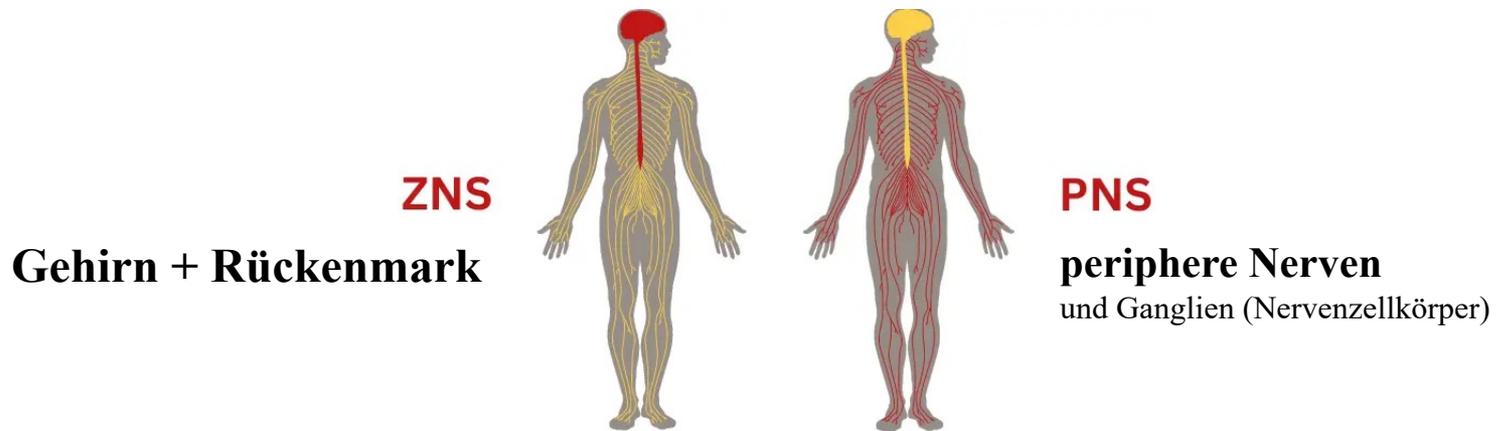


Das Rückenmark

Anatomie, Reflexe & Leitungsbahnen

Dr. Marie-Luise Kümmel
Institut für Neuroanatomie
marie-luise.kuemmel@ruhr-uni-bochum.de

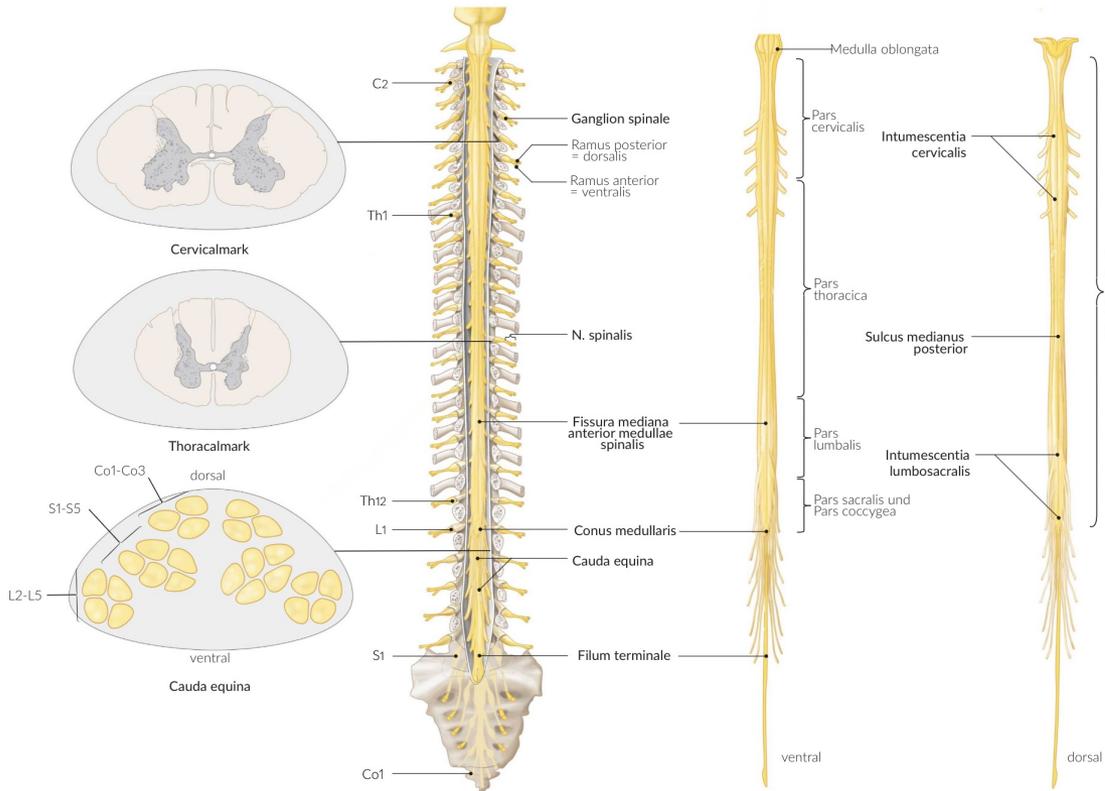
Das Rückenmark - Teil des zentralen Nervensystems



<https://www.nachhilfe-team.net/lernen-leicht-gemacht/zentrales-nervensystem/>

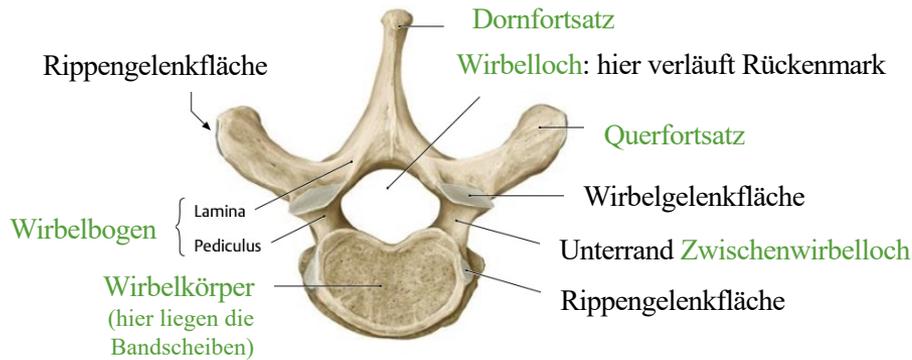
Das Rückenmark ist Teil des ZNS und steht direkt mit PNS in Verbindung, verbindet also die Peripherie mit dem Gehirn

Das Rückenmark – allgemeiner Aufbau



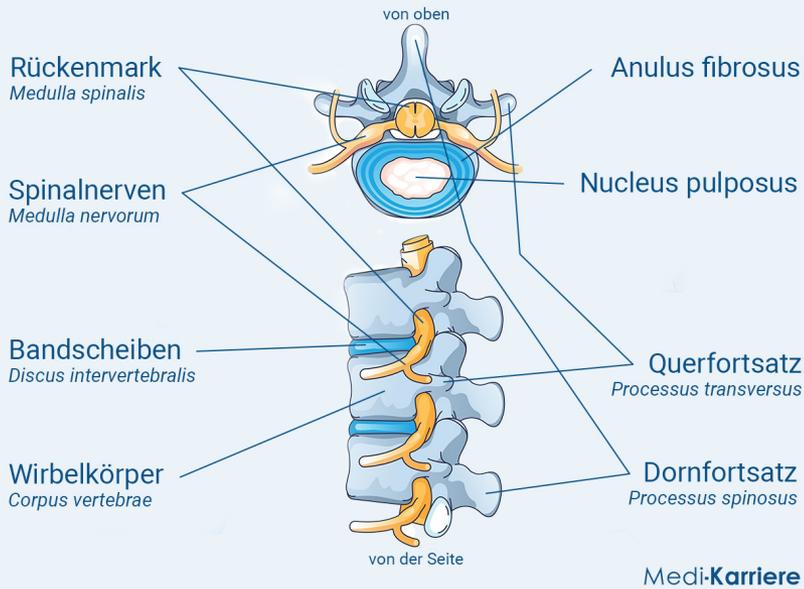
aus: Amboss.com

- Medulla oblongata (Hirnstammes) geht nach kaudal in Rückenmark über
- verschiedene Abschnitte (zervical, thorakal, lumbal, sakral, coccygeal)
- zwei Verdickungen (“Intumescentia“): hohe Nervenzellichte für die Innervation der Arme und Beine
- liegt im Wirbelkanal der Wirbelsäule
- Endet im Conus medullaris (wächst langsamer als knöcherne Wirbelsäule)
- kaudal des Conus medullaris nur noch Nervenfaserbündel (Cauda equina – Pferdeschweif)
- aus grauer (Zellkörper) und weißer (Zellfortsätze) Substanz aufgebaut



aus: Prometheus, Allgemeine Anatomie

Der Aufbau eines Wirbels



<https://www.medi-karriere.de/wiki/wirbel/>

- Rückenmark liegt im Wirbelloch (Foramen vertebrae) der Wirbelsäule
- Wirbelloch wird durch knöchernen Wirbelbogen begrenzt
- die vom Rückenmark austretenden Spinalnerven verlassen Wirbelkanal durch das Zwischenwirbelloch

Rückenmarksegment \neq Wirbelkörper

Die Benennung der Wirbelkörper entspricht nicht der Benennung der Rückenmarksegmente.
Die Benennung der Rückenmarkssegmente orientiert sich an den Austrittsstellen der jeweiligen Spinalnerven.

