

*Neuro- und Sinnesphysiologie
für Kognitionswissenschaftler*

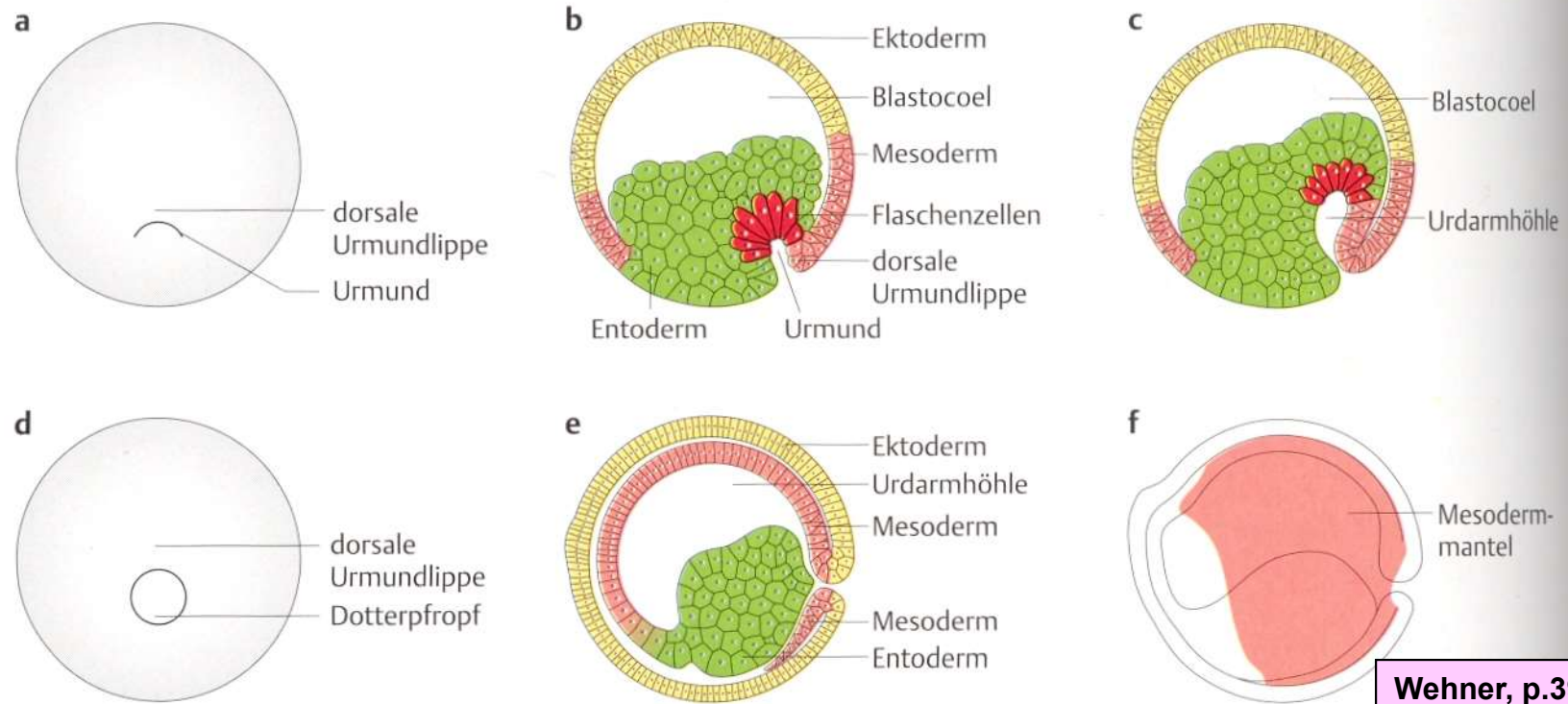
*V Zentralnervensystem
der Wirbeltiere*



H. Mallot, Inst. Neurobiologie, FB Biologie, Univ. Tübingen, WS2021/22



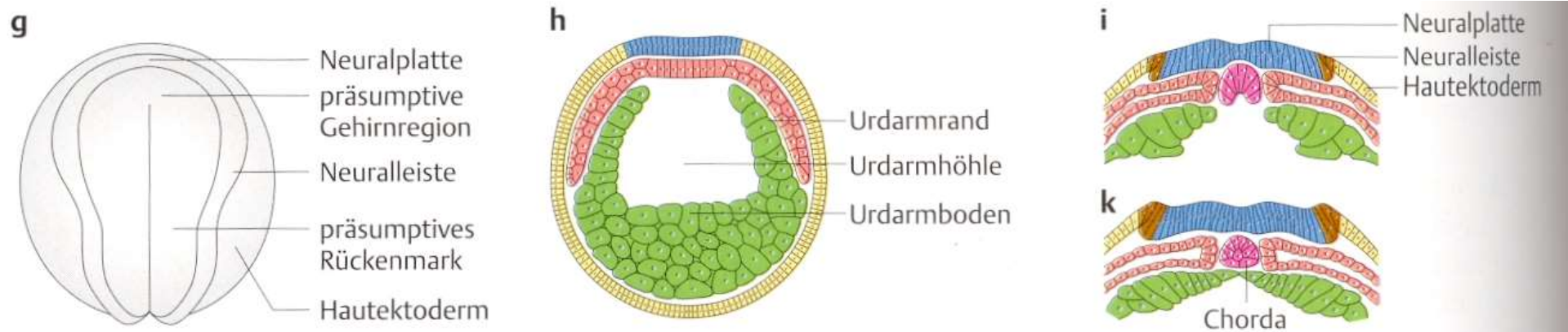
Ontogenese von Nervenzellen: Gastrulation bei Amphibien



