

---

# 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 04.10.2022 10:15-12:00 HG D7.2

# Rückenmark

- Übersicht

- 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

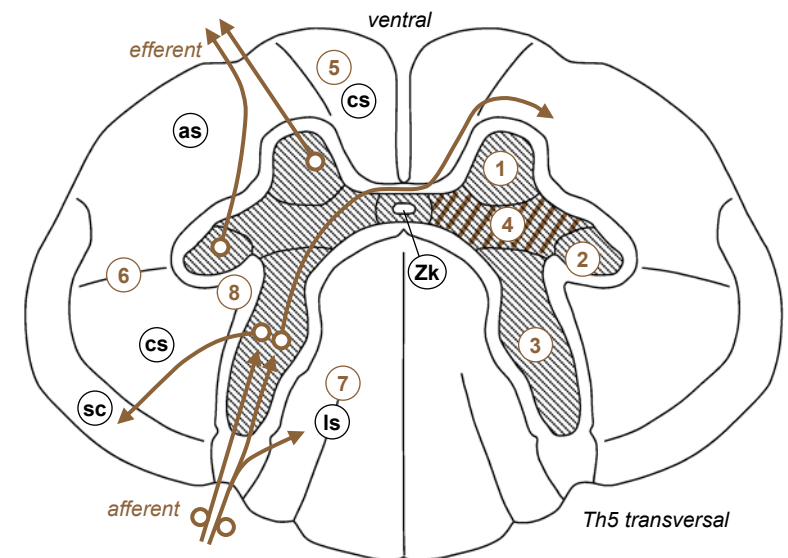
- Graue Substanz: 4 Klassen von Neuronen

- 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. Neuron») → 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 aus sensiblen Kernen aufsteigend («2. Neuron»): anterolaterales System (Schmerz, Temperatur) gekreuzt → Hirnstamm & Thalamus, Tr spinocerebellaris (Feedback aus Bewegungsapparat) → Kleinhirn
- ⑦ aus Hinterwurzel direkt → sensible Kerne im Hirnstamm: lemniskales System (Berührung, Vibration, Bewegung): 1° afferente Fasern («1. Neuron»)
- 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 } sensible Kerne
- Zk Zentralkanal
- 5 Funiculus anterior Is lemniskales System
- 6 Funiculus lateralis as anterolaterales System
- 7 Funiculus posterior sc Tractus spinocerebellaris
- 8 Fasciculus proprius cs Tractus corticospinalis