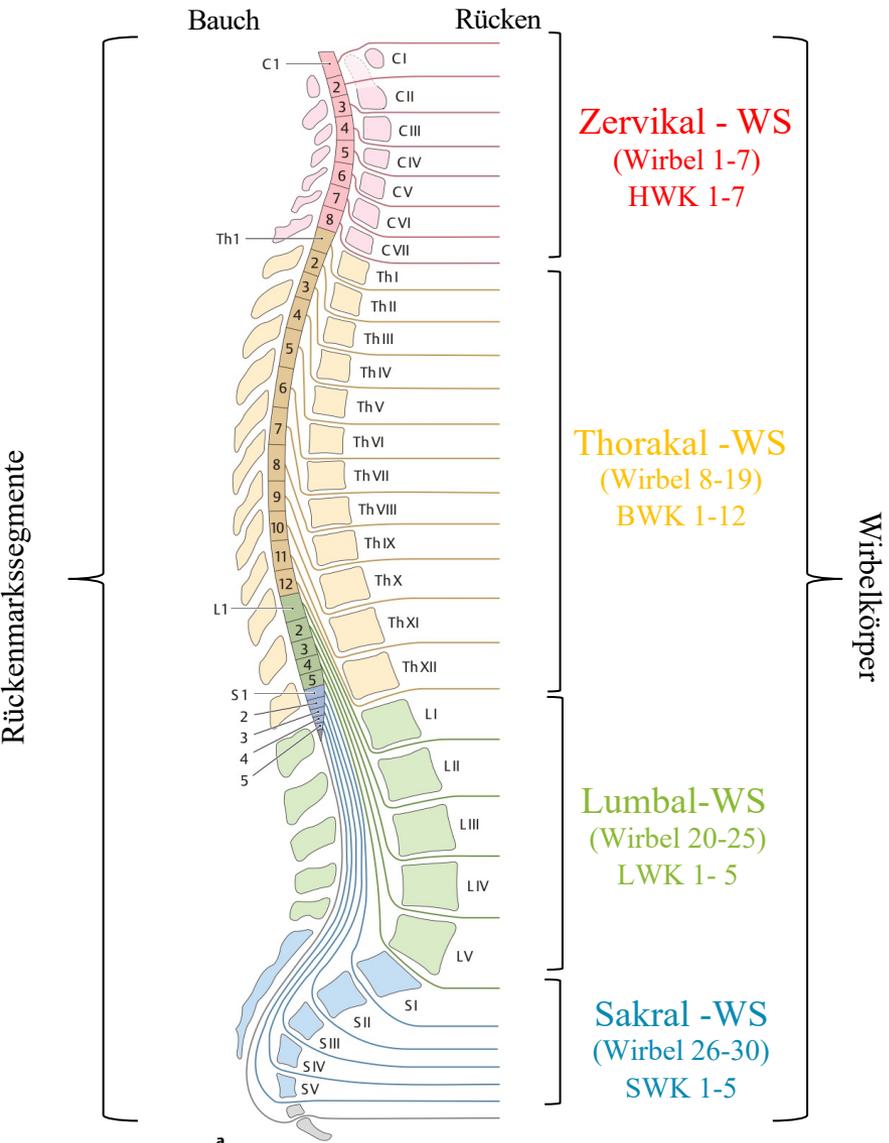
Bsp.:

- Rückenmarksegment C8 liegt auf Höhe HWK 7
- Rückenmarksegment S1 liegt auf Höhe BWK 12

Grund dafür ist das unterschiedliche Längenwachstum beider Strukturen, wobei die Wirbelsäule das Rückenmark "überwächst"

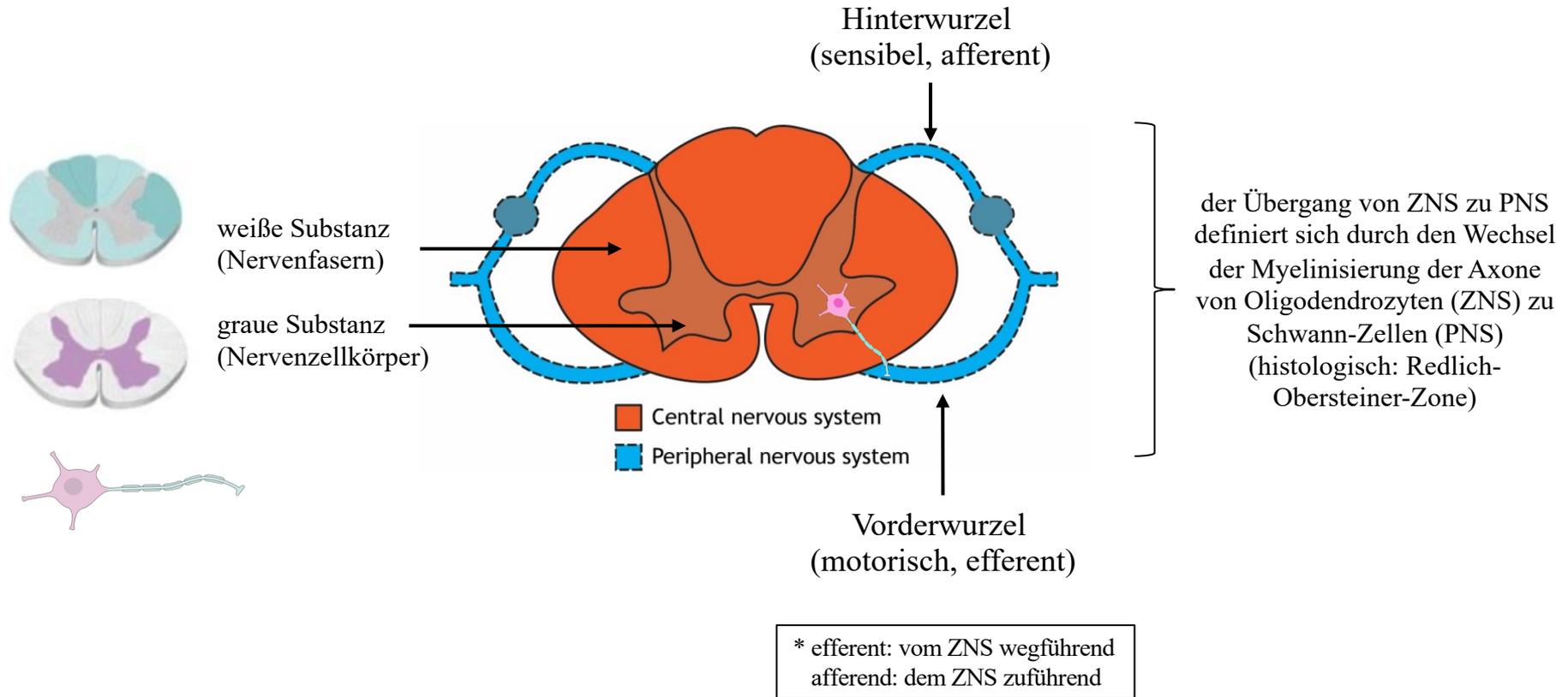
Daraus ergeben sich zwei weitere Besonderheiten:

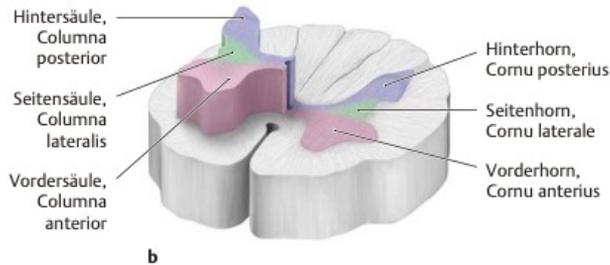
- das Rückenmark endet auf Höhe des 1. Lendenwirbels (LWK 1) als **Conus medullaris**
- Ab LWK 1 laufen nur noch die Nervenfasern (**Cauda equina**) ab Rückenmarksegment L2



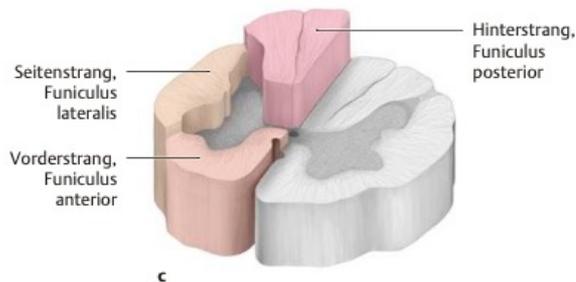
aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomic

Am Rückenmark direkter Übergang vom ZNS zum PNS





Graue Substanz: Hinterhorn, Seitenhorn, Vorderhorn
(„Hinterhorn“ : Bezeichnung im Querschnitt,
„Hintersäule“ als Gesamtheit der Hinterhornbereiche über die gesamte Länge der Wirbelsäule)



