

---

# Neuroanatomie

## Rückenmark, Hirnstamm, Kleinhirn, Zwischenhirn

---

David P. Wolfer  
Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich  
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0005-01 Vertiefung Neuroanatomie und Neurophysiologie  
Di 01.10.2024 10:15-12:00 HG D7.2

# Rückenmark

- Übersicht / Oberflächenrelief

- ① ② ③ ④ graue Substanz: 4 kompakte Zellsäulen → zentrale «Schmetterlingsfigur»
- ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ weisse Substanz: oberflächlich Funiculus ant., lat., post. (Stränge langer Bahnen), Fasciculus proprius (Binnenverbindungen) direkt auf grauer Substanz

- Graue Substanz: 4 Klassen von Neuronen

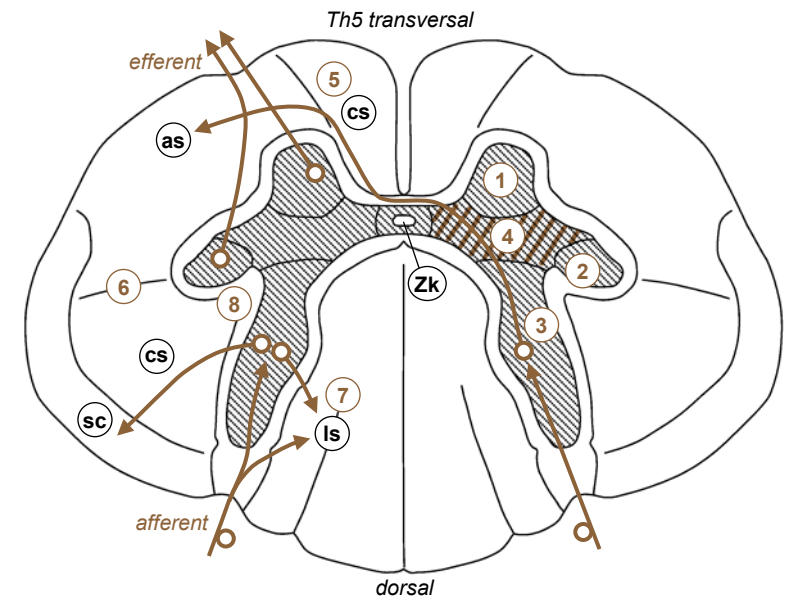
\*«untere»

- ① motorische Kerne: Motoneurone\* → Vorderwurzel → Spinalnerv → Muskeln
- ② vegetative Kerne (C8-L2/3 sympathisch, S2-4 parasympathisch): präganglionäre Neurone → Vorderwurzel → Spinalnerv → veget. Ganglien
- ③ ④ sensible Kerne: Endigung 1° afferenter Fasern (1° Neuron) aus Hinterwurzel, Ausgangspunkt für aufsteigende Fasern (2° Neurone) → Gehirn
- ① ② ③ ④ Eigenapparat: in grauer Substanz verstreute Binnenneurone → prämotorische Netzwerke, Reflexzentren, Central Pattern Generators, Reizverarbeitung

- Weisse Substanz: va. auf- und absteigende (lange) Bahnen

- ⑤ ⑥ mit Kreuzung im Rückenmark: anterolaterales System umgeschaltet in sensiblen Kernen → Thalamus (2° Neuron): Schmerz, Temperatur
- ⑥ ⑦ ohne Kreuzung im Rückenmark : lemniskales System direkt (1° Neuron), zT. umgeschaltet → Hirnstamm: Berührung, Vibration, Bewegung; Tr spinocerebellaris aus sensiblen Kernen → Kleinhirn: Feedback aus Bewegungsapparat
- ⑤ ⑥ absteigende Bahnen: kontrollieren Motoneurone, vegetative Neurone und Binnenneurone; Tr corticospinalis (Pyramidenbahn) → Willkürmotorik

- 1 Columna anterior / Cornu anterius - motorische Kerne
- 2 Columna lateralis / Cornu laterale - vegetative Kerne
- 3 Columna posterior / Cornu posterius } sensible Kerne
- 4 Columna intermedia / Pars centralis }
- Zk Zentralkanal
- 5 Funiculus anterior      ls lemniskales System
- 6 Funiculus lateralis    as anterolaterales System
- 7 Funiculus posterior    sc Tractus spinocerebellaris
- 8 Fasciculus proprius    cs Tractus corticospinalis



