

NEUROANATOMIE

Kompetenzbereich 1



Das Nervensystem / NS bildet die Gesamtheit des Nervengewebes.

Es nimmt Informationen auf, speichert und verarbeitet sie und leitet sie weiter.

Die Aufnahme, Verarbeitung und Weiterleitung von Informationen beruhen auf elektrischen und biochemischen Vorgängen.

Das NS ist die Grundlage für:

- *Bewusstsein*
- *Sprache*
- *Seelisches Empfinden*
- *Ethische Wertvorstellungen*
- *Denken und Abstraktionsvermögen (abstrahieren= aus einem konkreten Fall auf Allgemeines schließen)*
- *Motivation und Antrieb*
- *Kreativität*

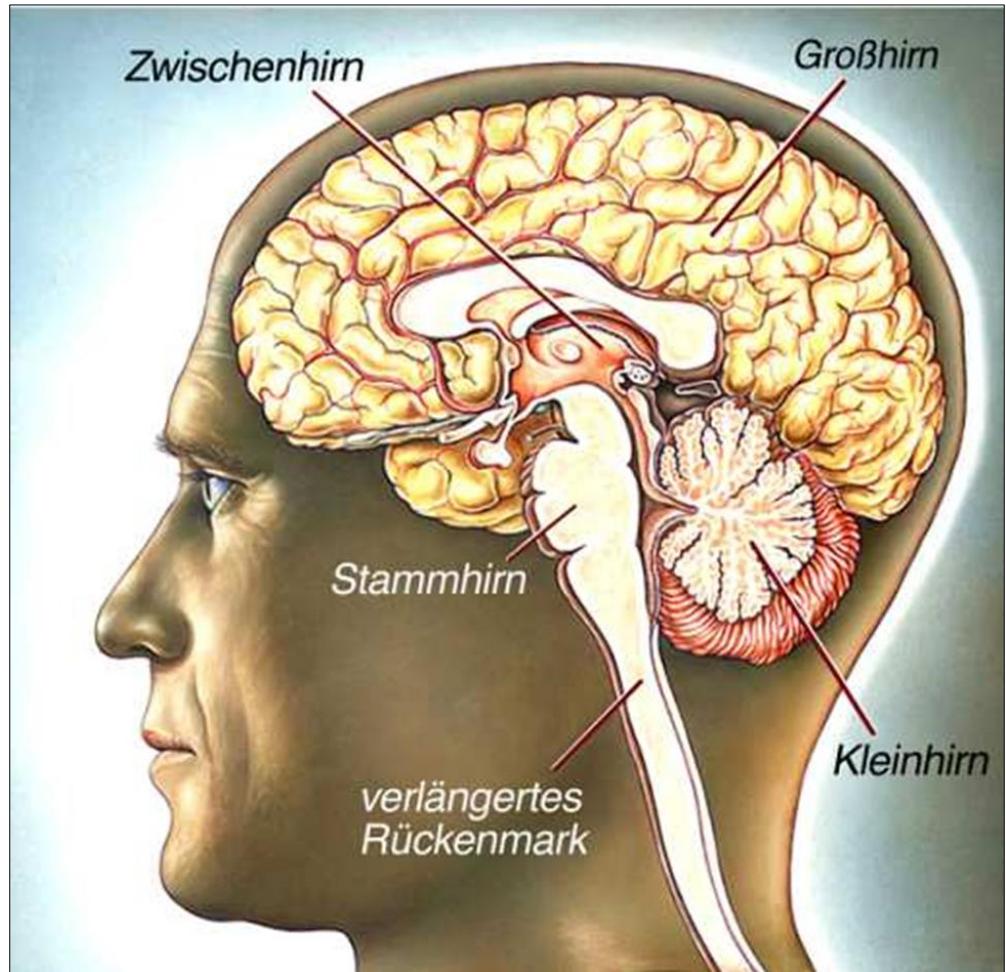
→ Aufbau des menschlichen NS

Nach der *Lage* unterscheidet man:

- **Zentralnervensystem / ZNS:** Gehirn und Rückenmark / RM
- **Peripheres NS / PNS:** alle Nervenzellen und Nervenbahnen außerhalb des ZNS,
= Hirnnerven und Spinalnerven => Verbindung der Körperorgane / Körperperipherie mit dem ZNS.

Nach der *Funktion* unterscheidet man:

- **Somatisches NS:** vermittelt **bewusste Reaktionen** -> **Willkürliches NS:** das alle dem Bewusstsein und dem Willen unterworfenen Vorgänge steuert, aber auch die motorischen Reflexe.
- **Vegetative NS / Autonomes NS:** reguliert die Funktion der inneren Organe. Es ist durch den Willen nicht beeinflussbar.



→ Nervengewebe:

Nervengewebe besteht aus 2 unterschiedlichen Zelltypen, den **Nervenzellen** / *Neuronen*, die die Erregung bilden und sie weiterleiten und den **Stützzellen** / *Gliazellen*, die zwischen den Nervenzellen liegen und diese *stützen, ernähren und schützen*.

Zu den Gliazellen gehören:

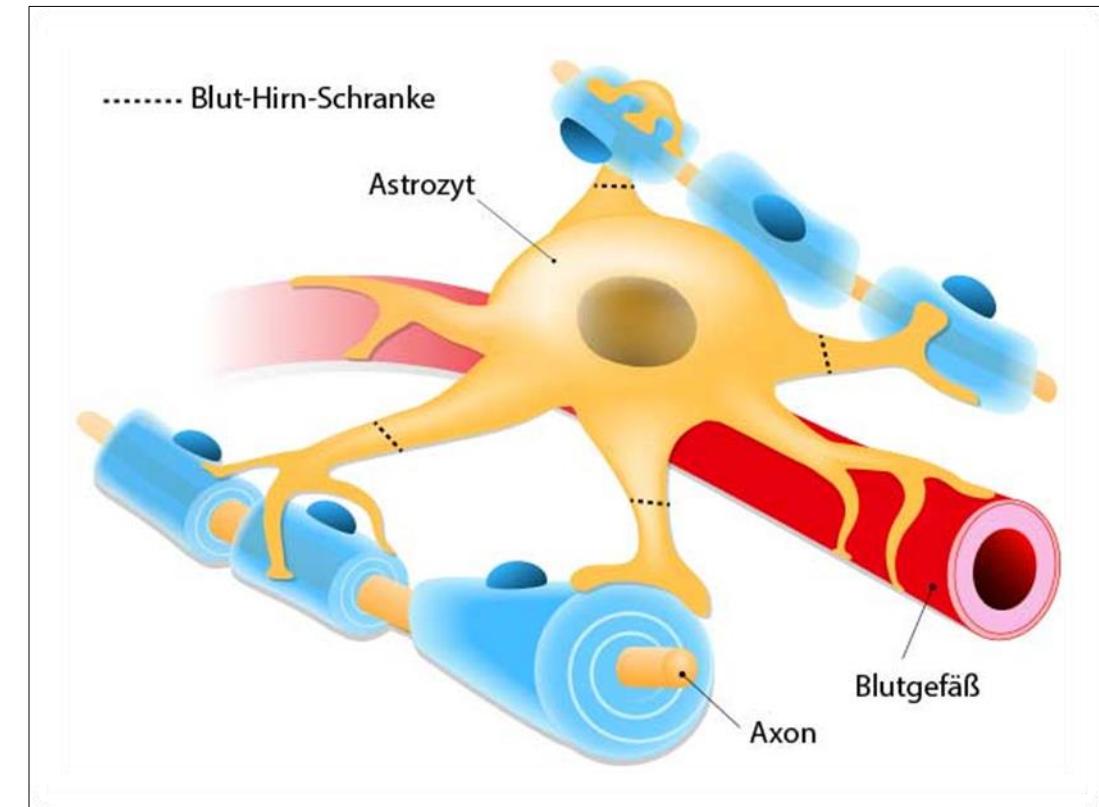
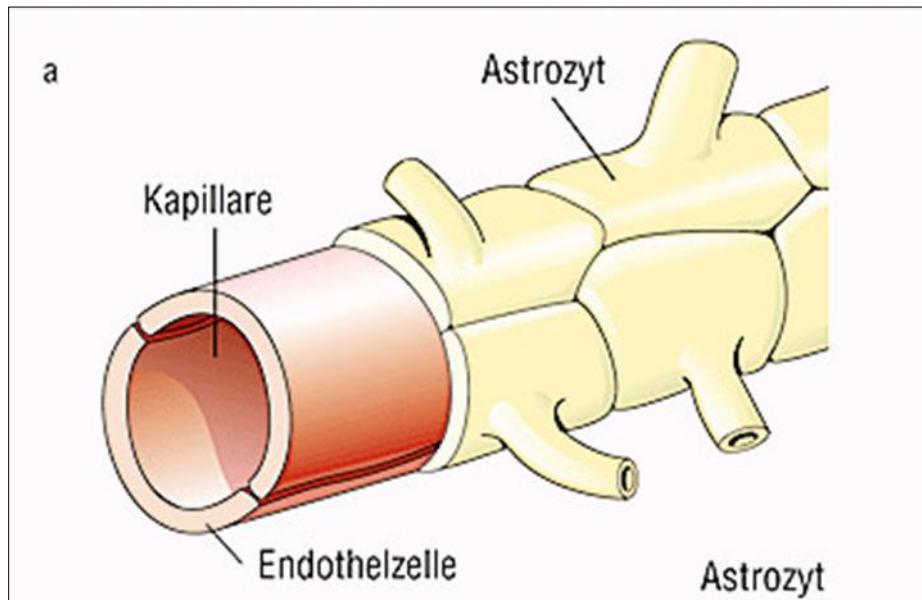
- **Astrozyten**, die den Übergang von Stoffen (z.B. Medikamente) aus dem Blut in die Nervenzellen behindern = **Blut-Hirn-Schranke**.
- **Oligodendrozyten**, die im ZNS um die Axone eine Isolierschicht (Markscheide) bilden.

Gliazellen haben keine Erregungsleitungsfunktion.

Nach einer Verletzung von Nervengewebe bilden sie auch einen narbigen Ersatz = *Glianarbe*.

Die Informationsverarbeitung und Weiterleitung eines Signals geschieht in der Nervenzelle auf *elektrischem Wege*.

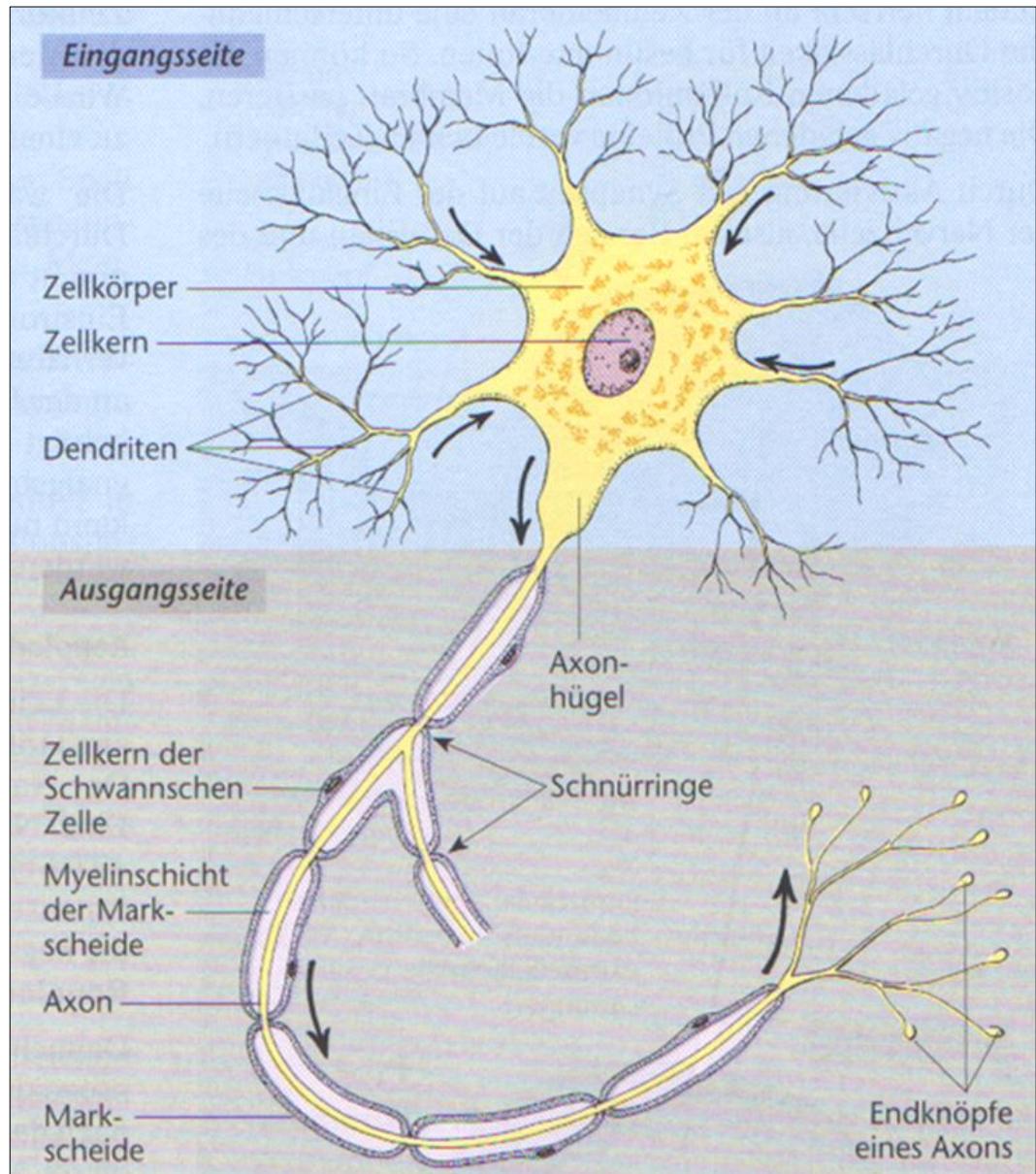
Chemische Vorgänge sorgen dann für eine Übertragung des Signals von einer Nervenzelle auf eine andere Nerven- oder Muskelzelle.



→ Aufbau einer Nervenzelle / Neuron

Zellkörper, Zellkern, Organellen, außerdem:

- **Dendrit:** kurze baumartig verzweigte Ausstülpungen des Zytoplasmas, die Erregungsimpulse aus benachbarten Zellen aufnehmen und zum Zellkörper weiterleiten.
- **Axon / Neurit:** eigentliche **Nervenfaser**, = längliche Zytoplasmaausstülpung, die am Axonhügel (Verbindungsstelle zum Zellkörper) entspringt und als dünner kabelartiger Fortsatz weiterzieht und sich am Ende in viele Endverzweigungen = **Synapsen** aufteilt.
-> Leitung von elektrischen Impulsen zu anderen Nerven-, Drüsen und Muskelzellen.
- **Synapsen** = Kontaktstellen zwischen 2 Nervenzellen (Axon der einen zum Dendriten einer anderen Nervenzelle) oder zwischen einer Nerven- und einer Muskelzelle.

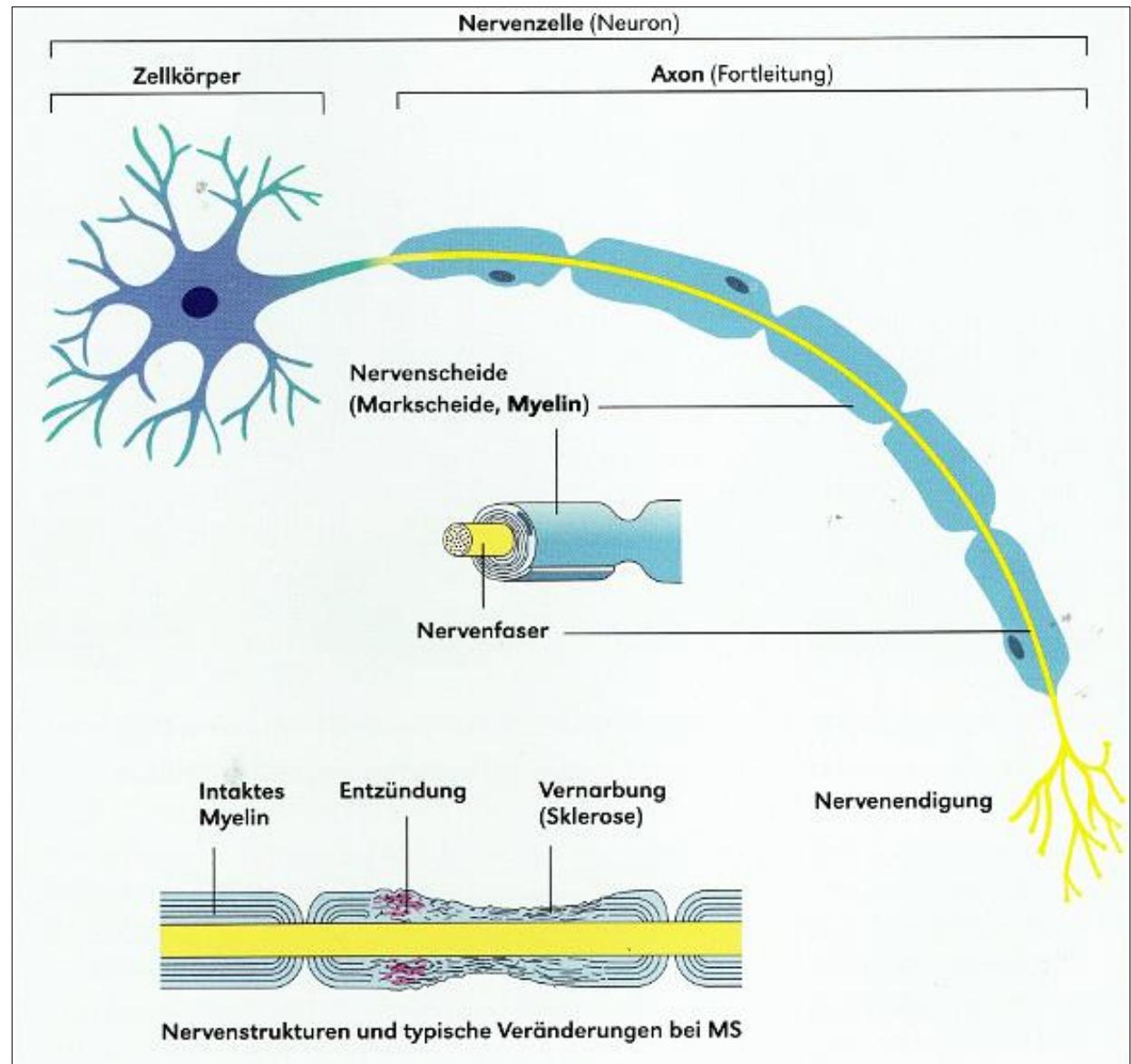


→ Markscheiden

Einige Axone / Neuriten besitzen eine Isolierschicht = **Myelinscheide / Markscheide**, aus einem Fett-Eiweißgemisch, welches von Gliazellen gebildet wird, die das Axon umhüllen. Diese Markscheide weist regelmäßige Einschnürungen auf = **Ranvier'sche Schnürringe**, die eine schnelle („hüpfende“) Weiterleitung der elektrischen Impulse von Schnürring zu Schnürring ermöglichen.

- *Markhaltige Nervenfasern* – dicke Myelinschicht => hohe Leitungsgeschwindigkeit, bis 120 m / s.
- *Marklose Nervenfasern* – dünne Myelinschicht => geringe Leitungsgeschwindigkeit, bis 2 m / s.

Erkrankungen der Markscheiden: MS und Polyneuropathie



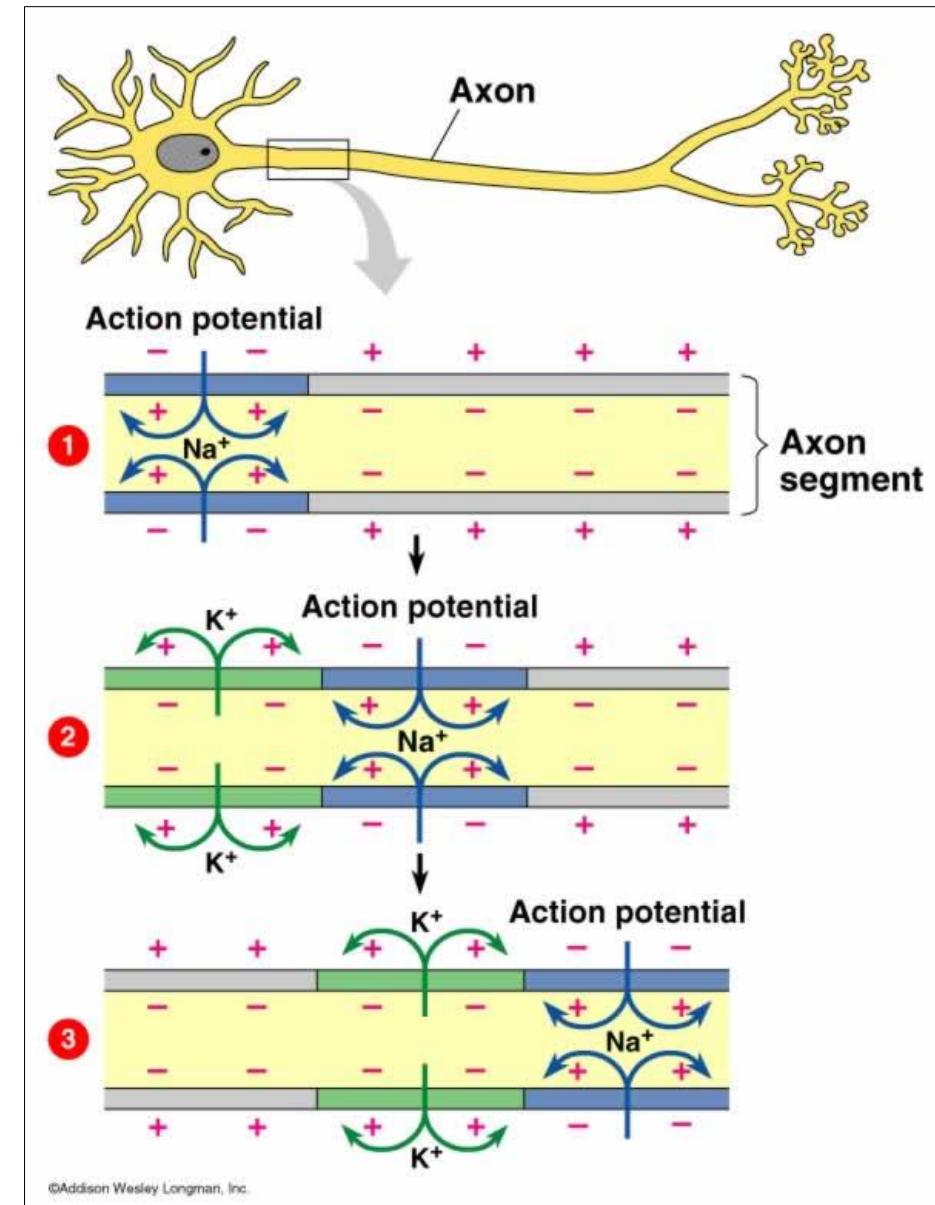
Elektrische Vorgänge in der Nervenzelle:

Im Ruhezustand besteht an der Nervenzellmembran eine geringe elektrische Spannung = **Ruhepotential**, wobei das Zellinnere gegenüber dem Zelläußerem negativ geladen ist. Ursache hierfür ist die unterschiedliche Verteilung negativ und positiv geladener Teilchen (z.B. Kalium, Natrium) im Zellinneren und -äußerem (Zustand wird durch Ionentransport über **Na/K-Pumpe** aufrechterhalten, da die positiv geladenen Ionen die Zellmembran passieren können und die negativ geladenen im Zellinneren verbleiben).

Durch Aktivierung von Synapsen auf der Eingangsseite der Nervenzelle kommt es zu einer Änderung des Ruhemembranpotenzials = **Depolarisation**.

Nun strömen positiv geladene Teilchen ins Zellinnere, bis das Zellinnere gegenüber dem Zelläußerem positiv geladen ist = **Aktionspotential**.

Die Erregung breitet sich ebenfalls durch Teilchenströme entlang des Axons bis zur Synapse aus.

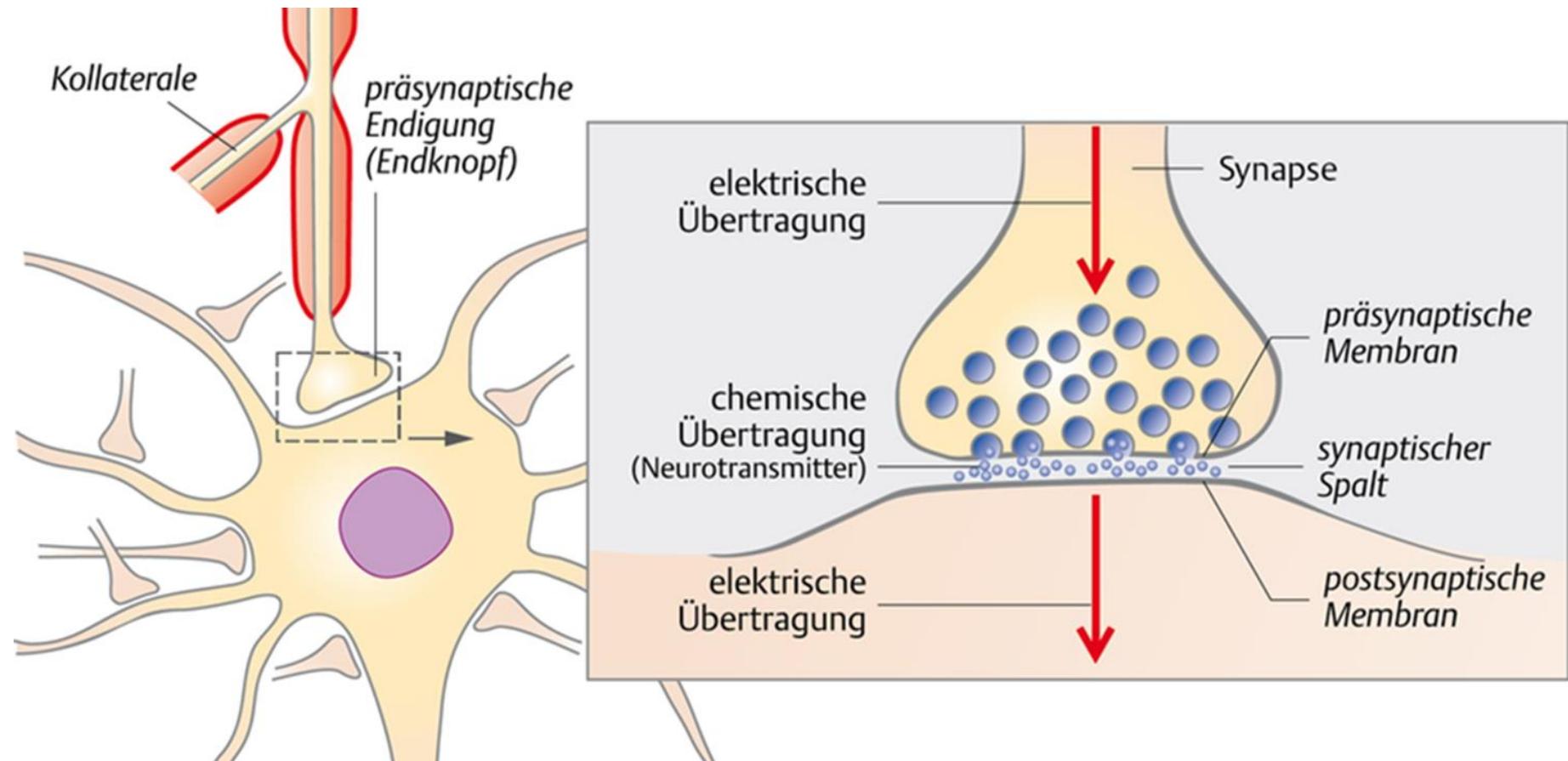


©Addison Wesley Longman, Inc.

Am Axonende wird die Information an den Synapsen **chemisch** mit Hilfe der Neurotransmitter an die nächste Zelle weitergeleitet.

Danach ist die Zelle für kurze Zeit nicht erregbar = **Refraktärzeit**. -> Schutz vor Dauererregung!

Anschließend wird das Ruhepotential wieder hergestellt = **Repolarisierung**, d.h. die Zelle ist in ihrem Inneren wieder negativ geladen.