Weißer Substanz: Hinterstrang, Seitenstrang, Vorderstrang

B Rückenmark: innerer Aufbau

a Querschnitt durch das Rückenmark, Ansicht von oben; **b** u. **c** schematische räumliche Darstellung des Rückenmarks mit Hervorhebung der grauen (**b**) bzw. der weißen Substanz (**c**); Ansicht schräg von vorne, links und oben. Das Rückenmark weist alle charakteristischen Strukturen des ZNS auf:

aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

Organisation der Grauen Substanz:

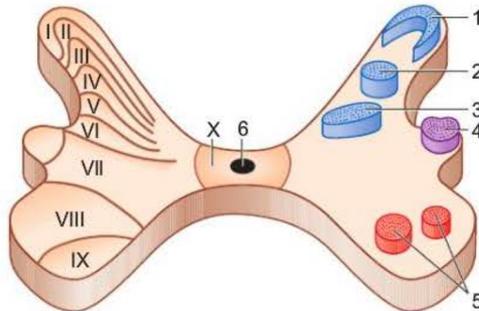


Abb. 3.8 Gliederung der grauen Substanz des Rückenmarks in Schichten (Laminae, links) und Kerne (Nuclei, rechts). Von den zahlreichen existierenden Kernen sind nur die wichtigsten exemplarisch als erhabene „Säulen“ dargestellt. Beachte, dass das Muster der Schichtengliederung in den einzelnen Rückenmarkssegmenten unterschiedlich ausgebildet sein kann.

1 Substantia gelatinosa, 2 Ncl. proprius, 3 Ncl. dorsalis (Stilling-Clarke, Ncl. thoracicus), 4 Ncl. intermediolateralis (vegetative Neurone im Seitenhorn des Rückenmarks), 5 motorische Kerne im Vorderhorn für einzelne Muskelgruppen. 6 Zentralkanal. I–X Laminae (Zellschichten der grauen Substanz).

aus: Neuroanatomie, Trepel, 5. Auflage

- 10 schichtiger Aufbau
- **Neurone** mit Funktion für die Sensibilität im Hinterhorn
→ bei Schmerz- & Temperaturreiz liegt hier 2. Neuron der sensiblen Bahn
- **Neurone** mit Funktion für die Motorik im Vorderhorn
→ 2. Neuron der motorischen Bahn
- Neurone des Sympatikus im Seitenhorn

Organisation der weißen Substanz:

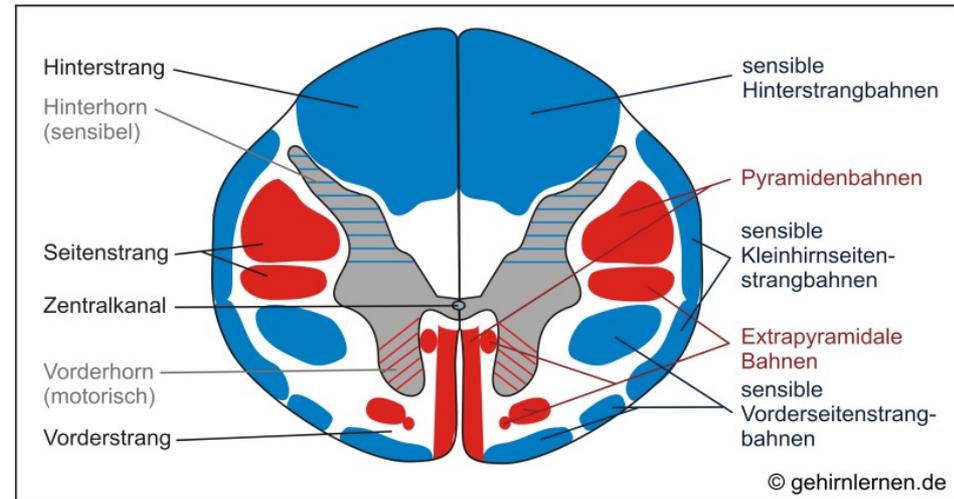


Abb. 3.3: Querschnitt durch das Rückenmark mit Zuordnung der weißen Substanz zu sensiblen (blau) und motorischen Bahnen (rot).

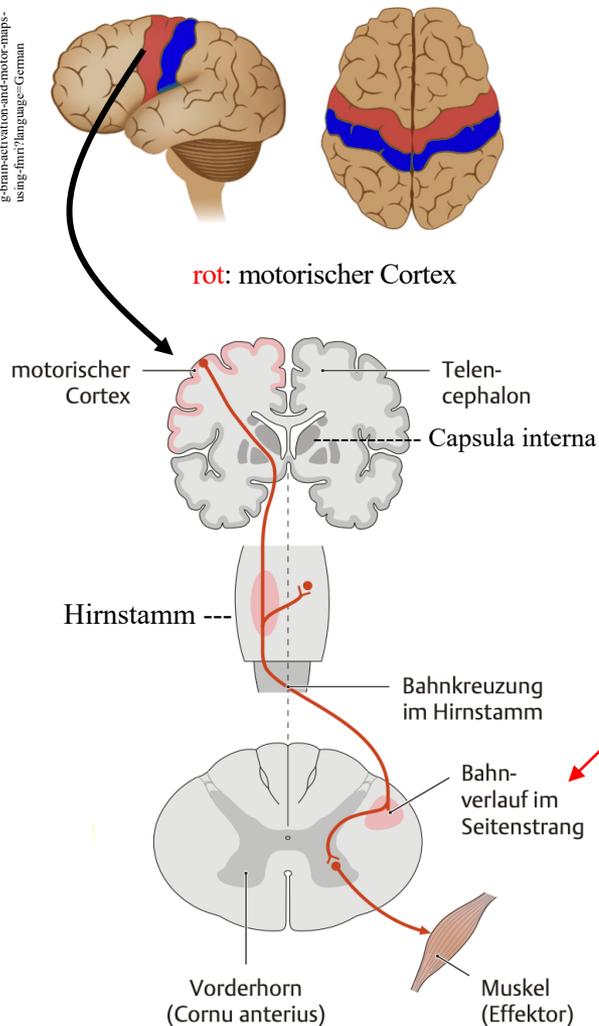
aus: <https://www.gehirnlernen.de/gehirn/das-rueckenmark/>

- **sensible aufsteigende Bahnen** finden sich im Hinterstrang & Vorderstrang
- **motorische absteigende Bahnen** finden sich im Seitenstrang und Vorderstrang

(Zusatzinfo: das pyramidale System ist die direkte motorische Ansteuerung der Muskulatur, das extrapyramidale System dient der Feinabstimmung der Bewegungen)

Das Rückenmark bei der Weiterleitung der Motorik - Pyramidenbahn

modifiziert nach:
https://www.love.com/10175/studyin
g-brain-activation-and-motor-maps-
using-fMRI/?language=German

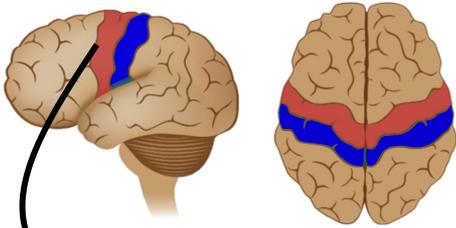


aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

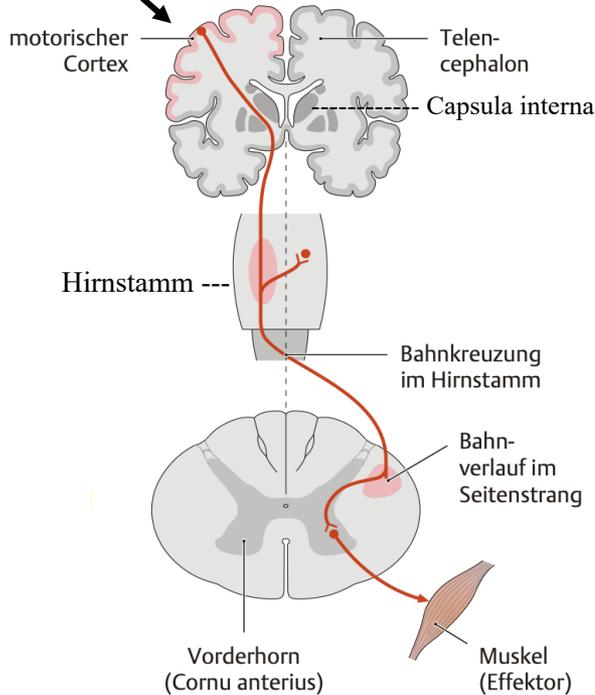
- Hauptanteil der willkürlichen motorischen Signale werden über die Pyramidenbahn (*Tractus corticospinalis*) vermittelt
- aufgebaut aus 2 Neuronen
 - 1. Motoneuron (ZNS) im motorischen Cortex (Pyramidenzellen)
 - 2. Motoneuron (ZNS) im Vorderhorn
- Axone des 1. Motoneurons ziehen vom motorischen Cortex, über Capsula interna, den Hirnstamm (hier Bahnkreuzung, 70-90% der Fasern kreuzen auf gegenüberliegende Körperhälfte!) über **Tractus corticospinalis lateralis** im Seitenstrang des Rückenmarks zum jeweiligen Rückenmarksegment
- Im Vorderhorn wird das 1. Motoneuron auf das 2. Motoneuron verschaltet (= Axon des 1. Motoneurons bildet Synapse mit 2. Motoneuron)
- Axone 2. Motoneuron zieht über die Vorderwurzel aus Rückenmark raus (sind jetzt Teil des PNS!) zum Muskel (enden an motorischer Endplatte)