# Gehirn

Pc Pl choroideus  
 3v 3. Ventrikel  
 Aq Aquädukt  
 4v 4. Ventrikel

Me Mesencephalon  
 Po Pons  
 1 Rinde/Folien  
 2 Mark  
 3 Hemisphäre  
 1-2 Vermis  
 1-3 Cerebellum  
 Mo Medulla oblongata  
 Rm Rückenmark

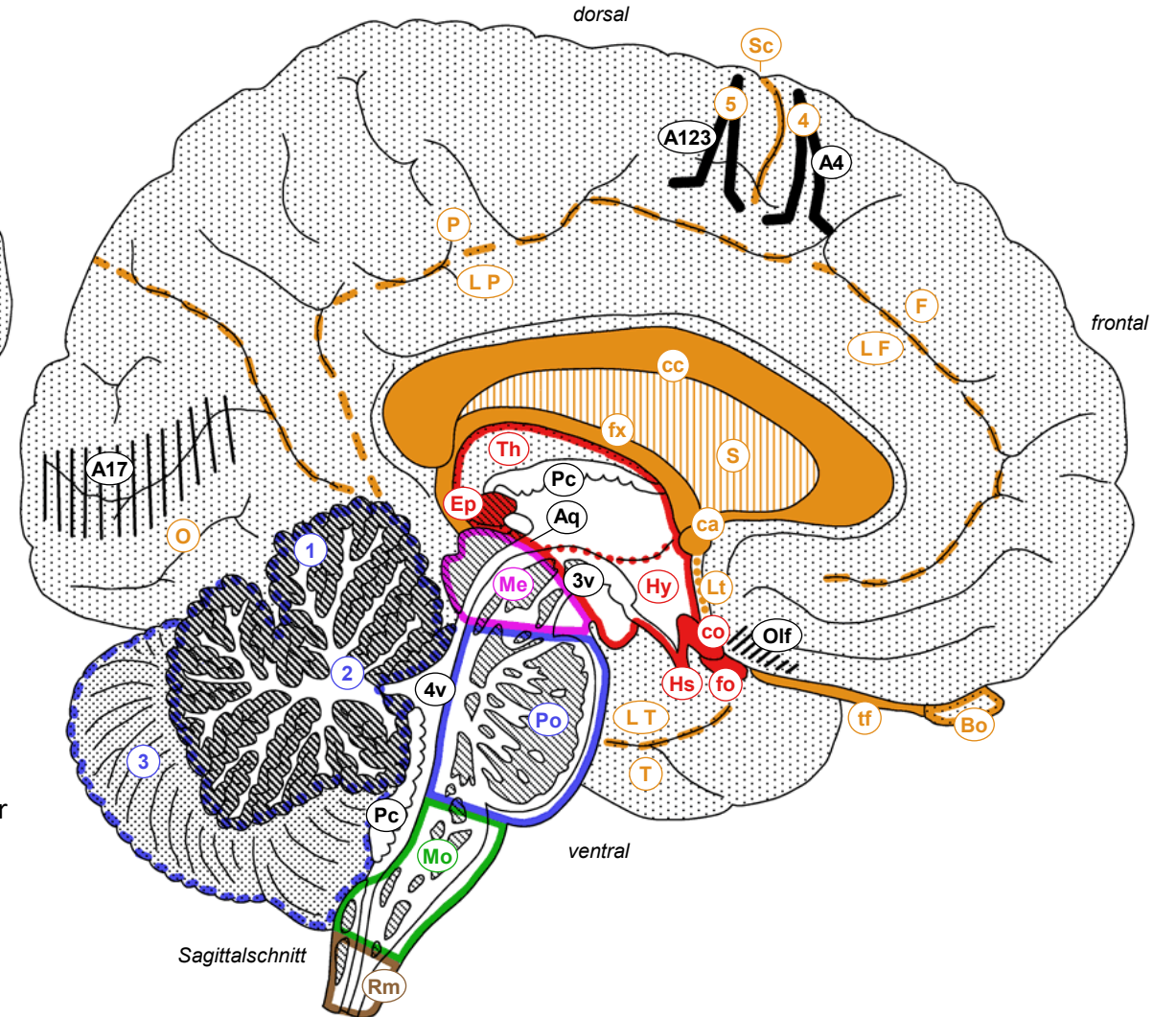
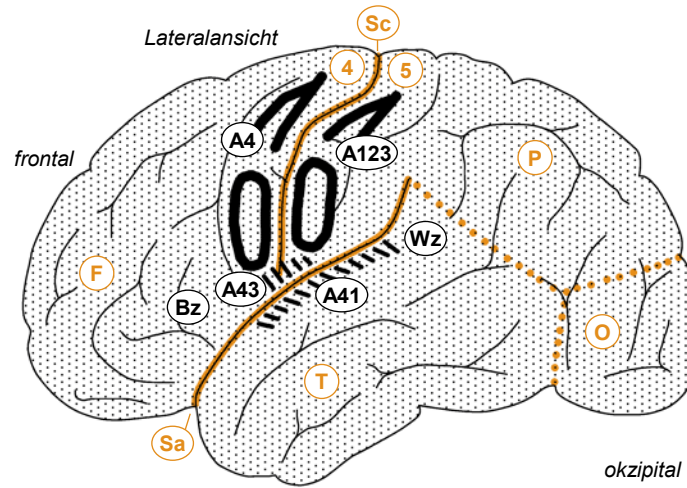
Ep Epiphyse  
 Th Thalamus  
 Hy Hypothalamus  
 Hs Hypophysenstiel  
 co Chiasma opticum  
 fo Fasciculus opticus