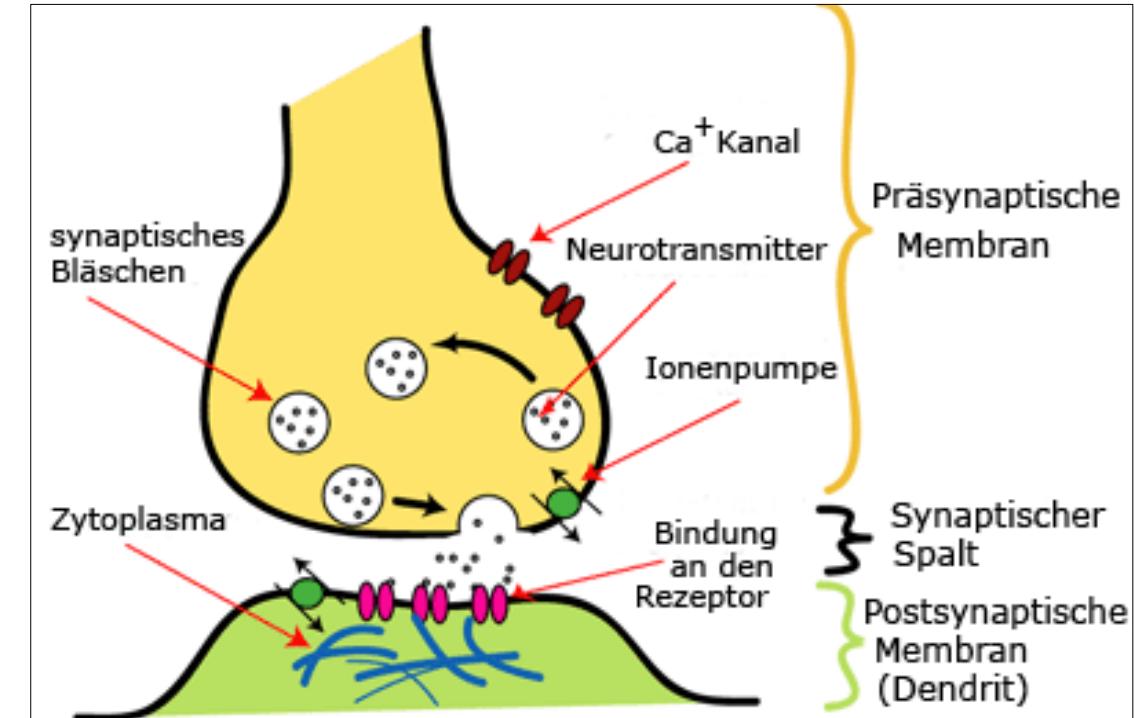


Biochemische Vorgänge an der Synapse:

Die Synapse liegt am Ende des Axons als eine Verzweigung mit knopfartigen Aufreibungen, die das elektrische Signal in ein chemisches umwandelt.

Hier werden aus Bläschen (Vesikel) Überträgerstoffe = **Neurotransmitter** in den Spalt zwischen 2 Zellen freigesetzt. Von dort aus erregen sie die Zellmembran der nachfolgenden Zelle. Manche Überträgerstoffe hemmen auch die Weiterleitung der Erregung.

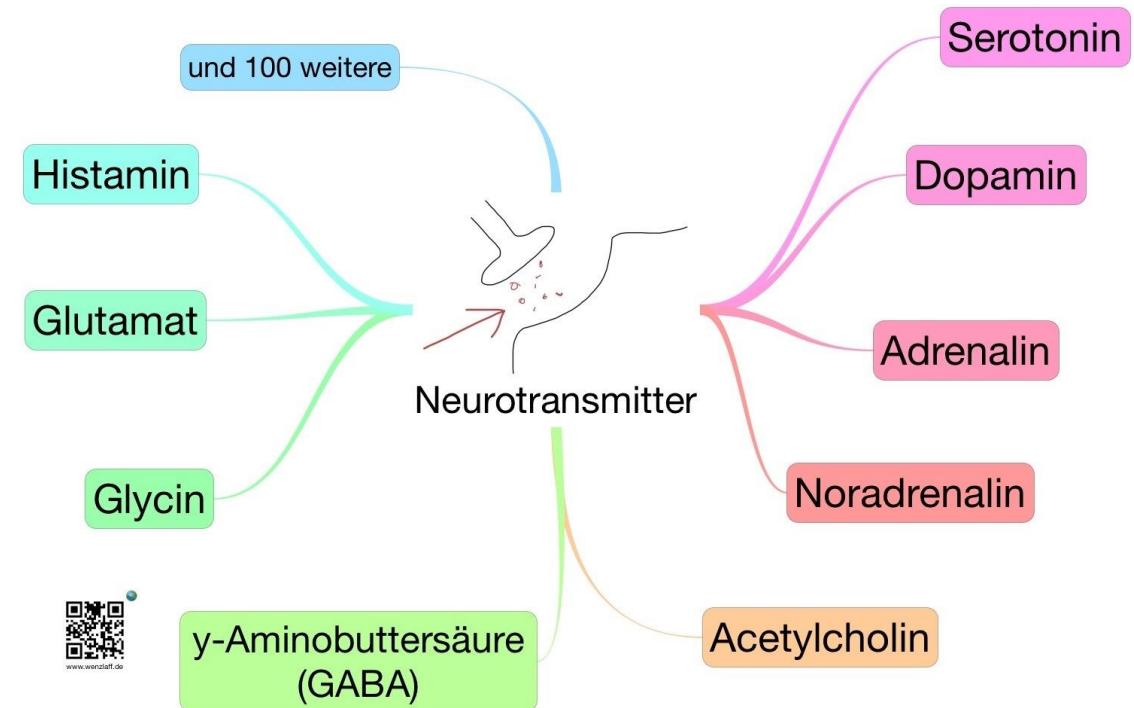
Anschließend wird der Neurotransmitter rasch wieder inaktiviert, indem er von Enzymen abgebaut oder wieder in den präsynaptischen Endknopf zurücktransportiert wird.



Die Synapse zwischen einem Axon und einer Muskelzelle nennt man eine **motorische Endplatte**.

→ Neurotransmitter:

- **Serotonin:** in tryptophanhaltigen Nahrungsmitteln vorhanden, sorgt für körperliches Wohlbefinden und einen guten Schlaf. Es wird auch als Glückshormon bezeichnet und ist Gegenspieler des Melatonins. -> Ein Mangel führt zu Depressionen und Migräne.
- **ACH:** Erregungsleitung von Nervenzellen auf Muskelzellen.
-> Mangel bei Demenz, Überschuss bei Parkinson
- **Noradrenalin:** ist für die psychische Belastbarkeit von Bedeutung -> ein Mangel soll ebenfalls zu Depressionen führen.
- **Dopamin:** hat einen großen Einfluss auf die Psyche. -> Mangel führt zu Parkinson und Schizophrenie
- **GABA / Gamma-Aminobuttersäure:** hemmender Neurotransmitter durch Verminderung der Erregbarkeit der postsynaptischen Membran.



→ Graue Substanz / Weiße Substanz:

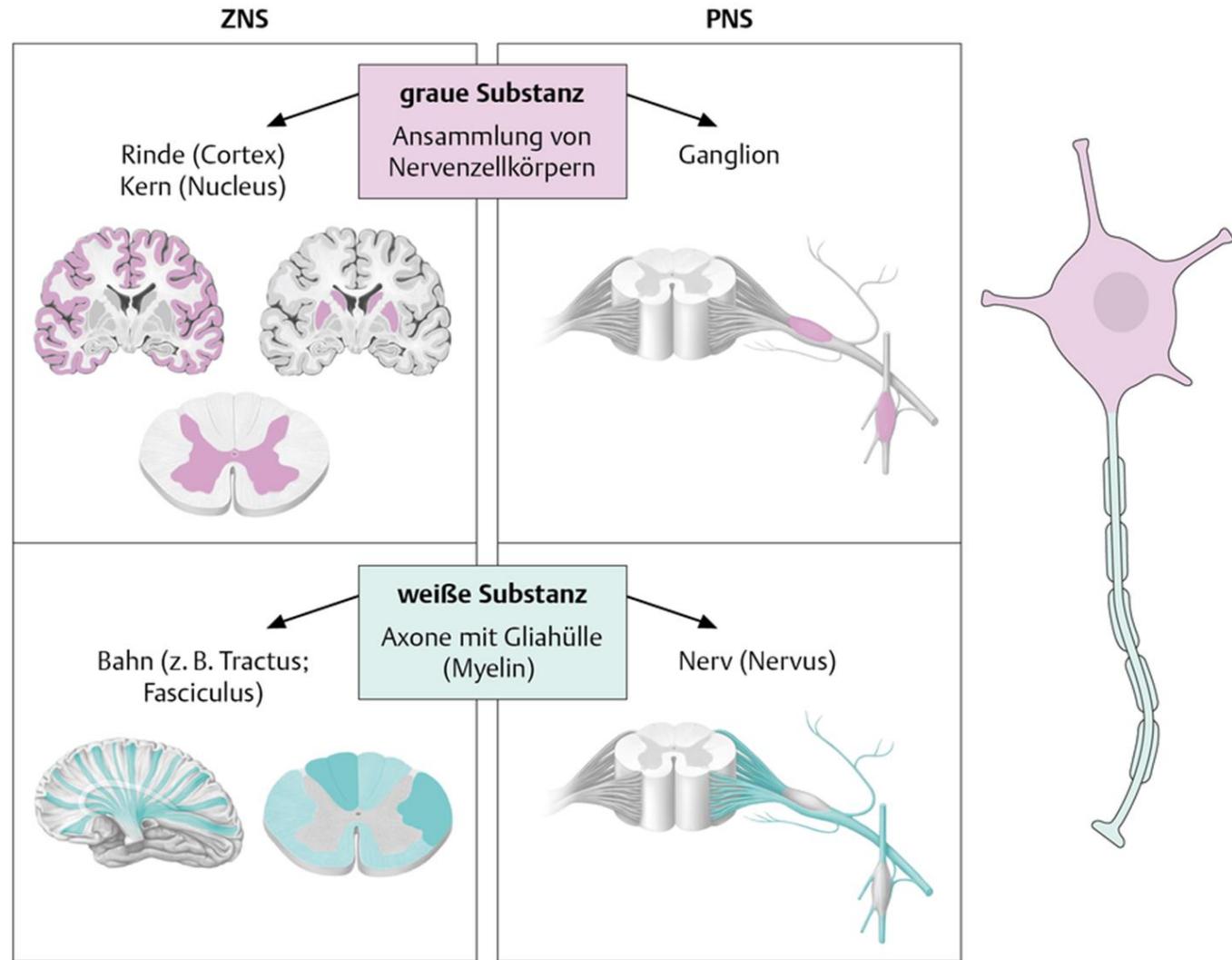
Die **Nervenzellen** besitzen durch ihren Kern eine gräuliche Färbung.

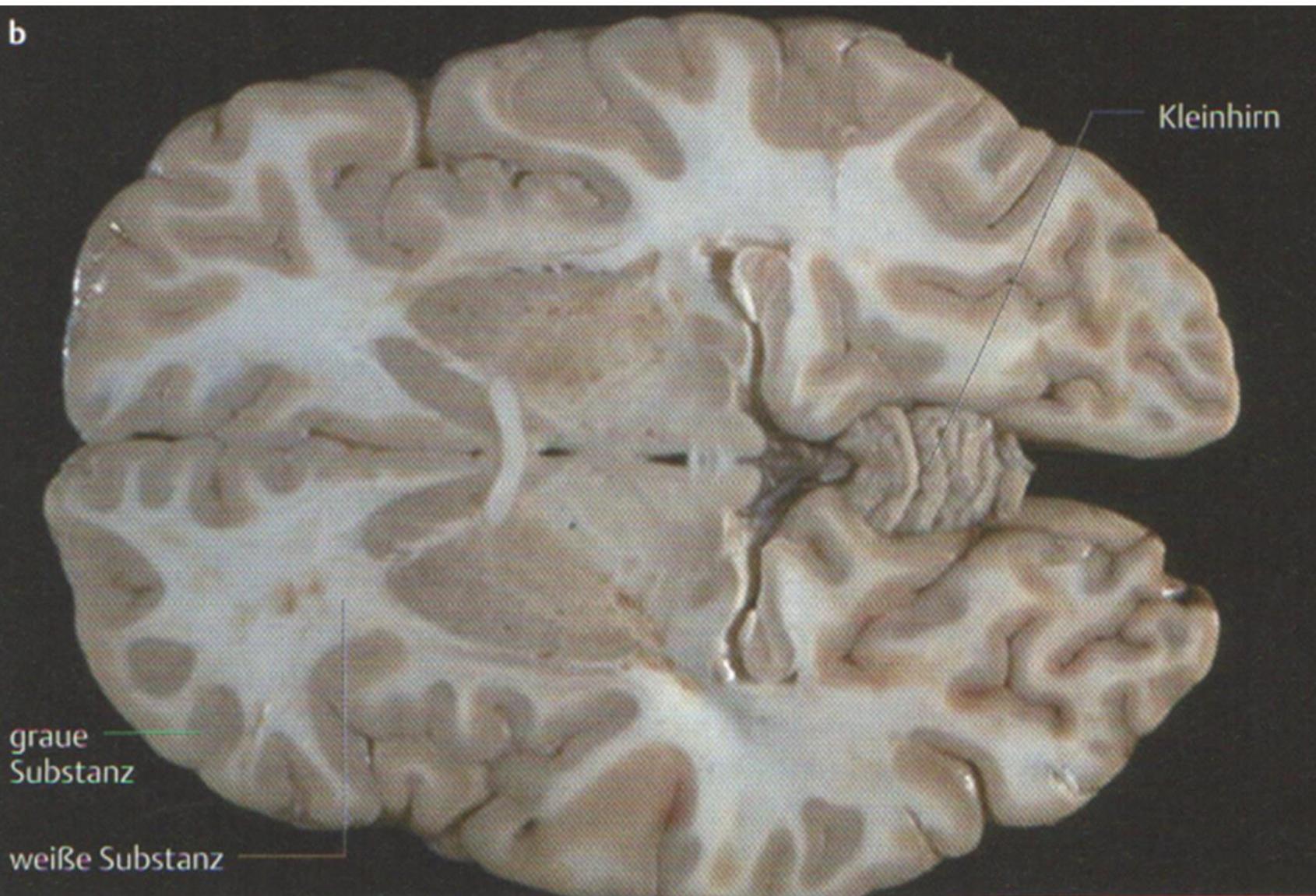
In der Hirnrinde und im Zentrum des Rückenmarks treten sie gehäuft auf
= **graue Substanz**.

Weitere graue Nervenzellanhäufungen liegen als **Kerne / Nuclei** in der Tiefe des Großhirns inmitten der weißen Substanz

Die **Nervenfasern** sehen durch ihre Isolierschicht eher weißlich aus = **weiße Substanz**.

Sie verlaufen vor allem im inneren Bereich des Gehirns, im Rückenmark dagegen in den Randbereichen. Die Nervenfasern leiten die Information vom Gehirn über das RM in die Peripherie weiter und auch umgekehrt, d.h. sie verbinden die verschiedenen Hirnabschnitte miteinander.





→ Nerv:

Mehrere Nervenfasern bündeln sich zu einem **Nerven**, der von einer BG-Hülle umgeben ist.

Je nach Richtung der Erregungsleitung gibt es:

- **Afferente / sensorische** Nervenfasern:

(*hinführend*)

sie leiten Erregung aus der Peripherie zum Gehirn hin
(z.B. sensible Nervenfasern, die von den Sinneszellen zum NS ziehen).

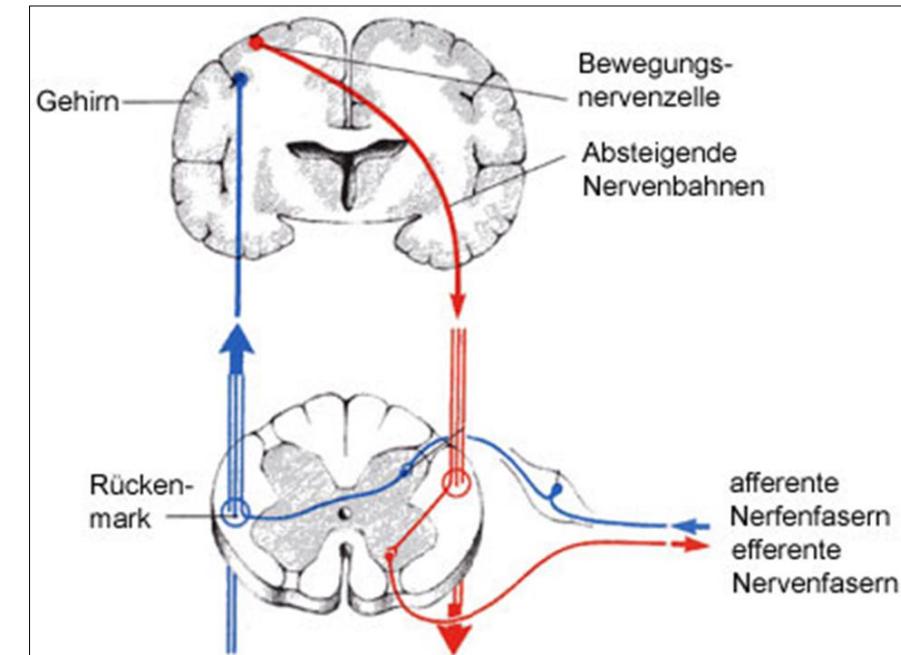
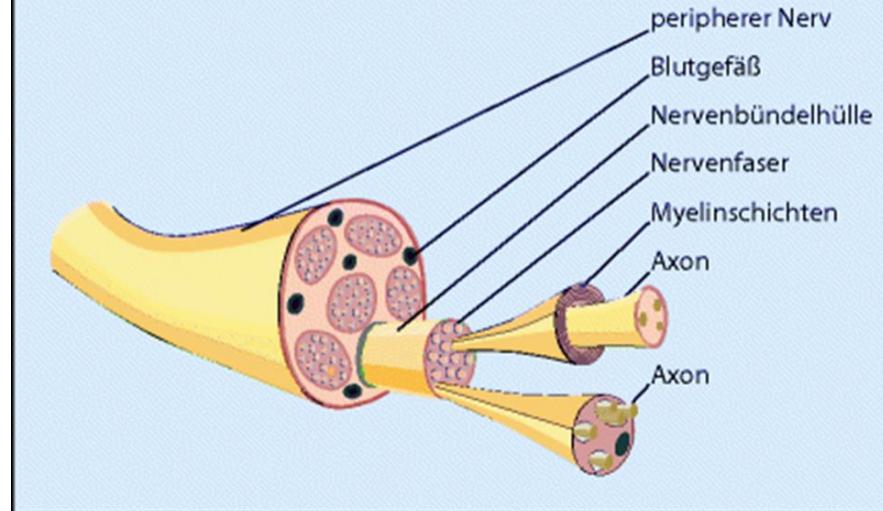
- **Efferente / motorische** Nervenfasern:

(*wegführend*)

sie leiten Erregung vom Gehirn zur Peripherie hin
(z.B. motorische Nervenfasern, die zur Muskulatur laufen und eine Bewegung auslösen).

Ein Nerv kann sowohl motorische als auch sensible Fasern enthalten, er kann sich in seinem Verlauf mehrere Male teilen oder sich auch mit anderen Nerven vereinigen.

Peripherer Nerv



→ Aufbau des Gehirns / Enzephalon:

Das Gehirn wird schützend vom knöchernen Schädel, den Rückenmarkshäuten / *Meningen* und einer Flüssigkeit / *Liquor* umgeben. Es wiegt ca. 1300 g

Der Liquor wirkt schützend wie ein Wasserkissen und hat auch eine ernährende Funktion.

Er wird von der **Pia mater** gebildet und füllt die Hirnhohlräume / *Hirnventrikel*.

-> *Lumbalpunktion* zu Untersuchungszwecken und Funktion in der Schmerztherapie / *epidurale Anästhesie*.

Das Gehirn wird gegliedert in:

- Großhirn
- Zwischenhirn
- Mittelhirn ↴
- Brücke → Hirnstamm
- Verlängertes Mark ↗
- Kleinhirn

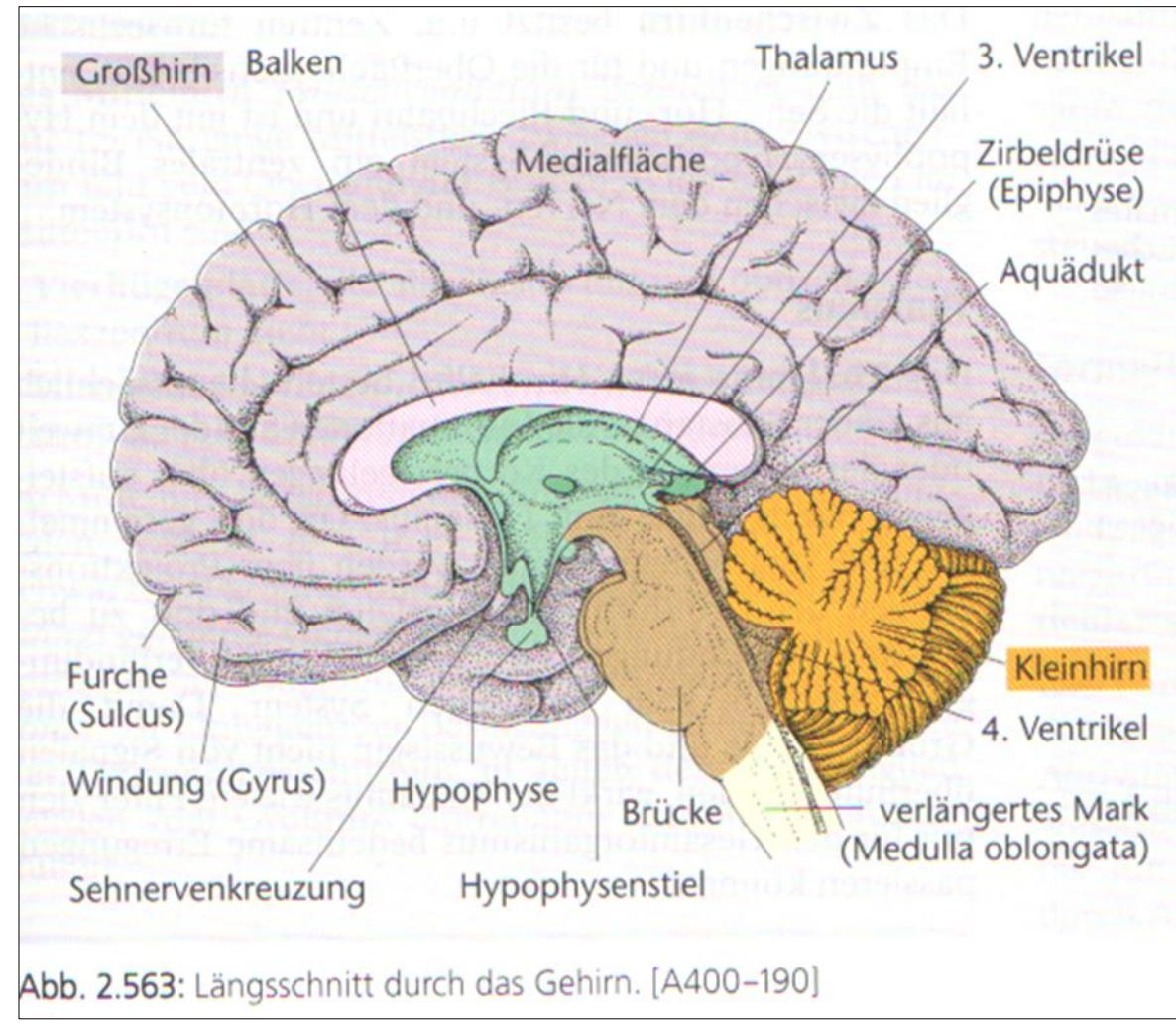
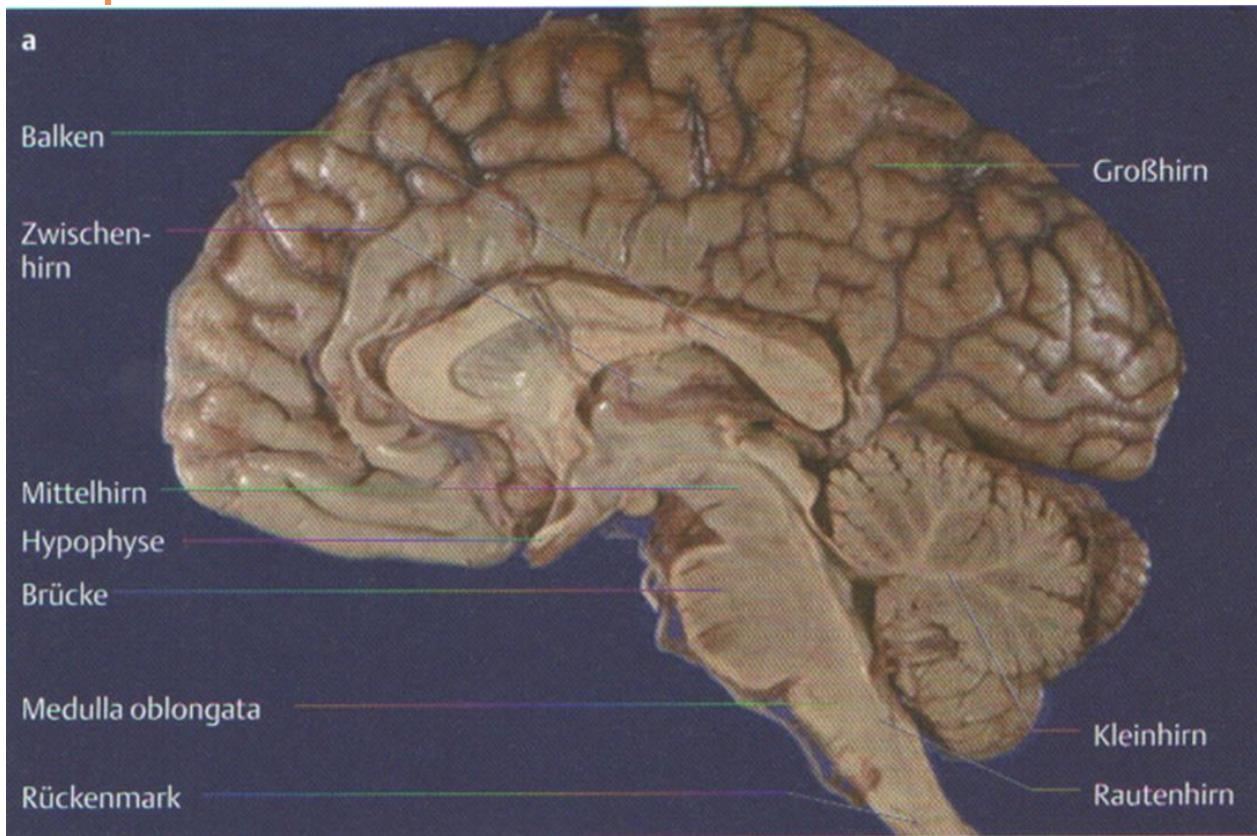


Abb. 2.563: Längsschnitt durch das Gehirn. [A400-190]

→ Großhirn:

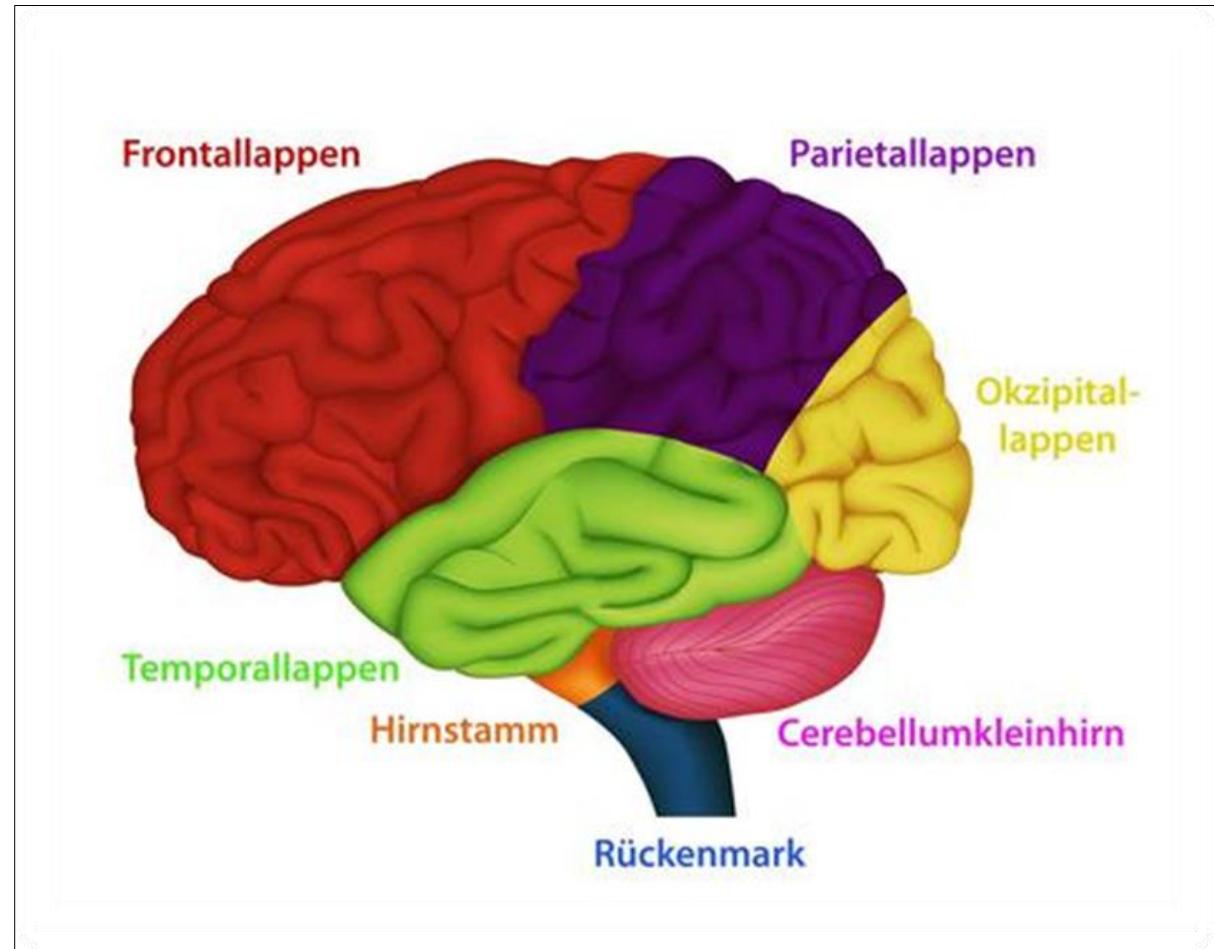
= größter Teil des menschlichen Gehirns, stülpt sich mit beiden Hirnhälften über Mittel- und Zwischenhirn.

