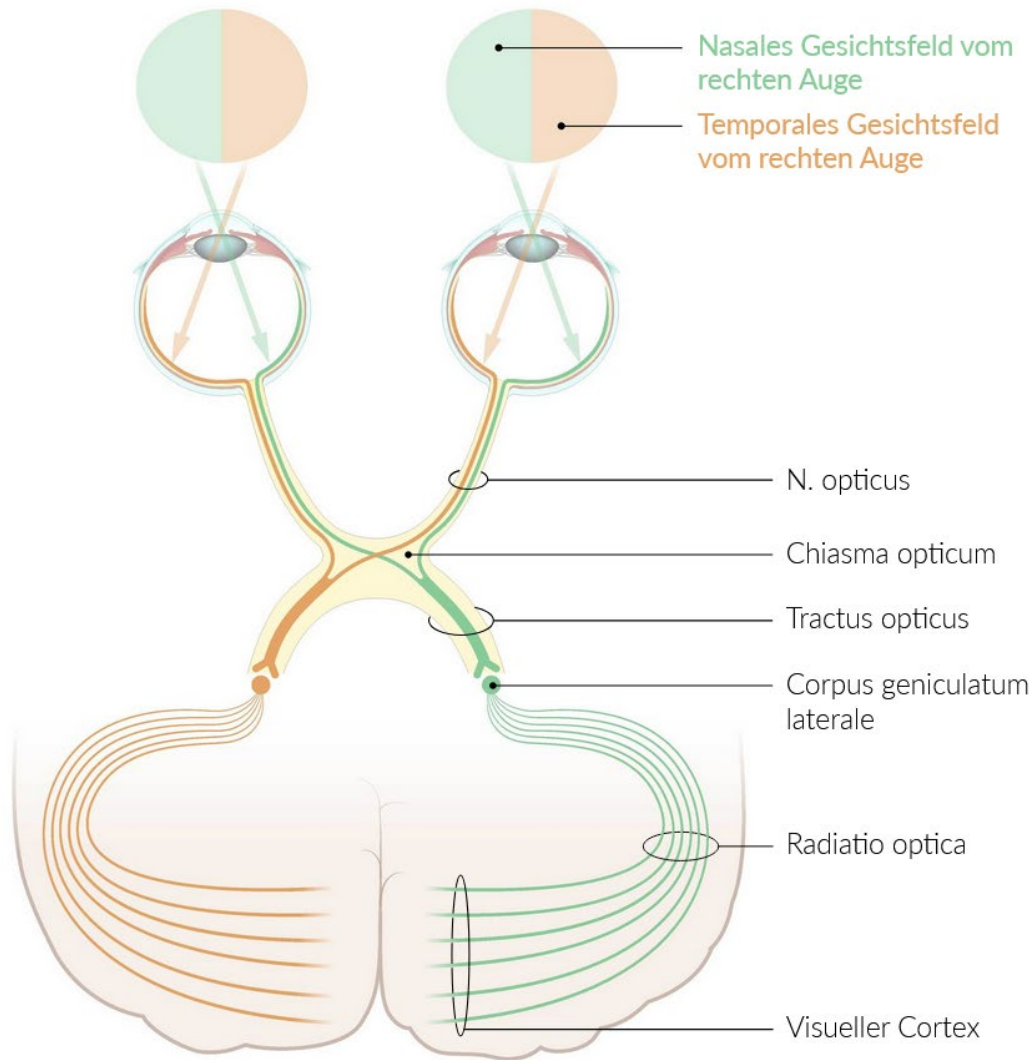
Gesichtsfeldausfall

	L	R
1 N. opticus links		
2 Chiasma opticum medial		
3 Tractus opticus links		
4 Inferiorer Anteil (Meyer-Schleife) der Sehstrahlung links		
5 Superiorer Anteil der Sehstrahlung links		
6 Vorderer Anteil des Sulcus calcarinus und angrenzenden visuellen Kortex links		
7 Hinterer Anteil des Sulcus calcarinus: Okzipitalpol links		