Blastula: Hohlkugel, Lumen heißt Blastocoel (= **primäre Leibeshöhle**)

Gastrula: durch Einwanderung von Zellen am **Urmund** entsteht ein zweischichtiger Keim. Die äußere Schicht ("Keimblatt") heißt **Ektoderm**, aus den Zellen im Innern entstehen **Meso-** und **Entoderm**. Der neue Hohlraum heißt **Urdarm**.

Frühe Neurulation bei Amphibien



Wehner, p.390

Das **Mesoderm** sammelt sich auf der zukünftigen Dorsalseite des Keims.

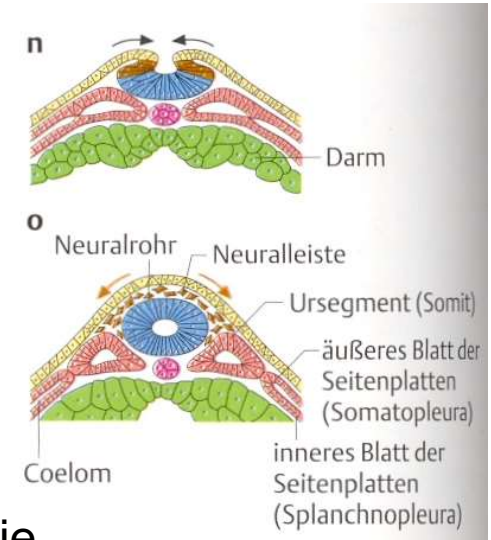
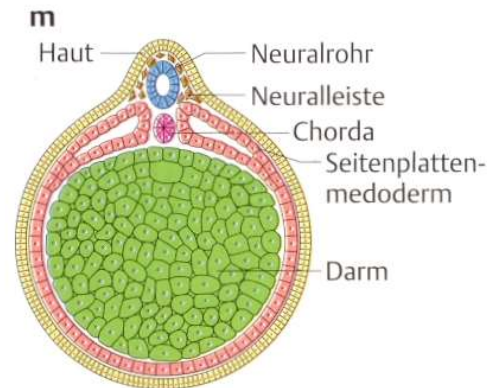
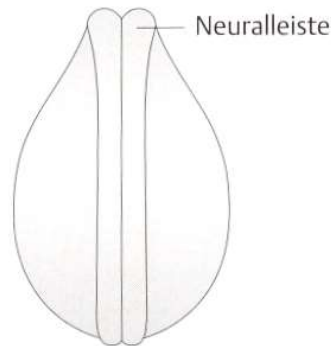
Das Ektoderm über dem Mesoderm differenziert sich zur **Neuralplatte** (Neuroektoderm). Der Rest des Ektoderms bildet später die Haut, den Kopfdarm (Mundhöhle) und z.B. die Augenlinse.

Am Übergang von Neuralplatte und Hautektoderm bildet sich die **Neuralleiste**, aus der u.a. das **periphere Nervensystem** entsteht.

Das Mesoderm bildet unter der Neuralplatte die **Chorda dorsalis** und die segmental angelegten **Somiten**. In den Somiten bildet sich ein neuer Hohlraum, der als **Coelom** oder **sekundäre Leibeshöhle** bezeichnet wird.