Das Rückenmark bei der Weiterleitung der Motorik - Pyramidenbahn

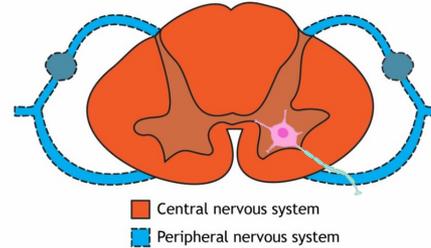
modifiziert nach:
<https://www.jove.com/10175/studyin-g-brain-activation-and-motor-maps-using-fMRI/language-German>



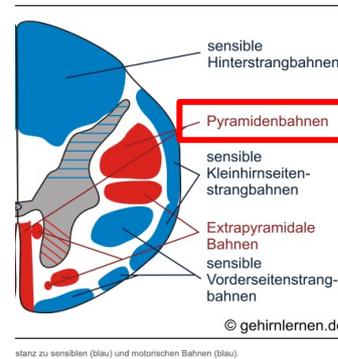
rot: motorischer Cortex



aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

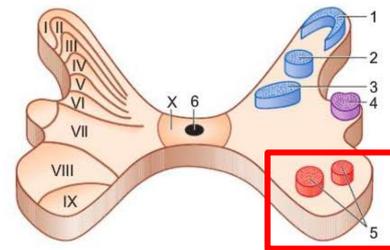


1. und 2. Motoneuron ist Teil des ZNS
Fasern des 2. Motoneurons im Vorderhorn sind PNS



Pyramidenbahn im Seitenstrang = *Tractus pyramidalis lateralis*

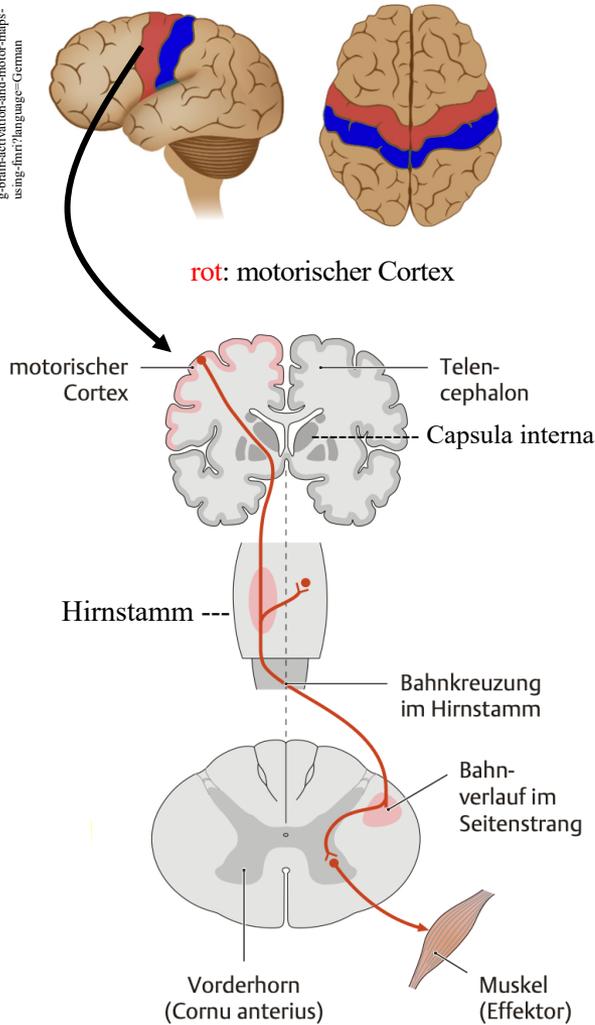
(30-10% der Fasern, die nicht im Hirnstamm kreuzen laufen als Tractus pyramidalis anterior im Vorderstrang d. Rückenmarks)



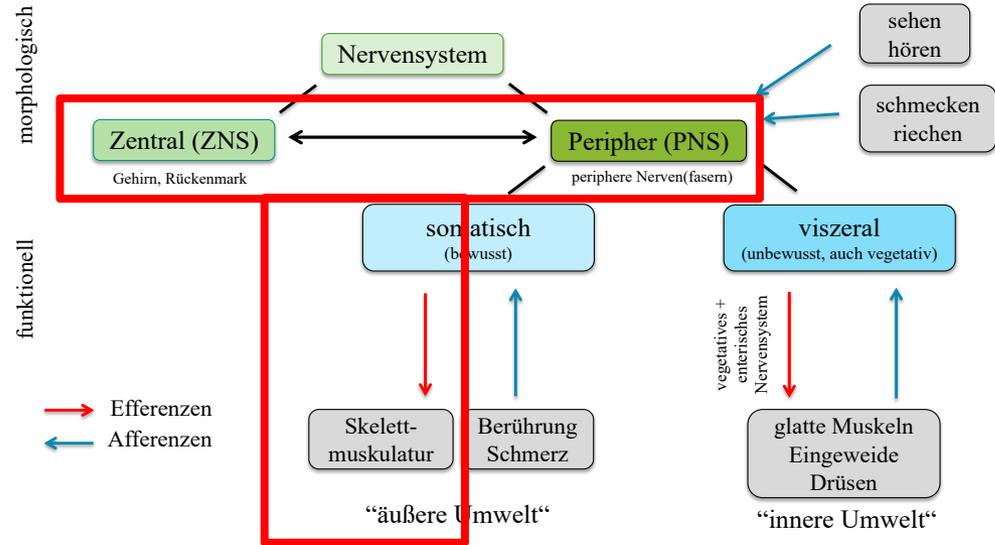
motorische Kerne im Vorderhorn sind der Ort des unteren, 2. Motoneurons

Erinnerung an: die Einteilung des Nervensystems (1. VL)

modifiziert nach:
<https://www.love.com/10175/study/in-g-brain-activation-and-motor-maps-using-fMRI?language=German>



rot: motorischer Cortex

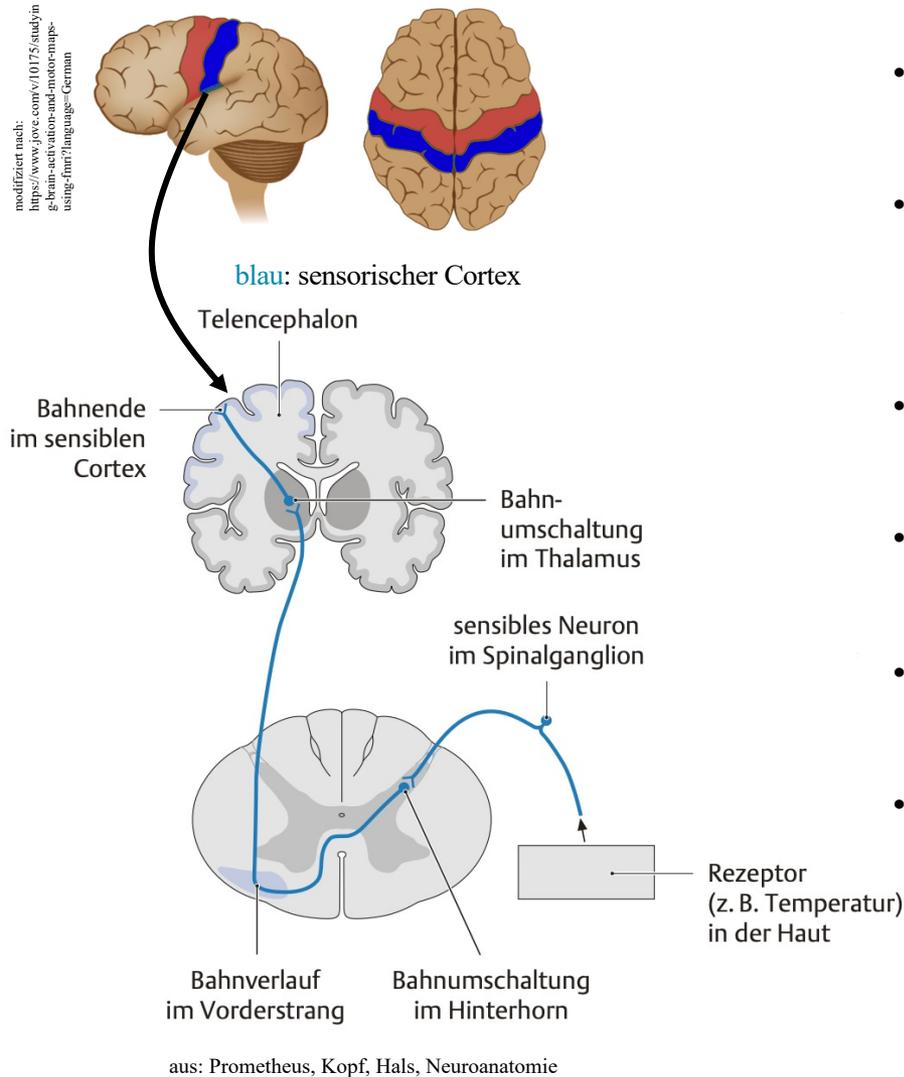


somatomotorik

viszero-motorik (motorische Steuerung der inneren Umwelt) läuft über das vegetative Nervensystem 

aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

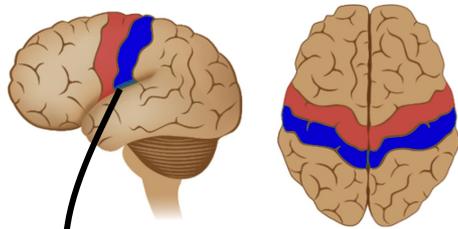
Das Rückenmark bei der Weiterleitung der Sensibilität (Protopathie)