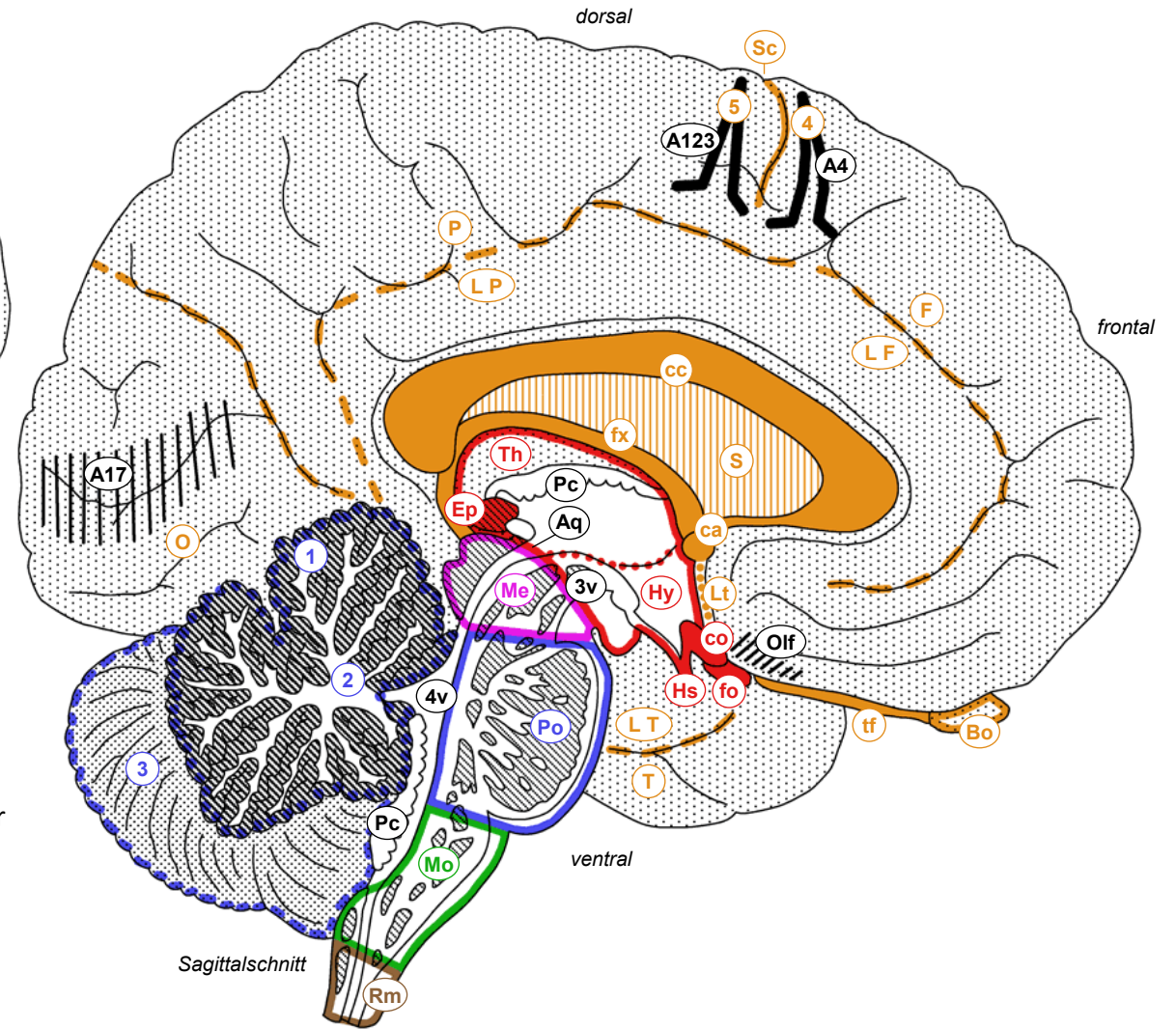
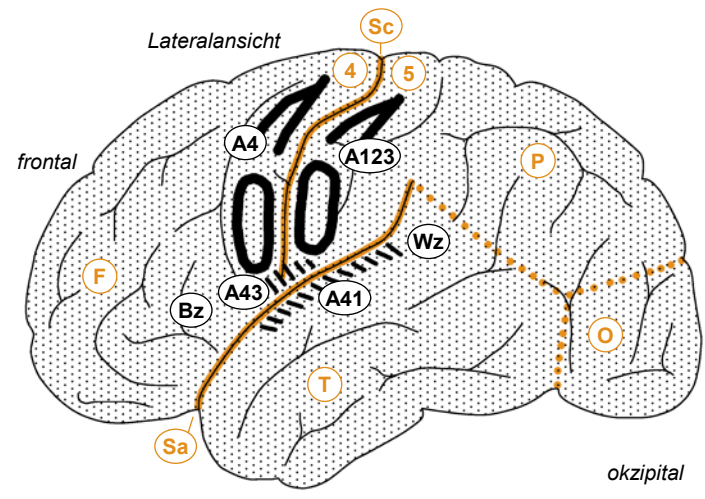