F Frontallappen  
 P Parietallappen  
 T Temporallappen  
 O Okzipitallappen  
 L limbischer Lappen  
 Sc Sulcus centralis  
 Sa Sulcus lateralis  
 4 Gyrus praecentralis  
 5 Gyrus postcentralis

A123 Area 1,2,3  
 A4 Area 4  
 A17 Area 17  
 A41 Area 41  
 A43 Area 43  
 Olf olfaktorische Rinde  
 Bz Broca-Zentrum  
 Wz Wernicke-Zentrum

Telencephalon (Endhirn)  
 Diencephalon (Zwischenhirn)  
 Mesencephalon (Mittelhirn)  
 Metencephalon (Nachhirn)  
 Myelencephalon (verlängertes Mark)  
 Rückenmark

cc Corpus callosum  
 ca Commissura anterior  
 Lt Lamina terminalis  
 S Septum pellucidum  
 fx Fornix  
 Bo Bulbus olfactorius  
 tf Tractus olfactorius



# Medulla oblongata

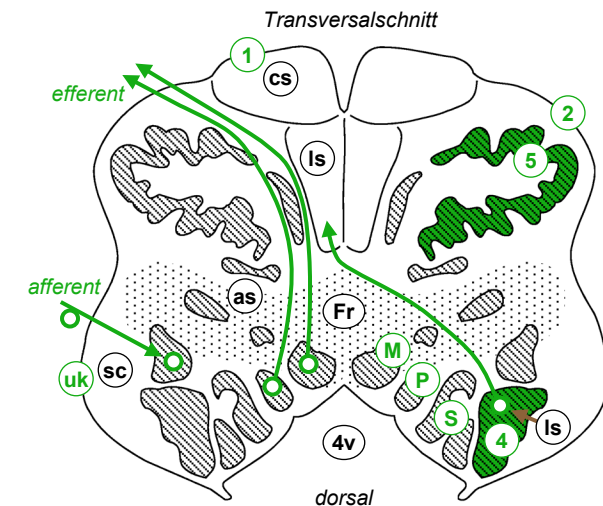
## • Übersicht / Oberflächenrelief

- ② graue Substanz = einzelne Kerne statt kompakte Säulen
- ① uk dazwischen weisse Substanz: auf/absteigende Bahnen, unterer Kleinhirnstiel
  - vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Pyramide mit Tr corticospinalis; Tegmentum = Rest der grauen und weissen Substanz, bis Boden 4. Ventrikel; (Tectum: nur Pl choroideus und Glia, keine weisse oder graue Substanz)

## • Graue Substanz

- Ⓜ motorische Hirnnervenkerne («untere Motoneurone») medial im Ventrikelboden: Nc ambiguus (IX,X), Nc N accessorii (XI), Nc N hypoglossi (XII)
  - Ⓟ parasymphische Hirnnervenkerne (präganglionäre Neurone) intermediär im Ventrikelboden : Nc salivatorius inf (IX), Nc dorsalis N vagi (X)
  - Ⓢ sensible Hirnnervenkerne (2° Neurone) lateral im Ventrikelboden : Nc solitarius (IX,X), Nc spinalis N trigemini (V,IX,X), Ncc vestibulares + cochleares (VIII)
  - ④ Hinterstrangkern = verlagerte sensible Kerne für Spinalnerven (Ende 1° afferenter Fasern lemniskales System, 2° Neuron → Seitenkreuzung): Nc gracilis + cuneatus
  - ⑤ integrativer (übergeordnete Verarbeitungs- und Steuerfunktionen) Kern des motorischen Systems: Nc olivaris inf, Ausgangspunkt für olivo-zerebelläre Bahn
- Weisse Substanz: lange Bahnen
- Ⓛs Ⓜs Ⓢc aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System (2° Neuron), Tr spinocerebellaris
  - Ⓢc absteigend: Tr corticospinalis (Pyramide) → Seitenkreuzung bei Eintritt in RM