- Das 1. Neuron der somatosensiblen Bahn liegt (immer) als PNS-Neuron im Spinalganglion in der Hinterwurzel
- Vom Zellkörper im Spinalganglion führen Fasern in die Peripherie zur Reizaufnahme und Axone in das Hinterhorn des Rückenmarks
- Im Hinterhorn findet die Umschaltung auf das 2. Neuron (ZNS) statt
- Das 2. Neuron entsendet Axone in den Vorderstrang der weißen Substanz der Gegenseite (Kreuzung!)
- diese Axone steigen als *Tractus spinothalamicus* zum Thalamus auf und werden dort auf das 3. Neuron verschaltet
- das 3. Neuron entsendet seine Axone zum sensiblen Cortex

VORSICHT:
 die hier dargestellte **Protopathie (Grobwahrnehmung)**
 ist nur **eine** Form der Sensibilität!

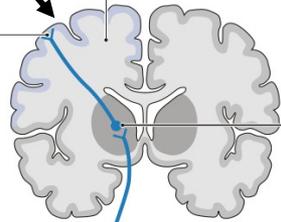
Das Rückenmark bei der Weiterleitung der Sensibilität (Protopathie)



blau: sensorischer Cortex

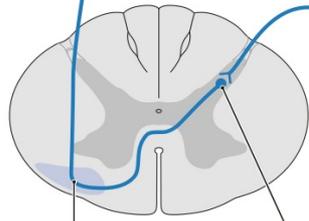
Telencephalon

Bahnende im sensiblen Cortex



Bahnumschaltung im Thalamus

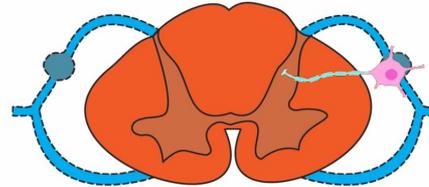
sensibles Neuron im Spinalganglion



Bahnverlauf im Vorderstrang

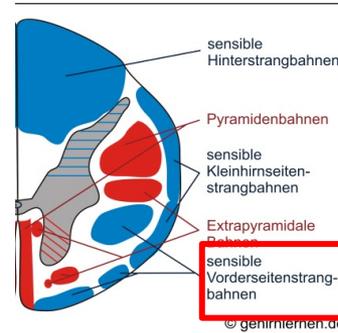
Bahnumschaltung im Hinterhorn

Rezeptor (z. B. Temperatur) in der Haut



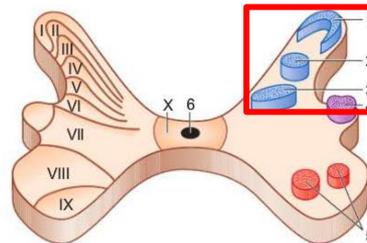
Central nervous system
Peripheral nervous system

Das 1. Neuron sitzt im Spinalganglion (PNS), das 2. Neuron im Hinterhorn (ZNS)



stanz zu sensiblen (blau) und motorischen Bahnen (blau).

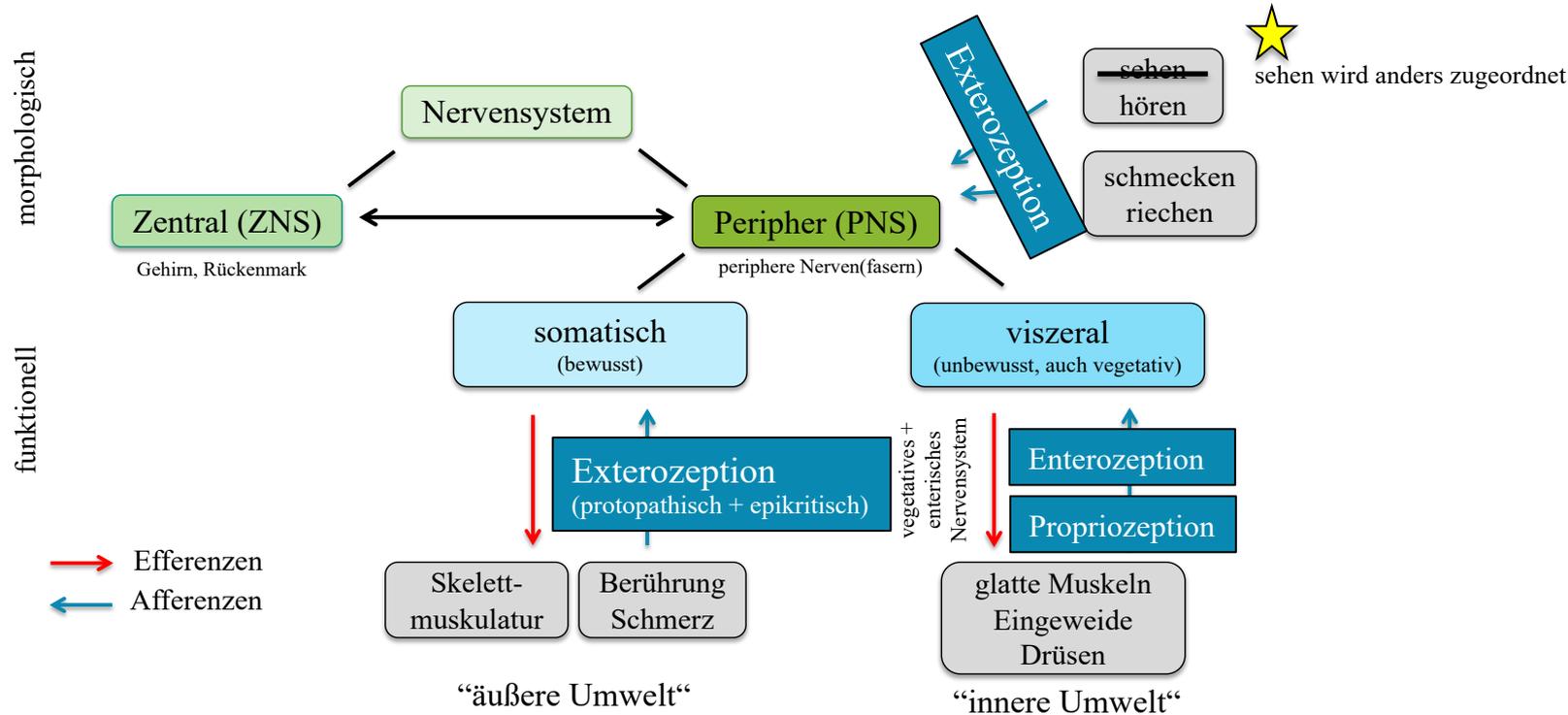
sensible Bahnen im Vorderstrang = *Tractus spinothalamicus* (kreuzen schon innerhalb des Rückenmarksegmentes auf Gegenseite)



sensible Kerne im Hinterhorn sind der Ort des 2. Neurons

aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

Die verschiedenen Formen der Sensibilität (Abbildung aus 1. VL)