Die Großhirnrinde besteht aus 100 Milliarden Nervenzellen und wirkt durch deren Nervenzellkörper grau.

Beide Großhirnhälften / Hemisphären sind in der Tiefe durch den **Balken**, einen Strang aus Nervenfasern, miteinander verbunden.

-> auf der Oberfläche sieht man zahlreiche **Windungen / Gyri** und **Furchen / Sulci**, wodurch die Oberfläche stark vergrößert wird.

Es gibt 4 Großhirnlappen: **Stirnlappen, Scheitellappen, Schläfenlappen + Hinterhauptslappen.**



Eine besondere Furche ist die **Zentralfurche** /
Sulcus centralis = Trennungslinie zwischen
Stirnlappen / *Lobus frontalis* und
Scheitellappen / *Lobus parietalis*.

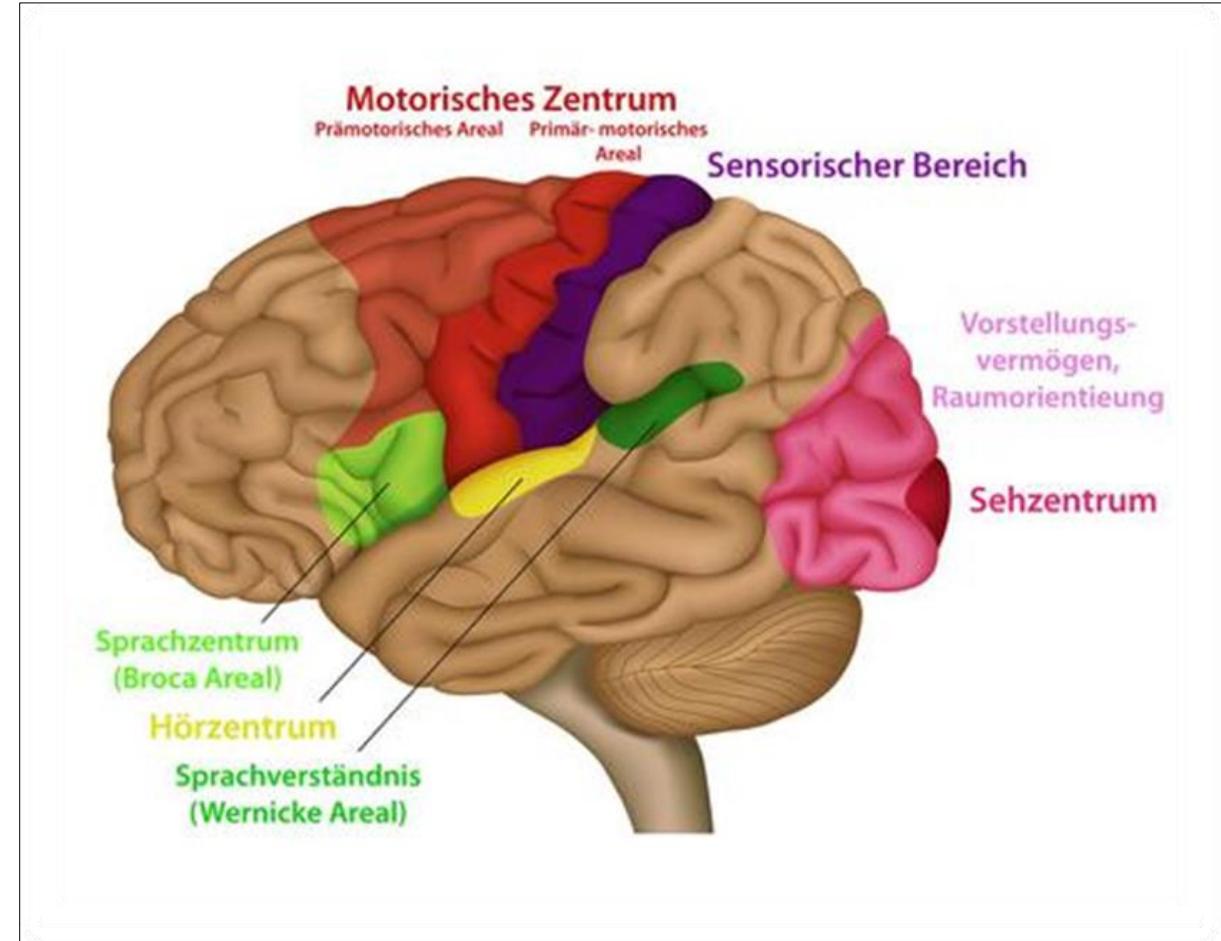
Einzelne Teile der Hirnrinde haben eine bestimmte Funktion!

Die Hirnwindung vor der Zentralfurche nennt man **vordere Zentralwindung** / *Gyrus praecentralis*

-> Schaltzentrale für fast alle **willkürlichen** Bewegungen der Muskulatur.

Die Hirnwindung hinter der Zentralfurche = **hintere Zentralwindung** / *Gyrus postcentralis*

-> Schaltzentrale für die **Sensorik**, d.h. hier werden Empfindungen wie Berührung und Geschmack weiterverarbeitet.
=> Hier enden alle Informationen aus den Sinnesrezeptoren.



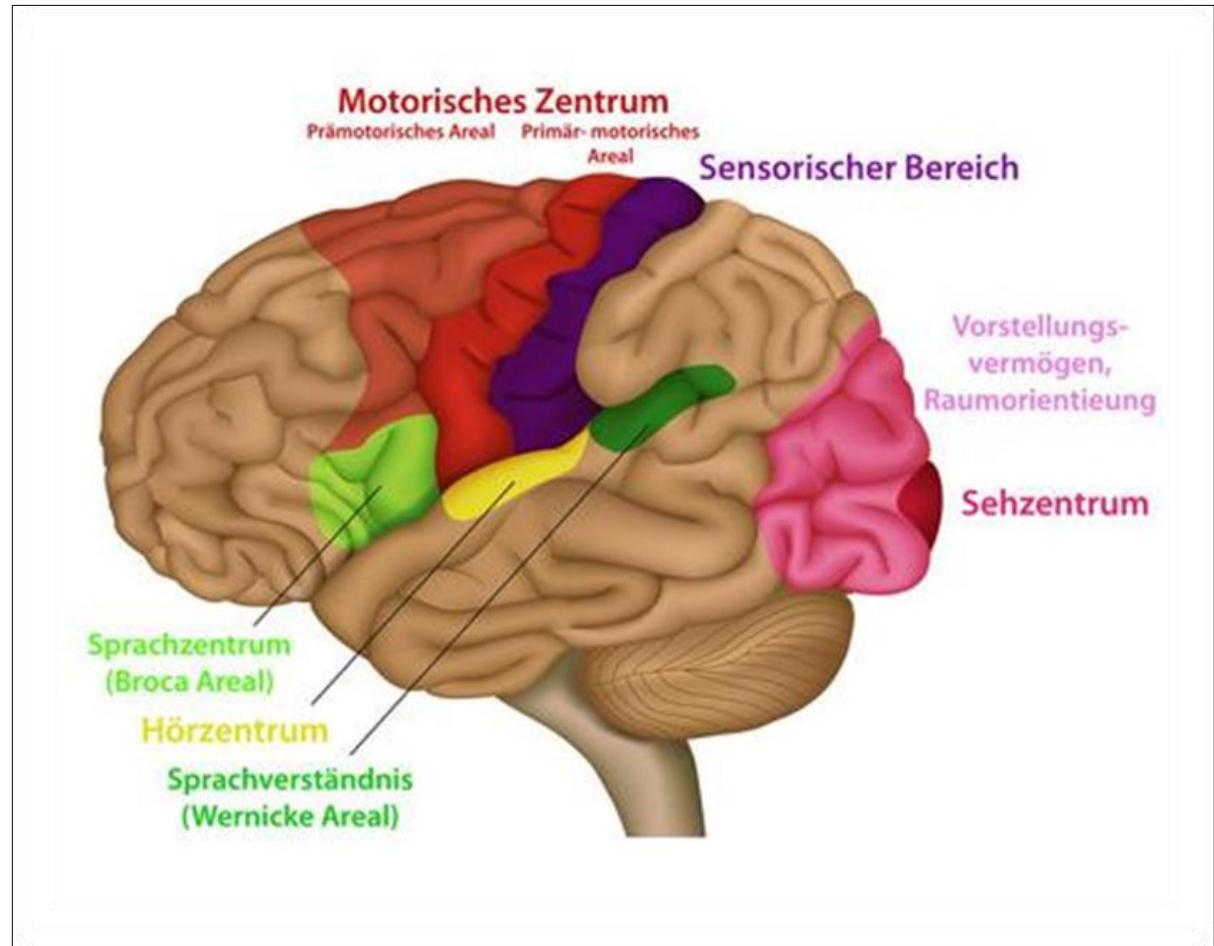
Im Stirnlappen befindet sich auch das **Broca-Sprachzentrum** = motorisches Sprachzentrum.

Im Scheitellappen befindet sich das **Wernicke-Sprachzentrum** = Zentrum für Sprachverständnis und das **Lesezentrum**.

=> Die Sprachzentren befinden sich bei den meisten Menschen in der linken Hirnhälfte.

Die **seitliche Großhirnfurche / Sulcus lateralis** trennt den **Schlafenlappen / Lobus temporalis** vom **Scheitellappen**. Im Schlafenlappen ist das **Hörzentrum** lokalisiert.

Des Weiteren gibt es noch einen **Hinterhauptslappen / Lobus occipitalis**. Hier ist z.B. das **Sehzentrum** lokalisiert.

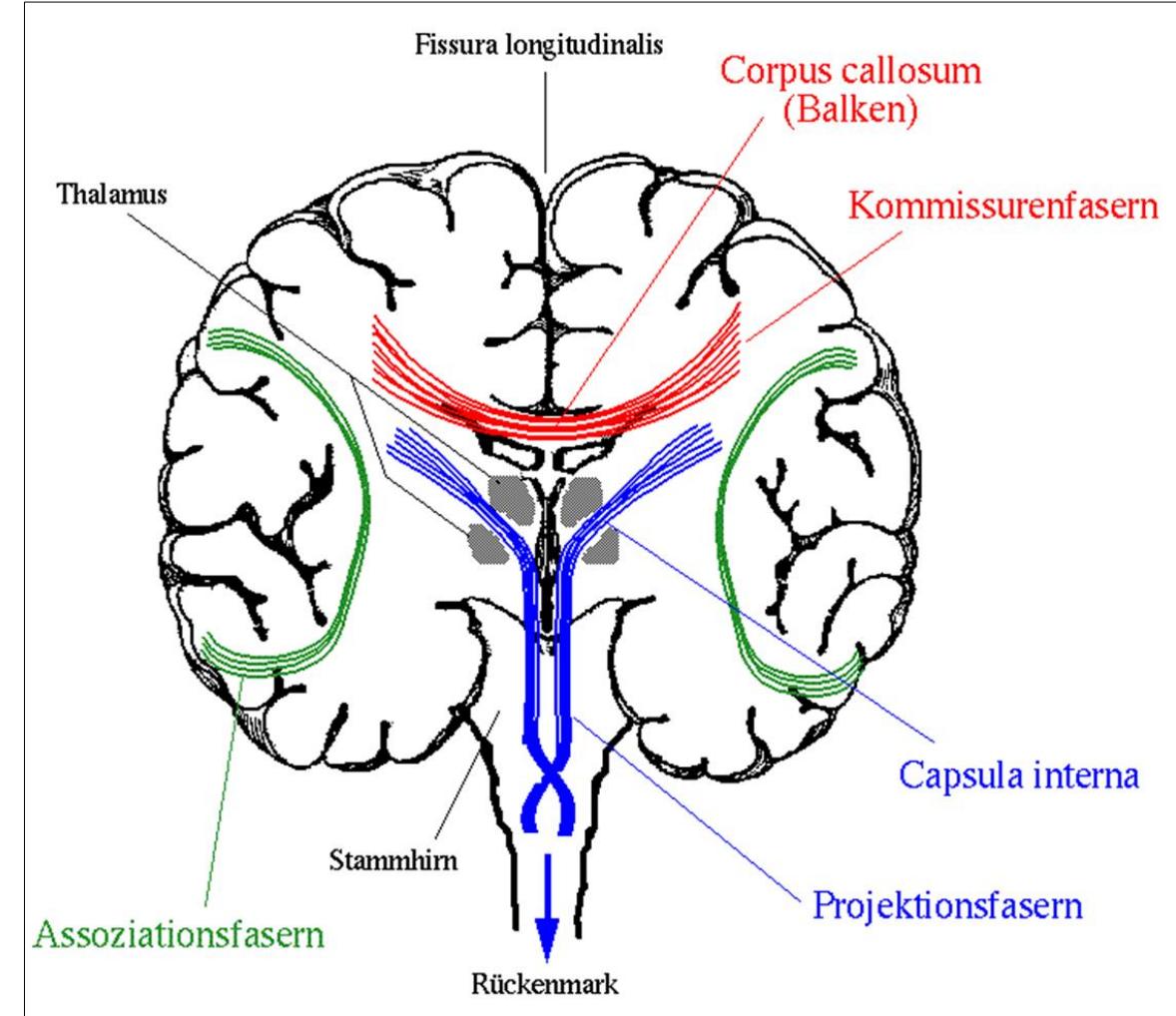


Großhirn = Sitz aller bewussten Empfindungen und Handlungen, Intelligenz und Gedächtnis.

Fallen Bereiche des Großhirns aus, kommt es zur Demenz mit Verlust des Empfindens für die eigene Persönlichkeit.

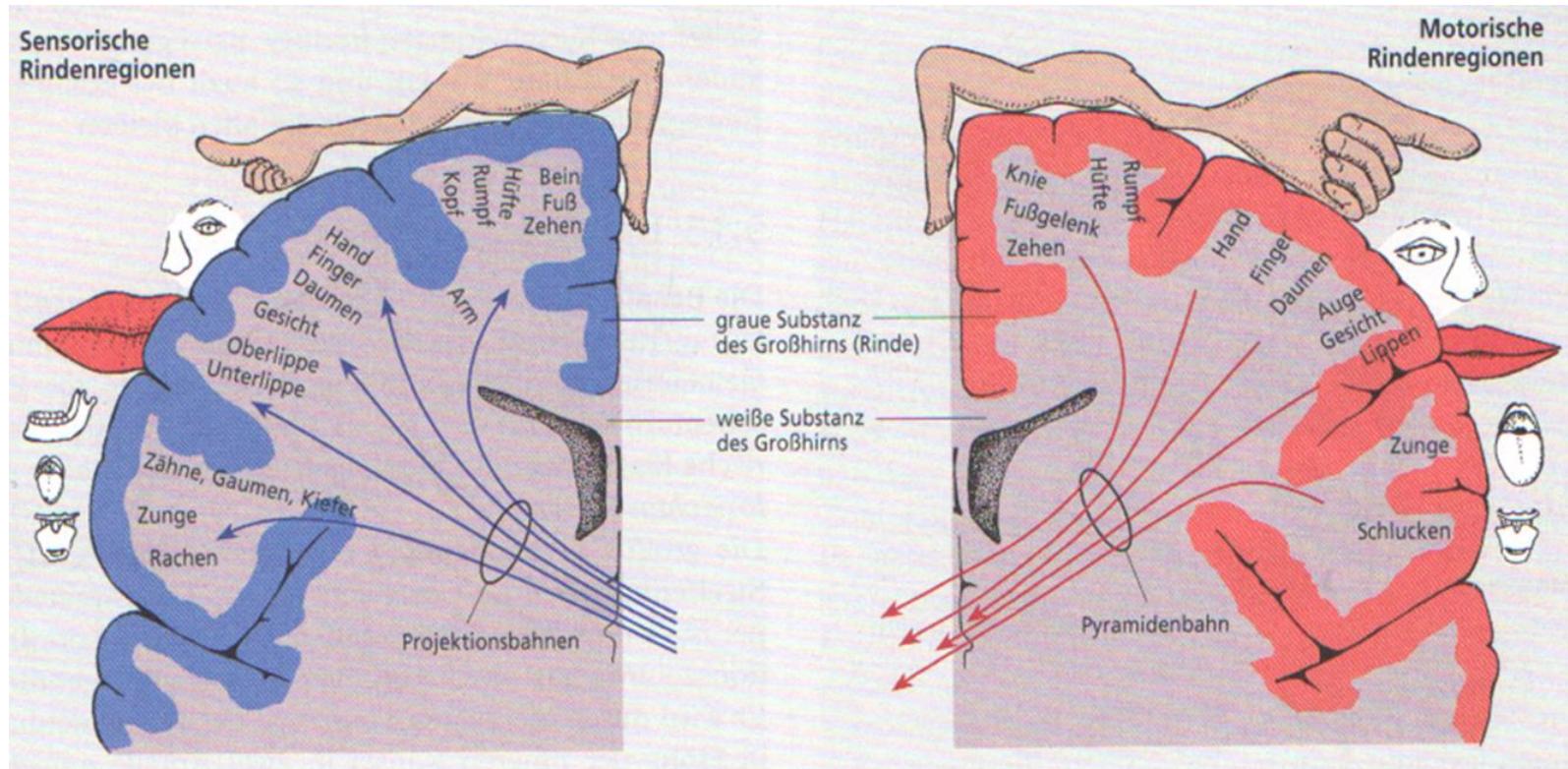
Ein Teil der Nervenfasern bildet Verbindungen / Bahnen zwischen den einzelnen Rindenanteilen der gleichen Seite oder zieht in die andere Hemisphäre. Andere Bahnen verbinden zentrale Hirnbereiche mit dem RM bzw. der Peripherie und dem Kleinhirn.

- **Kommissurenfasern** = Nervenfasern, die von einer Hemisphäre zur anderen ziehen.
- **Assoziationsfasern** = Nervenfasern, die innerhalb einer Hemisphäre verlaufen und z.B. verschiedene Lappen oder Furchen miteinander verbinden.
- **Projektionsfasern** = Nervenfasern die z.B. die Großhirnrinde mit anderen Bereichen des ZNS verbinden.



Homunculus:

= Modell, das die Beziehung zwischen Bereichen der Großhirnrinde und Skelettmuskulatur bzw. sensorischen Gebieten darstellt, d.h. für jede Körperregion sind entsprechende Nervenzellen des Kortex verantwortlich. So unterscheidet man einen motorischen und einen sensorischen Homunculus.



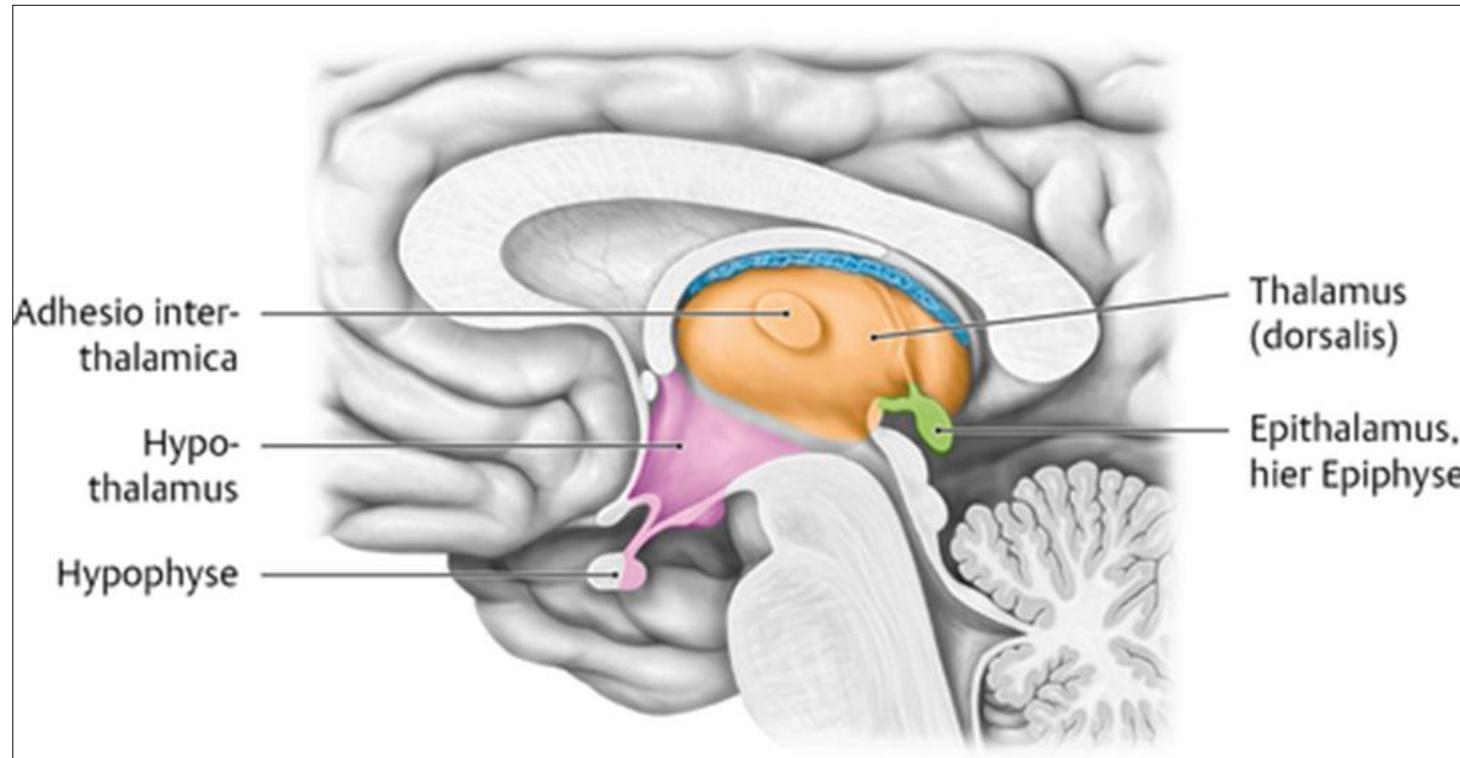
Beim motorischen Homunkulus gilt: Je feiner der jeweilige Körperteil bewegt werden kann, desto größer ist der Abschnitt des motorischen Rindenfeldes, der für ihn zuständig ist. -> z.B. Hand

Für den sensorischen Homunkulus gilt: Der zuständige Rindenfeldabschnitt ist um so größer, je sensibler die entsprechende Körperregion ist. -> z.B. Mund

→ Zwischenhirn

Unterhalb des Großhirns liegt das Zwischenhirn, als eine **Schaltstelle** zwischen Großhirn und Hirnstamm.

Es besitzt Zentren für seelische Empfindungen und für die Oberflächensensibilität, es enthält die Seh-, Riech- und Hörbahn und bildet mit dem Hypophysen-Hypothalamus-System ein zentrales Bindeglied zwischen Nerven- und Hormonsystem.



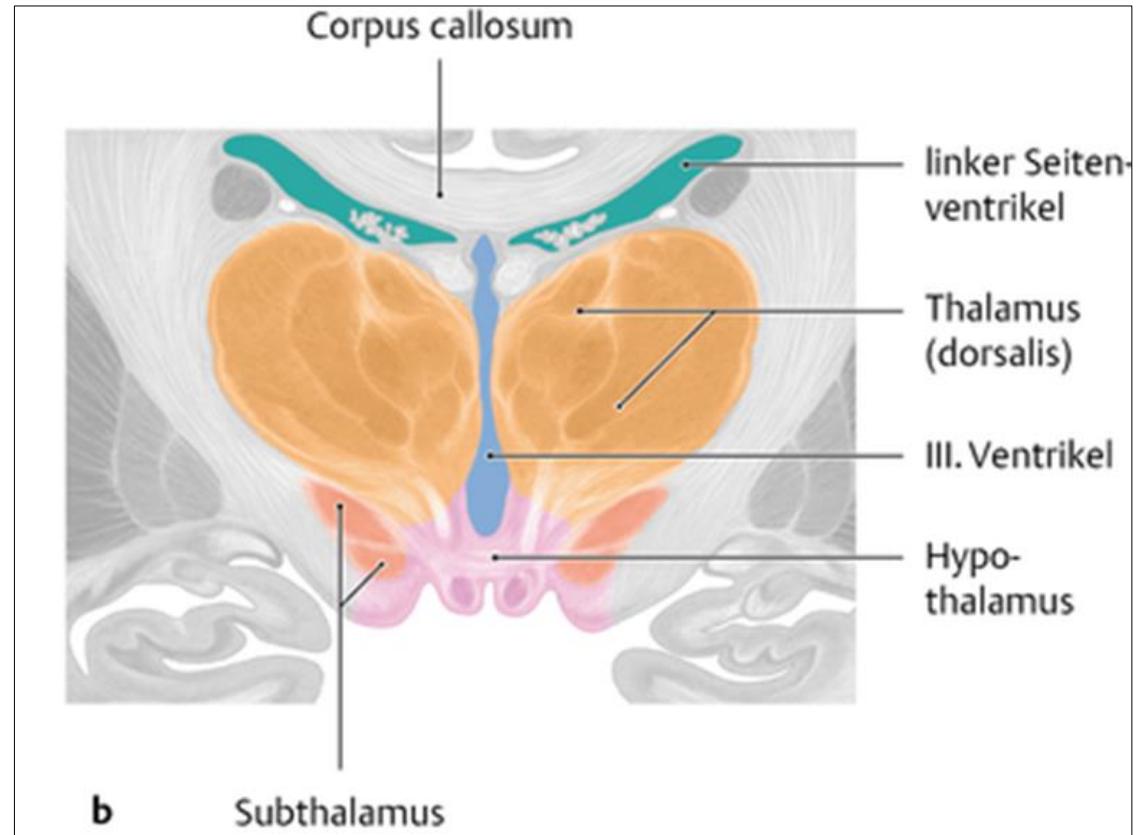
Hauptbestandteile des Zwischenhirns sind:

- **Thalamus:**

er besteht hauptsächlich aus grauer Substanz, hier hin gelangen alle Informationen aus der Umwelt oder der Innenwelt des Körpers über aufsteigende Bahnen und werden gesammelt, miteinander verschaltet und verarbeitet (*Informationen zu Schmerz, Temperatur, Druck, Berührung sowie Sehen und Hören* -> **Schaltstelle für sensible Reize**).

Anschließend werden sie zur Großhirnrinde weitergeleitet und dort zu bewussten Empfindungen verarbeitet.