- 1 Pyramide
- 2 Olive
- uk unterer Kleinhirnstiel
- 4v 4. Ventrikel
- Is lemniskales System
- as anterolaterales System
- sc Tractus spinocerebellaris
- cs Tractus corticospinalis
- M motorische Kerne
- P parasymp. Kerne
- S sensible Kerne
- 4 Nc. gracilis / cuneatus
- 5 Nc. olivaris inferior
- Fr Formatio reticularis





# Pons (Brücke)

- Übersicht / Oberflächenrelief

- graue Substanz = einzelne Kerne, grösste Masse Ncc pontis (Relief!)

- ok** **mk** dazwischen fragmentierte weisse Substanz: auf/absteigende Bahnen, mittlerer & oberer Kleinhirnstiel

- vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Ncc. pontis + Tr cortico-ponto-cerebellaris, mittlerer Kleinhirnstiel, Tr. corticospinalis; Tegmentum = Rest bis Boden 4. Ventrikel; (Tectum ersetzt durch Cerebellum)

- Graue Substanz

- M** mot. Hirnnervenkerne («untere Motoneurone») medial im Ventrikelboden: Nc motorius N trigemini (V), Nc N abducentis (VI), Nc N facialis (VII)

- P** parasympathischer Hirnnerven kern (präganglionäre Neurone) intermediär im Ventrikelboden: Nc salivatorius sup (VII)

- S** sensibler Hirnnerven kern (2° Neurone) lateral im Ventrikelboden: Nc principalis (spinalis, mesencephalicus) N trigemini (V)

- Po** integrativer Kern des motorischen Systems: Ncc pontis (Brückenkerne): Relais Tr cortico-ponto-cerebellaris

- Weisse Substanz: lange Bahnen

- as** **ls** aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System (2° Neuron)

- cpc** **cs** absteigend Tr cortico-ponto-\*cerebellaris, Tr corticospinalis  
\*Seitenkreuzung