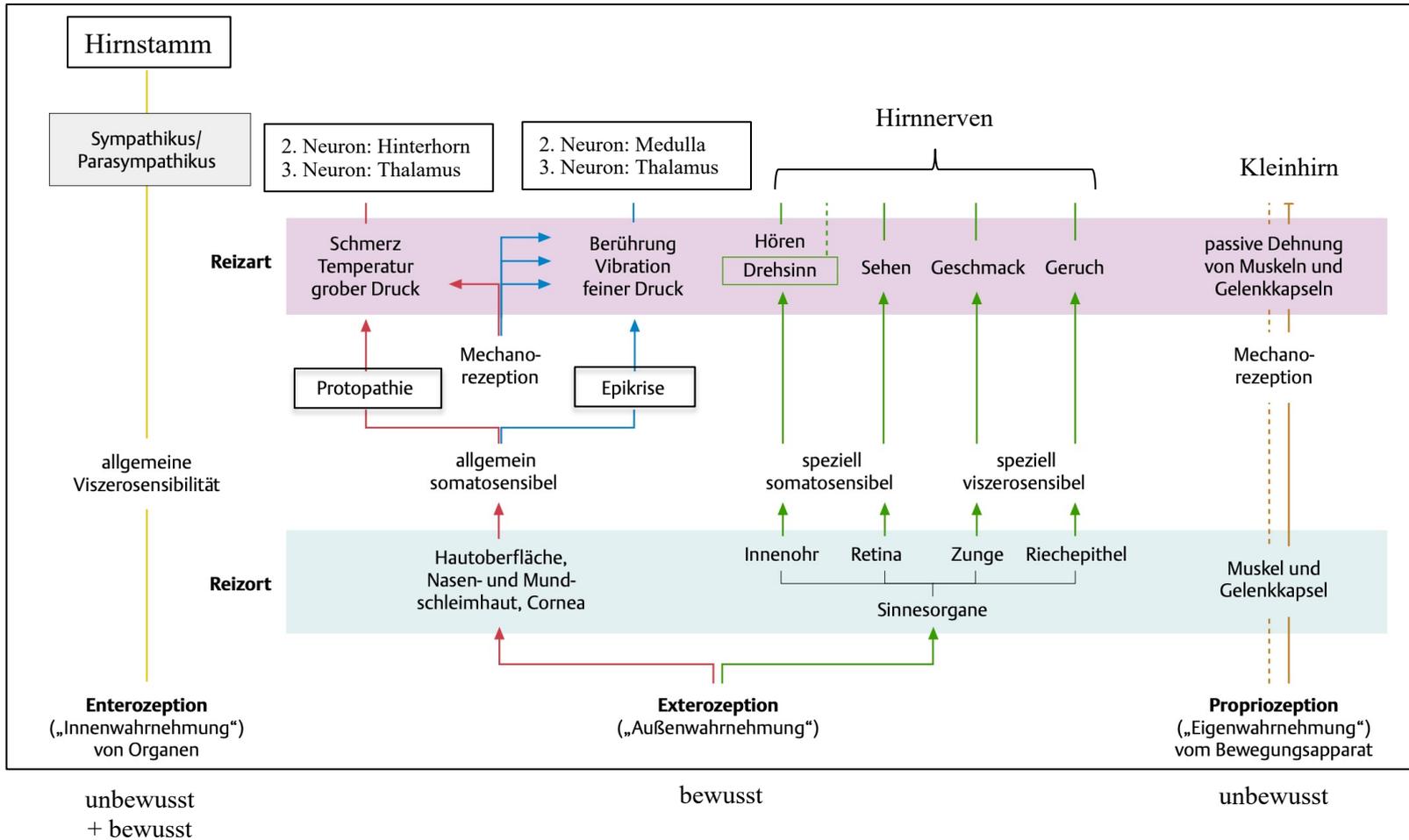
Sensibilität wird unterschieden in:

Exterozeption: bewusste Wahrnehmung (protopathisch: Grobwahrnehmung, epikritisch: Feinwahrnehmung)

Enterozeption: unbewusste (kleiner Teil auch bewusste) Wahrnehmung

Propriozeption: unbewusst

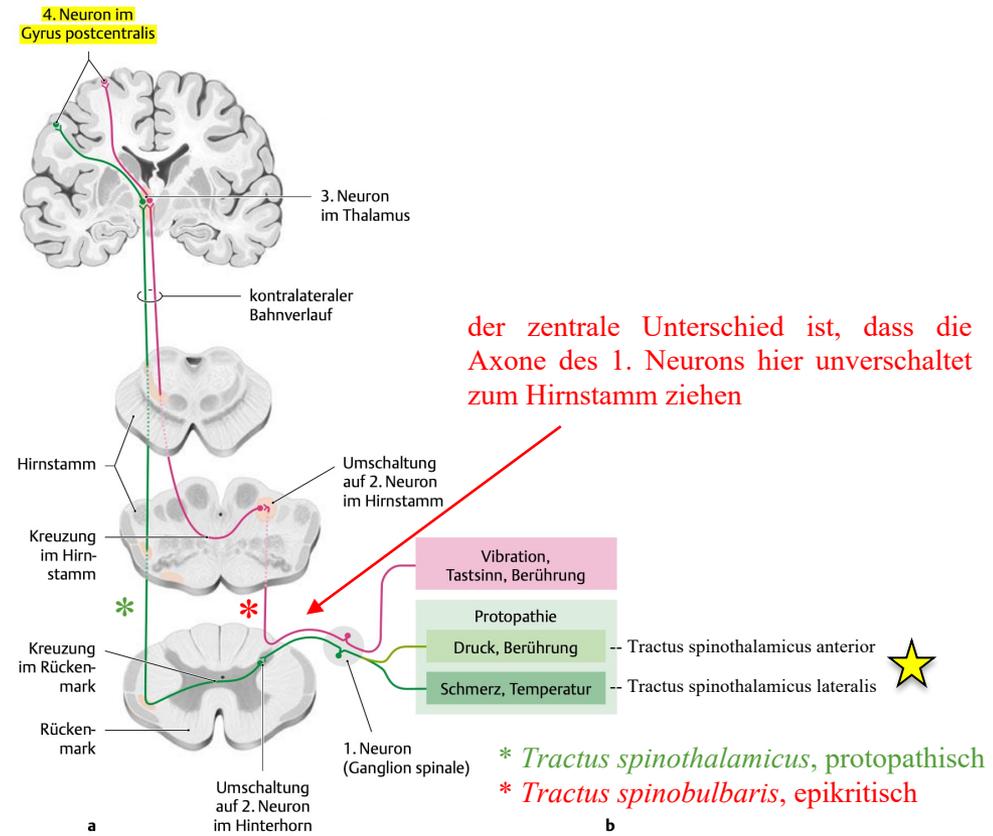
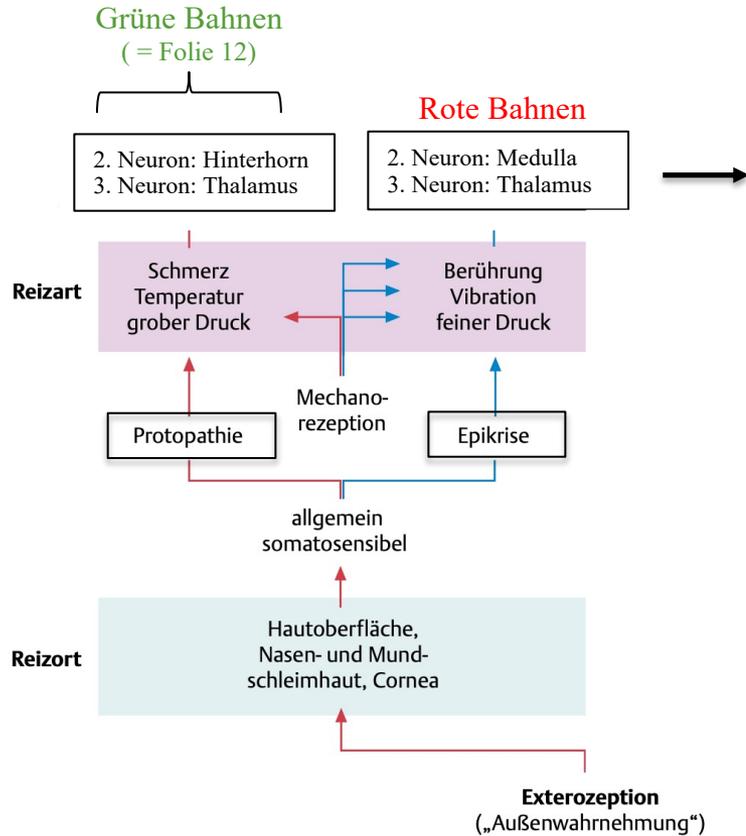
Die verschiedenen Formen der Sensibilität – detaillierte Ansicht



aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

Die Weiterleitung der epikritische Sensibilität

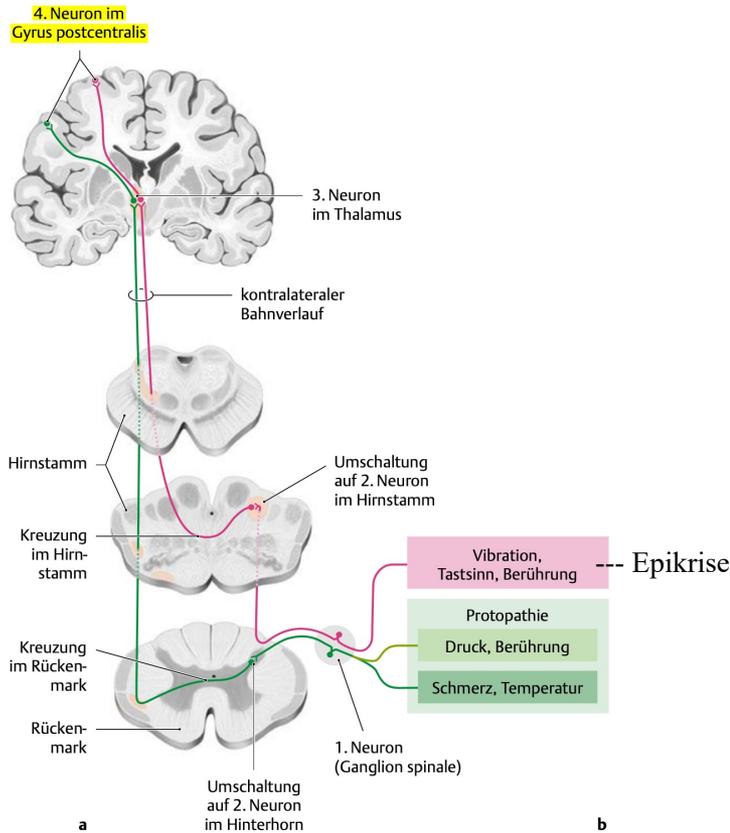
aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie



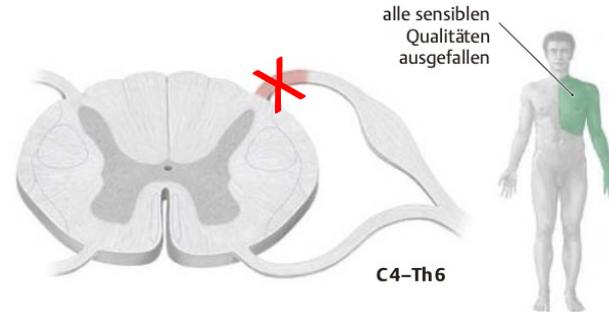
der zentrale Unterschied ist, dass die Axone des 1. Neurons hier unverschaltet zum Hirnstamm ziehen

Auch bei der epikritischen Sensibilität (rot) liegt das 1. Neuron im Spinalganglion (Ganglion spinale) und ist Teil des PNS. Die Axone des 1. Neurons ziehen allerdings nicht zum Hinterhorn der grauen Substanz um dort verschaltet zu werden, wie es bei der protopathischen Sensibilität (grün) der Fall ist. Stattdessen ziehen die Axone ohne Umschaltung als *Tractus spinobulbaris* zum Hirnstamm und werden erst dort auf das 2. Neuron verschaltet. Nach der Kreuzung auf die Gegenseite ziehen die Axone des 2. Neurons zum Thalamus, um auf das 3. Neuron verschaltet zu werden

Wieso ist die Unterscheidung Prothopatisch / Epikritisch so wichtig?!

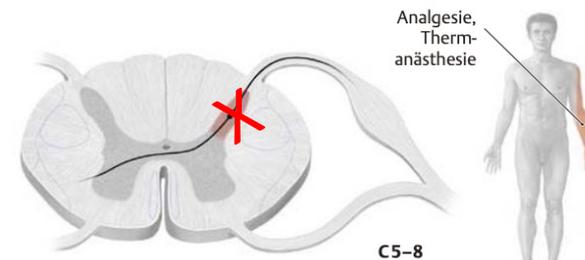


aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie



aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

prothopatische
und
epikritische
Sensibilität fällt aus

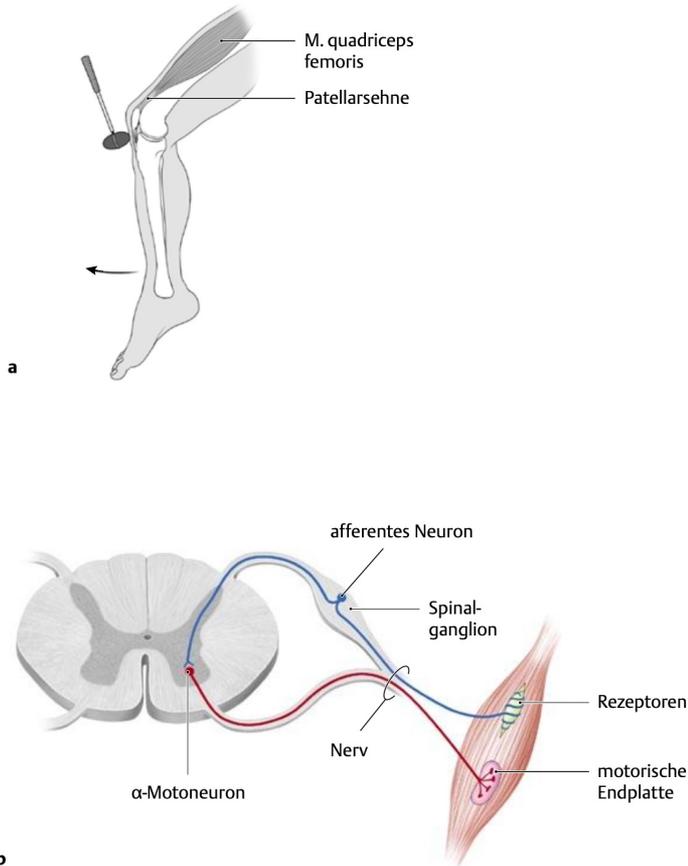


aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

nur prothopatische
Sensibilität fällt aus
(Lageempfindung und
Vibrationswahrnehmung
bleibt intakt)
= dissoziierte
Empfindungsstörung

direkte Kopplung von Sensorik & Motorik: Reflexe

Bsp.: Patellasehnenreflex



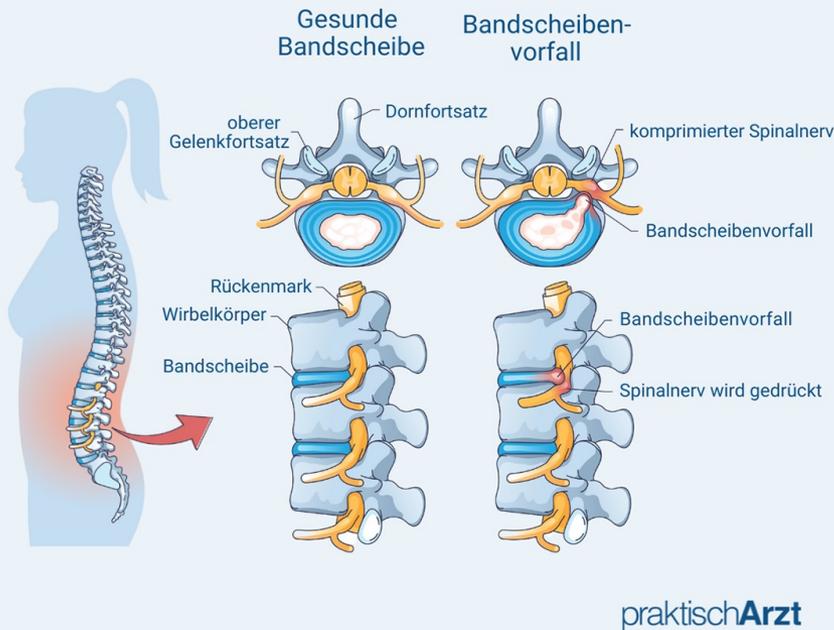
aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

- dient der Überprüfung der Motorik
- Schlag auf **Patellasehne** führt zu einer **Dehnung** des M. quadriceps femoris (Beinstrecker)
- Rezeptoren im Muskel (Muskelspindeln) nehmen das wahr und leiten das an das sensible Neuron im Spinalganglion weiter
- das sensible Neuron steht über Axone auch direkt mit Motoneuronen im Vorderhorn (2. Neuron der Pyramidenbahn) in Kontakt und erregt diese
- die Erregung des Motoneurons führt zu einer Kontraktion des Muskels => Streckung des Beines

Klinik in Bezug zum Rückenmark

1) Bandscheibenvorfall

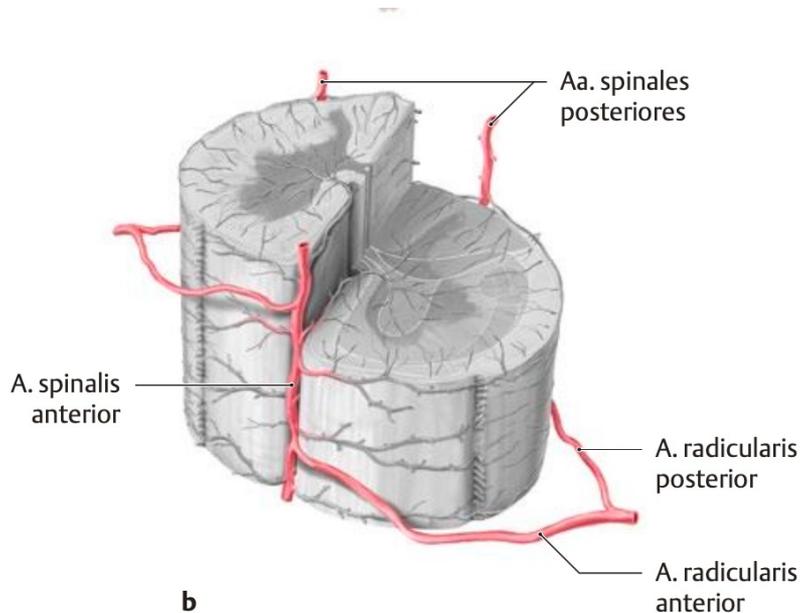
Bandscheibenvorfall



- Bandscheiben liegen auf den Wirbelkörper und wirken wie Stoßdämpfer zwischen den Wirbeln
- aus zwei Bereichen aufgebaut: innen Nucleus pulposus, außen herum straffer Anulus fibrosus
- degeneriert der Anulus fibrosus kann dieser einreißen und Anteile des Nucleus pulposus quetschen sich nach außen (von einer Vorwölbung = Protrusion bis zu einem Vorfall = Prolaps)
- Folge ist Kompression des Rückenmarks oder der darunterliegenden Nervenwurzel