Visuelles System

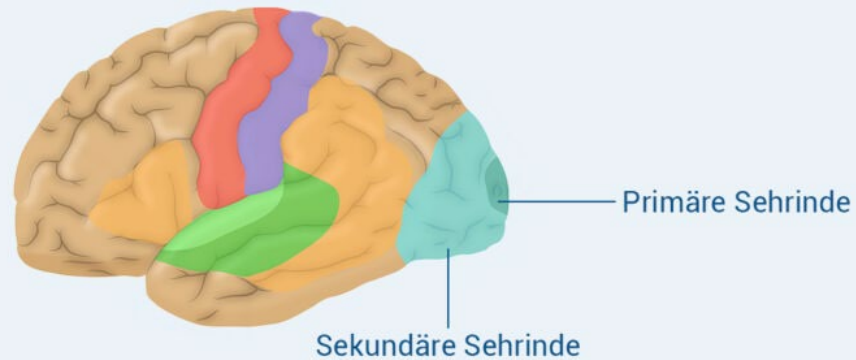
Sehbahn



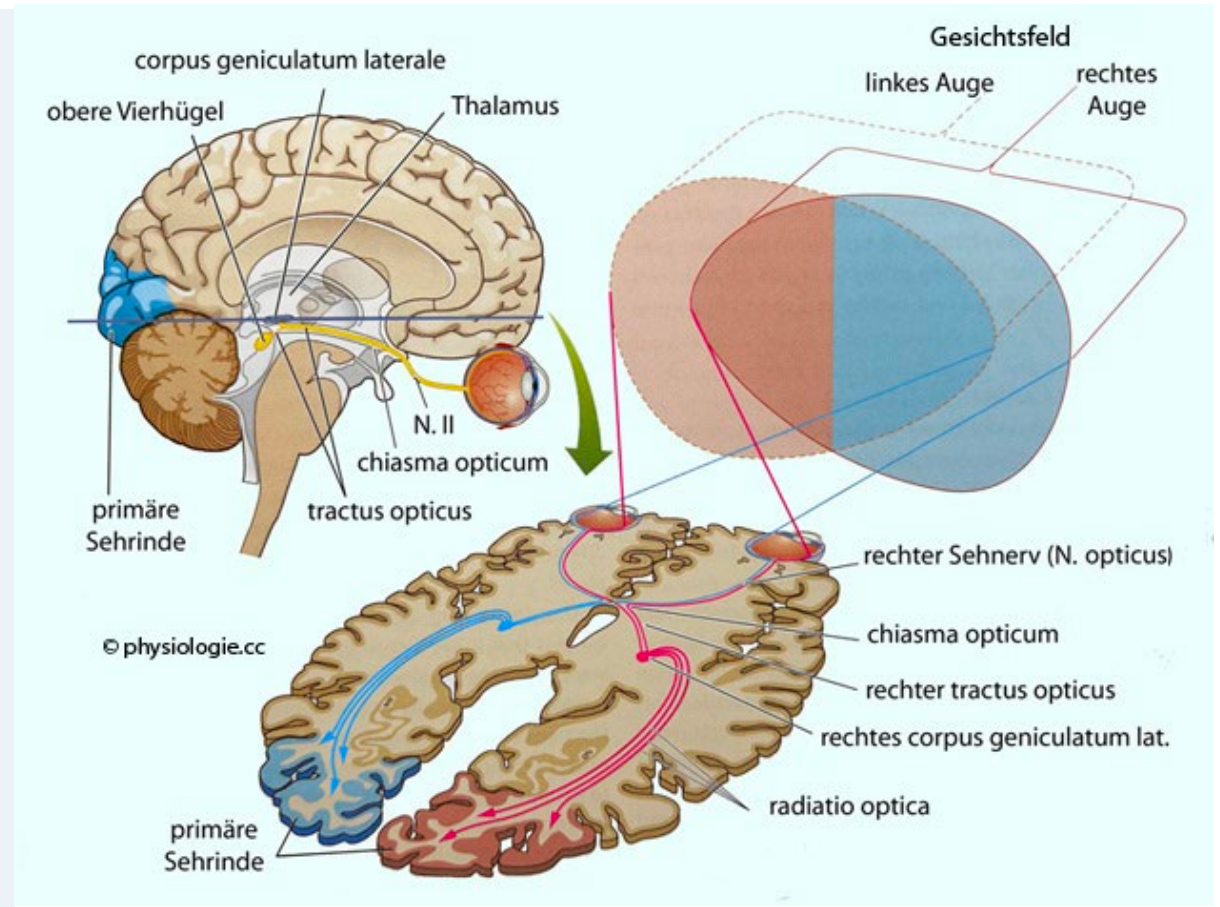
Visuelles System

Sehbahn

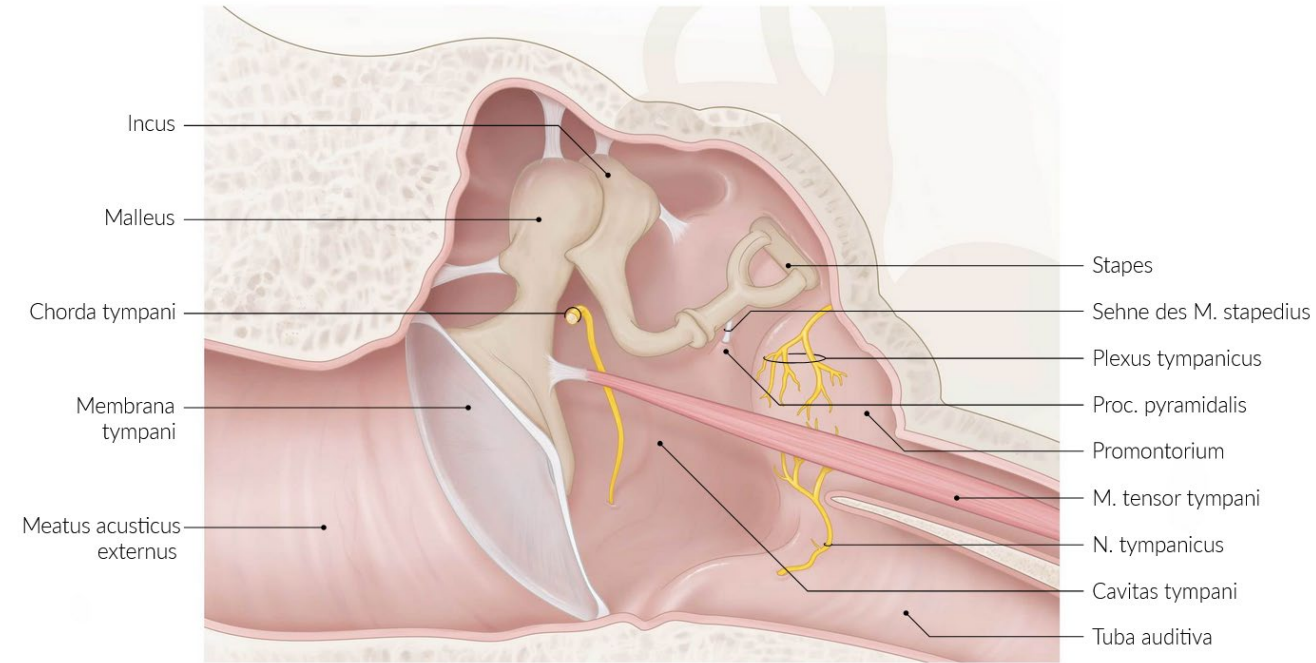