**mk** mittlerer Kleinhirnstiel

**ok** oberer Kleinhirnstiel

**4v** 4. Ventrikel

**ls** lemniskales System

**as** anterolaterales System

**cpc** Tr cortico-ponto-cerebellaris

**cs** Tr corticospinalis

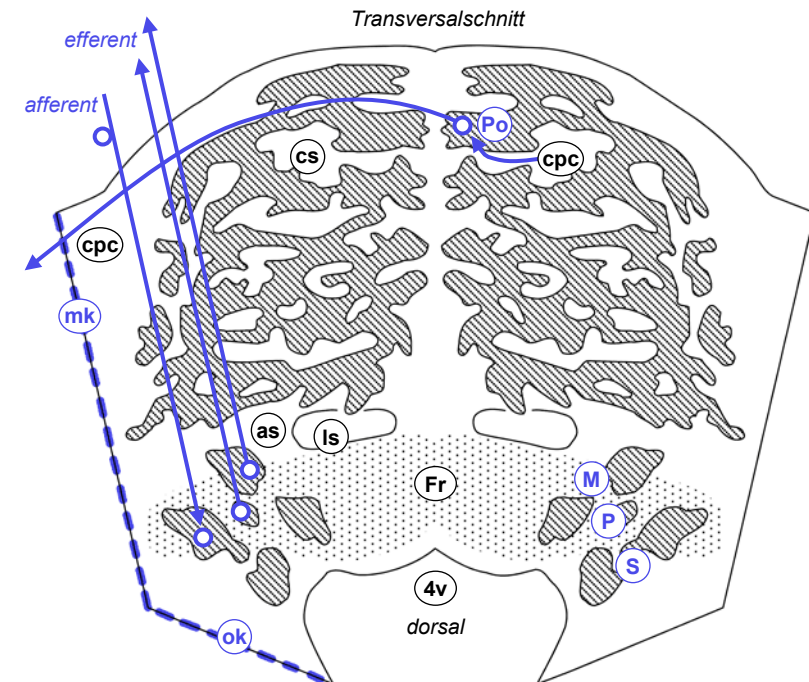
**M** motorische Kerne

**P** parasymp. Kerne

**S** sensible Kerne

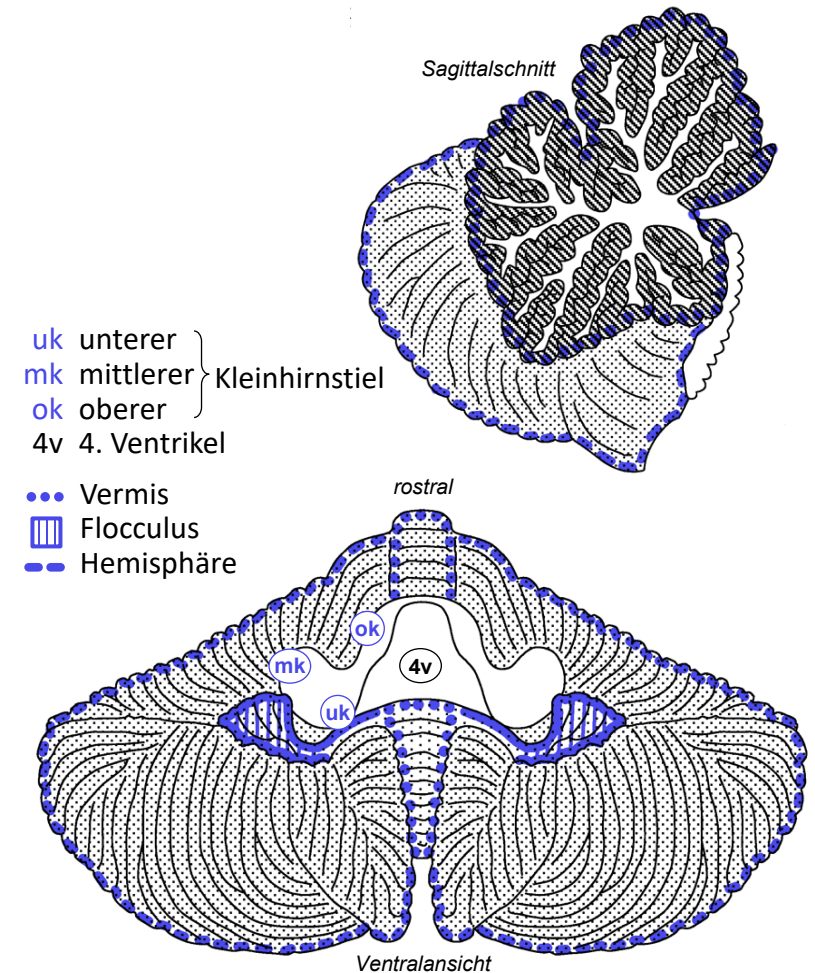
**Po** Ncc pontis

**Fr** Formatio reticularis



# Kleinhirn

- Übersicht / Oberflächenrelief
  - Oberflächenanatomie: Vermis (Mittelteil) + Flocculus, Hemisphären, schmale Kleinhirnwindungen = Foliolen + tiefe Furchen
  - innerer Aufbau: Rinde & Mark = «Arbor vitae», Kleinhirnerne eingebettet im Mark: enthalten Neurone, deren Fasern Output des Kleinhirns bilden
- Kleinhirnstiele: Input & Output
  - unterer ↔ Medulla oblongata, Rückenmark
  - mittlerer = Tr cortico-ponto-cerebellaris
  - oberer ↔ Mesencephalon und Thalamus
- Funktion: Motorische Koordination
  - Ausfall (Kleinhirn selbst oder Verbindungen): keine Lähmung, Störung der Koordination = Ataxie (Rumpf + Extremitäten), Dysarthrie (Sprechwerkzeuge), Nystagmus/Doppelbilder (Blickmotorik)
  - Vermis + Flocculus, mediale Hemisphäre: Blickmotorik, Haltungs- und Gangmotorik: Gleichgewicht, Stehen, Gehen (phylogenetisch alte Teile)
  - laterale Hemisphäre: Zielmotorik, Sprachmotorik (phylogenetisch neue Teile)



# Mesencephalon

## • Übersicht / Oberflächenrelief

- ④ ⑤ graue Substanz: Colliculus sup + inf (Relief!), einzelne Kerne
  - dazwischen weisse Substanz mit auf/absteigenden Bahnen,
- ⑥ Crus cerebri = mächtiges Bündel absteigender Fasern
  - vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Crus cerebri; Tectum = Vierhügelplatte = Colliculi sup. & inf.; Tegmentum = Rest