-> Thalamus = „**Tor zum Bewusstsein**“



- **Hypothalamus:**

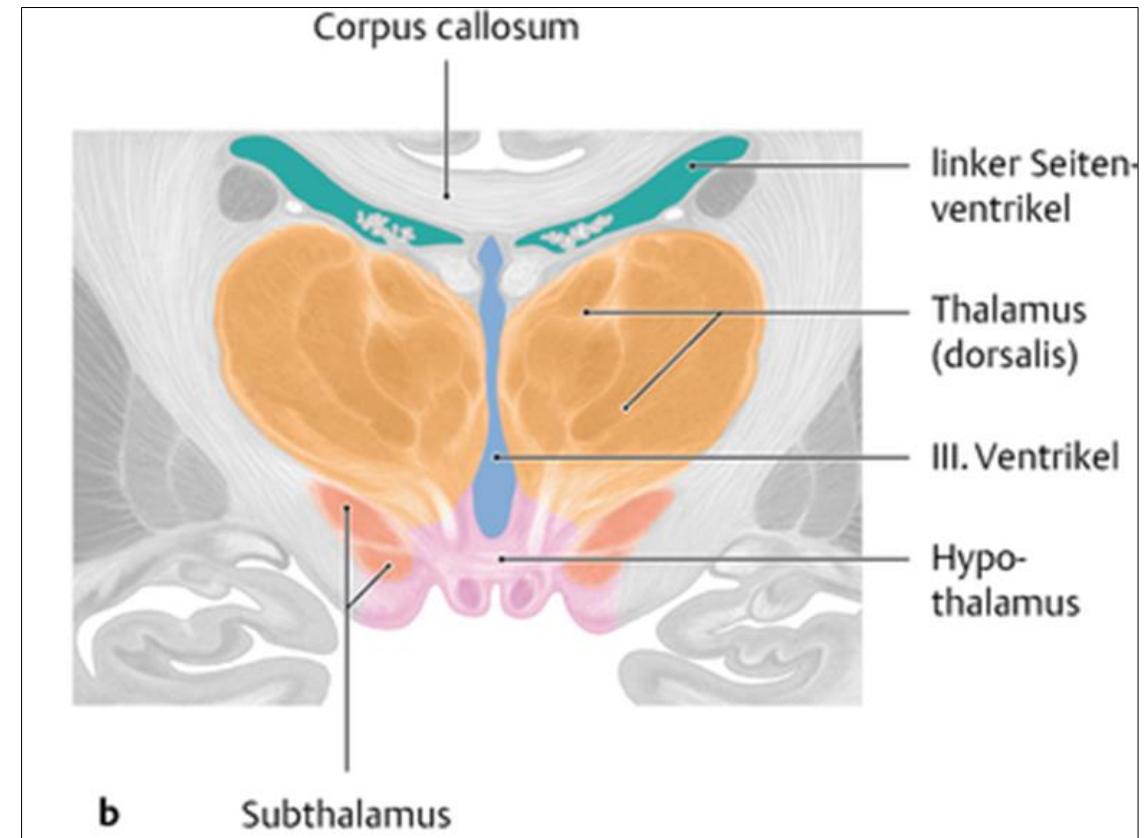
er liegt unterhalb des Thalamus und hat bei der Steuerung zahlreicher körperlicher und psychischer Lebensvorgänge eine überragende Bedeutung und ist das **Bindeglied zwischen Nerven- und Hormonsystem**.

Seine Rezeptoren kontrollieren viele Körperfunktionen

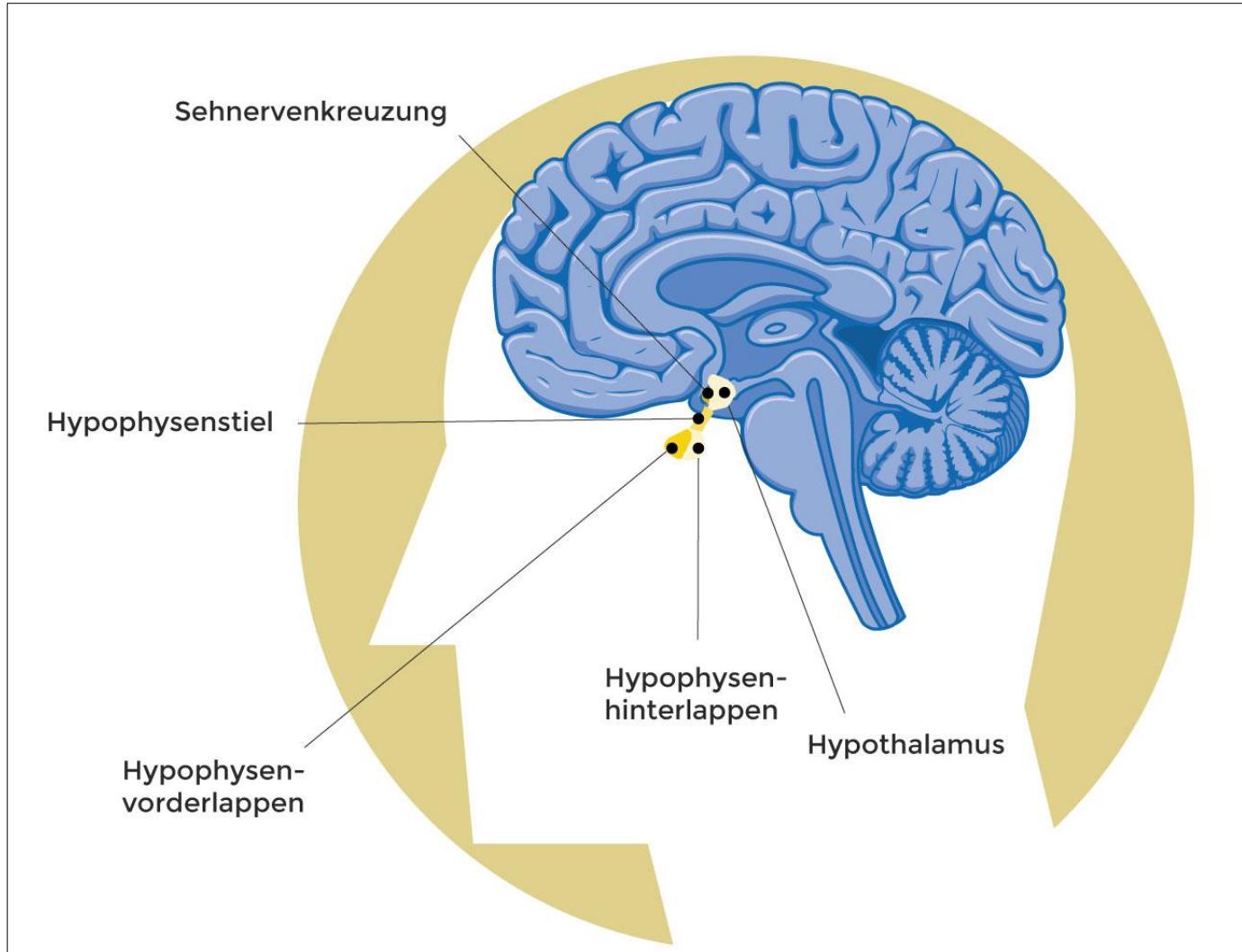
(z.B. *Körpertemperatur, Wasser-Salzhaushalt, Kreislauffunktion, Blasenfunktion, Durst-, Hunger-, Sättigungsgefühl*).

Außerdem werden hier die Hormone **ADH** und **Oxytocin** gebildet, die zum Hypophysenhinterlappen gelangen und dort gespeichert werden.

Über die Ausschüttung von **RH** und **IH** wird der Hypophysenvorderlappen zur Hormonproduktion stimuliert.



- **Hypophyse / Hirnanhangsdrüse:** Sie besteht aus einem Vorderlappen und einem Hinterlappen und besitzt eine beherrschende Funktion über das Hormonsystem.
- **Epiphyse / Zirbeldrüse / Epithalamus:** sie produziert das Hormon **Melatonin** und ist an der Steuerung körpereigener Rhythmen, v.a. Tag-Nacht-Rhythmus, beteiligt.
- **Subthalamus:** er wird funktionell zu den Basalganglien gezählt
-> er spielt eine Rolle bei der Motorik



→ Basalganglien

Die Nervenzellen dieses Systems liegen in **Kerngebieten** unterhalb der Hirnrinde.

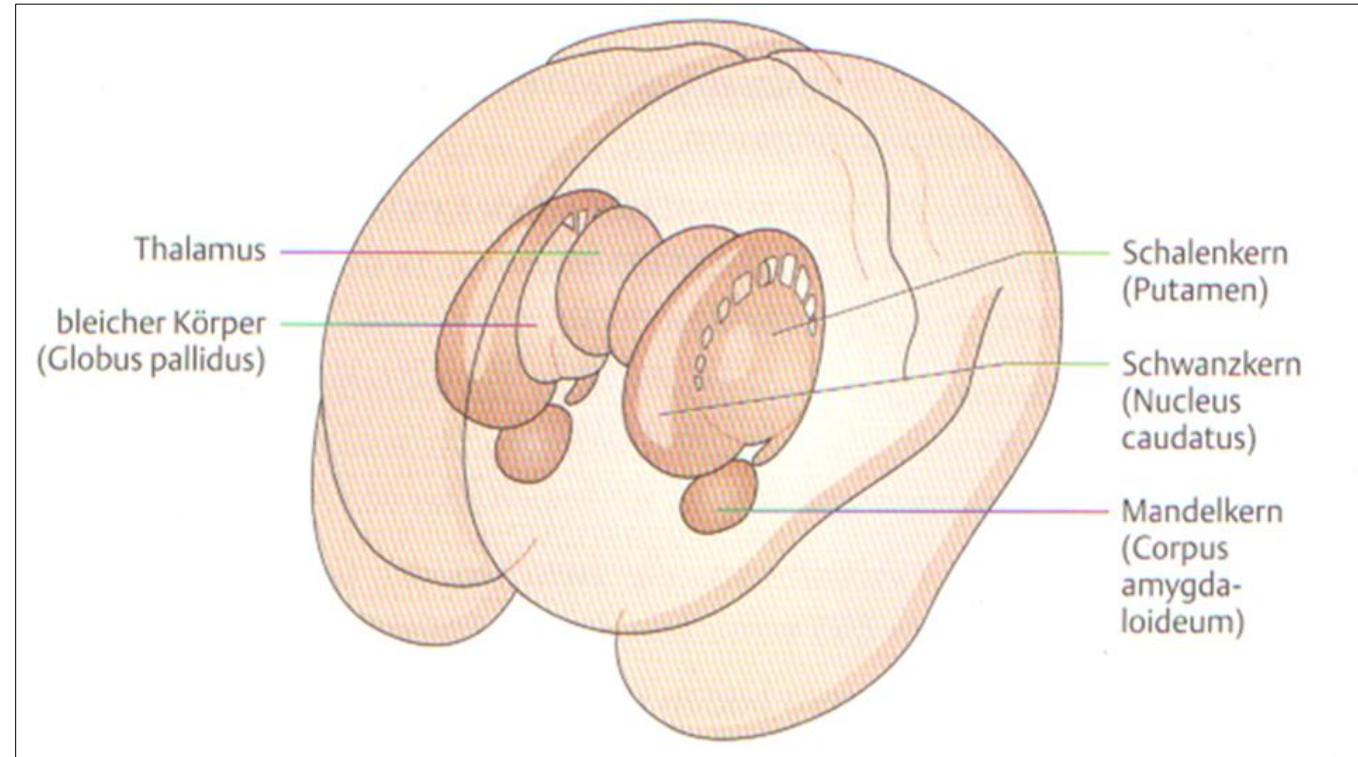
Hierzu gehören:

Schalenkern / *Putamen*

Schweifkern / *Nucleus caudatus*

Bleicher Kern / *Globus pallidus*

Mandelkern / *Corpus amygdaloideum*



Sie dienen dazu, die im Stirnlappen geplanten und entworfenen Bewegungsprogramme parallel vor Ausführung der Bewegung zu unterstützen und zu kontrollieren.

Sie stehen über **mehrere Schaltkreise** mit der **Großhirnrinde**, **dem Kleinhirn**, dem visuellen System sowie dem **Gleichgewichtssystem** in Verbindung.

=> So können Bewegungen genau aufeinander abgestimmt werden.

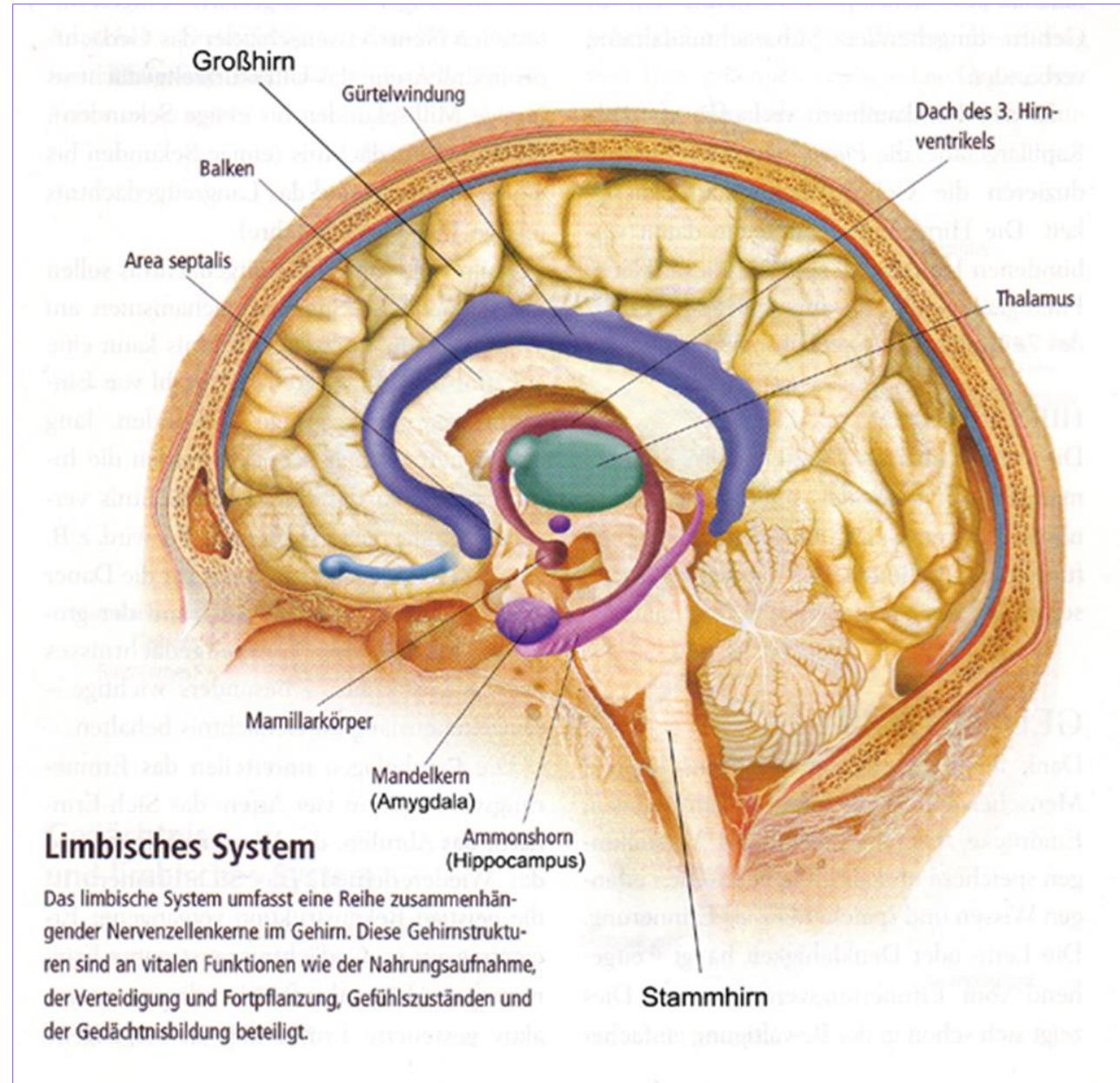
Limbisches System

= funktionelle Einheit, die aus Strukturen des Großhirns, des Zwischenhirns (Teile des Hypothalamus und Thalamus, Mandelkern, Hippocampus und Riechkolben) und des Mittelhirns gebildet wird. Es enthält Infos aus fast allen Sinnesorganen und erstellt daraus ein emotionales Gesamtbild.

=> zentrale Bedeutung bei der **Entstehung von Gefühlen, Lernprozessen** und für das **Gedächtnis**.

Durch seine Verbindung zum Hypothalamus nimmt dieses System *Einfluss auf zahlreiche Organfunktionen vegetativer und hormoneller Art*. Z.B. Durchfall, Blutdruckanstieg und erhöhte Pulsfrequenz vor Prüfungen.

Der Hippocampus hat dabei eine zentrale Bedeutung für das Ortsgedächtnis und bewusst abrufbare Gedächtnisinhalte.



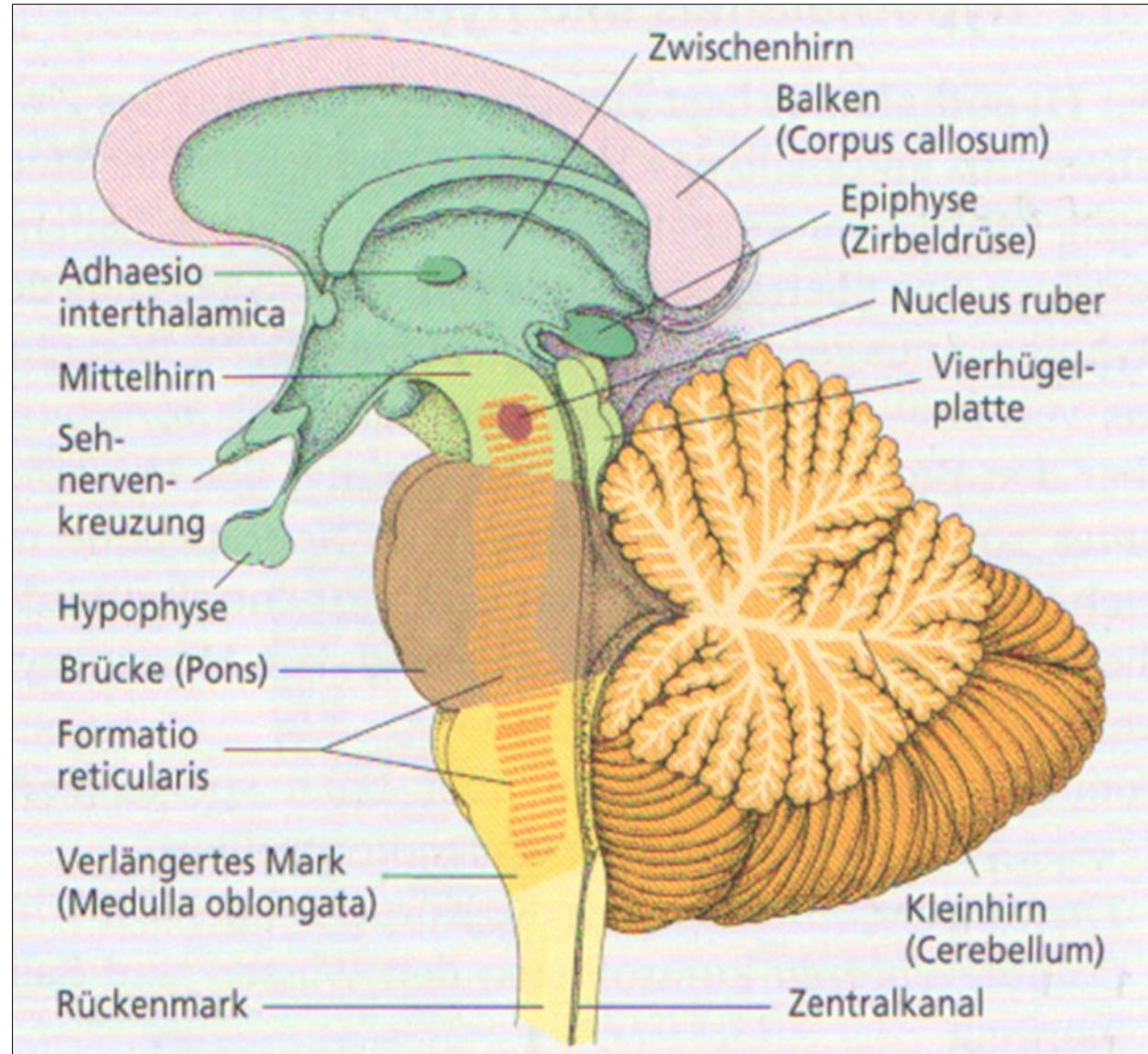
→ Hirnstamm

Er wird aus dem **Mittelhirn**, der **Brücke** und dem **verlängerten Mark** gebildet und besteht aus auf- und absteigenden Leitungsbahnen (weiße Substanz) und aus Ansammlungen von Neuronen (graue Substanz).

⇒ **Regelzentren für lebenswichtige Körperfunktionen.**

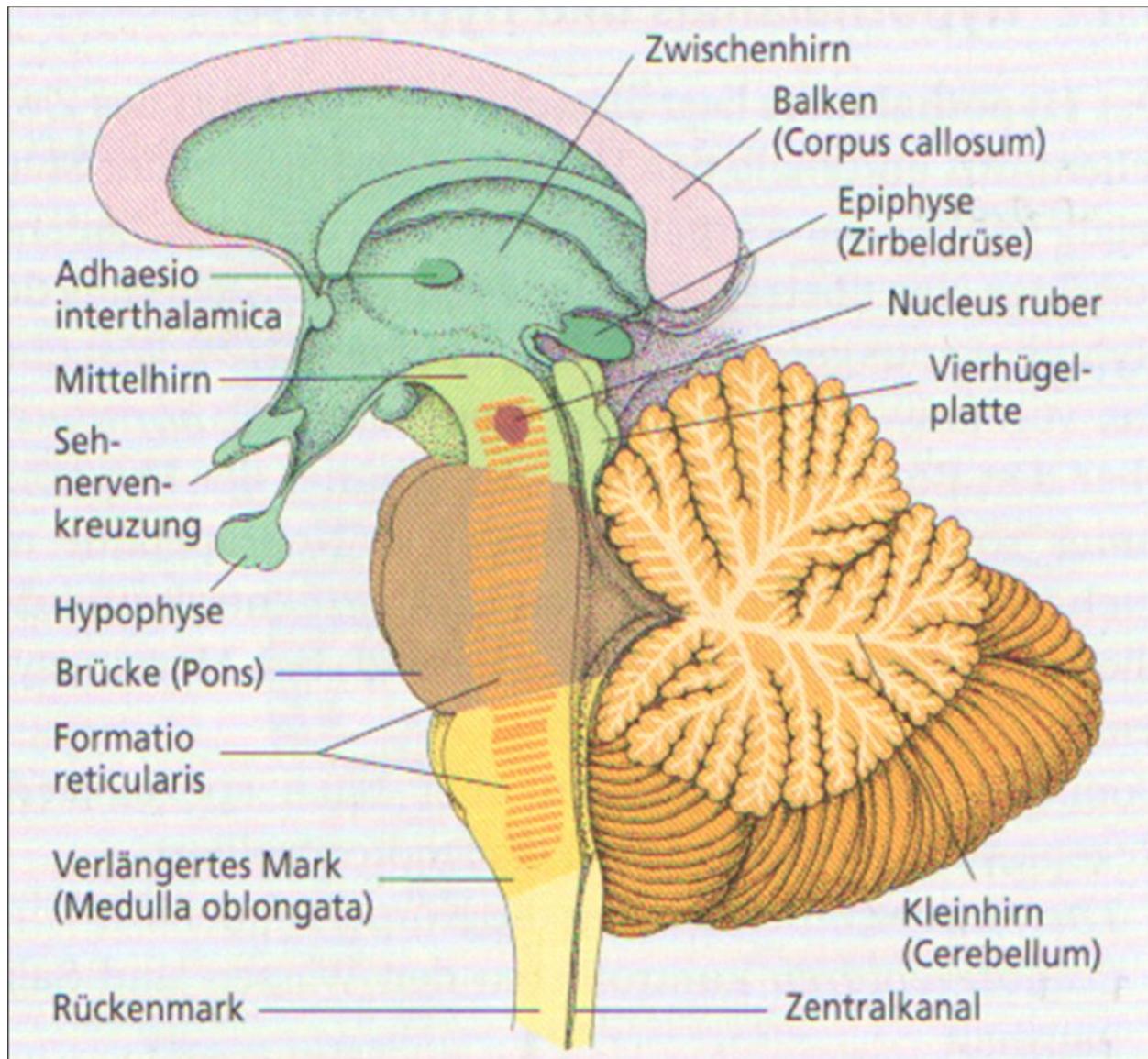
⇒ Außerdem werden hier **Aufmerksamkeit und Schlaf** gesteuert.

10 der 12 Hirnnerven beginnen bzw. ziehen dorthin.



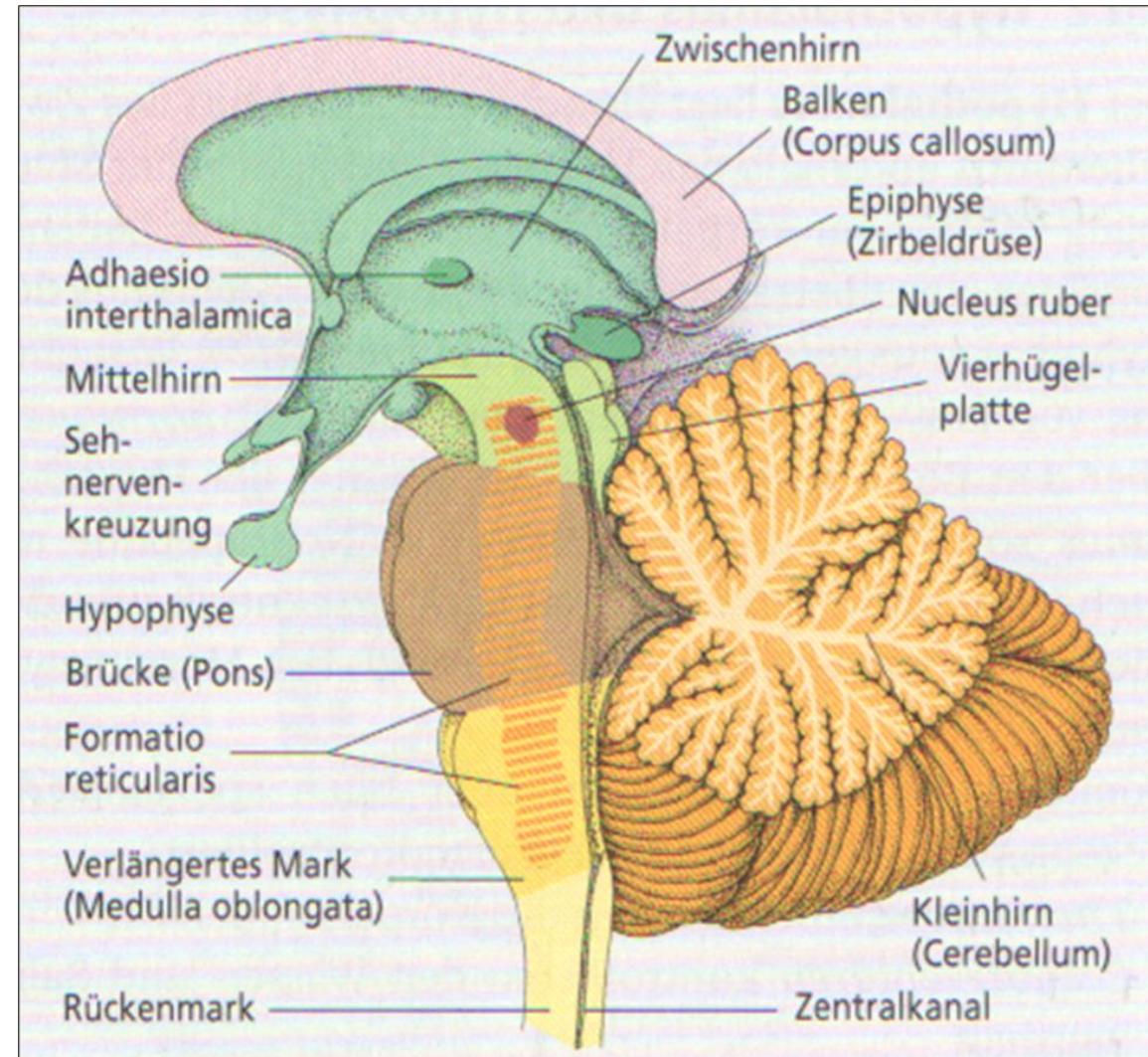
- **Mittelhirn:** = ca. 1,5 cm langes Mittelstück zwischen Zwischenhirn und der Brücke. Hier liegen das **optische und akustische Reflexzentrum**, das Zentrum für die **Schmerzempfindung**, und wichtige Kerngebiete
=> Umschaltstellen für bestimmte Nervenzellen sowie Abstimmung unwillkürlicher Bewegungen der Augen, des Kopfes und des Rumpfes auf die Eindrücke von Augen und Ohren.
Außerdem Dopaminproduktion.

- **Brücke:** sie besteht v.a. aus Nervenfasern, die längsverlaufenden Bahnen verbinden Großhirn und RM, die querverlaufenden Bahnen das Großhirn und das Kleinhirn.



- **Verlängertes Mark / Medulla oblongata:**
bildet den unteren Anteil des Hirnstamms und damit den Übergang zum RM. Es enthält in seiner weißen Substanz auf- und absteigende Bahnen vom und zum RM.
In diesem Bereich befindet sich auch die **Kreuzung der Pyramidenbahnen zur Gegenseite**. Außerdem liegen hier in der grauen Substanz wichtige **Steuerungszentren für Atmung, Herzschlag, sowie das Schluck-, Husten-, Nies- und Brechzentrum**.
Eine Schädigung im verlängerten Mark hat meistens den sofortigen Tod zur Folge.