Späte Neurulation bei Amphibien

Wehner, Gehring: Zoologie,
Stuttgart (Thieme) ²⁴2007, p.390

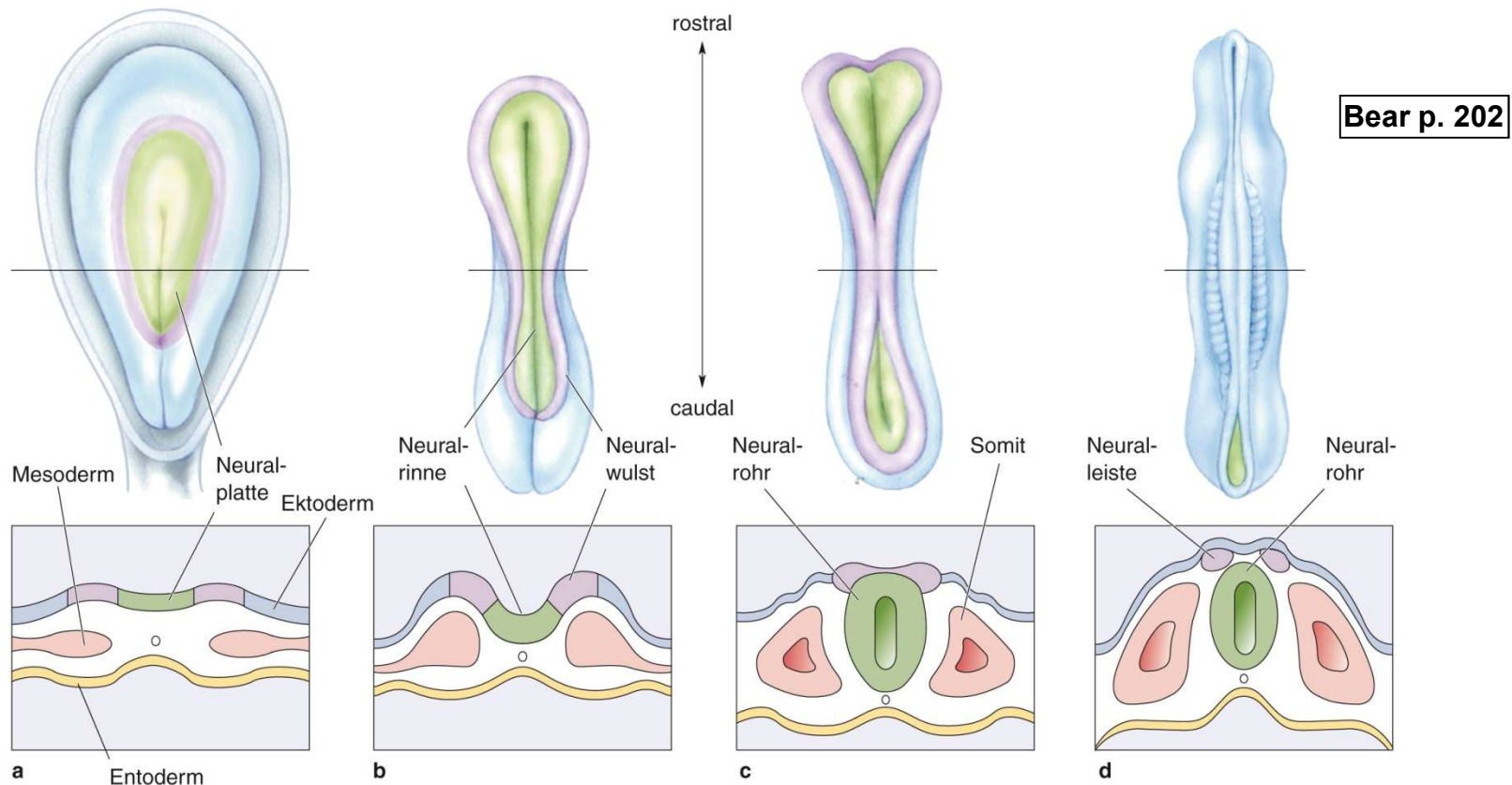


Die Neuralplatte schließt sich längs zum **Neuralrohr**. Damit ist die Grundstruktur des Zentralnervensystems (Gehirn und Rückenmark) ausgebildet. Das Lumen des Neuralrohrs ist im **Ventrikelsystem** des Gehirns und im **Zentralkanal** des Rückenmarks auch im Erwachsenen erhalten.

Die Zellen der **Neuralleiste** wandern in den Körper und bilden das periphere Nervensystem

Aus dem **Mesoderm** entstehen Muskeln, Knochen, Blut und Blutgefäße sowie das Urogenitalsystem.

Neurulation (frühe Ontogenese des ZNS)