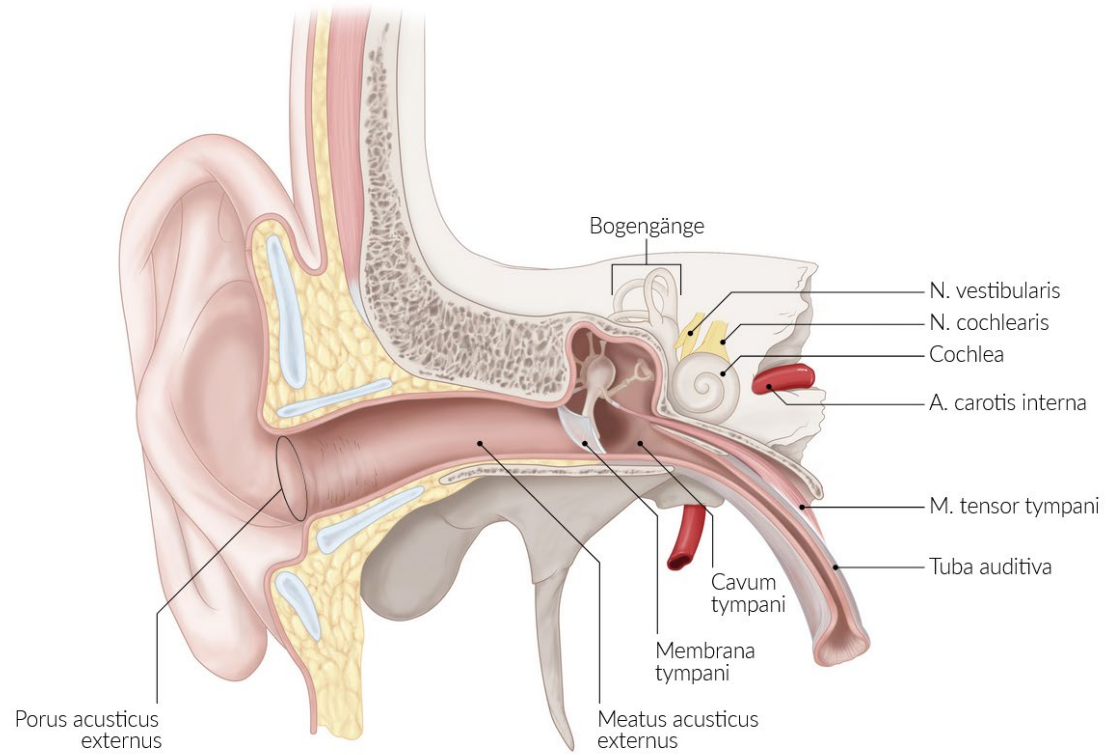
Sehrinde (Visueller Kortex)