- **Formatio reticularis:** netzartiges Gebilde aus Nervenzellverbänden im gesamten Hirnstamm, die nicht in scharf abgegrenzten Kerngebieten liegen.
=> **Regulationszentrum für die Aktivität des gesamten NS, Steuerung der Bewusstseinslage und des Wach- und Schlafrhythmus.**



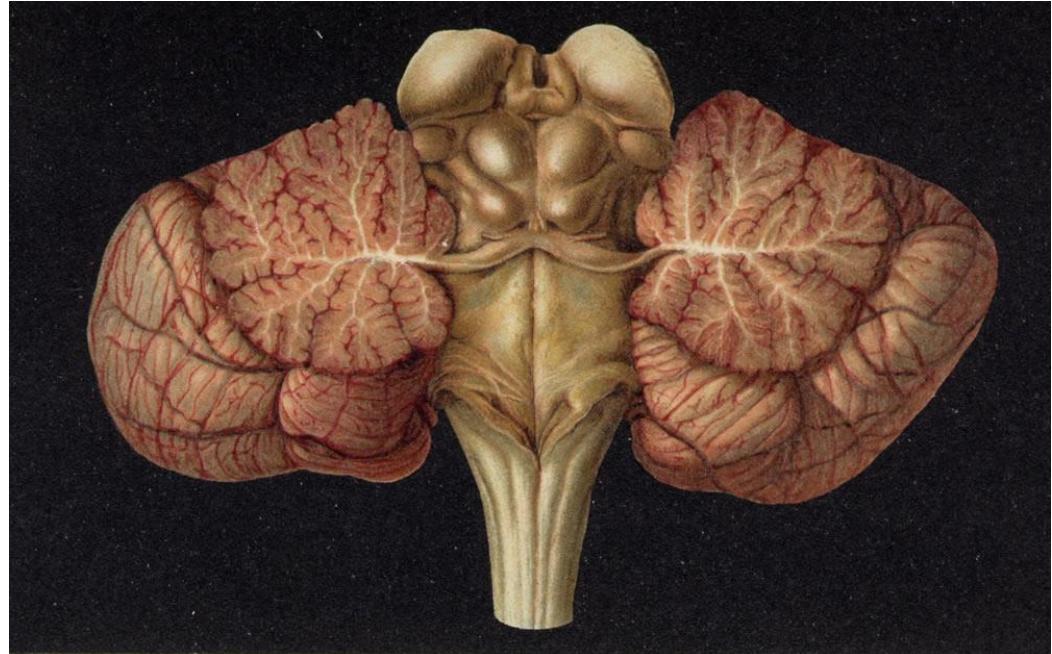
→ Kleinhirn

Das Kleinhirn liegt im hinteren Teil des Schädelns unterhalb des Großhirns. Es besteht ebenfalls aus 2 Hälften, die durch den Kleinhirnwurm miteinander verbunden sind. Es steht mit den anderen Gehirnteilen, dem Gleichgewichtsorgan und dem RM durch Leitungsbahnen in Kontakt.

Es ist verantwortlich für die **Feinabstimmung der Bewegungsabläufe / Koordination** und hat eine besondere Bedeutung für die Erhaltung des **Körpergleichgewichtes**. Dazu steht es mit dem Gleichgewichtsorgan des Innenohrs in Verbindung.

Das Kleinhirn vergleicht den Istwert (aktuell durchgeführte Bewegung) mit dem Sollwert (der geplanten Bewegung) und korrigiert bei einer Differenz.

Schädigung durch Medikamente und Alkoholabusus möglich => Unsicherheit beim Gehen und Muskelzittern / Intentionstremor.



→ Rückenmark und Spinalnerven

Rückenmark = Verbindung zwischen Gehirn und den Rückenmarksnerven / **Spinalnerven**.

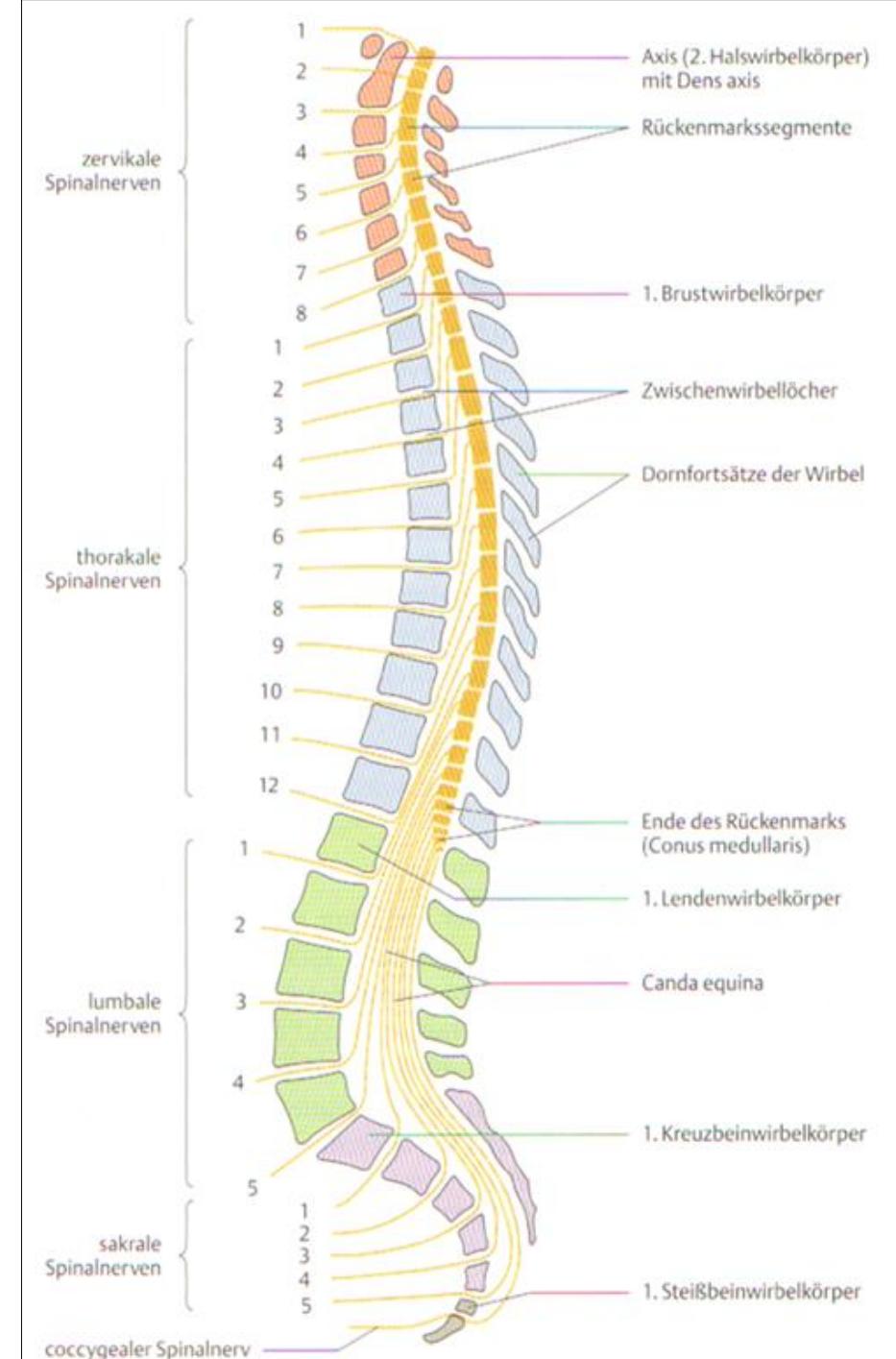
Es schließt sich an das verlängerte Mark an und dehnt sich etwa bis zum 2. LWK aus.

Unterhalb des 2. LWK verlaufen nur die Wurzeln der untersten Rückenmarksnerven im Spinalkanal => **Cauda equina**. (Liquorpunktionsstelle!).

Man unterteilt das RM in **31 Segmente**.

Da das RM in der Entwicklungsphase in der Länge weniger zunimmt als die WS liegen die Segmente nicht auf derselben Höhe wie die gleichnamigen Wirbel.

Im Zentrum des RM liegt **schmetterlingsförmig die graue Substanz** aus Nervenzellkörpern. Um sie herum liegen auf- und absteigende Bahnsysteme aus Nervenfasern. In der Mitte liegt der **Zentralkanal**, der Liquor enthält.



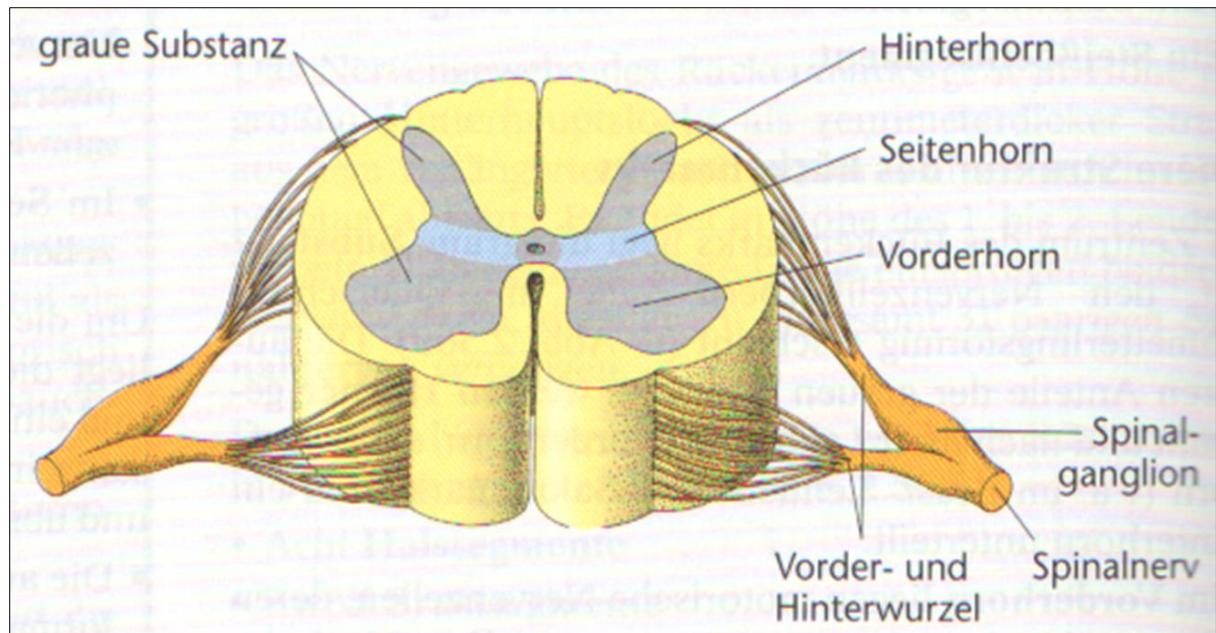
Man unterscheidet in der grauen Substanz:

- **Vorderhorn:**

hier liegen **motorische** Nervenzellen / **Motoneurone**, deren Axone die **Vorderwurzel** bilden und im Spinalnerven bzw. seinen Ästen zur quergestreiften Muskulatur ziehen.

- **Hinterhorn:**

hier hin ziehen **sensible** Nervenfasern, die Impulse aus der Peripherie (von Haut, Schleimhäuten, Muskeln, Gelenken und MDT) über den Spinalnerven und die **Hinterwurzel** zum RM leiten. Ihre Zellkörper liegen im **Spinalganglion** (Ansammlung von Nervenzellen außerhalb des ZNS als Umschaltstation).

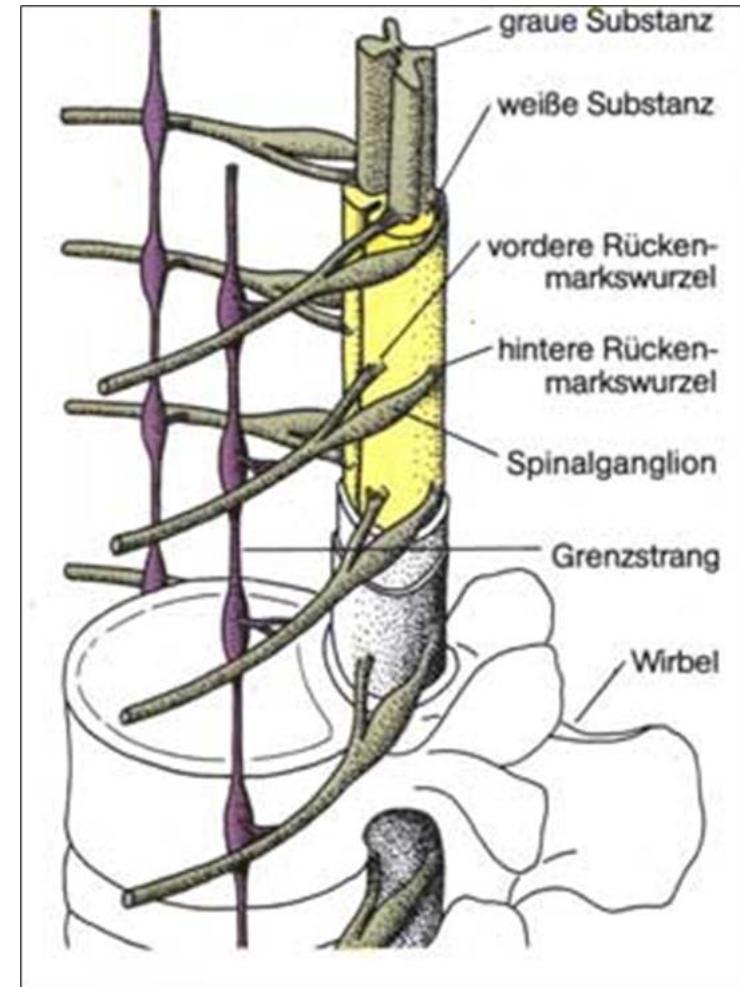


- **Seitenhorn:** hier liegen efferente und afferente Neurone des **vegetativen NS**. Die Axone der efferenten Zellen verlassen das RM ebenfalls über die vordere Wurzel, trennen sich aber kurz nach dem Austritt aus dem Wirbelkanal, um in den **Grenzstrang** einzumünden.

In Höhe jedes WK verlassen beidseits eine **vordere** (motorische Fasern) und eine **hintere** (sensible Fasern) **Nervenwurzel** das RM und vereinigen sich jeweils zum **Spinalnerven**.

Die Spinalnerven verlassen den Wirbelkanal seitlich durch die Zwischenwirbellöcher.

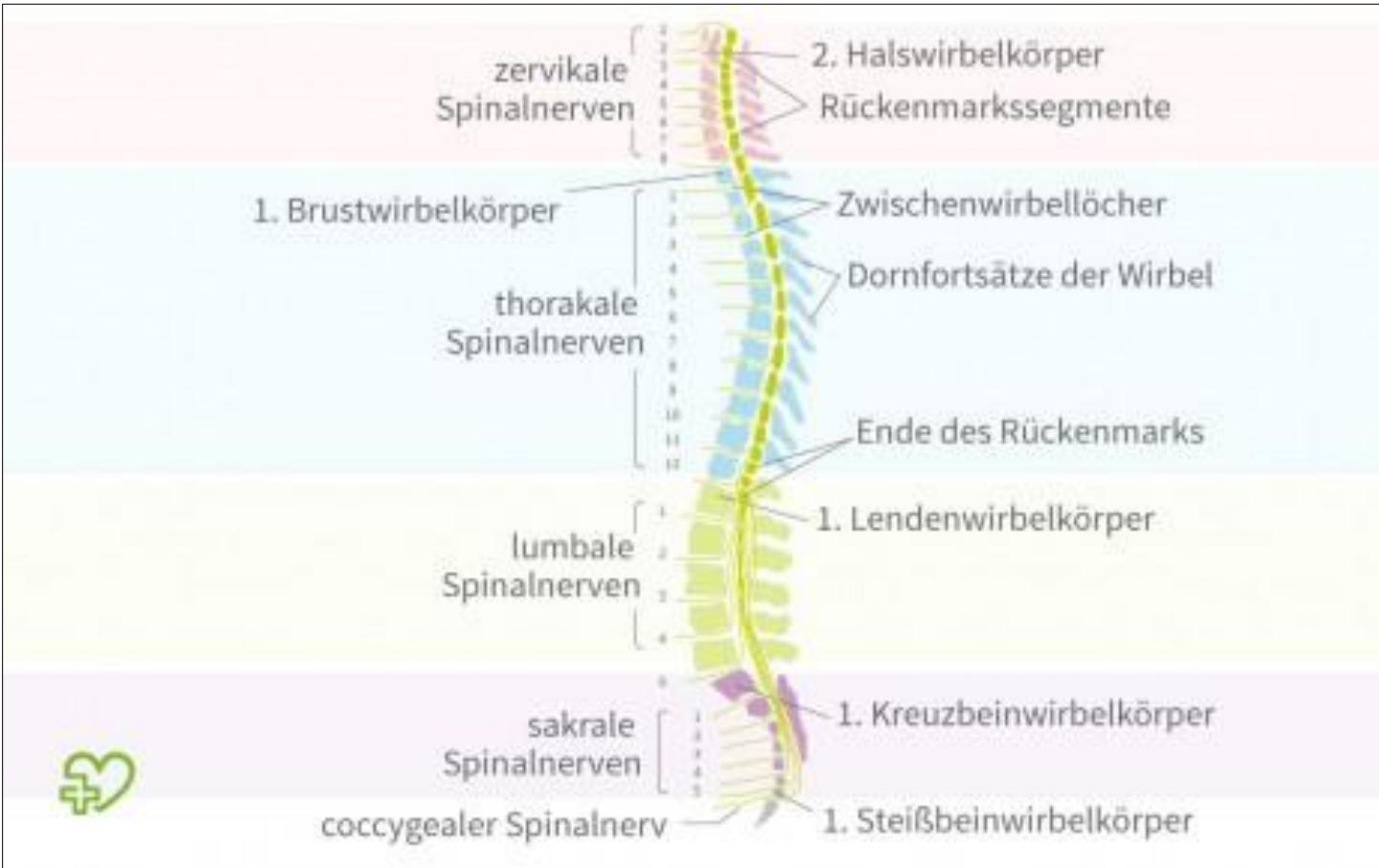
Damit gibt es je Rückenmarkssegment einen linken und einen rechten Spinalnerv.

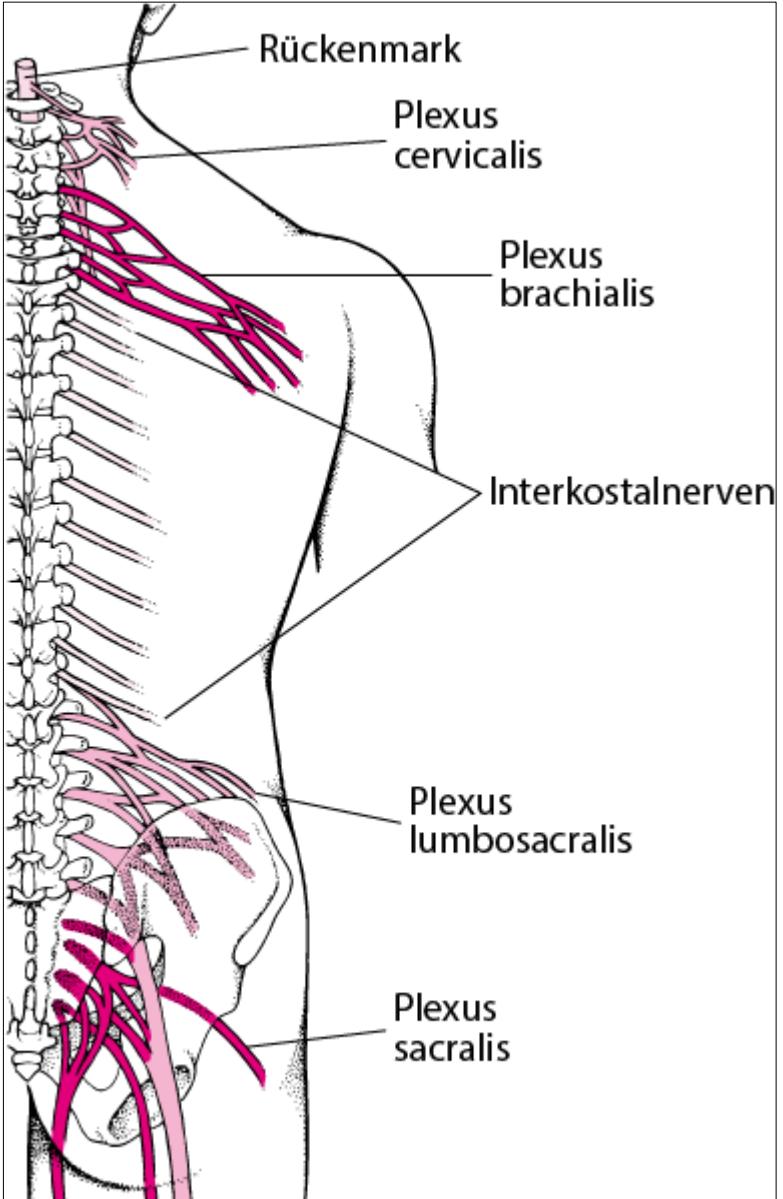


-> **Alle Spinalnerven führen afferente / sensible und efferente / motorische Fasern.**
Die Zellkörper der afferenten Fasern liegen in den Spinalganglien in der Hinterwurzel, diejenigen der efferenten Fasern liegen im Vorder- bzw. Seitenhorn.

31 Paare von Nervenwurzeln
=> 31 Rückenmarksegmente

- **8 Halssegmente (C1 –C8):** versorgen Atemmuskulatur u. obere Extremität
- **12 Brustsegmente (Th1 – Th12):** versorgen größten Teil der Rumpfwand
- **5 Lendensegmente (L1 – L5)**
- **5 Kreuzbeinsegmente (S1 – S5):** beide zusammen versorgen die untere Extremität, die äußeren Geschlechtsorgane und den After
- **1 – 3 Steißbeinsegmente:** innervieren den Hautbereich über dem Steißbein.
- **Cauda equina:** Ende des RM ab L2





→ Periphere Nerven:

C1 – C4 -> *Plexus cervicalis* / Halsgeflecht:
Haut und Muskeln in Hals- und Schulterregion + **N. phrenicus**
(innerviert das Zwerchfell)

C5 – Th1 -> *Plexus brachialis* / Armgeflecht:

N. radialis

versorgt motorisch Streckmuskeln,
sensibel Streckseite Ober- u. Unterarm und Handrücken,
-> bei Schädigung Fallhand

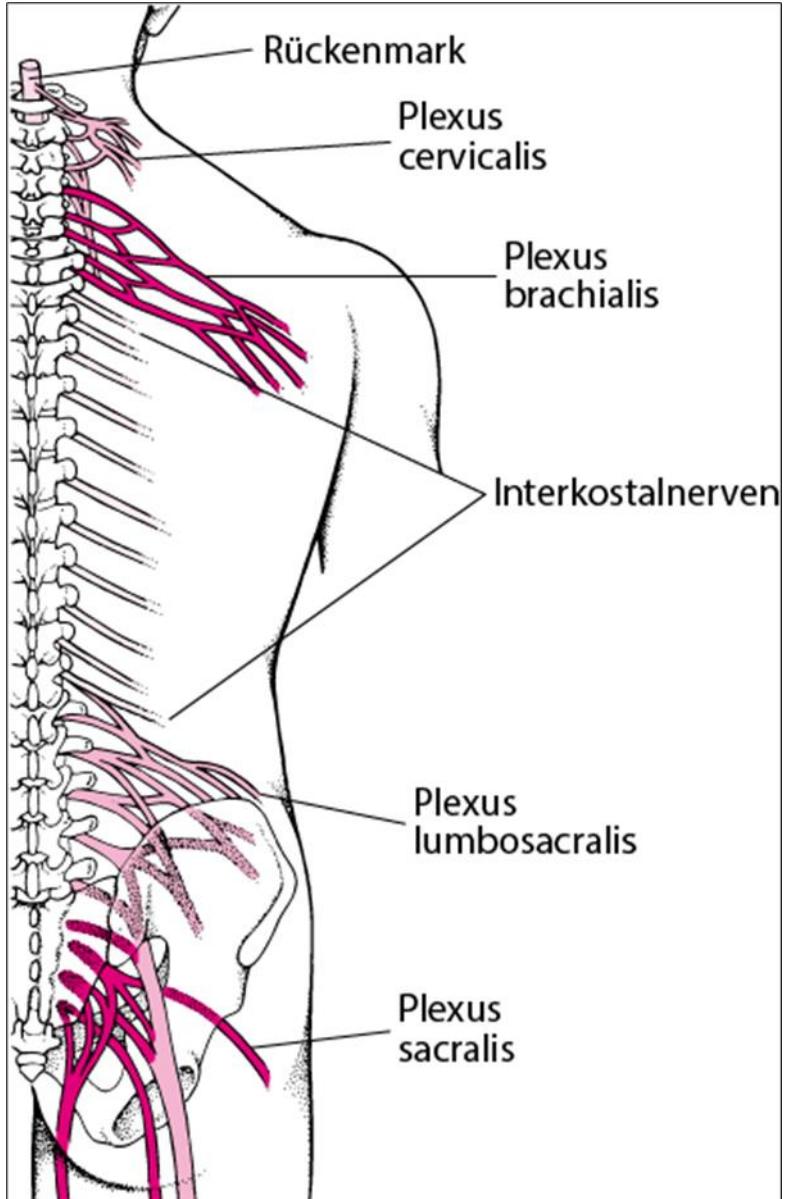
N. ulnaris

versorgt motorisch Beugemuskeln,
sensibel 4. + 5. Finger,
-> bei Schädigung Krallenhand

N. medianus

versorgt motorisch Beugemuskeln,
sensibel 1. – 3. Finger,
-> bei Schädigung Schwurhand

➤ **Merksatz: Wenn ich vom Rad fall, schwör ich beim Median, dass ich mir die Ulna krall!**



L1 – L4 -> *Plexus lumbalis* / Lendengeflecht:
untere Bauchwand, äußere Geschlechtsorgane und Streckmuskeln Beine.