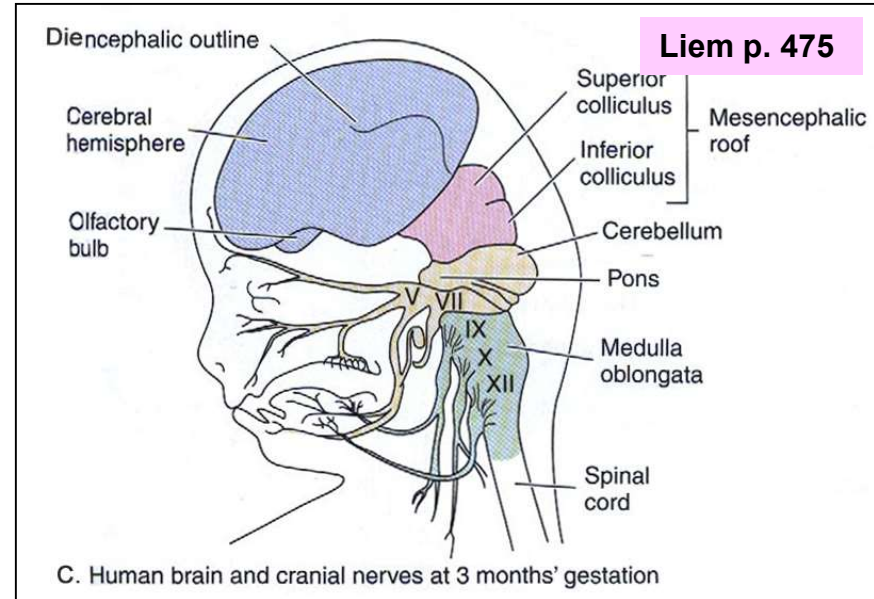
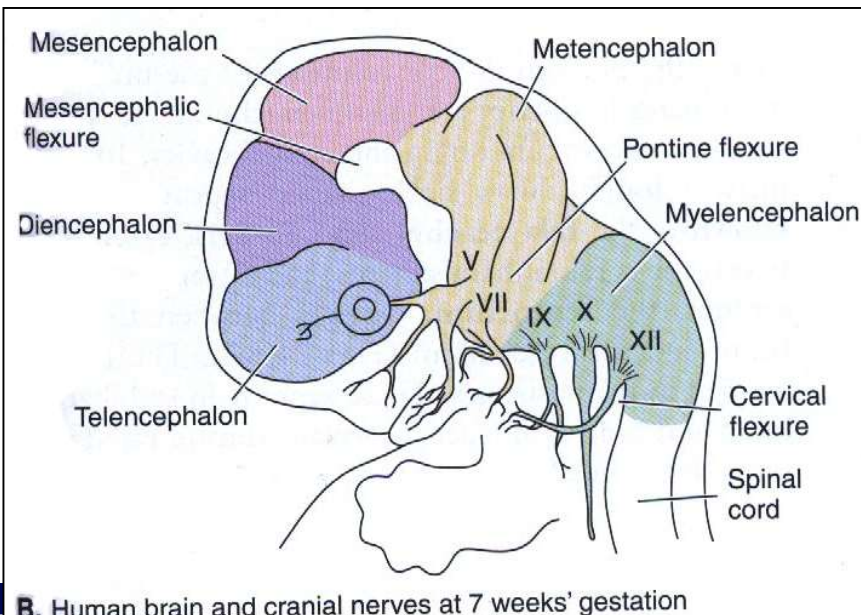
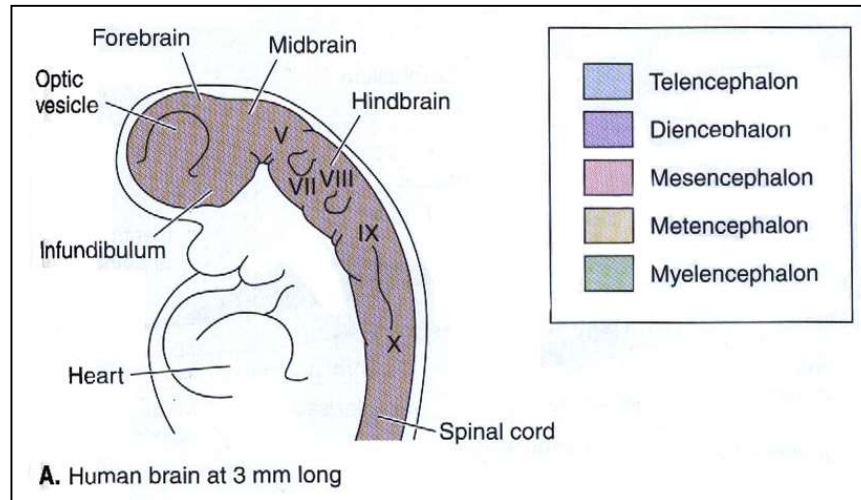
Neuralplatte
kurz nach der
Bildung der
Keimblätter

Durch Einsen-
ken entstehen
Neuralrinne
und -wulst

Das **Neural-
rohr** schließt
sich von der
Mitte aus

Späte Neurula
mit segmen-
talen **Somiten**

Ontogenese des menschlichen Gehirns



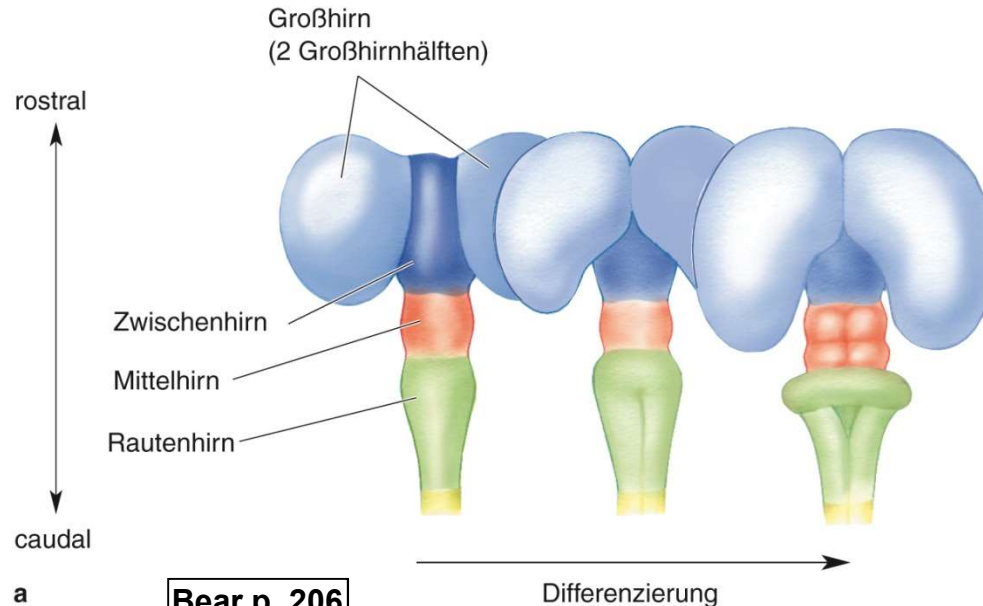
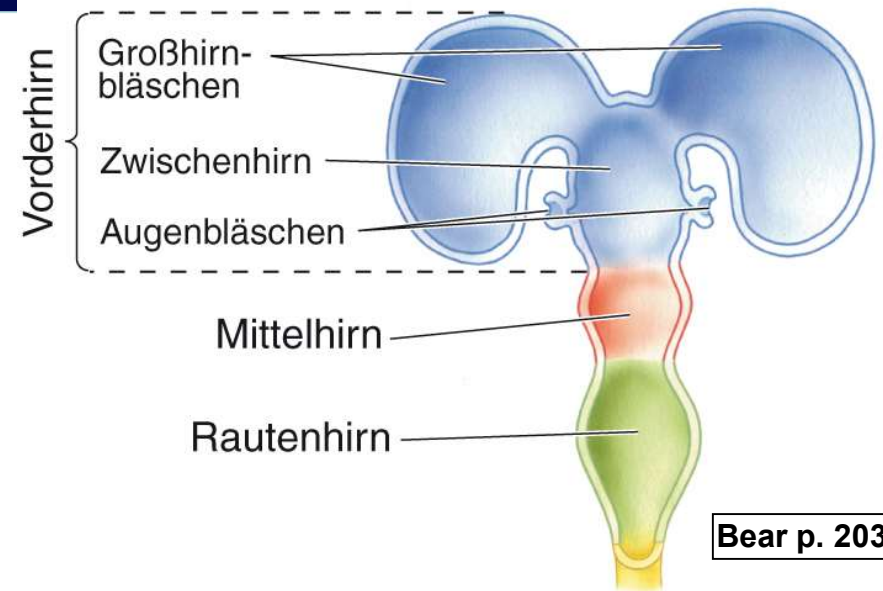
Liem p. 475