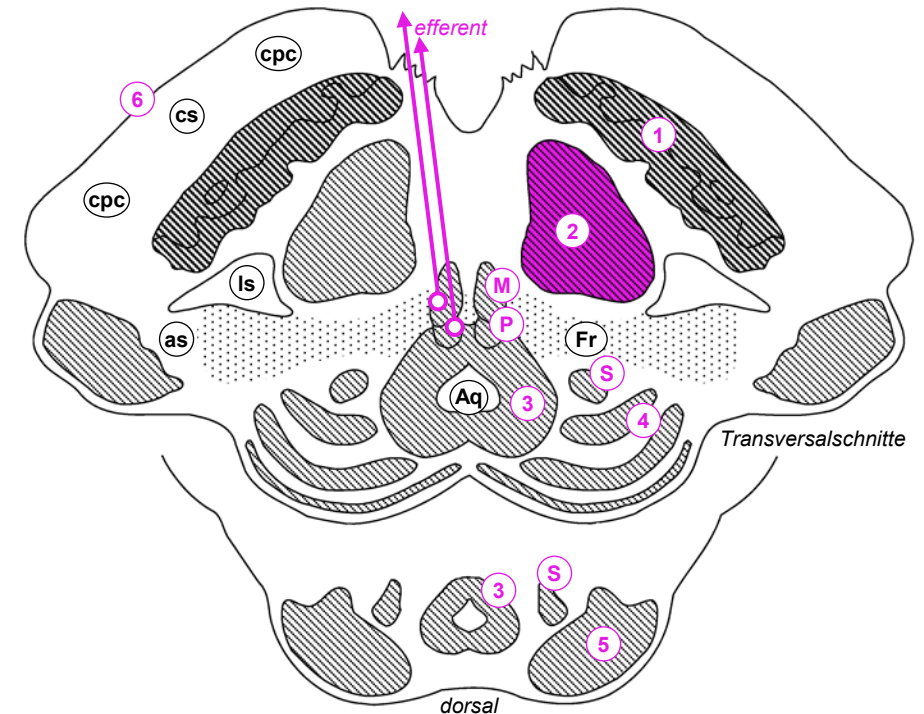
## • Graue Substanz

- ① ② ③ ④ ⑤ integrative Kerne: Substantia nigra (Dopamin-Neurone, Melanin, Parkinson), Nc ruber (motorische Koordination\*), periaquäduktales Grau (sendet Nervenfasern ins Rückenmark: Schmerzhemmung, vegetative Reflexe, Verhalten), Colliculus inf (Schaltkern der Hörbahn), Colliculus sup (steuert Blick- und Kopfbewegungen\*)
  - \* «obere Motoneurone»
- ⑥ motorische Hirnnervenkerne («untere» Motoneurone): Nc N oculomotorii (III), Nc N trochlearis (IV)
- ⑦ parasympathischer Hirnnervkern (präganglionäre Neurone): Nc accessorius N oculomotorii (Edinger-Westphal-Kern)(III)
- ⑧ sensibler Hirnnervkern: Nc mesencephalicus N trigemini (V)

## • Weisse Substanz: lange Bahnen

- ⑨ ⑩ aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System (2° Neuron)
- ⑪ ⑫ absteigend Tr cortico-ponto-cerebellaris, Tr corticospinalis

- ④ Colliculus sup.
- ⑤ Colliculus inf.
- ⑥ Crus cerebri
- Aq Aquädukt
- Is lemniskales System
- as anterolaterales System
- cpc Tr cortico-ponto-cerebellaris
- cs Tr corticospinalis
- ① Substantia nigra
- ② Nc Ruber
- ③ periaquäduktales Grau
- M motorische Kerne
- P parasympathischer Kern
- S sensibler Kern
- Fr Formatio reticularis