N. femoralis (versorgt Streckmuskulatur)

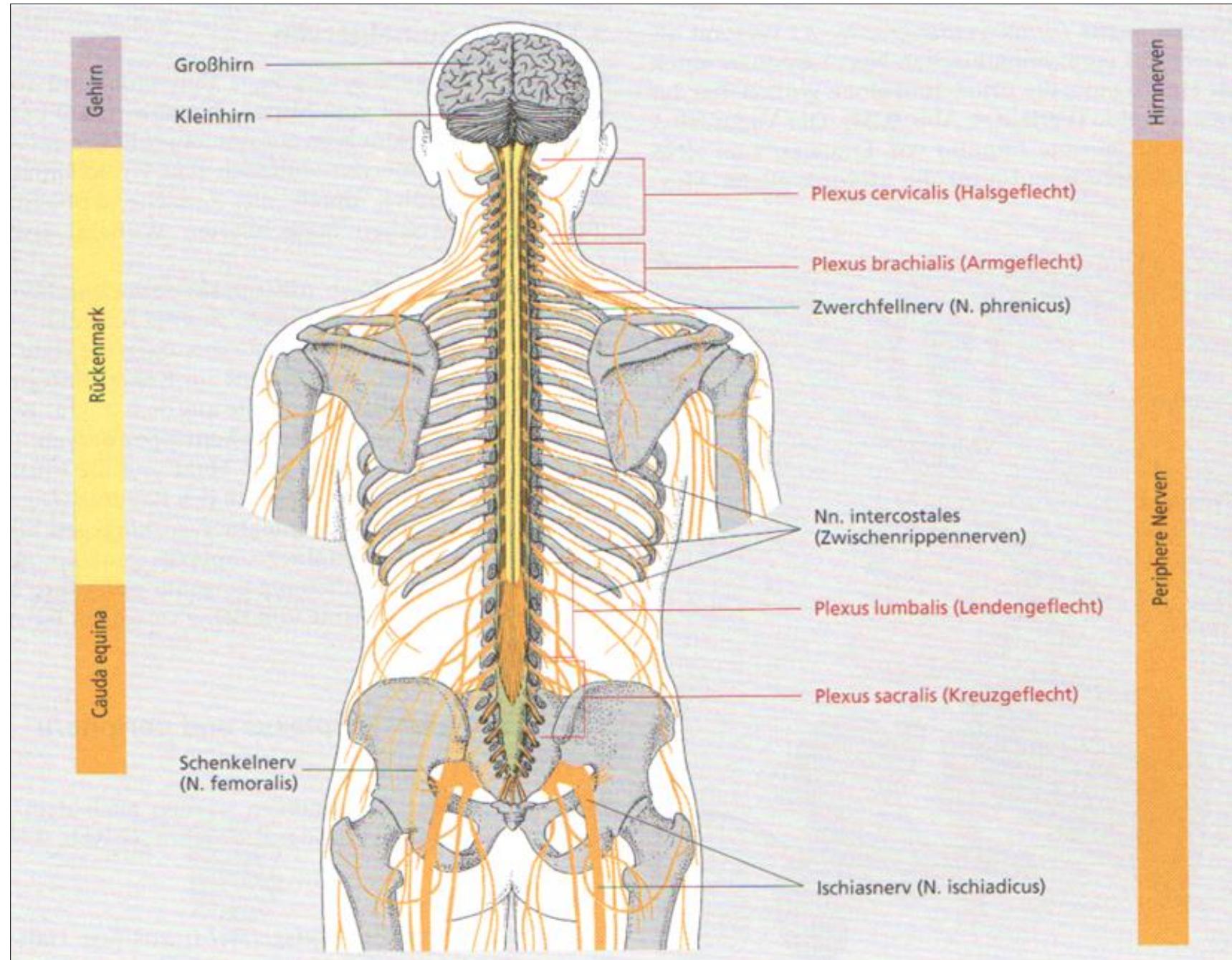
L4 – S3 -> *Plexus sacralis* / Kreuzgeflecht:
versorgt Gesäß, Damm und untere Gliedmaßen

N. ischiadicus (Beugemuskeln) teilt sich oberhalb der Kniekehle in 2 Äste:

- **N. tibialis**
- **N. peronaeus**

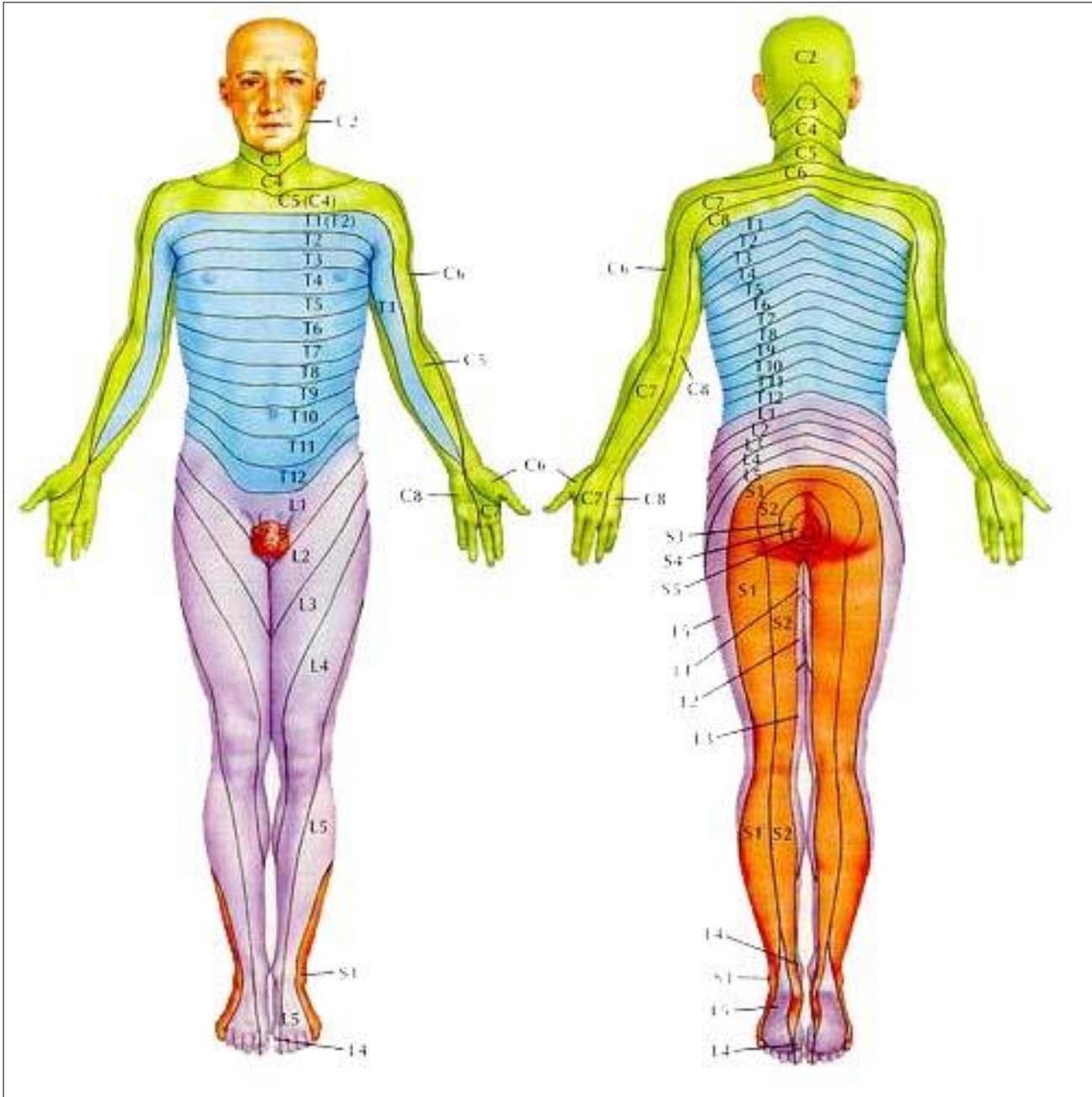
(beide versorgen Haut u. Muskeln am Unterschenkel und Fuß)

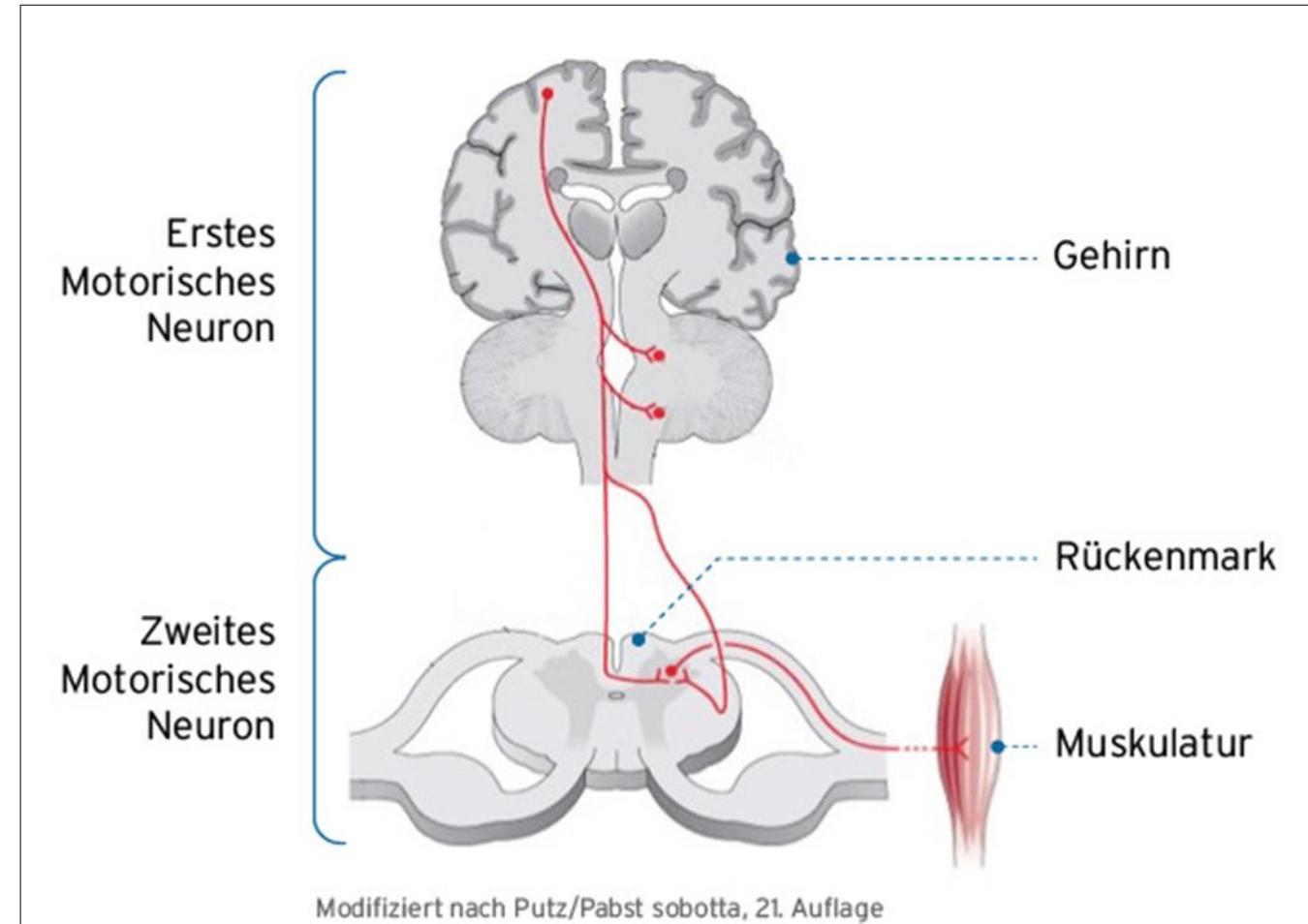
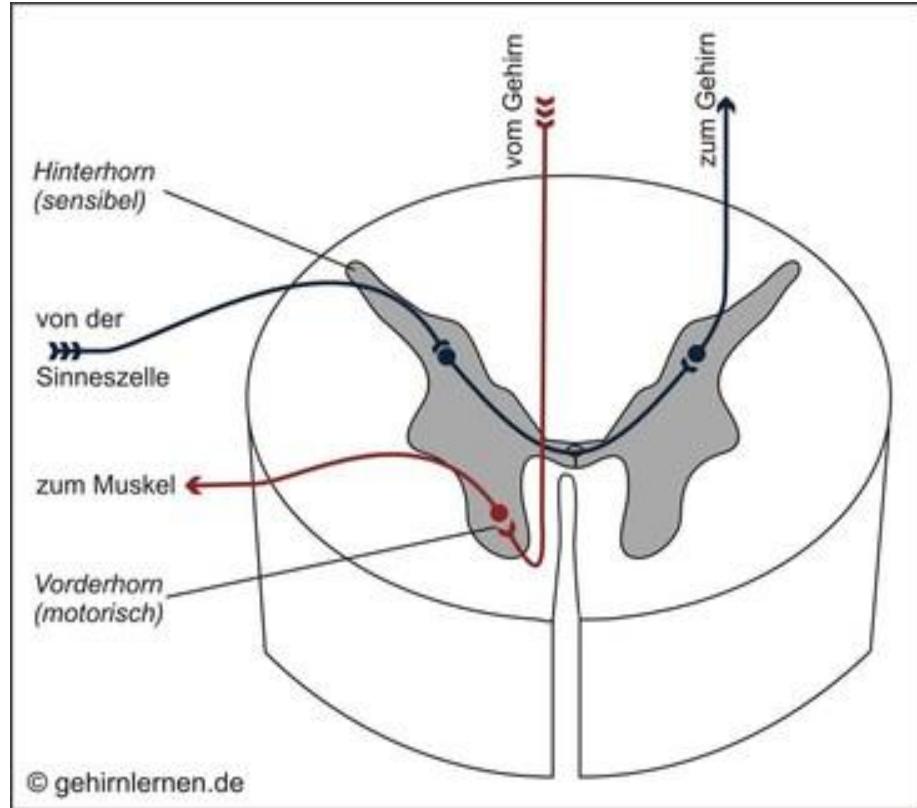
S3 – S5 -> *Plexus pudendus* / Schamgeflecht :
versorgt Beckeneingeweide, Damm und äußeres Genitale.



Dermatom:

= das von einem Spinalnerven sensibel versorgte Hautgebiet/
Hautsegment.

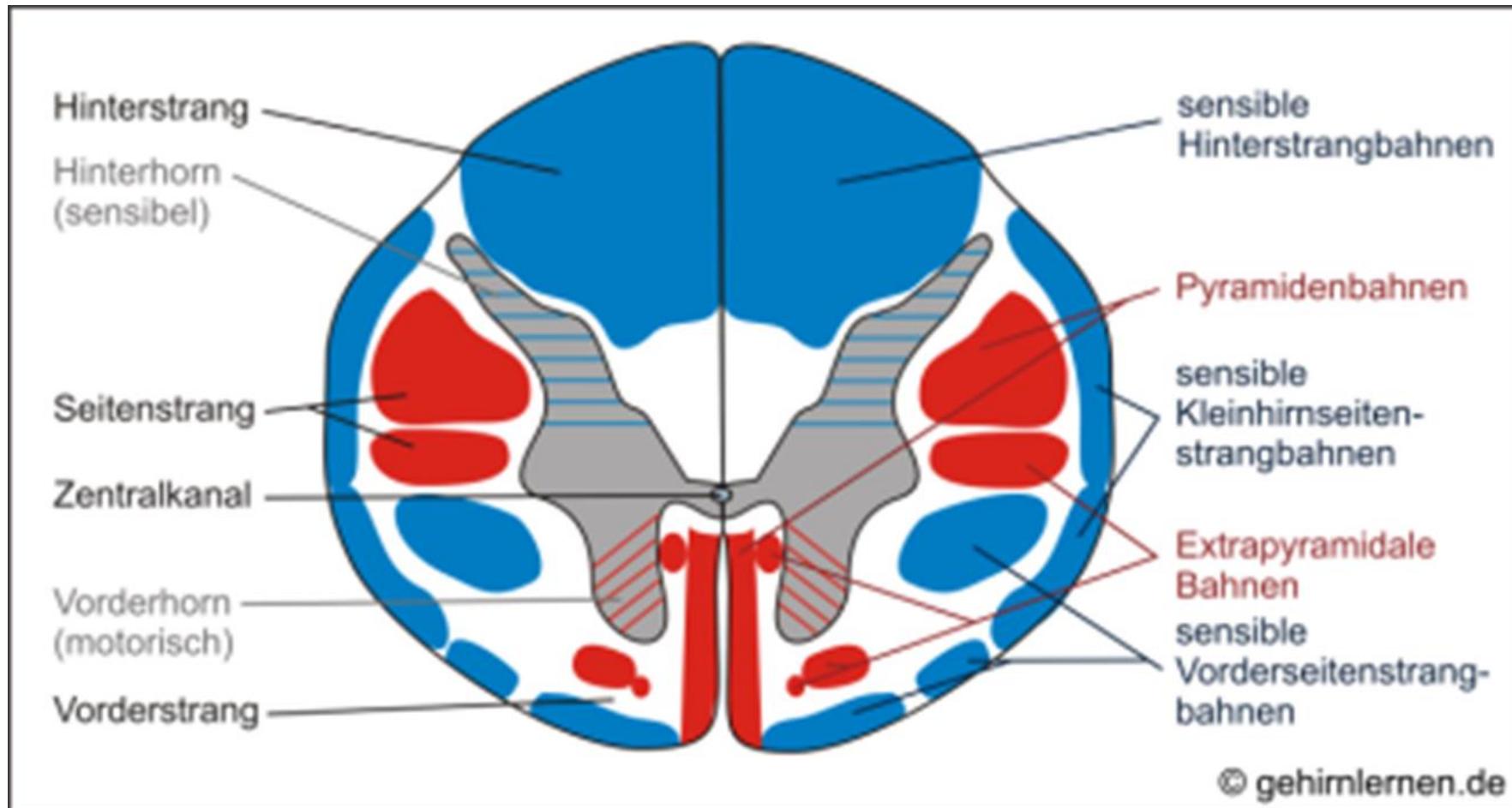




→ Bahnsysteme des Rückenmarks:

Um die graue Substanz herum liegt die weiße Substanz = **Marklager**.

Diese ist in Bündeln angeordnet = *Bahnen*.



Vorderseitenstrang:

- Aufsteigend -> leitet **Oberflächensensibilität** (Berührung und Tastempfinden), **Schmerz- und Temperaturempfindung**.
- Aufsteigend -> **Kleinhirnbahnen**: sie ziehen zum Kleinhirn und leiten auch die **unbewusste Tiefensensibilität**
- Absteigend -> **Extrapyramidal-motorisches System**: leitet die **unwillkürliche Motorik** und den Muskeltonus
- Absteigend -> **Pyramidenbahn**: leitet die **willkürliche Motorik**

Hinterstrang:

- Aufsteigend: leitet feinere Tast- und Berührungsreize und die **Tiefensensibilität / Propriozeption** (Lage im Raum)

-> Aufsteigende Bahnen / Afferenzen:

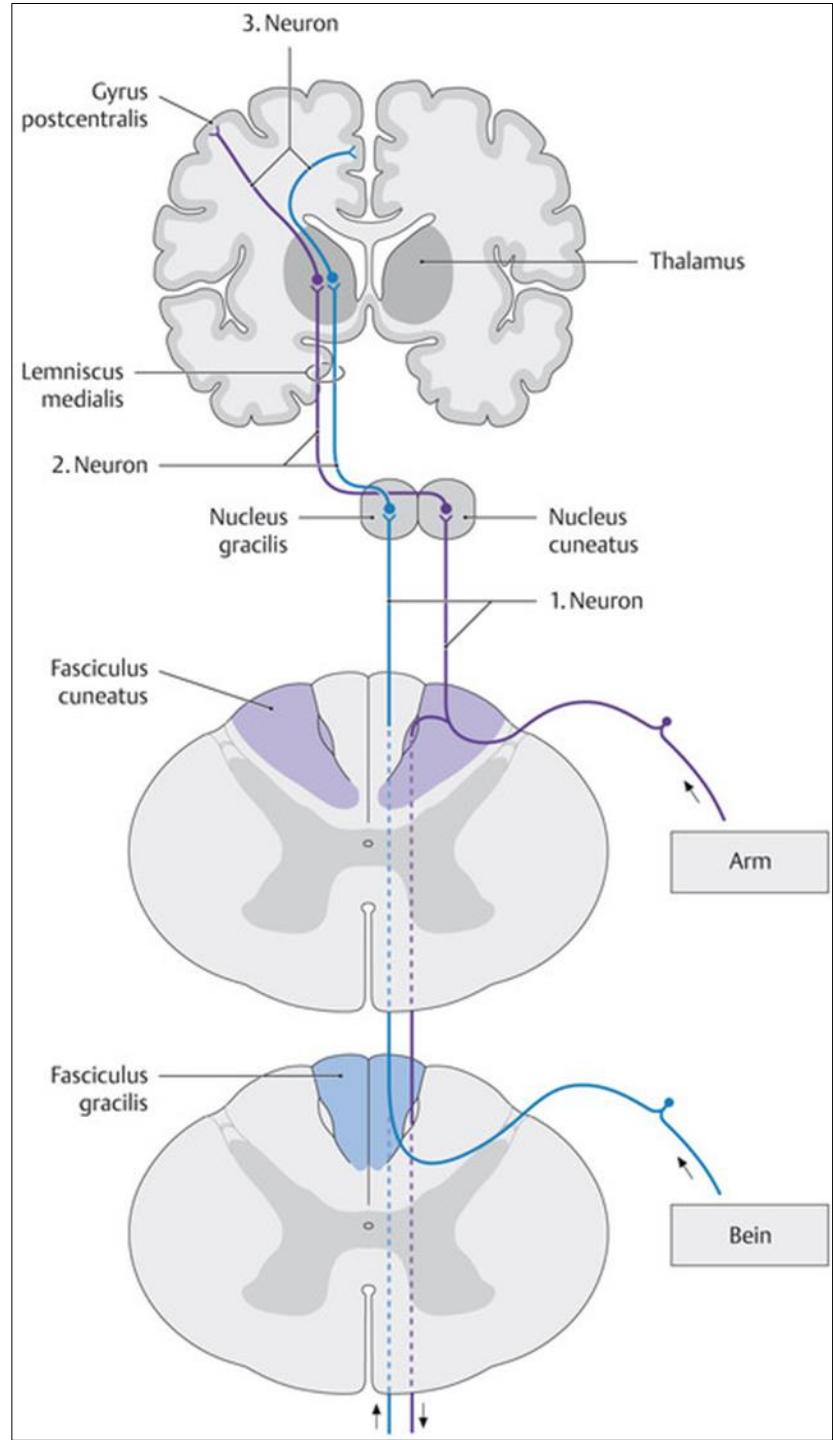
- **Hinterstrangbahn**

Sie vermittelt **Tast- und Berührungssinn** und die **Tiefensensibilität** (Stellung und Spannung von Muskeln, Sehnen und Gelenken).

Ihre Nervenbahnen beginnen in den Sinnesrezeptoren von Haut , Gelenken und Muskeln -> Umschaltung in den Nervenzellkörpern der Spinalganglien -> danach Eintritt ins RM über die Hinterwurzel -> **Hinterstrang**.

Die Fasern der höheren RM-Segmente schließen sich stets seitlich des Stranges an => auf Höhe des Verlängerten Marks liegen daher die Fasern aus den Beinen und der unteren Rumpfhälfte in der Nähe des Mittelhirns und die Fasern aus der oberen Rumpfhälfte und den Armen dagegen eher lateral.

- > Umschaltung an der Rückseite der Medulla oblongata auf 2. Neuron
- > Kreuzung der Mittellinie. Bahn zieht auf der Gegenseite zum Thalamus
- > Endziel ist die **hintere Zentralwindung**.



- **Bahn für Schmerz, Temperatur, Druck und Berührung**

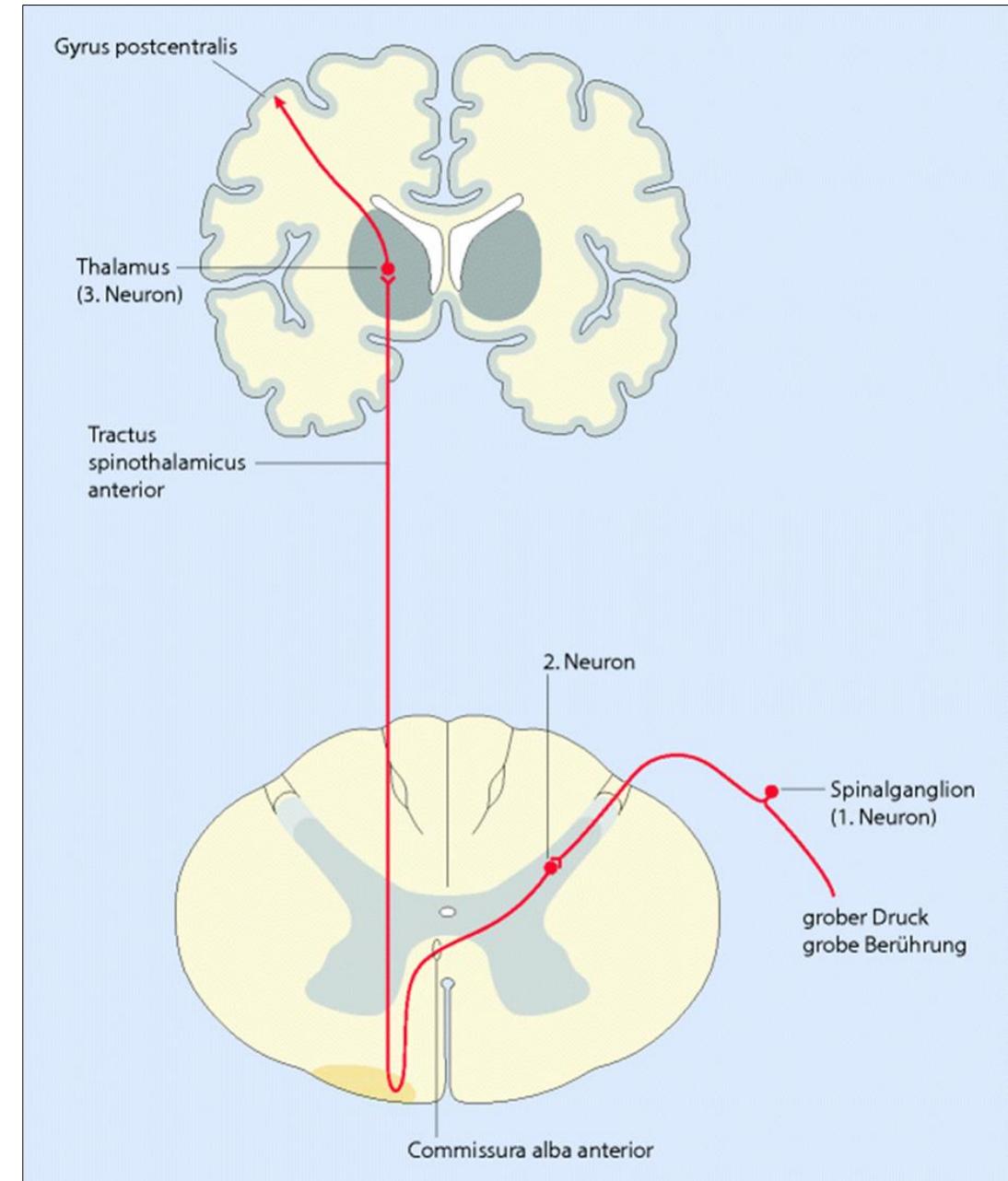
Beginn in den Sinnesrezeptoren der Haut

-> Umschaltung in den Spinalganglien und Eintritt ins RM über die Hinterwurzel

-> bereits Umschaltung auf 2. Neuron im Hinterhorn des zugehörigen RM-Segmentes

-> **Kreuzung zur Gegenseite**

-> Zieht dann im **Vorderseitenstrang** nach oben zum Thalamus und von dort weiter zur hinteren Zentralwindung.



-> Absteigende Bahnen (Efferenzen)

- **Pyramidenbahn / Tractus corticospinalis**

Sie übermittelt die **Steuerung der bewussten, willkürlichen Bewegung.**

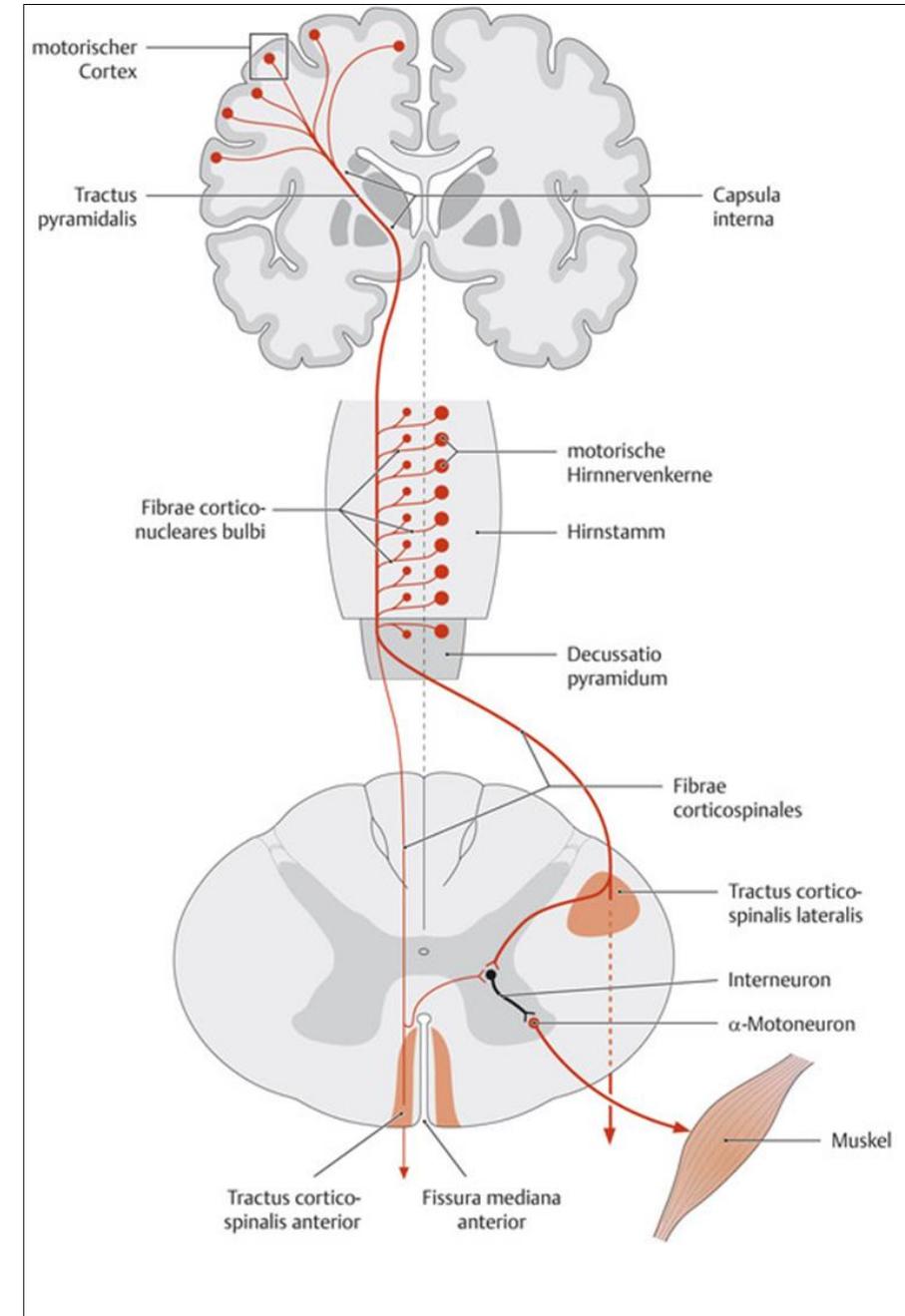
Ihre Axone beginnen an den Nervenzellen aus dem motorischen Rindenfeld und ziehen bis ins RM.