- **Neuralrohr** entsteht als Einfaltung des dorsalen Ektoderms in der Neurula-Phase
- **Längsgliederung** in drei, später fünf Abschnitte

https://www.youtube.com/watch?v=XdN9i_ZWGho

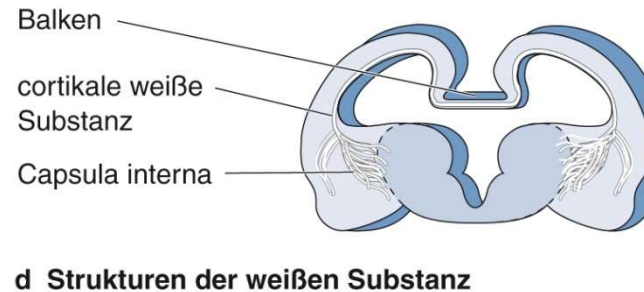
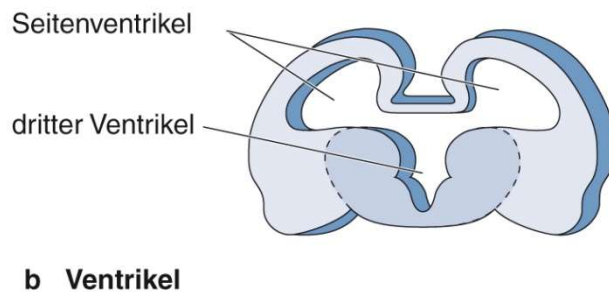
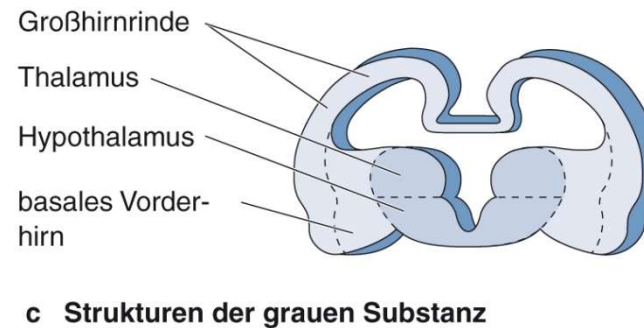
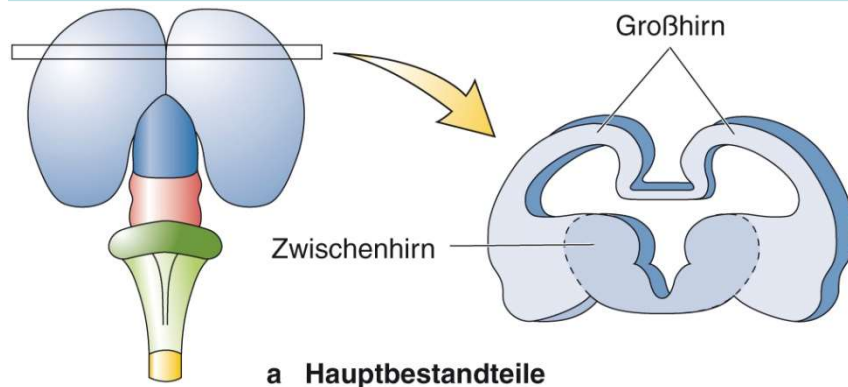
Vom Neuralrohr zum adulten Gehirn

Rechts: Das Telencephalon bildet zwei Bläschen aus, aus denen sich die **Großhirnhemisphären** entwickeln. Die Wand dieser Bläschen heißt **Pallium** (Mantel), das darin enthaltene Nervengewebe **Cortex** (genauer Cortex cerebri).