# Gehirn

- 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



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

- 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

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

# Medulla oblongata

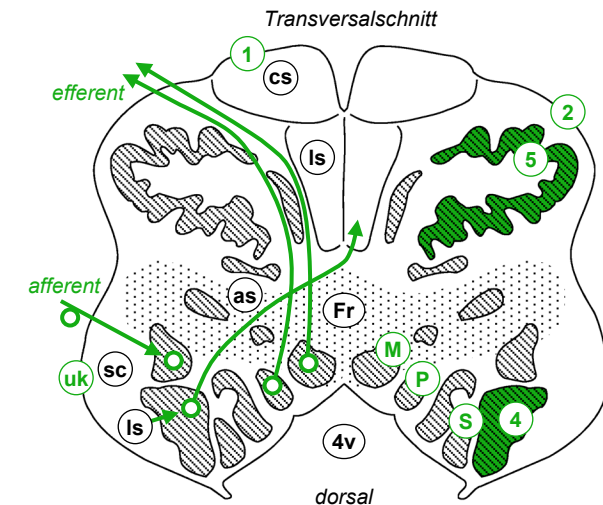
## • Übersicht

- 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 medial im Ventrikelboden: Nc ambiguus (IX,X), Nc N accessorii (XI), Nc N hypoglossi (XII)
  - Ⓟ parasymphatische Hirnnervenkerne intermediär im Ventrikelboden : Nc salivatorius inf (XI), Nc dorsalis N vagi (X)
  - Ⓢ sensible Hirnnervenkerne («2. Neuron») lateral im Ventrikelboden : Nc solitarius (IX,X), Nc spinalis N trigemini (V,IX,X), Ncc vestibulares + cochleares (VIII)
  - ④ in Medulla oblongata verlagerte sensible Kerne für Spinalnerven (lemniskales System): Nc gracilis + cuneatus («2. Neuron») → Seitenkreuzung
  - ⑤ integrativer (übergeordnete Verarbeitungs- und Steuerfunktionen) Kern des motorischen Systems: Nc olivaris inf, Ausgangspunkt für olivo-zerebelläre Bahn
- Weisse Substanz: lange Bahnen
- Ⓛs Ⓜas Ⓢc aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System, 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 parasymph. Kerne
- S sensible Kerne
- 4 Nc. gracilis / cuneatus
- 5 Nc. olivaris inferior
- Fr Formatio reticularis



# Pons (Brücke)

## • Übersicht

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

ⓄⓂ ⓂⓂ 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

- Ⓜ motorische Hirnnervenkerne medial im Ventrikelboden:  
Nc motorius N trigemini (V), Nc N abducentis (VI), Nc N facialis (VII)
- Ⓟ parasymphischer Hirnnerven Kern intermediär im Ventrikelboden:  
Nc salivatorius sup (VII)
- Ⓢ sensibler Hirnnerven Kern lateral im Ventrikelboden:  
Nc principalis N trigemini (V)
- Ⓟ integrativer Kern des motorischen Systems:  
Ncc pontis (Brückenkerne): Relais Tr cortico-ponto-cerebellaris

## • Weisse Substanz: lange Bahnen

- ⓂⓂ ⓂⓂ aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System
- ⓂⓂ ⓂⓂ absteigend Tr cortico-ponto-\*cerebellaris, Tr corticospinalis  
\*Seitenkreuzung