Sie durchläuft die *Innere Kapsel* (= Spaltraum zwischen Thalamus und Basalganglien)

-> *besonders gefährdetes Gebiet für Hirnblutungen aus der mittleren Hirnarterie, so dass bei Blutungen in diesem Bereich Störung von Motorik und Sensibilität einer ganzen Körperhälfte möglich sind.*

Im weiteren Verlauf verlaufen die Nervenfasern durch den Hirnstamm **und kreuzen zu 90% im verlängerten Mark zur Gegenseite.**

-> **Durch diese Kreuzung versorgt die Pyramidenbahn der rechten Großhirnhälfte die linke Körperhälfte und umgekehrt.**



- **Extrapyramidalmotorisches System / EPMS**

Hierunter versteht man alle ins RM ziehende motorische Bahnen, die nicht der Pyramidenbahn angehören.

Dieses System steuert durch seine Strukturen v.a. die **unwillkürlichen Muskelbewegungen, die Bewegungskontrolle und den Muskeltonus.**

Es hat auch eine Funktion beim Erlernen von Gewohnheiten und Handlungsmustern.

Es beginnt in den Basalganglien und ist über Schaltkreise mit der *vorderen Zentralwindung*, dem *Kleinhirn*, dem *Gleichgewichtsorgan* und dem *visuellen System* verbunden.

Seine Bahnen laufen teilweise gekreuzt und außerhalb der Pyramidenbahn durchs RM nach unten zur entsprechenden Muskulatur.

Der Informationsaustausch zwischen dem Gehirn und dem extrapyramidalen System findet biochemisch vor allem über den Neurotransmitter **Dopamin** statt.

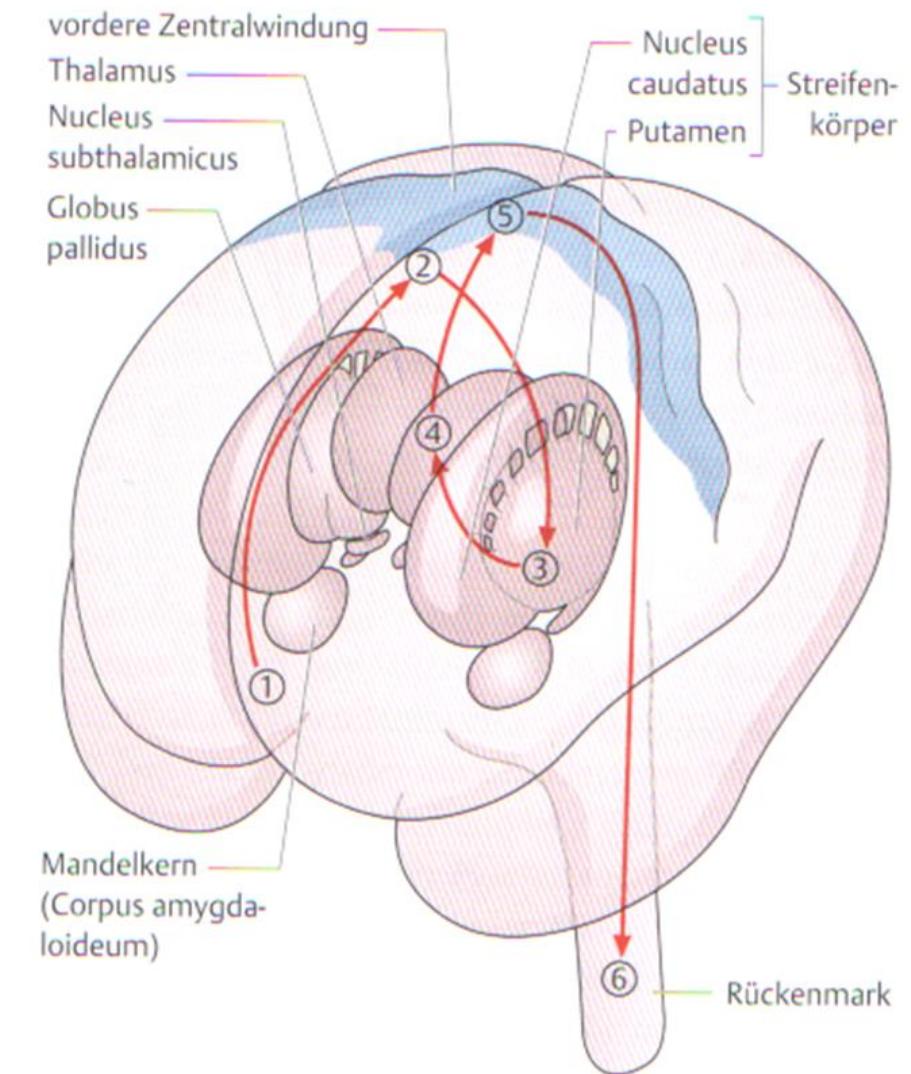
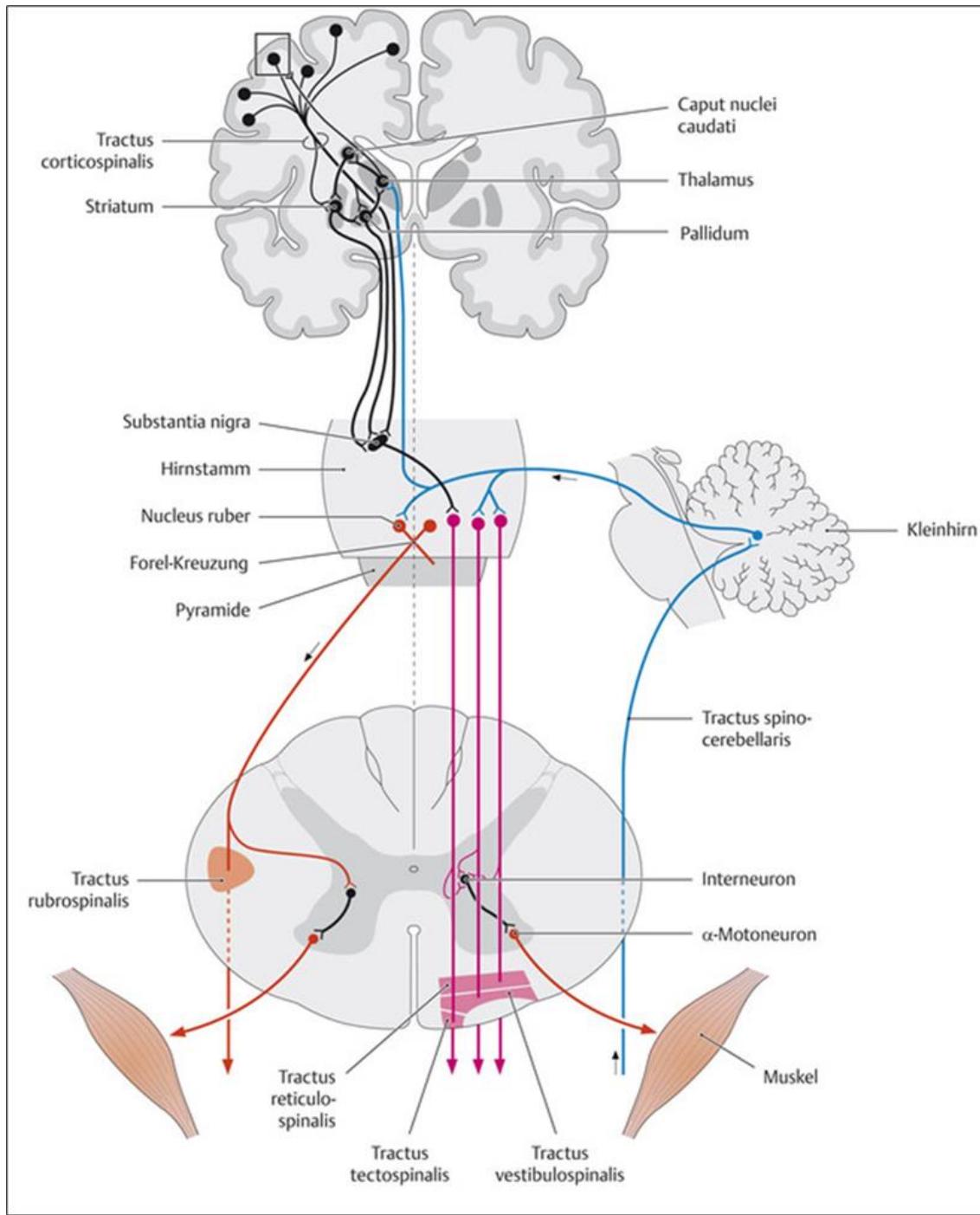


Abb. 5.23 Basalganglienschleife. Vor der Ausführung einer Bewegung nimmt das Gehirn den wahrscheinlichen Bewegungsablauf vorweg. Nach dem Entschluss zur Bewegung im Frontalhirn (1) gelangen die Impulse in den oberen Stirnlappen (2, prämotorische Hirnrinde), danach in die Basalganglien (3), den Thalamus (4), die primär motorische Hirnrinde (5) und erst jetzt ins Rückenmark (6).



→ Reflexe:

= vom Willen unabhängige, immer gleich ablaufende Reaktionen auf Reize, die teilweise blitzschnell erfolgen, da der Reiz nicht erst bis zum Großhirn gelenkt wird. Sie regeln auch den Muskeltonus.
-> Schutzfunktion! Zentrales Organ der Reflexentstehung ist das RM.

Reflexbogen:

Reiz -> sensibler Rezeptor -> sensible Nervenfasern -> Reflexzentrum im RM -> Bildung einer Reflexantwort -> motorische Nervenfaser -> ausführenden Organ / Muskel

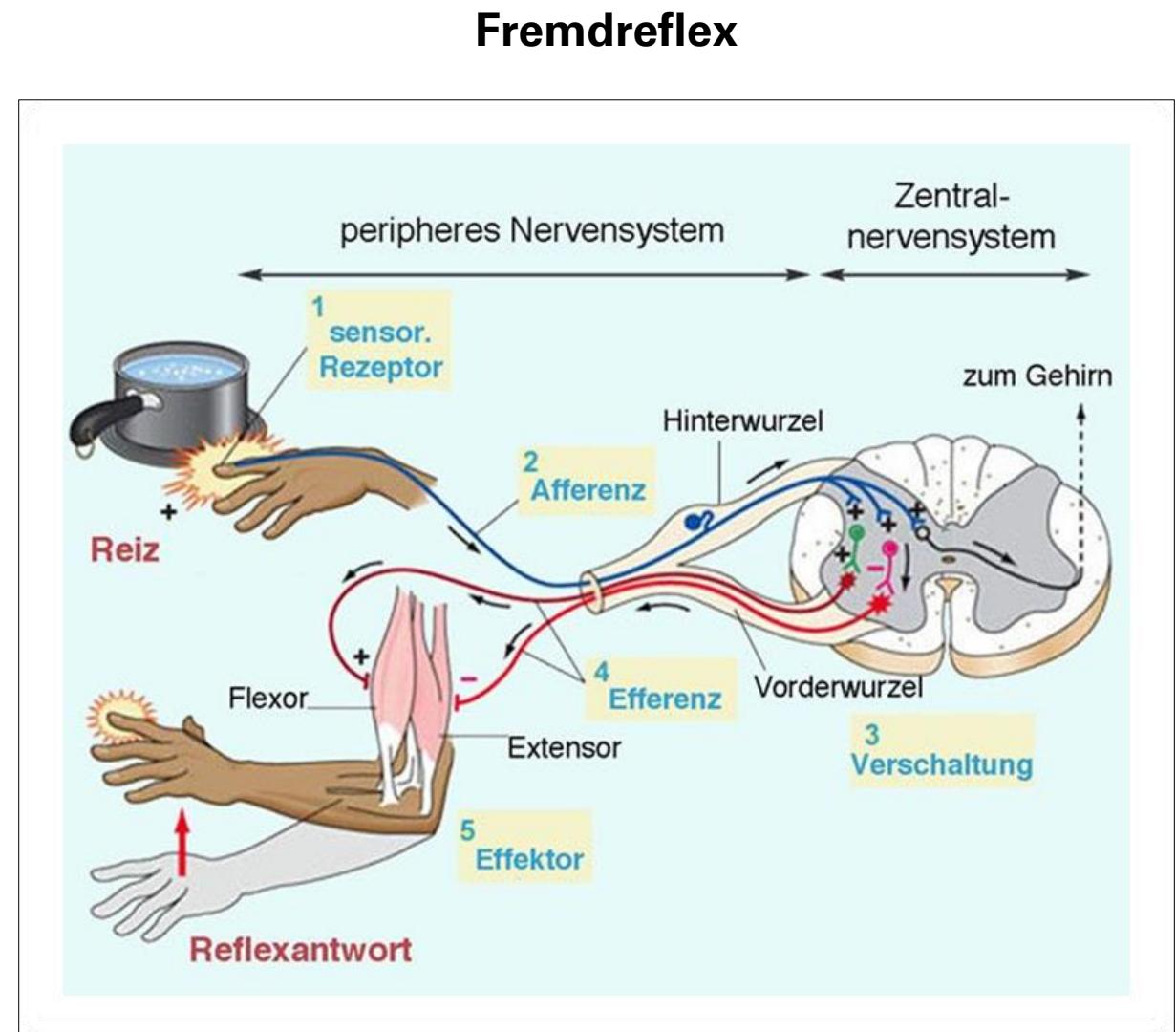
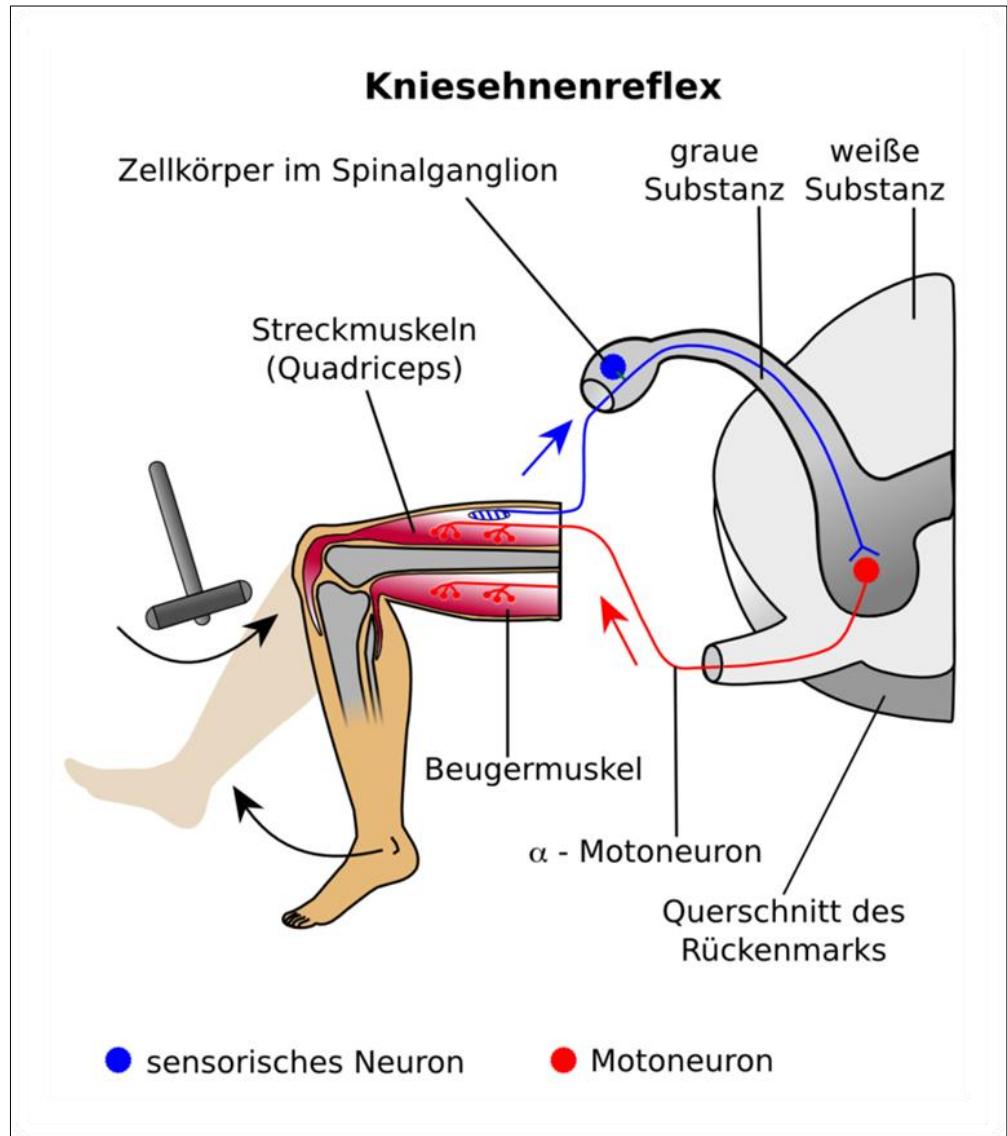
Monosynaptischer Reflex / Eigenreflex: Reizaufnahme und Antwort erfolgen an nur 2 Neuronen, bzw. an **nur einer Schaltstelle**. Sie sind **nicht ermüdbar**.

=> Ort der Reizaufnahme und der Reflexantwort sind identisch.

z.B. *Patellarsehnenreflex, Achillessehnenreflex, Bizeps- uns Trizepssehnenreflex*.

Polysynaptischer Reflex / Fremdreflexe: Reizaufnahme und Antwort laufen **über mehr als 2 Neurone**. Sie **sind ermüdbar**, d.h. je häufiger sie hintereinander ausgelöst werden, desto schwächer fällt die Reflexantwort aus.

z.B. Wegziehen des Armes bei einem Schmerzreiz am Finger, Bauchhautreflex (Reizung der Bauchhaut durch leichtes Bestreichen -> Anspannung der Bauchmuskeln) *Kornealreflex und Kremasterreflex*.



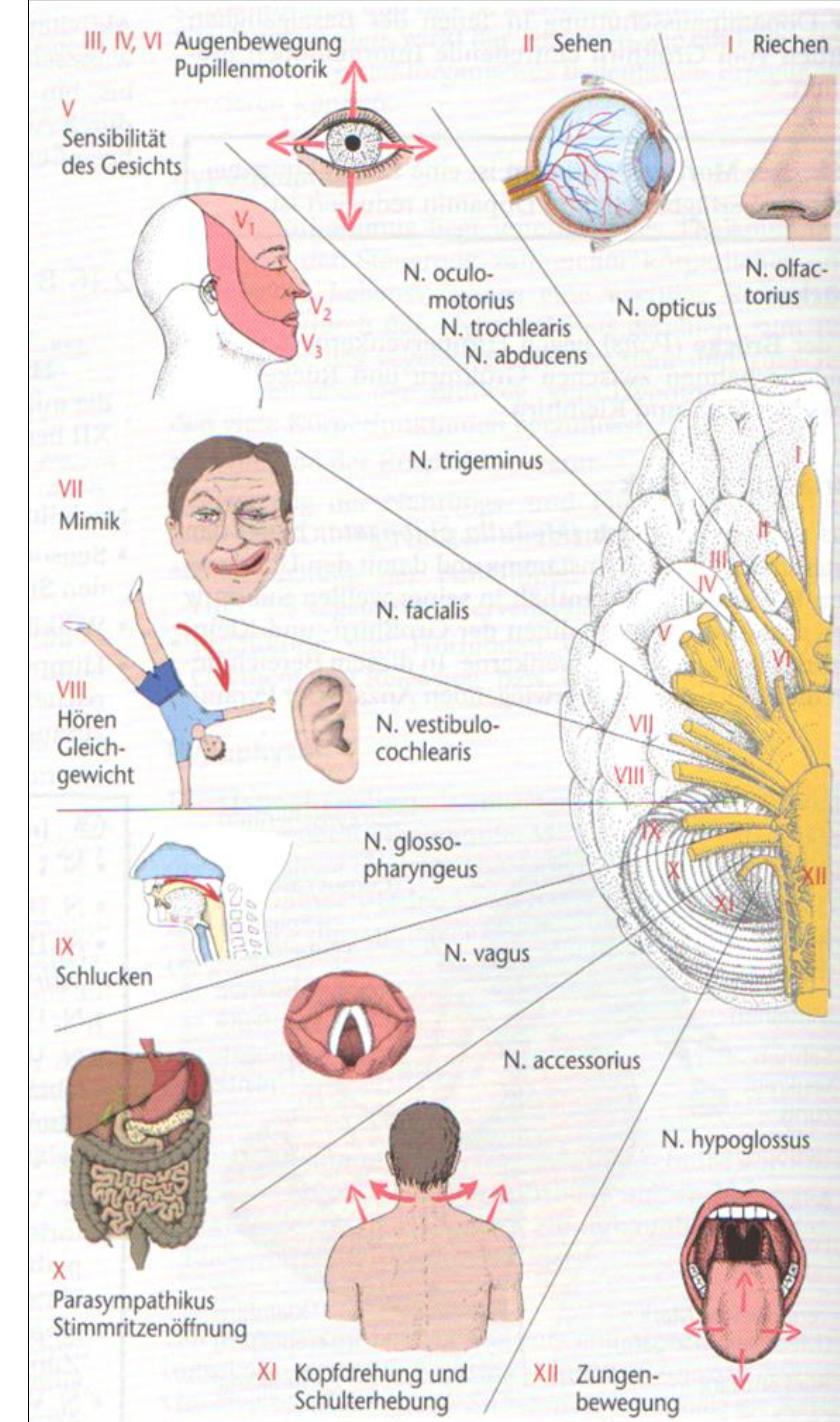
→ Hirnnerven

= 12 paarige Nerven, die nicht im RM sondern im Gehirn ihren Ursprung haben.

Sie sind für die **Empfindungen der Sinnesorgane und für die Steuerung von Muskeln im Kopf- und Halsbereich** zuständig.

Einer führt auch zu den **inneren Organen** (Hauptnerv des Parasympatikus).

Sie werden **I – XII** durchnummeriert und verlassen das Gehirn durch kleine Öffnungen im knöchernen Schädel.



→ Hirn- und Rückenmarkshäute:

3 bindegewebige Hirnhäute / **Meningen**, -> Schutzfunktion, da sie Gehirn und RM bedecken und somit schützen.

Von außen nach innen:

Epiduralraum = Raum über der Dura mater

- **Dura mater:** = harte Hirnhaut, aus straffem BG.

Sie besteht aus 2 Blättern, die im Schädel größtenteils zu einer Haut verwachsen sind und dem Schädelknochen als innere Knochenhaut anliegen.

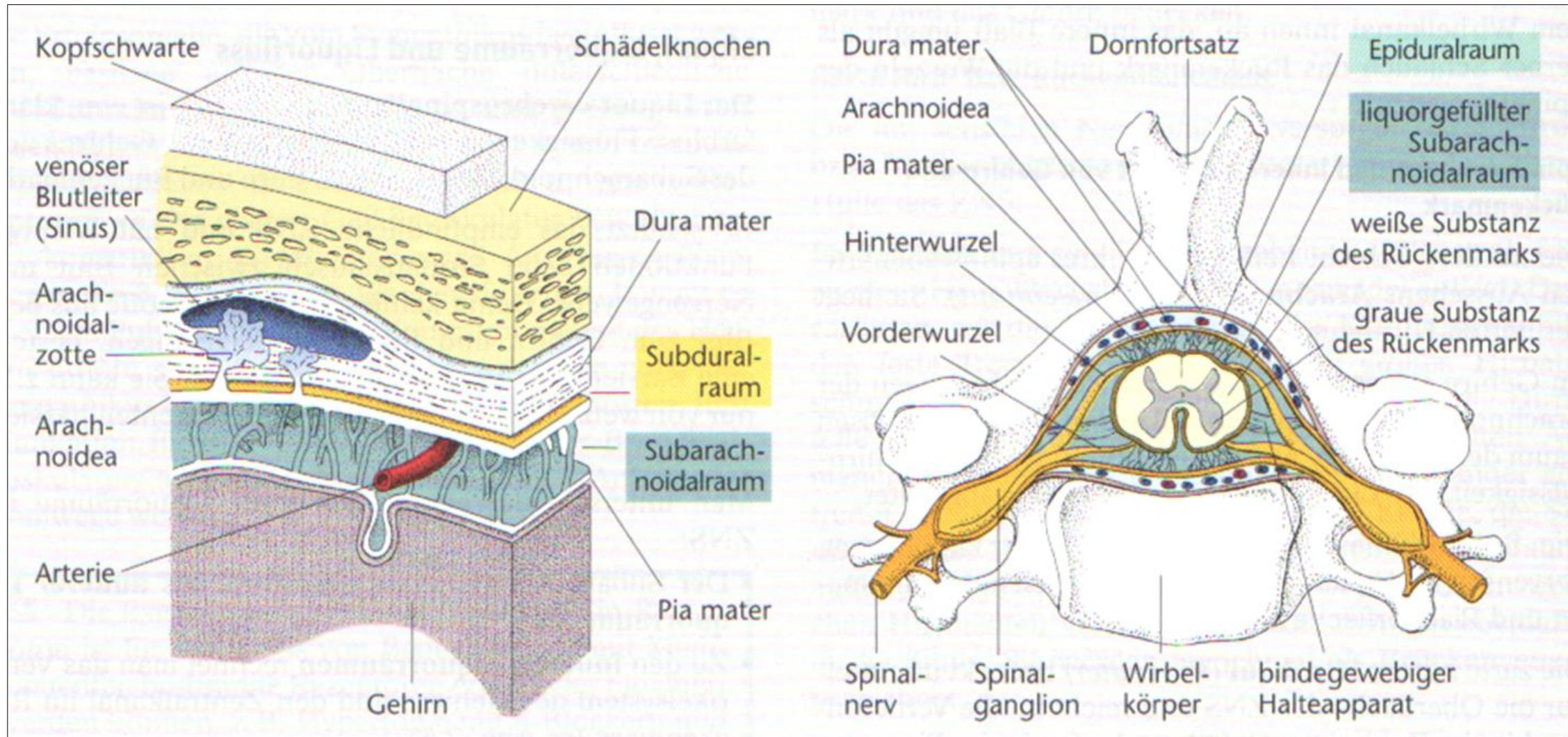
Dort bildet sie bindegewebige Trennwände = **Septen** (Hirnsichel, Kleinhirnzelt). Dadurch werden die Hirnteile bei Kopfbewegungen in ihrer Position gehalten.

An manchen Stellen sind die beiden Durablätter jedoch voneinander getrennt. Dadurch entstehen starre Kanäle = **Sinus**, die das Venenblut aus dem gesamten Schädel auffangen und über die *V. jugularis interna* in die *obere Hohlvene* ableiten.

Beim RM liegt das äußere Blatt dem Wirbelkanal innen an.

Das innere Blatt umgibt das RM und die Wurzeln der Spinalnerven wie einen Schlauch.

Dazwischen liegt der ***Epiduralraum / Periduralraum*** des RM, der Fett und BG enthält.



Subduralraum = Raum unter der Dura mater

- **Arachnoidea:** = zarte nahezu durchsichtige Haut, die der Dura innen anliegt und fast gefäßlos ist. Im Bereich der Sinus stülpen sich Arachnoidea-Wucherungen in den venösen Raum vor. Durch diese Wucherungen wird der Liquor aus den Hohlräumen von Gehirn und RM in das Venensystem abgeleitet.