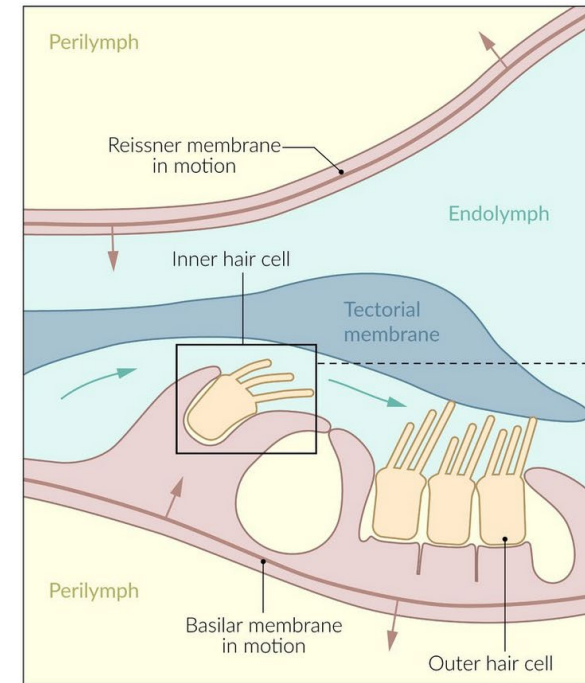
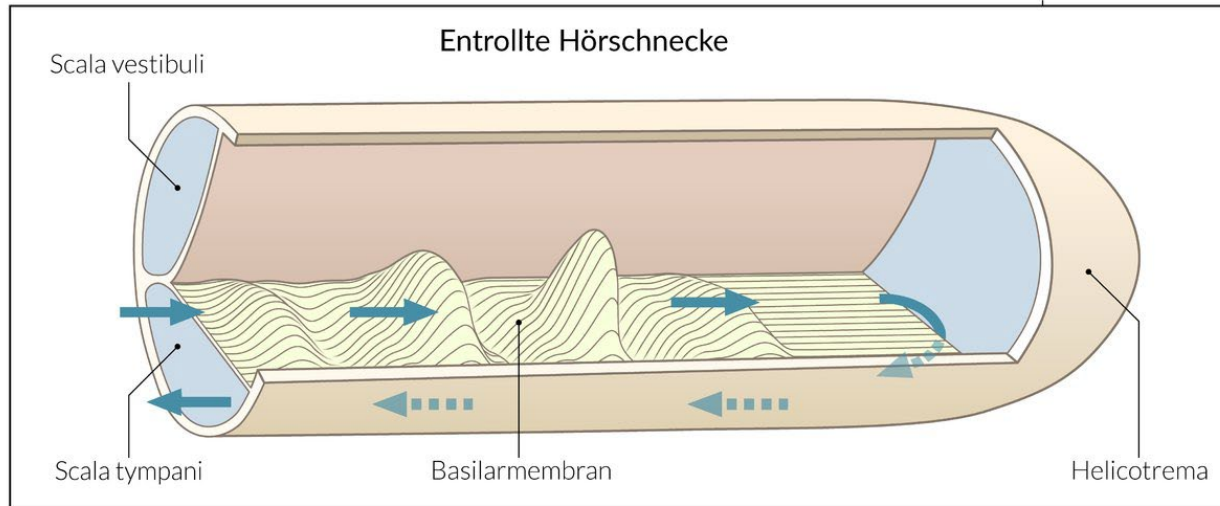
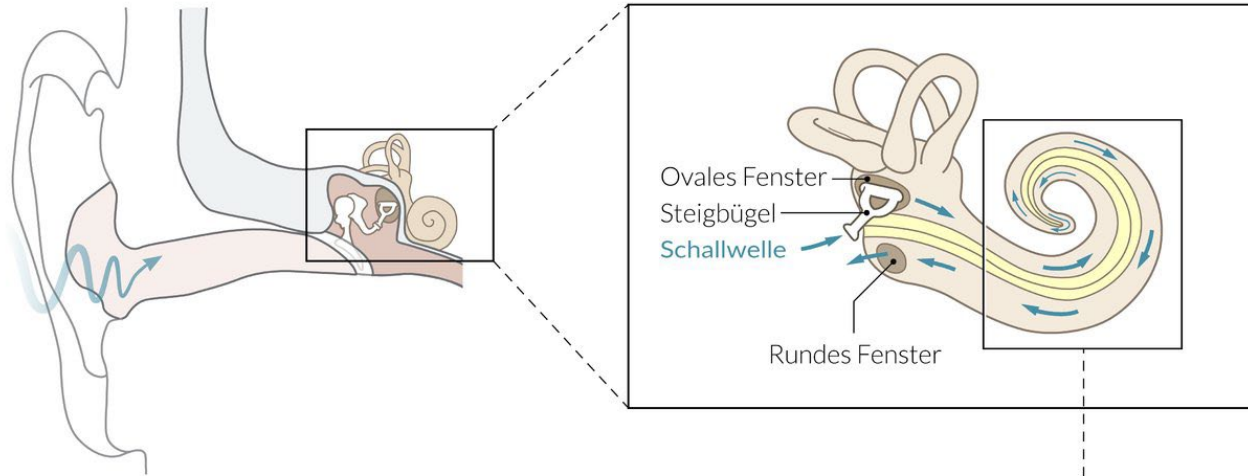
Medi-Karriere