mk mittlerer Kleinhirnstiel

ok oberer Kleinhirnstiel

4v 4. Ventrikel

Is lemniskales System

as anterolaterales System

cpc Tr cortico-ponto-cerebellaris

cs Tr corticospinalis

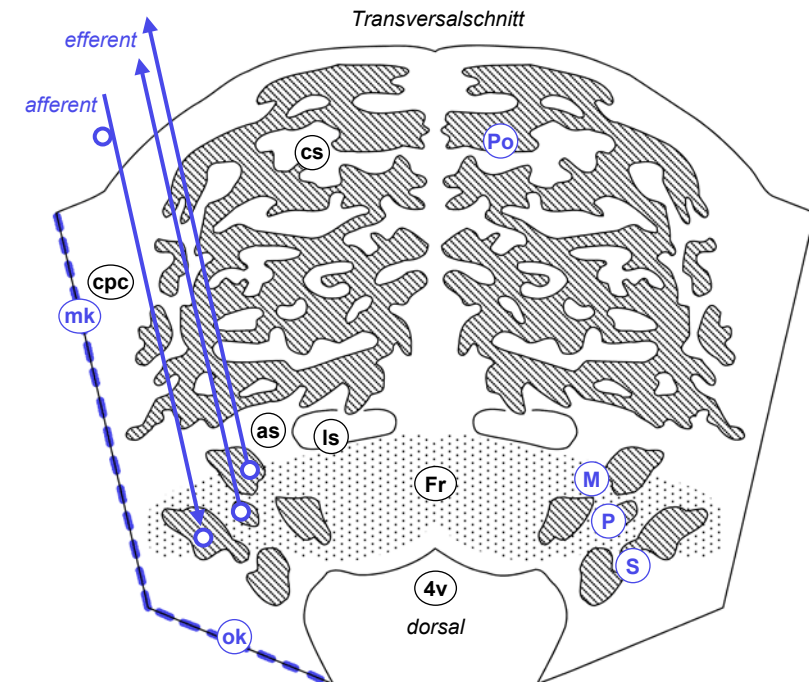
M motorische Kerne

P parasymp. Kerne

S sensible Kerne

Po Ncc pontis

Fr Formatio reticularis



# Kleinhirn

- Übersicht

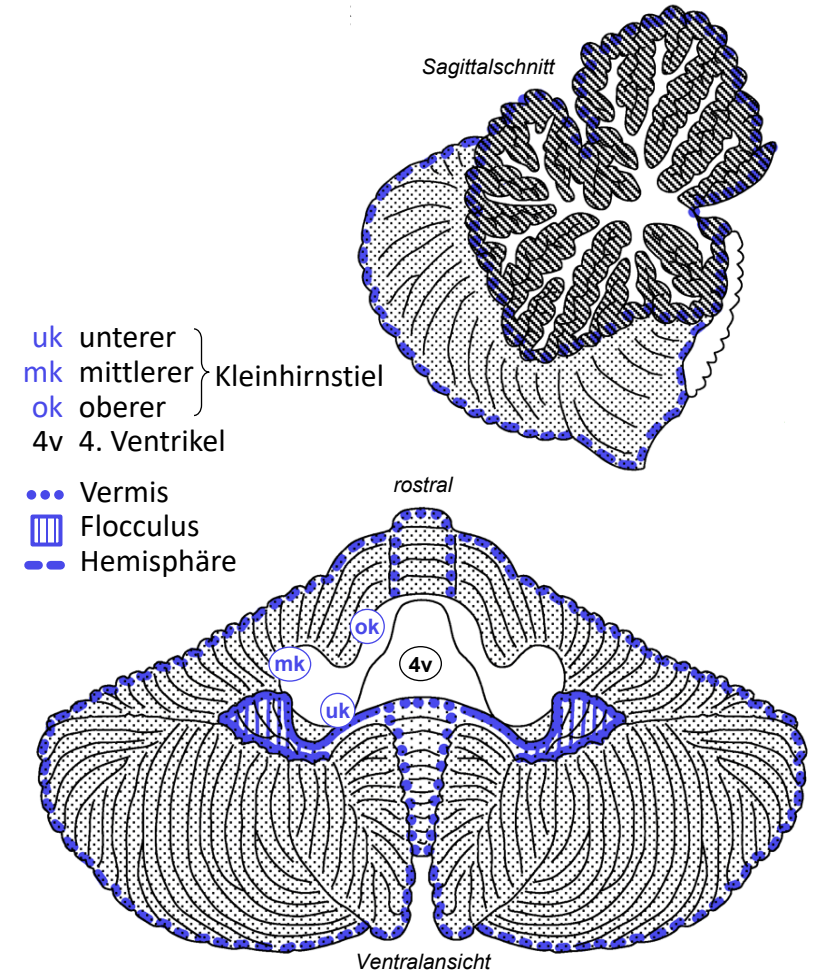
- Oberflächenanatomie: Vermis (Mittelteil), Flocculus, Hemisphären.  
schmale Kleinhirnwindungen = Folien + tiefe Furchen
- innerer Aufbau: Rinde & Mark = «Arbor vitae»,  
Kleinhirnerne eingebettet im Mark: enthalten Neurone,  
deren Fasern Output des Kleinhirns bilden