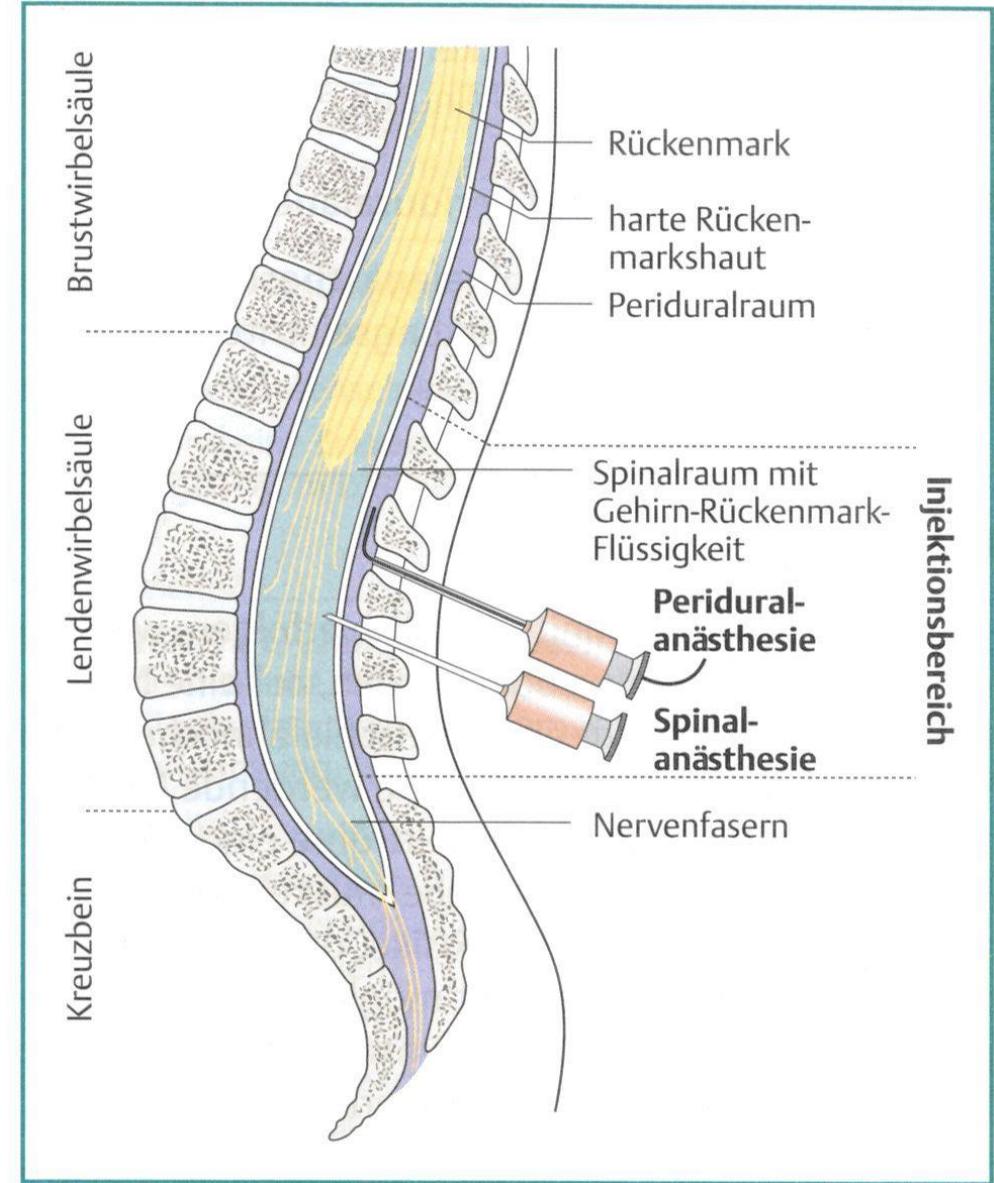
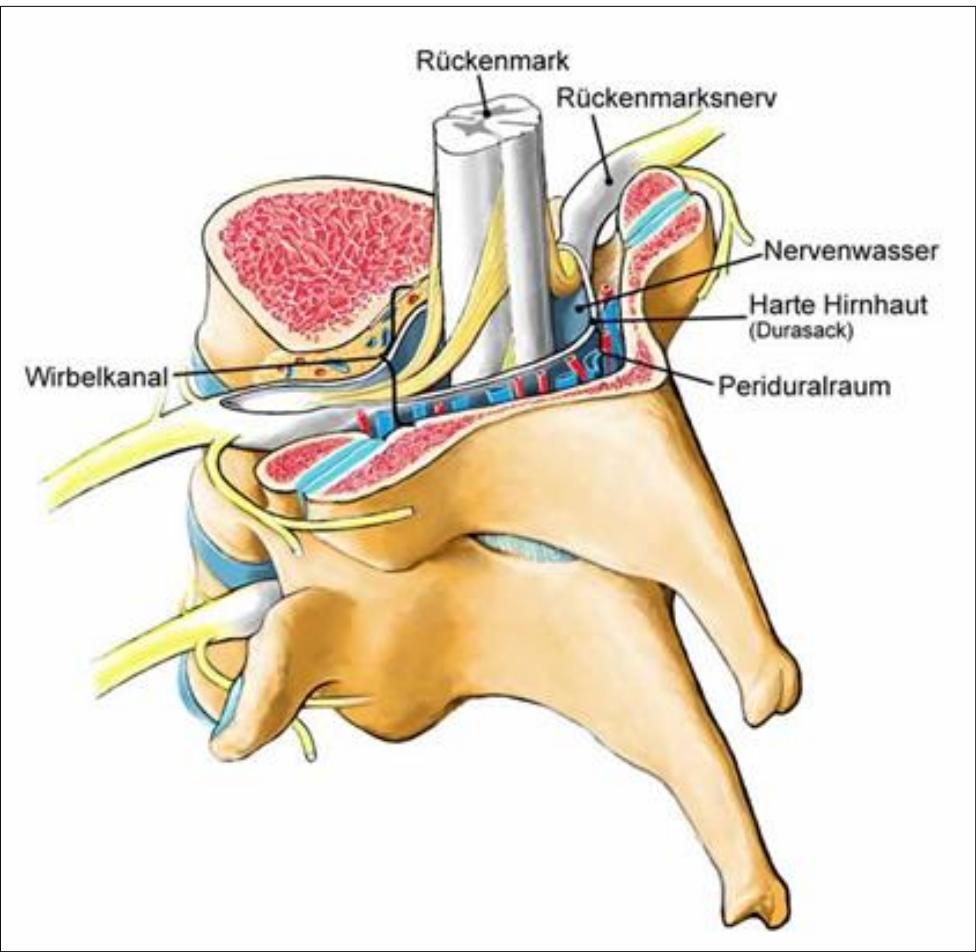
Subarachnoidalraum / Liquorraum = Raum zwischen Arachnoidea und Pia mater

- **Pia mater:** enthält zahlreiche Blutgefäße und bedeckt unmittelbar die Oberfläche des Gehirns und reicht dabei auch in alle Vertiefungen hinein.
Sie produziert den Liquor.

Periduralanästhesie: Lokalanästhetikum wird in den Epiduralraum gespritzt, meist im Bereich der LWS.

Spinalanästhesie: Punktions des liquorhaltigen Subarachnoidalraums, ebenfalls im Bereich der LWS, aber unterhalb des RM.

Lumbalpunktion i.d.R. zwischen den Dornfortsätzen des 3. und 4. LWK.



→ Liquor und Liquorräume:

Liquor = Klare farblose Flüssigkeit, die die Hohlräume im Gehirn sowie den Subarachnoidalraum ausfüllt. Er wird in *Kapillargeflechten der Pia mater* durch *Filtrations- und Sekretionsvorgänge* aus Blutplasma gebildet, durchströmt die Ventrikel (Hohlräume des Gehirns) und gelangt dann in den **Subarachnoidalraum** und wird von dort in das Venensystem abgeleitet.

Diese Aufgabe übernimmt die *Arachnoidea*, deren Ausstülpungen in die venösen Sinus reichen und somit den Liquor ins venöse System überleiten.

Täglich werden ca. 500 ml gebildet. Davon wird das meiste wieder resorbiert, so dass die tatsächliche Liquormenge bei ca. 150 ml liegt.

Der Liquor erfüllt eine **Schutzfunktion** und hat auch eine wichtige Funktion beim **Stoffaustausch zwischen Blut und Nervengewebe**. -> Der Liquor ist eiweißarm und erhält Nährstoffe aus dem Blut, versorgt damit das Gehirn und transportiert Stoffwechselprodukte aus dem Nervengewebe ab.

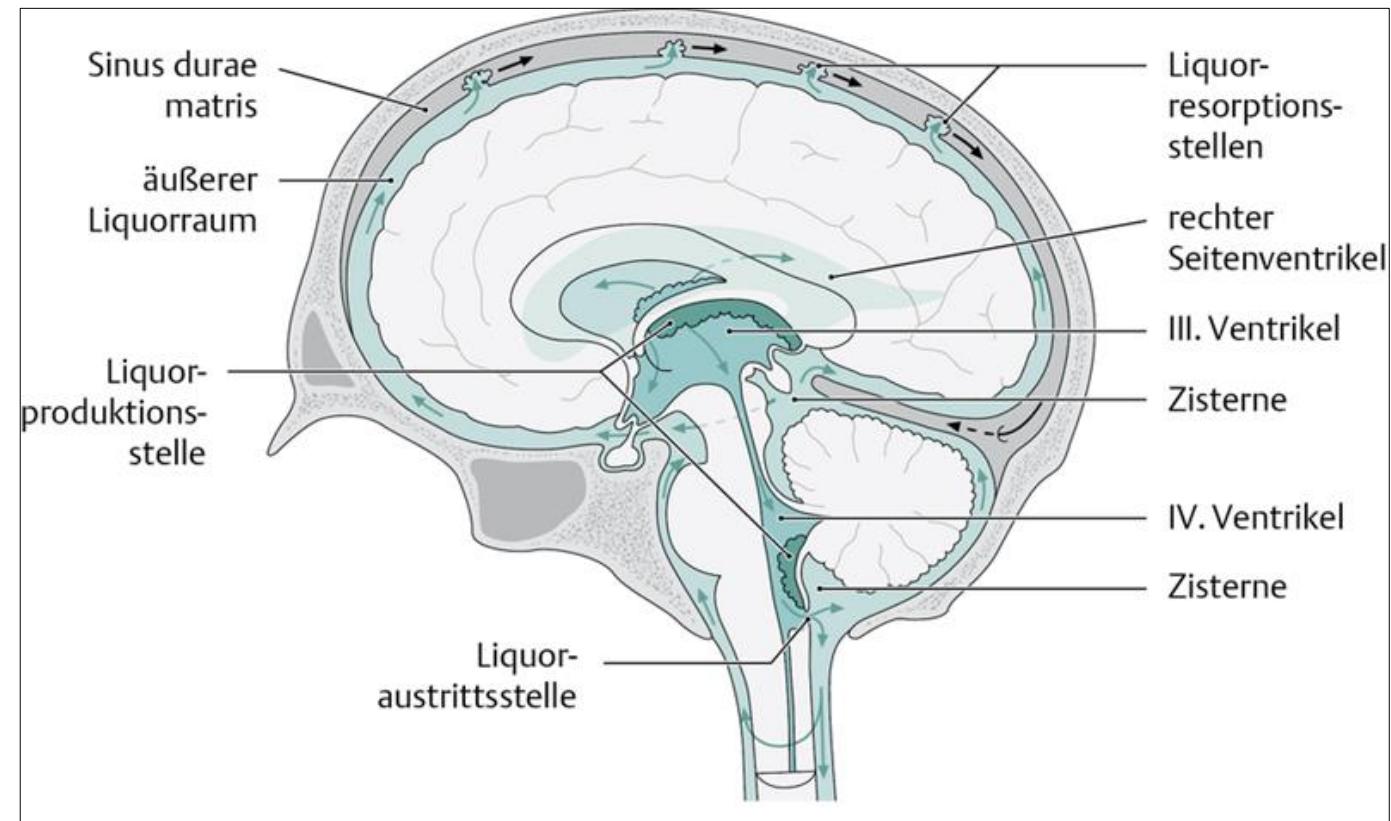
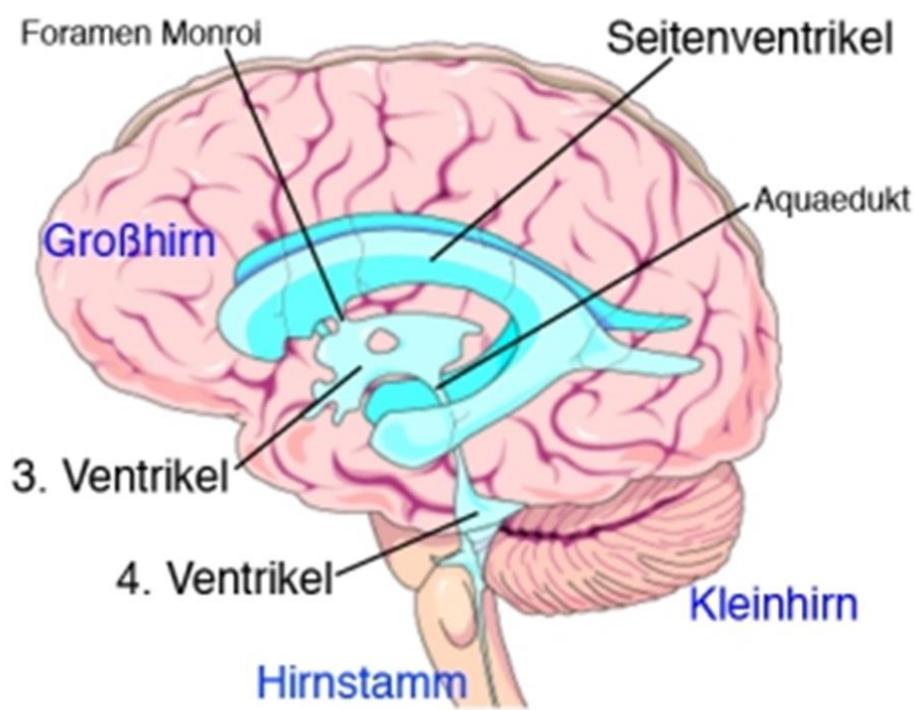
Seine laborchemische und mikroskopische Untersuchung ergibt wichtige diagnostische Hinweise, v.a. bei Verdacht auf Entzündungen oder bei v.a. Hirnblutungen.

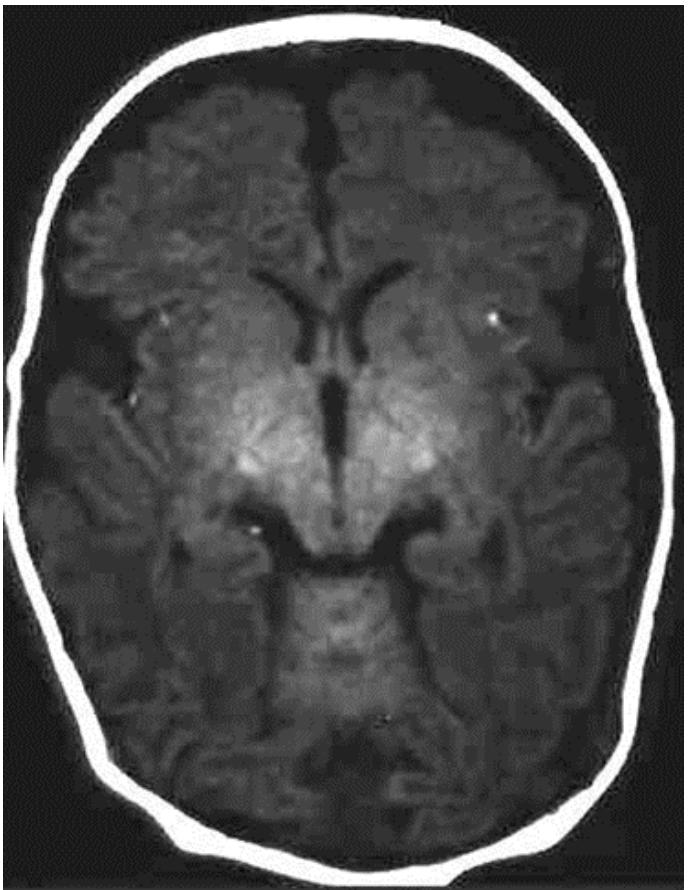
Blut-Liquor-Schranke = Barriere, die von Gliazellen und Anteilen der Pia mater gebildet wird und die dafür sorgt, dass keine schädlichen Stoffe aus dem Blut zum Nervengewebe gelangen. -> es gibt nur wenige liquorgängige Medikamente.

Man unterscheidet:

- **Äußerer Liquorraum:** Subarachnoidalraum
- **Innerer Liquorraum:** 4 Ventrikel / Hohlräume, die mit Liquor gefüllt sind und die untereinander in Verbindung stehen
 - > 1. und 2. Ventikel = 2 Hohlräume in den Großhirnhemisphären,
 - 3. Ventikel im Zwischenhirn, über einen Aquädukt Verbindung zum
 - 4. Ventikel, (liegt zwischen Brücke, Medulla oblongata und dem Kleinhirn) der sich in den Zentralkanal des RM fortsetzt. Dieser besitzt auch Öffnungen zum Subarachnoidalraum.
 - => Kontakt zwischen innerem und äußerem Liquorraum.

Bei einem Hydrozephalus besteht ein gestörtes Gleichgewicht zwischen der Bildung und der Resorption von Liquor.





→ Blutversorgung des ZNS

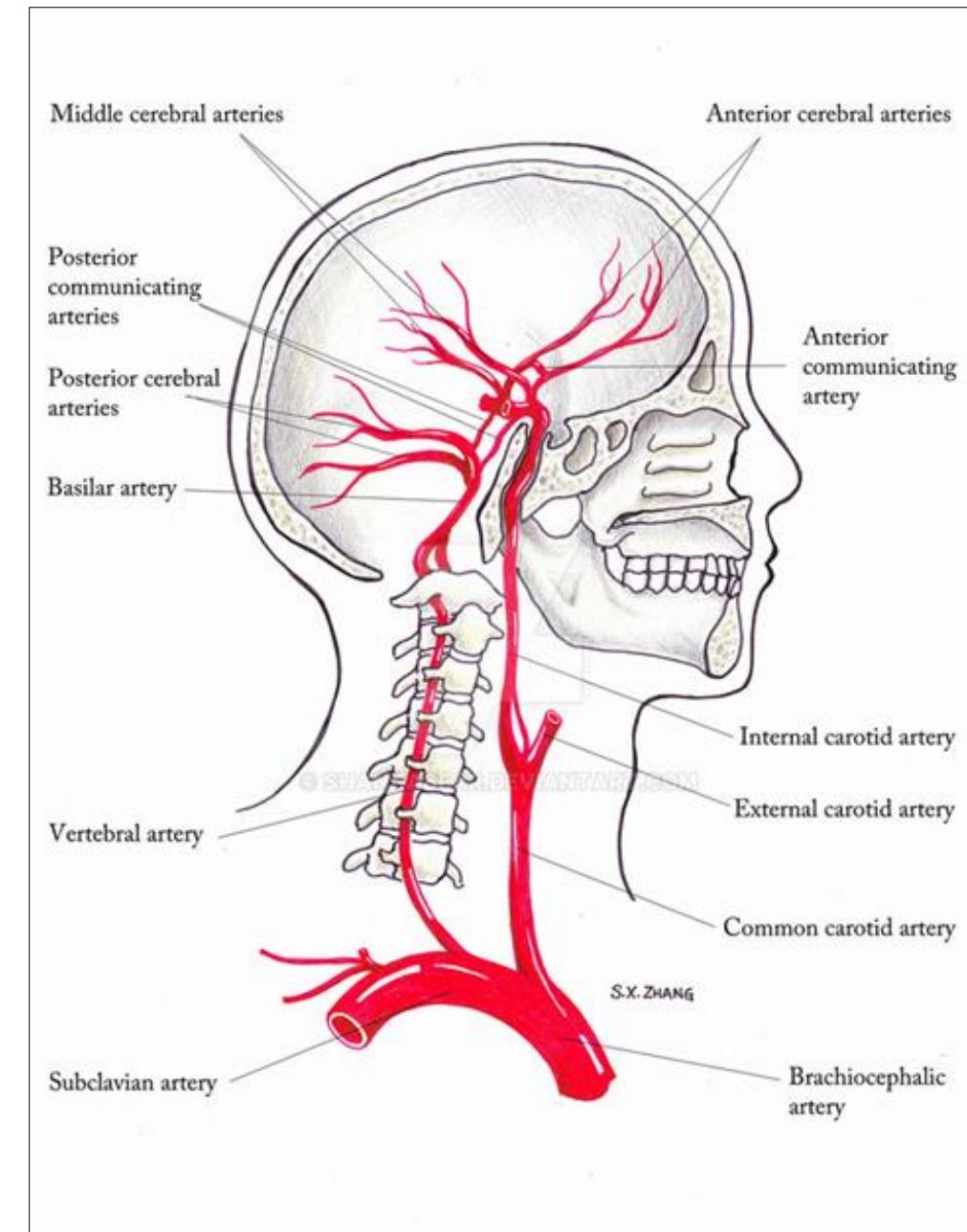
Es gibt einen **Gefäßring an der Hirnbasis**, / *Circulus arteriosus*, der aus den **inneren Halsschlagadern** / *A. carotis interna* und den **Wirbelschlagadern** / *A. vertebralis* gespeist wird.

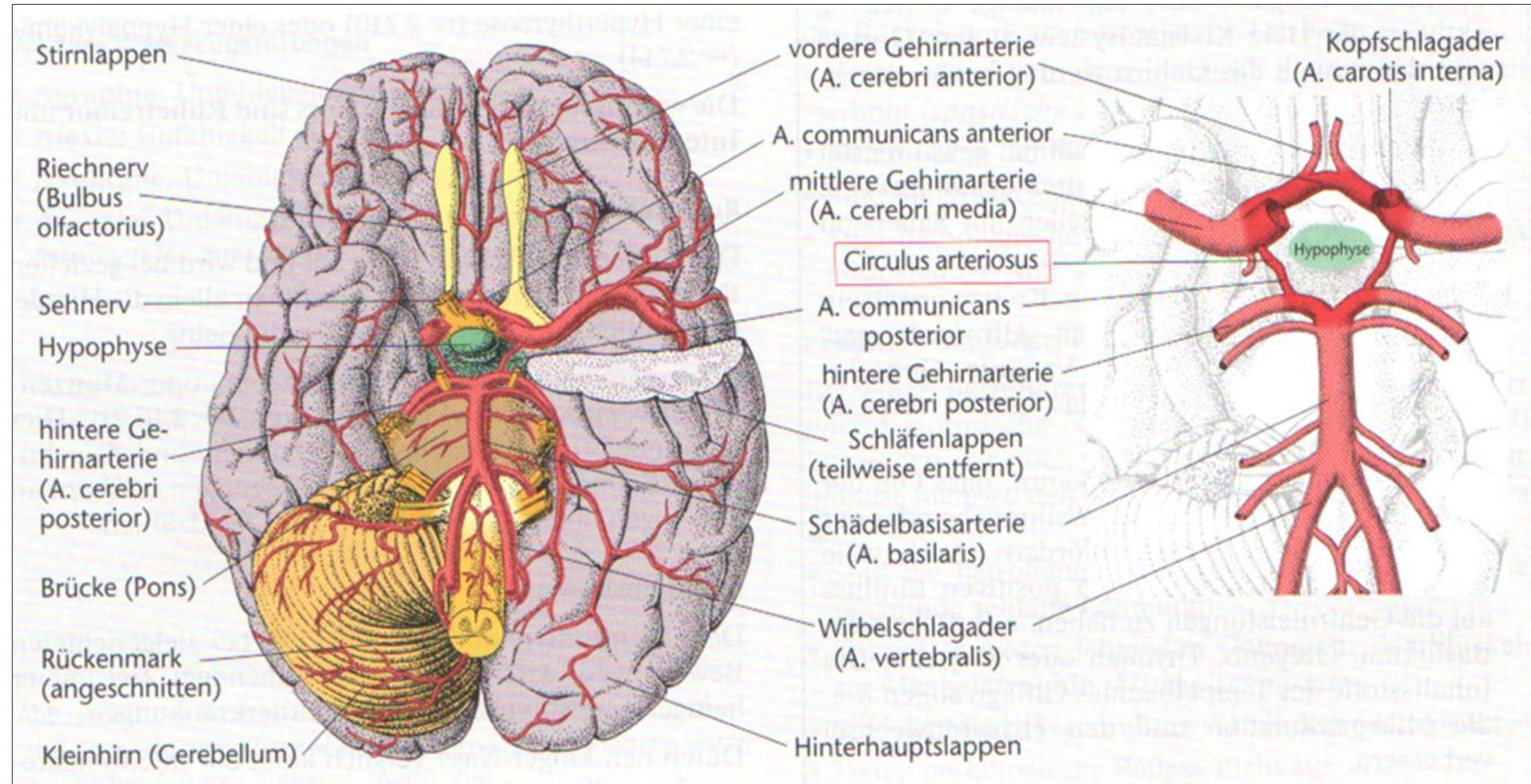
Aus der **A. carotis interna** gehen die **vordere** / *A. cerebri anterior* und die **mittlere** / *A. cerebri media* **Hirnarterie** hervor, die die entsprechenden Hirnareale versorgen.

Die rechte und die linke **A. vertebralis** vereinigen sich zur **Basilararterie** / *A. basilaris*. Diese verläuft über die Brücke und teilt sich dann in eine rechte und linke **hintere Hirnarterie** / *A. cerebri posterior*, die die hinteren Hirngebiete versorgt.

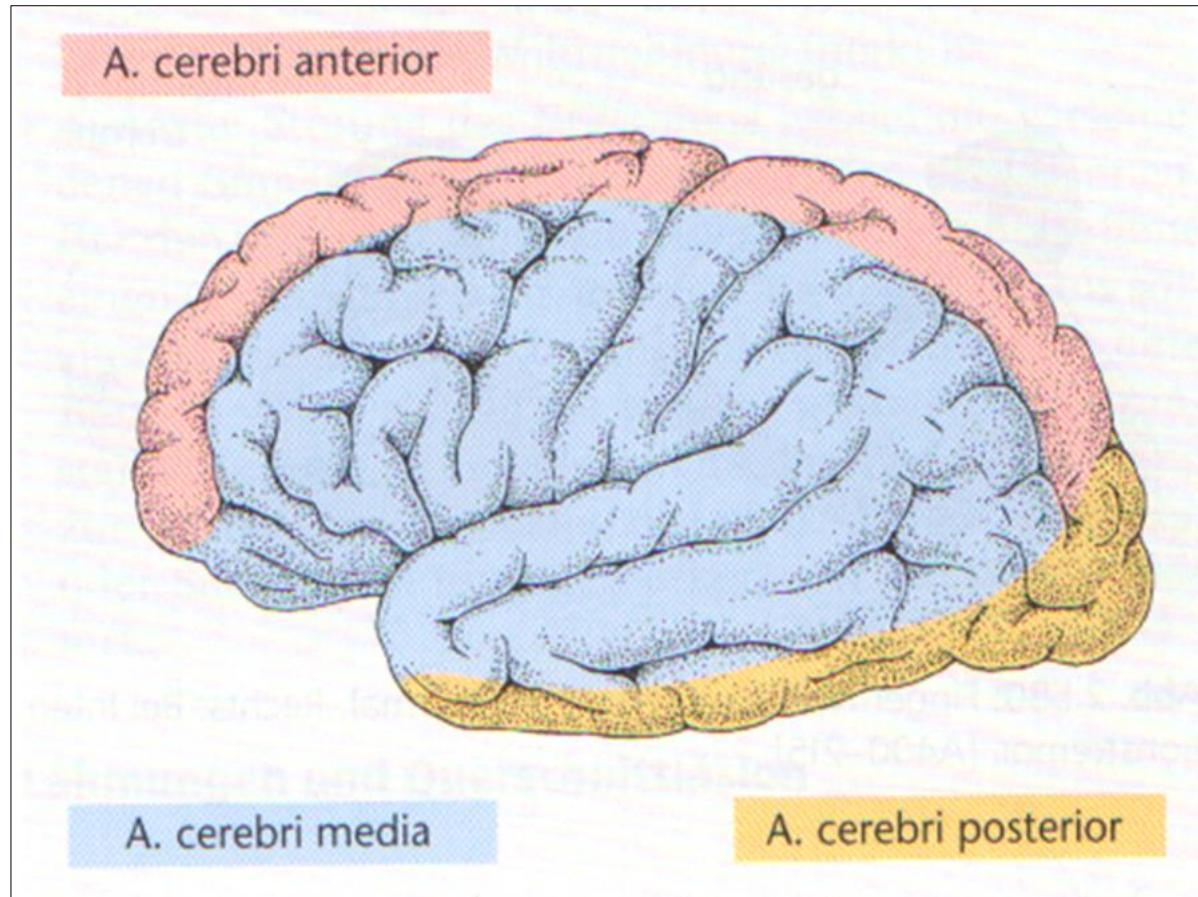
Zwischen der hinteren und mittleren Hirnarterie gibt es dann verbindende Arterien, so dass der Gefäßring entsteht. So kann eine einseitige DBS bis zu einem gewissen Grad kompensiert werden.

Das RM wird über Arterien aus den Wirbelschlagadern, den Zwischenrippenarterien und der Aorta versorgt.





Schon eine Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr von wenigen Minuten kann zu irreparablen neurologischen Ausfällen bis hin zum Hirntod führen.



Während die Hirnarterien im Bereich der Schädelbasis liegen, findet der **venöse Abfluss** hauptsächlich im Bereich der Hirnoberfläche statt.

Venöses Blut -> Sinus der harten Hirnhaut -> V. jugularis interna -> obere Hohlvene.