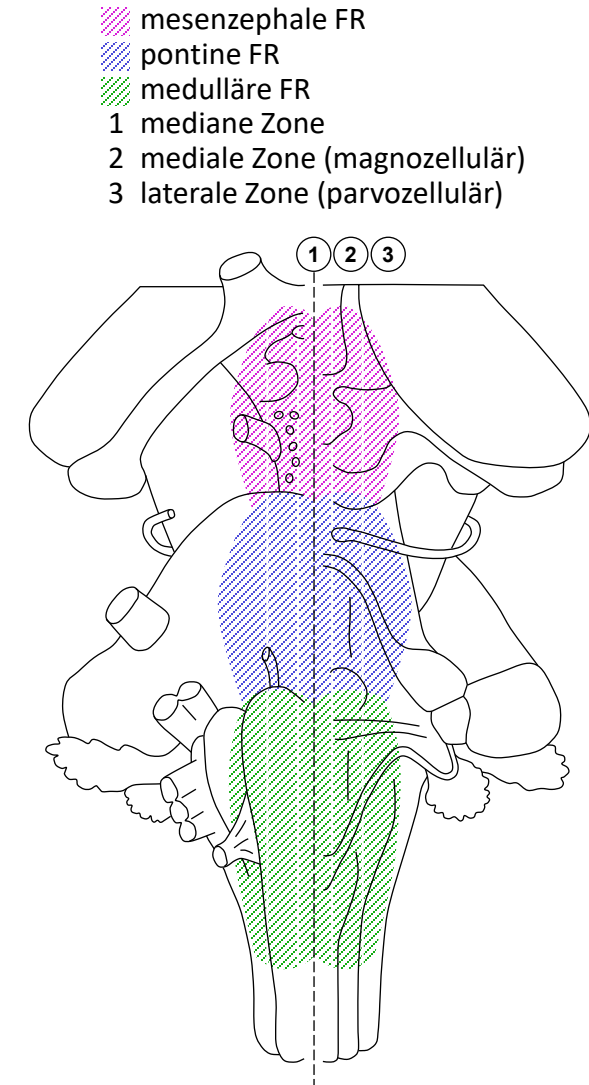
# Formatio reticularis

## • Anatomie

- heterogenes (Morphologie, Verbindungen, Neurochemie) lockeres Netzwerk von Nervenzellen, lokale Verdichtungen, grosszellige (= magnozelluläre, medial) und kleinzellige (= parvozelluläre, lateral) Zonen
- Durchzieht gesamtes Tegmentum: Medulla, Pons, Mesencephalon
- Interneurone und Projektionsneurone mit aufsteigenden (→ Zwischenhirn, Grosshirn) und absteigenden (→ Rückenmark) Nervenfasern

## • Funktionen

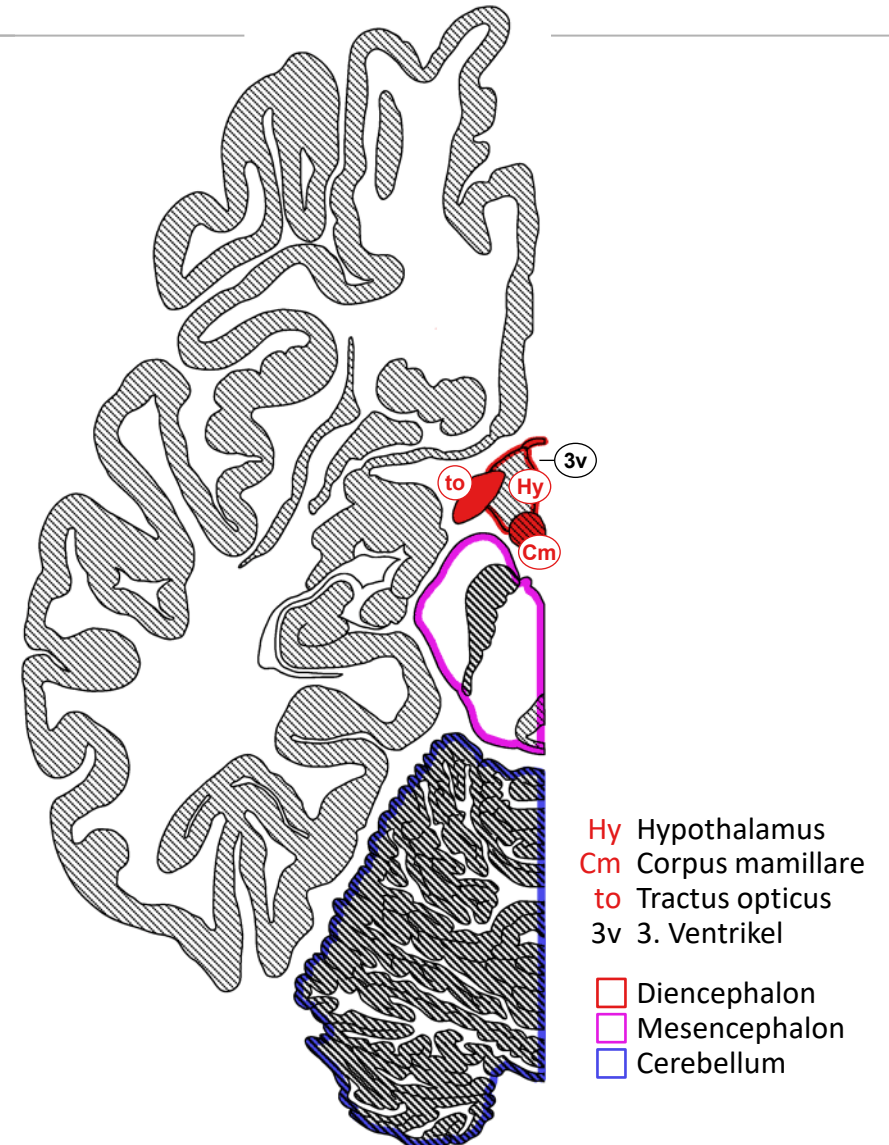
- wie Eigenapparat Rückenmark, aber für Hirnstamm: prämotorische Netzwerke (z.B. Augenmotorik, Kauen, Schlucken), Reflexzentren (z.B. Brechreflex, Würgereflex, Hustenreflex), Central Pattern Generators (zB Atemzentrum), Reizverarbeitung
- motorische Kontrollzentren\*: Haltungsmotorik, Grundbewegungen (zB. Gehen) \*«obere Motoneurone»
- vegetative Kontrollzentren: Kreislaufzentrum & Atemzentrum (überlebenswichtig), Miktionszentrum (Steuerung der Harnblase)
- aufsteigende modulierende monoaminerge und cholinerge Bahnen: NA / ACh (zirkadianer Rhythmus, Stress- und Weckreaktion), mesolimbisches DA-System (Belohnungssystem), Serotonin (Stimmung, Antrieb, Emotionen)
- absteigende retikulospinale Bahnen: Haltungsmotorik + Gleichgewicht, vegetative Kontrolle (zB Harnblasen- & Darmentleerung, Kreislauf), Modulation spinaler Reizverarbeitung (va. Schmerzreize)