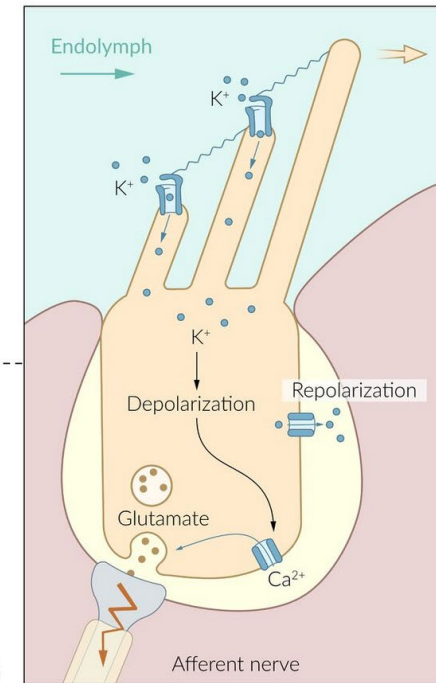
Auditives System



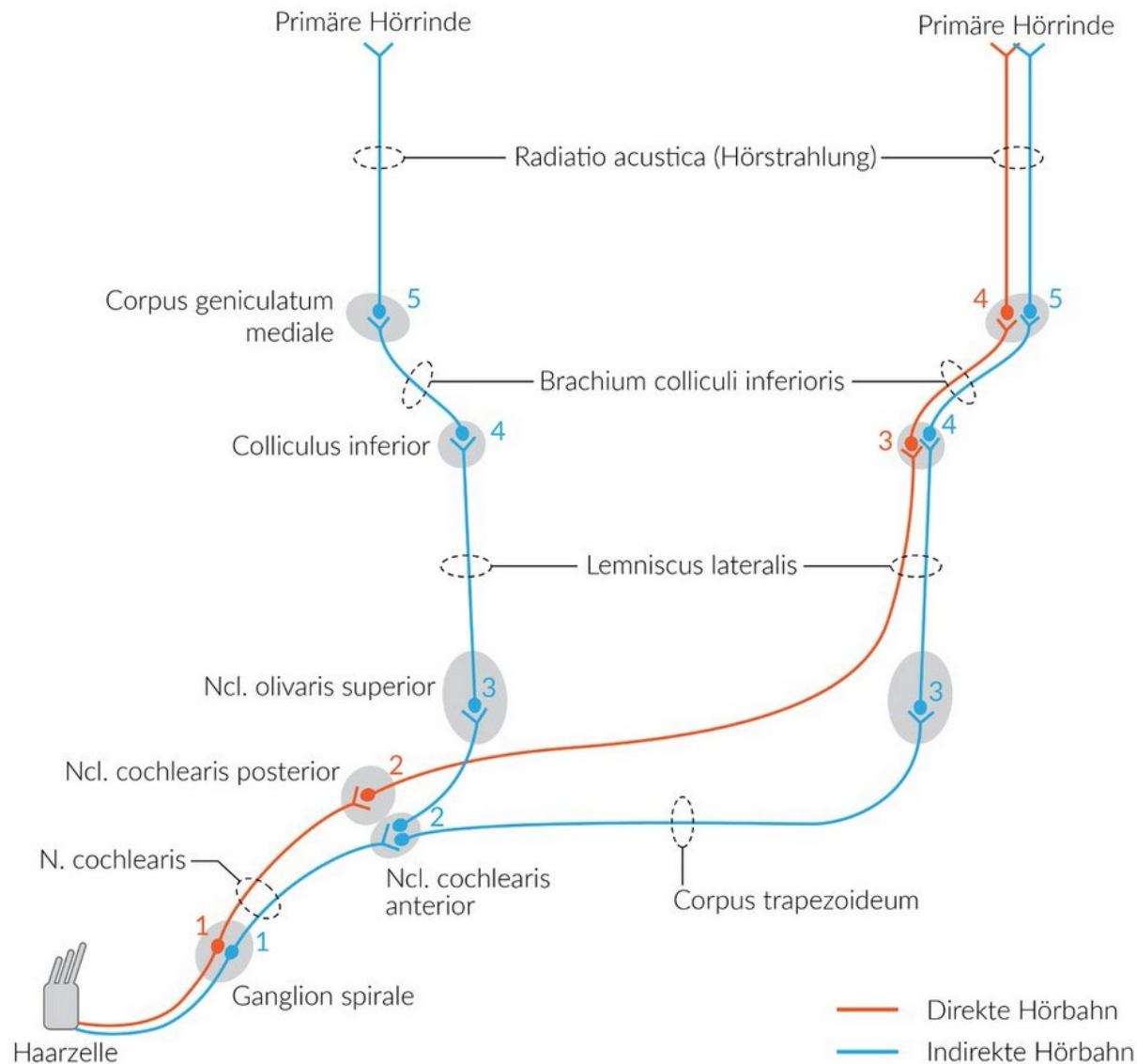
Auditives System



© AMBOSS

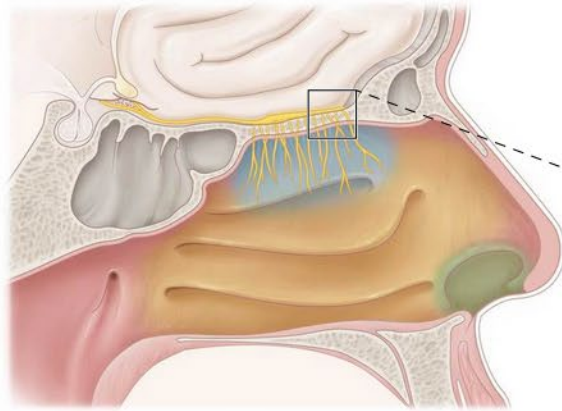


Auditives System



Hörbahn		
	Verschaltung	Besonderheiten/Charakteristika
Rezeptororgan	• Haarzellen im Corti-Organ	• Innere Haarzellen ◦ Faserqualität ▪ Überwiegend <u>afferente</u> Fasern ▪ Myelinisierte Fasern ◦ Anteil: 90% des N. cochlearis • Äußere Haarzellen ◦ Faserqualität ▪ Überwiegend <u>efferente</u> Fasern ▪ Nicht-myelinisierte Fasern ◦ Anteil: 10% des N. cochlearis
1. Neuron (N. cochlearis)	• Ganglion spirale	• Enthält die Perikarya des 1. Neurons der Hörbahn • Befinden sich im <u>Modiolus</u> der Cochlea
2. Neuron	• Indirekte Hörbahn ◦ Ncl. cochlearis anterior	• Direkte Hörbahn ◦ Ncl. cochlearis posterior • Indirekte Hörbahn: Zusätzliche Verschaltungen und kreuzende Fasern • Direkte Hörbahn: Kürzere Bahn mit weniger Stationen und weniger kreuzenden Fasern