Links: Die **Hemisphären** überwachsen den "Hirnstamm". Die hinteren Spitzen biegen später nach ventral um und bilden die **Temporallappen**. Das Mittelhirn bildet dorsal die **Vierhügelregion** (Colliculi superiores et inferiores), das Rautenhirn das **Kleinhirn** (Cerebellum) und die **Rautengrube**.

Telencephalon (Cerebrum) und Diencephalon (Thalamus s.l.)



Bear p. 206

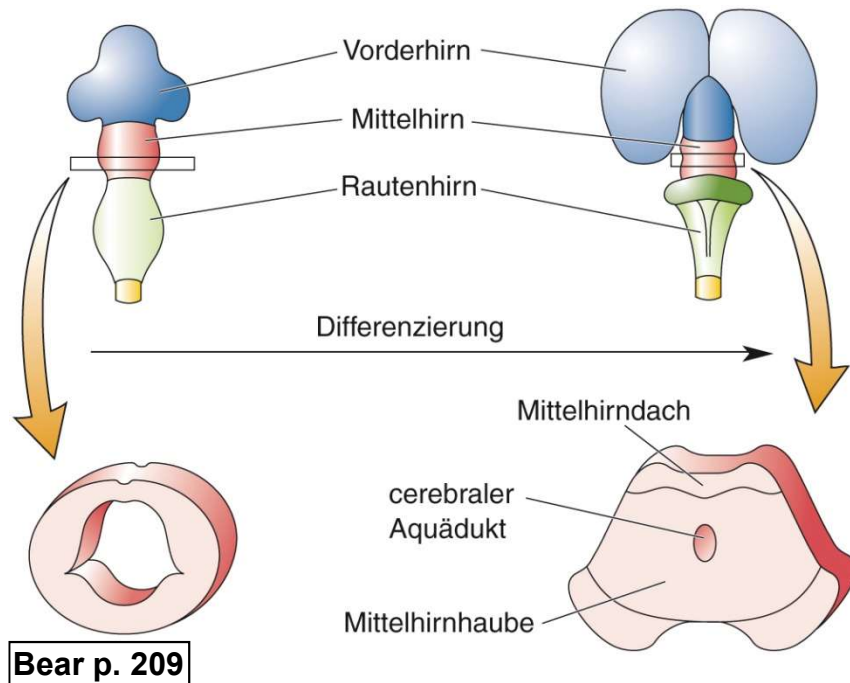
Großhirnstrukturen

- Pallium mit Cortex
- Basalganglien ("basales Vorderhirn")
- Bulbus olfaktorius (Riechkolben)
- Corpus callosum ("Balken")

Zwischenhirnstrukturen

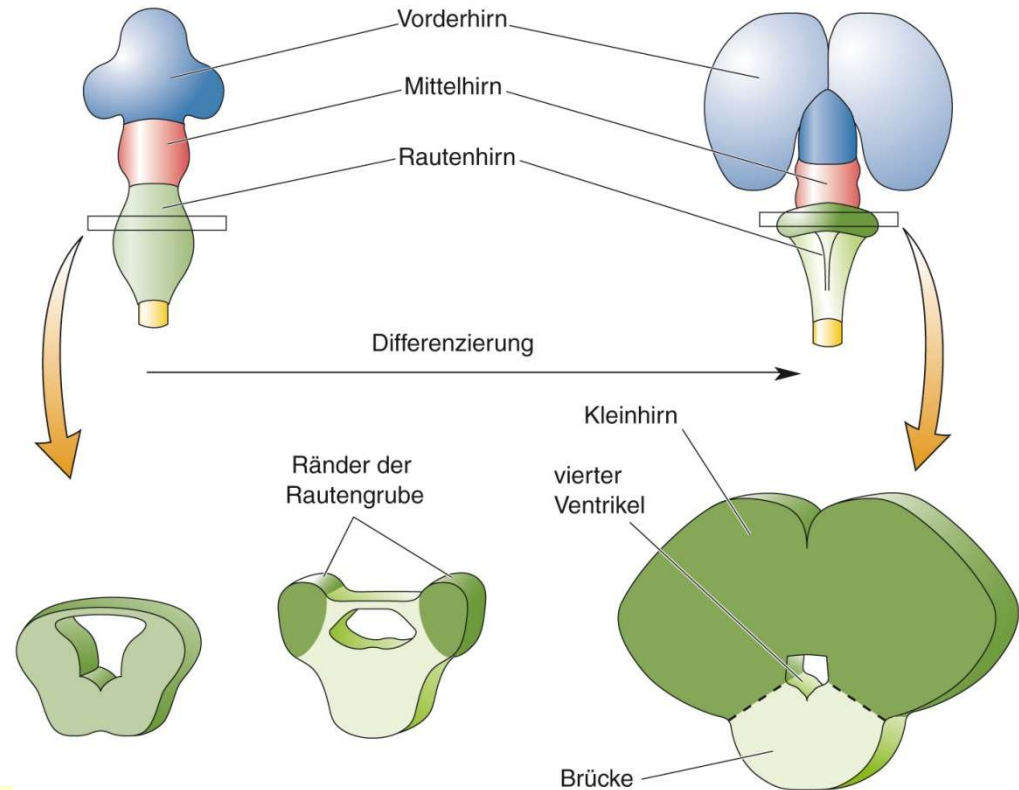
- Thalamus und Hypothalamus
- Auge mit Chiasma opticum (Sehbahnkreuzung)