- 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

- 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

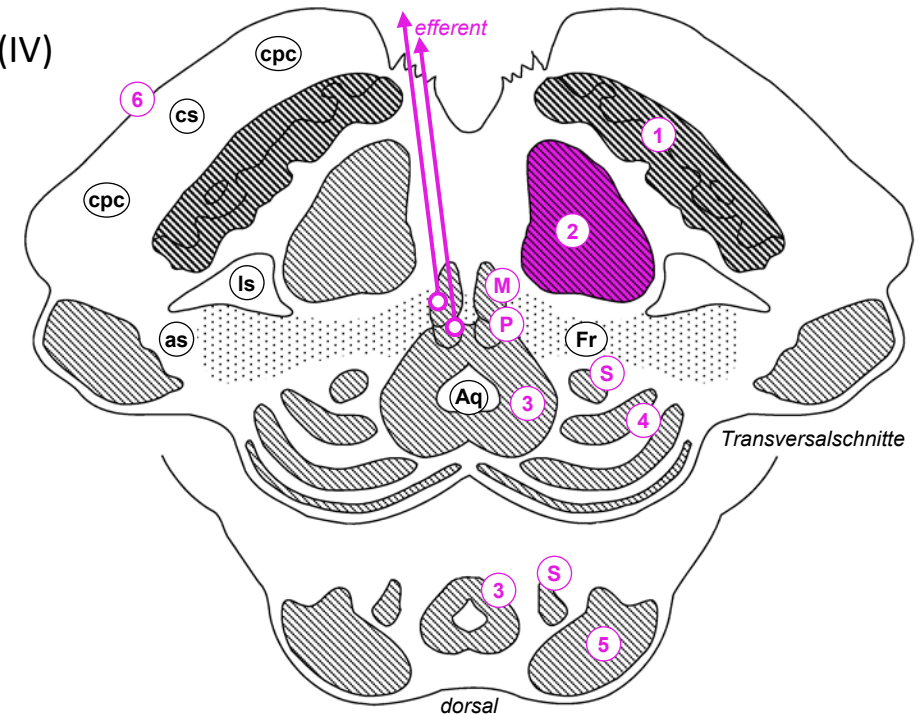
- Graue Substanz

- 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)
- ⑥ motorische Hirnnervenkerne: Nc N oculomotorii (III), Nc N trochlearis (IV)
- ⑦ parasympathischer Hirnnervenkerne: Nc accessorius N oculomotorii (Edinger-Westphal-Kern)(III)
- ⑧ sensibler Hirnnervenkerne: Nc mesencephalicus N trigemini (V)

- Weisse Substanz: lange Bahnen

- ⑨ ⑩ aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System
- ⑪ ⑫ absteigend Tr cortico-ponto-cerebellaris, Tr corticospinalis

- ⑬ Colliculus sup.
- ⑭ Colliculus inf.
- ⑮ Crus cerebri
- Aq Aquädukt
- Is lemniskales System
- as anterolaterales System
- cpc Tr cortico-ponto-cerebellaris
- cs Tr corticospinalis
- ⑯ Substantia nigra
- ⑰ Nc Ruber
- ⑱ periaquäduktales Grau
- ⑲ motorische Kerne
- ⑳ parasympathischer Kern
- ㉑ sensibler Kern
- Fr Formatio reticularis



# Formatio reticularis

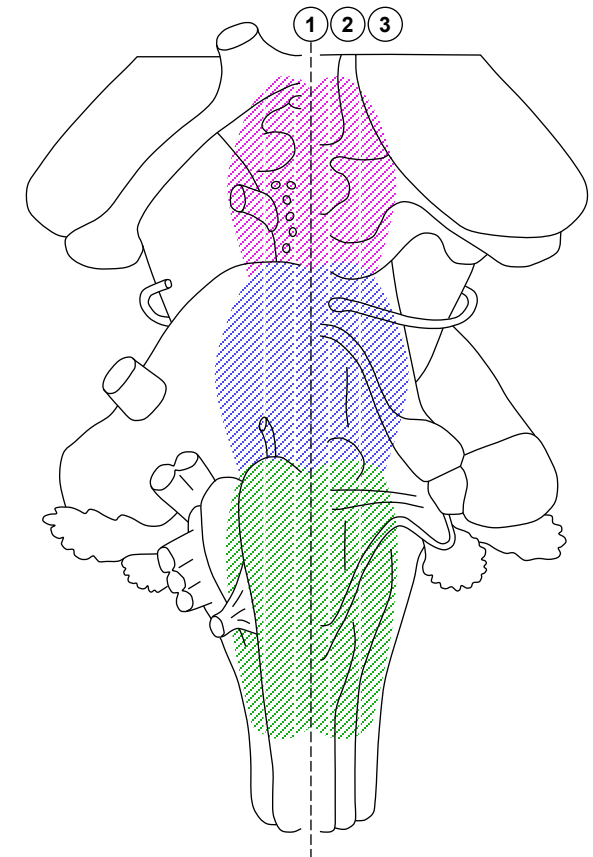
- Anatomie

- 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) Fasern

- 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
- vegetative Kontrollzentren: Kreislaufzentrum, Atemzentrum, Miktionszentrum (Steuerung der Harnblase)
- aufsteigende modulierende monoaminerge und cholinerge Projektionen: NA / ACh (zirkadianer Rhythmus, Stress- und Weckreaktion), DA (Belohnungssystem), Serotonin (Stimmung, Antrieb, Emotionen)
- absteigende retikulospinale Bahnen: Haltungsmotorik + Gleichgewicht, vegetative Kontrolle (zB Harnblasen- & Darmentleerung, Kreislauf), Modulation spinaler Reizverarbeitung (va. Schmerzreize)