3. Neuron (fakultativ)	• Corpus trapezoideum (ein kreuzendes Nervenbündel), hierin eingelagert: ◦ Ncl. olivaris superior ◦ Nuclei corporis trapezoidei	• Nucleus olivaris superior ◦ Kerngebiet im <u>Hirnstamm</u> ◦ Erhält auditorische Informationen von beiden <u>Corti-Organen</u> ◦ Wichtige Station für das <u>Richtungshören</u>
Faserbahn	• Lemniscus lateralis	• Verbindet Ncl. cochlearis posterior bzw. Ncl. olivaris superior mit den Colliculi inferiores
3./4. Neuron	• Colliculus inferior	• Teil der <u>Vierhügelplatte</u> (Lamina tecti) im <u>Mittelhirn</u>
Faserbahn	• Brachium colliculi inferioris	—
4./5. Neuron	• Corpus geniculatum mediale	• Befindet sich im <u>Thalamus</u>
Primäre zentrale Verschaltung	• Primäre Hörrinde (Area 41 nach Brodmann): Die Fasern gelangen über die Hörstrahlung zur Hörrinde in den <u>Gyri temporales transversi</u>	• <u>Frequenz-Orts-Abbildung</u> wird bis in die Hörrinde beibehalten

Olfaktorisches System



- Regio olfactoria
- Regio respiratoria
- Regio cutanea