Mes- und Metencephalon



Mittelhirnstrukturen

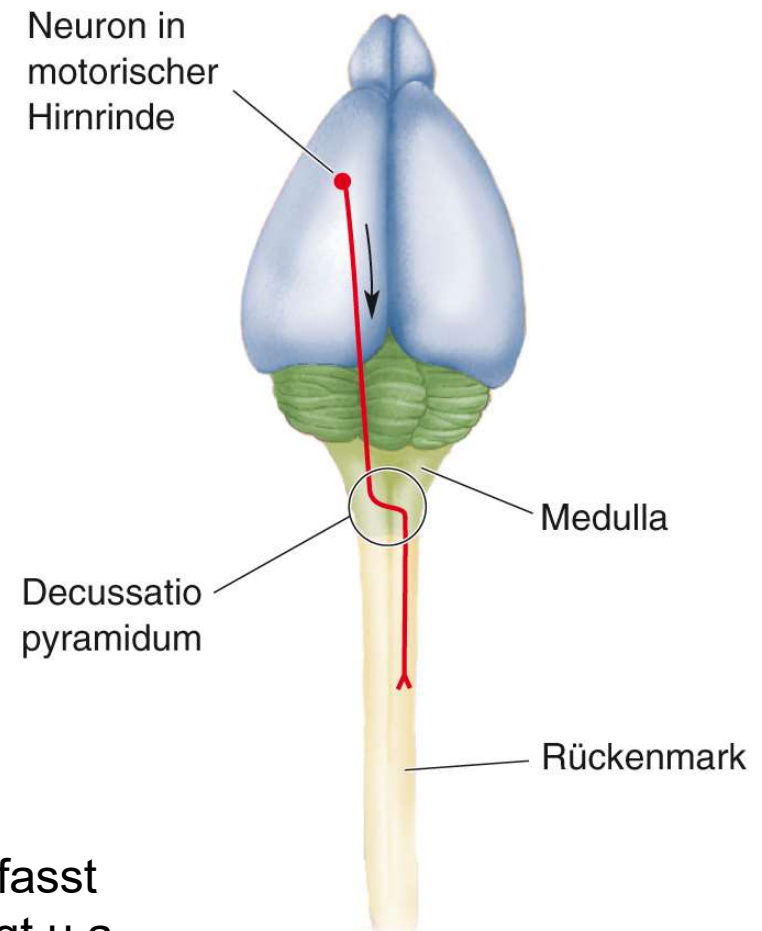
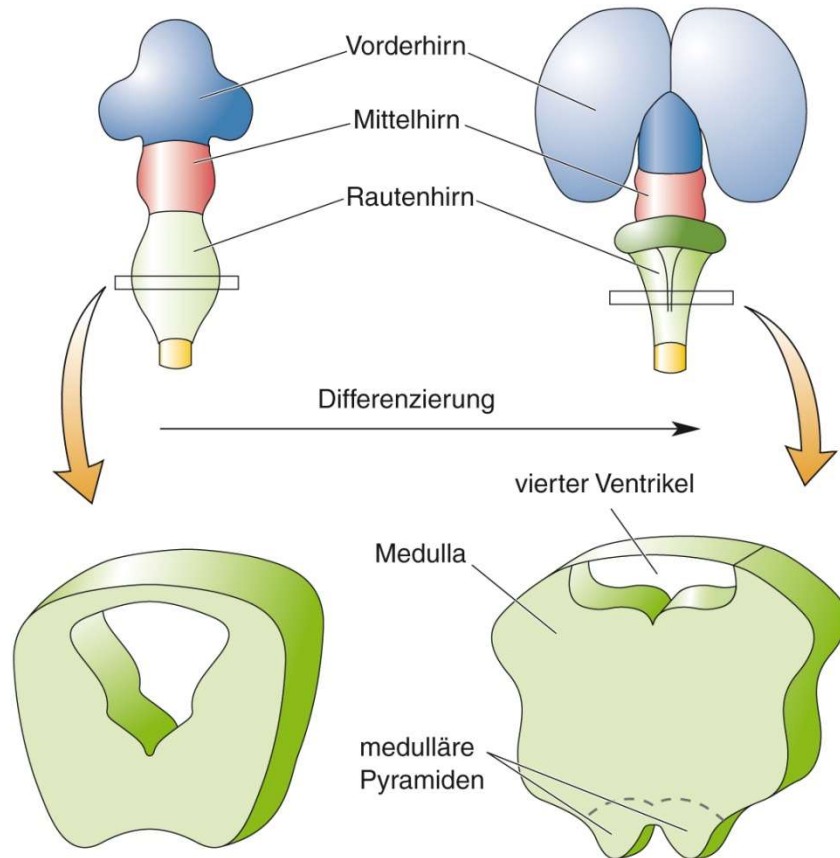
- Tectum opticum ("Mittelhirndach") = Colliculus superior = Lobus opticus
- Tegmentum ("Mittelhirnhaube")
- Formatio reticularis