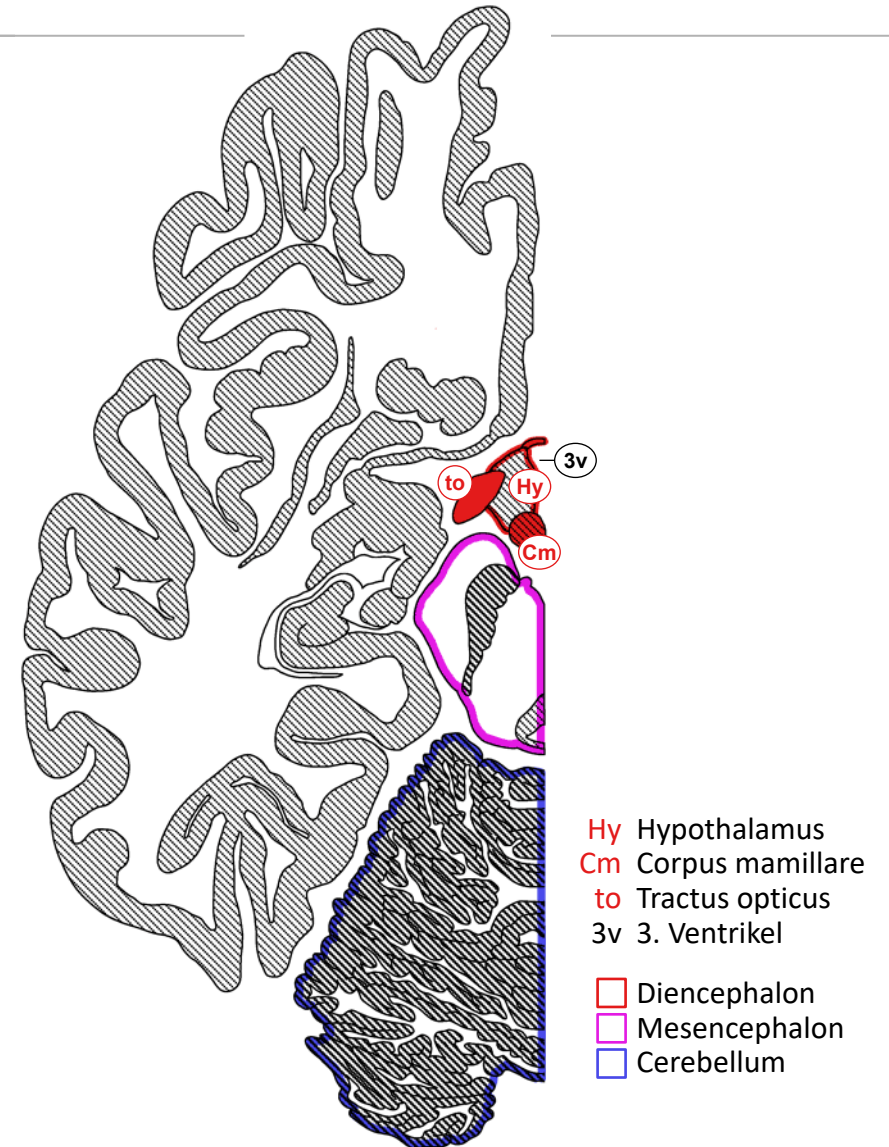
- mesenzephalere FR
- pontine FR
- medulläre FR
- 1 mediane Zone
- 2 mediale Zone (magnozellulär)
- 3 laterale Zone (parvozellulär)





# Hypothalamus

- Übersicht
  - «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 Stressachse: hypothalamus → pituitary → adrenal (HPA-axis)  
Hypothalamus → Hypophyse → Nebenniere
  - Steuerung Sexualorgane, Sozial/Sexualverhalten



# Thalamus

- Übersicht
  - 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 sensorischer Kerngruppe; Input aus Formatio reticularis
- Epithalamus
  - Epiphyse (Melatonin, Steuerung Tag/Nacht-Rhythmus), Habenula (Link limbisches System ↔ Belohnungssystem)