<https://www.praktischarzt.at/magazin/bandscheibenvorfall-uebungen-und-tipps/>

2) Rückenmarksinfarkt



aus: Prometheus, Kopf, Hals, Neuroanatomie

- Rückenmark wird über 3 längsverlaufende Arterien versorgt („bauchseitig/ventral“: A. spinales anterior, „rückenseitig/dorsal“: Aa. spinales posteriores)
- alle 3 entspringen der A. vertebralis im Schädelbereich
- zusätzlicher Zufluss aus den Interkostalarterien über Aa. radicularis
- kommt es zu einer selten auftretenden Unterversorgung des Rückenmarkes werden die Neurone des Rückenmarks irreversibel geschädigt
- Folge sind Lähmungen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

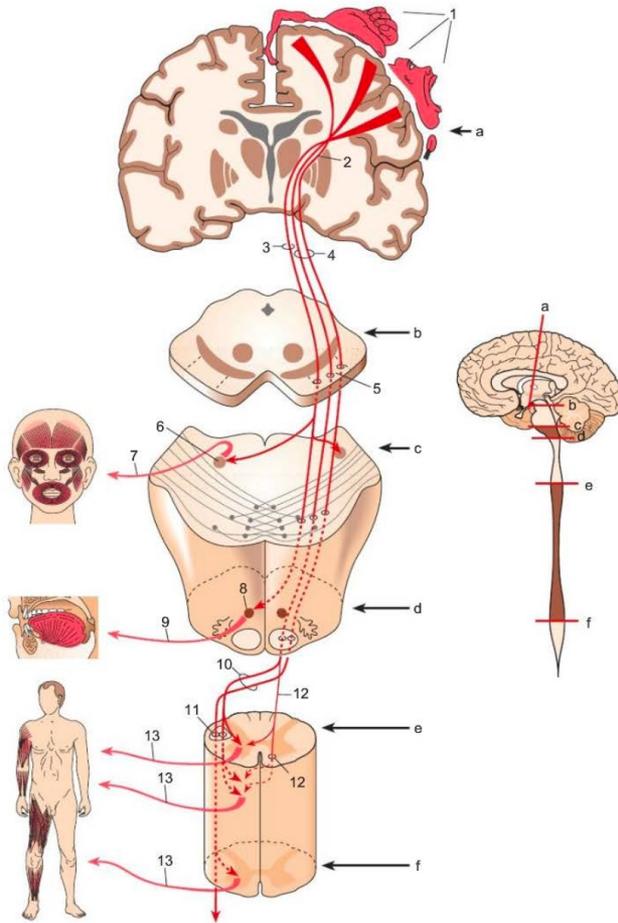


Abb. 9.21 Ursprung und Verlauf der Tractus corticonuclearis und corticospinalis (Pyramidenbahn).
 1 Motokortex (Gyrus precentralis) mit somatotopischer Gliederung (beachte die im Verhältnis überdimensional große Repräsentation der Hand, des Gesichtes sowie Zunge/Schlund), 2 Capsula interna, 3 Tractus corticonuclearis, 4 Tractus corticospinalis, 5 Crus cerebri, 6 Ncl. n. facialis, der mit seinen Motoneuronen den 7 N. facialis bildet, 8 Ncl. n. hypoglossi, der mit seinen Motoneuronen den 9 N. hypoglossus bildet (beachte, dass 6 und 8 nur Beispiele sind, die anderen motorischen Hirnnervenkerne [außer Augenmuskelerne] empfangen ebenfalls Fasern aus dem Tractus corticonuclearis), 10 Pyramidenbahnkreuzung in der Medulla oblongata, 11 Tractus corticospinalis lateralis, 12 Tractus corticospinalis anterior, 13 Axone der Motoneurone im Vorderhorn des Rückenmarks, die die motorischen Spinalnerven bilden.

aus: Neuroanatomie, Trepel

protopathisch

232 9 Großhirn (Telencephalon) und funktionelle Bahnsysteme

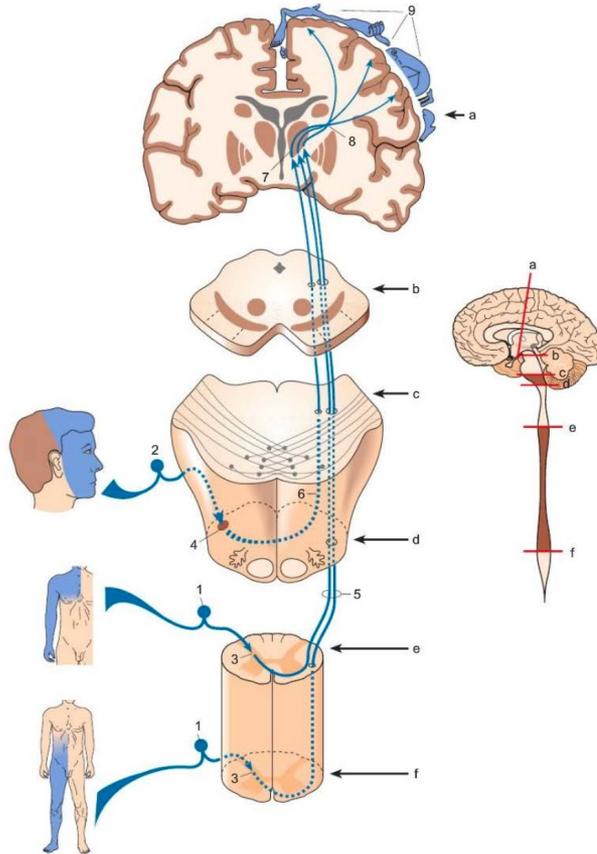


Abb. 9.27 Verlauf der Bahn des sensiblen anterolateralen Systems (Schmerz-, Temperatur-, grobe Druck- und Tastempfindung).
 1 Spinalganglien, 2 Ganglion trigeminale, 3 Hinterhorn des Rückenmarks, 4 Ncl. spinalis n. trigemini, 5 Tractus spinothalamicus lateralis (Tractus spinothalamicus anterior aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt, gehört jedoch trotzdem zum sensiblen anterolateralen System und unterscheidet sich im Hirnstamm nicht mehr vom Tractus spinothalamicus lateralis), 6 somatosensible Fasern (Schmerz, Temperatur, Druck) aus 4, 7 Ncl. ventralis posterior thalami, 8 thalamokorticale Fasern, entsprechend dem dritten Neuron dieser somatosensiblen Bahn, 9 Gyrus postcentralis (primär somatosensibler Kortex) mit somatotopischer Gliederung.

Epikritisch

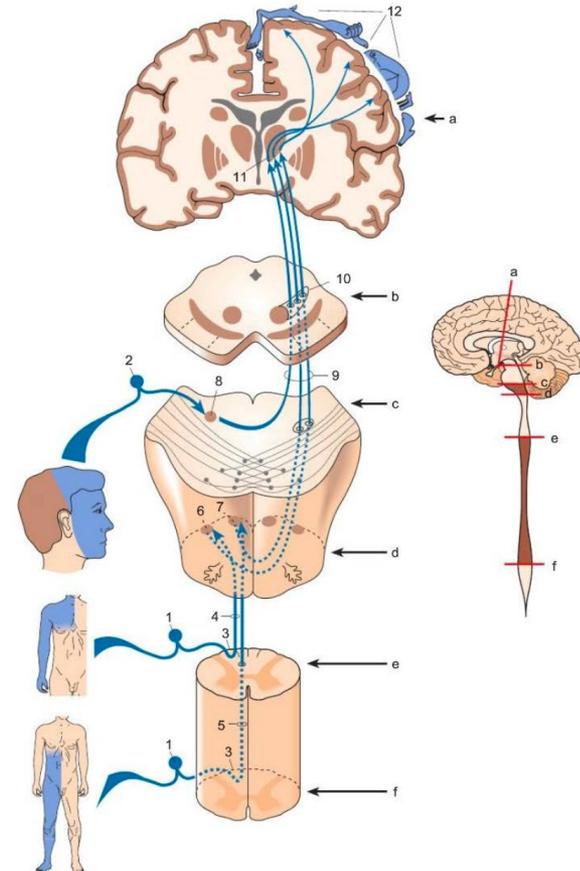


Abb. 9.28 Verlauf der Bahn des Hinterstrang- oder medialen lemniskalen Systems.
 1 Spinalganglien, 2 Ganglion trigeminale, 3 Hinterstrang des Rückenmarks, 4 Fasciculus cuneatus, 5 Fasciculus gracilis, 6 Ncl. cuneatus, 7 Ncl. gracilis, 8 Ncl. principalis (= Ncl. pontinus) n. trigemini, 9 und 10 Lemniscus medialis, 11 Ncl. ventralis posterior thalami, 12 Gyrus postcentralis (primär somatosensibler Kortex) mit somatotopischer Gliederung (beachte die im Verhältnis überdimensionale große Lokalisationsfläche für Fuß, Hand und Gesicht, dabei speziell Lippen sowie Zunge/Schlund).

aus: Neuroanatomie, Trepel