# Hypothalamus

- Übersicht / Gliederung
  - «Erdgeschoss» des Diencephalons, bildet ventrale Seitenwand und Boden 3. Ventrikel
  - Kernkomplex mit relativ wenig weisser Substanz
  - assoziierte Strukturen: Chiasma opticum (Sehnervenkreuzung) → Tractus opticus (Sehbahn), Hypophysenstiel, Corpus mamillare
- Funktionen
  - keine motorische, vegetative, sensible Hirnnervenkerne mehr! nur noch integrative Kerne mit übergeordneten Funktionen
  - Nc suprachiasmaticus: zirkadianer Masterschrittmacher, Schlaf-Wach-Regulation, Synchronisation mit Tagesgang
  - Kontrolle inneres Milieu (Wasserhaushalt, Stoffwechsel, Temperatur): Hormone via Hypophyse, vegetatives NS, via Mittelhirn (periaquäduktales Grau) Beeinflussung des Verhaltens (Hunger, Durst)
  - Ausgangspunkt der hormonellen Stressachse: Hypothalamus (CRH) → Hypophyse (ACTH) → Nebenniere (Kortisol) (hypothalamus → pituitary → adrenal = HPA-axis)
  - Steuerung Sexualorgane, Sozial/Sexualverhalten



# Thalamus

- Übersicht / Gliederung
  - eiförmiges «Obergeschoss» des Diencephalons, bildet dorsale Seitenwand 3. Ventrikel, 2 kaudale Höcker: Corpus geniculatum laterale & mediale
  - grosser Kernkomplex mit relativ wenig weisser Substanz
  - dorsales Anhängsel: Epithalamus mit Habenula und Epiphyse
- motorische Kerngruppe
  - Input von Basalganglien und Kleinhirn, ↔ prä/motorische Rindenareale
- sensible Kerngruppe (letztes Relais vor Grosshirnrinde)
  - Corpus geniculatum mediale: Hörbahn → Area 41
  - Corpus geniculatum laterale: Sehbahn → Area 17
  - anterolaterales & lemniskales System: «3. Neuron» → Area 1,2,3
  - Geschmacksbahn → Area 43
- unspezifische Kerngruppe
  - Modulation von Grosshirnrindenaktivität, motorischer und sensibler Kerngruppen; Input aus Formatio reticularis
- Epithalamus
  - Epiphyse (Melatonin, Steuerung Tag/Nacht-Rhythmus), Habenula (Link limbisches System ↔ Belohnungssystem)