Hinterhirnstrukturen

- Cerebellum (Kleinhirn)
- Pons (Brücke)

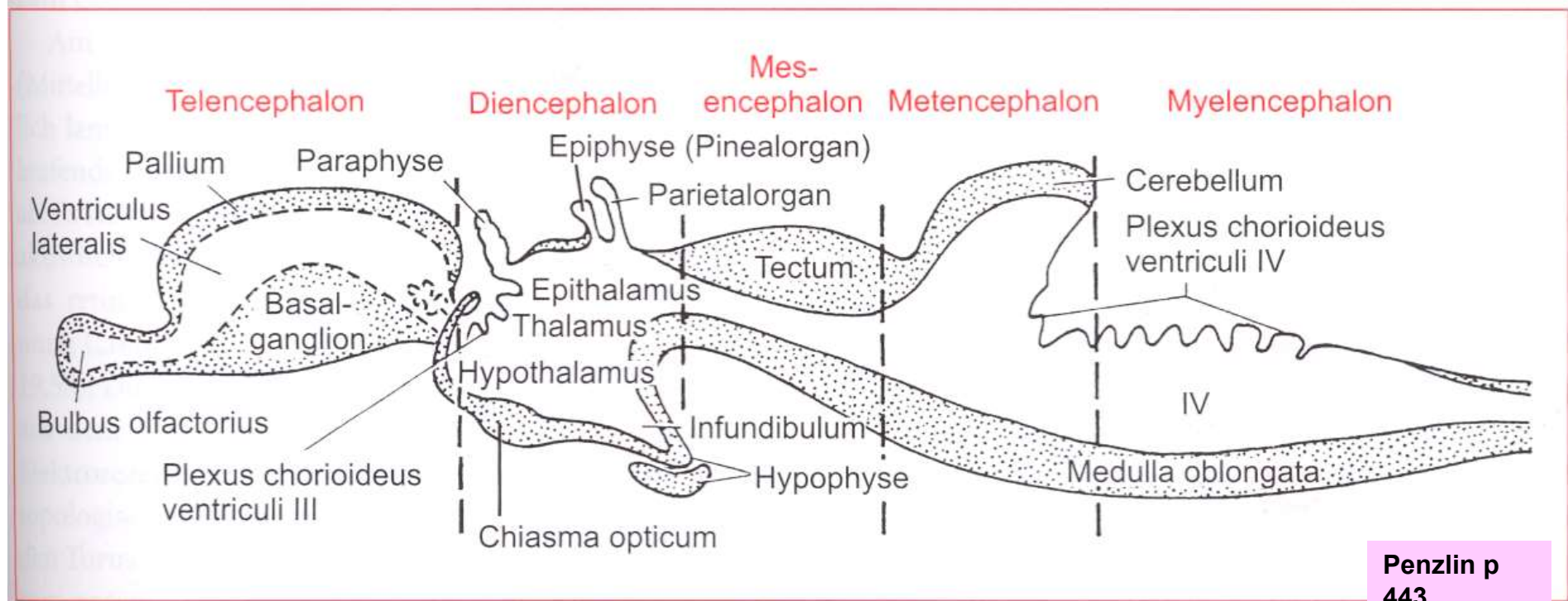
Myelencephalon



Die ventralen Teile von Met- und Myelencephalon fasst man als "**Medulla oblongata**" zusammen. Hier liegt u.a. die Kreuzung der motorischen **Pyramidenbahn**.

Bear p. 211

Schema des Wirbeltiergehirns

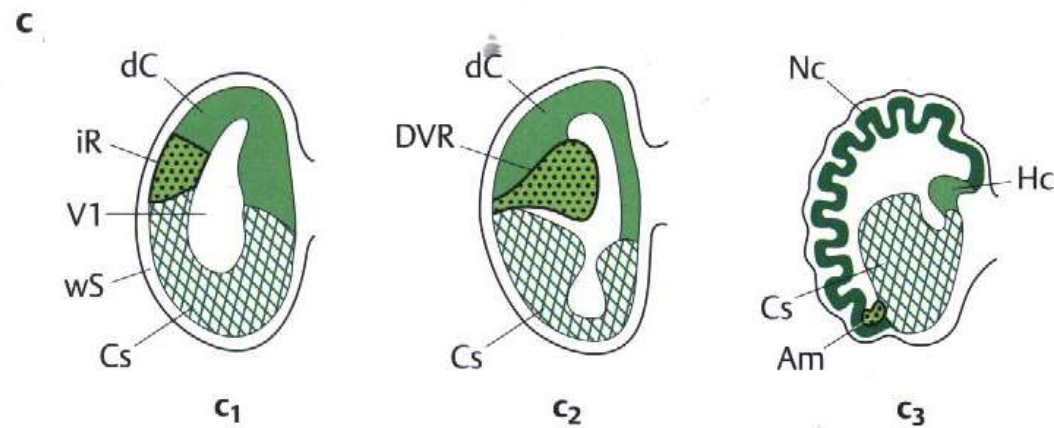
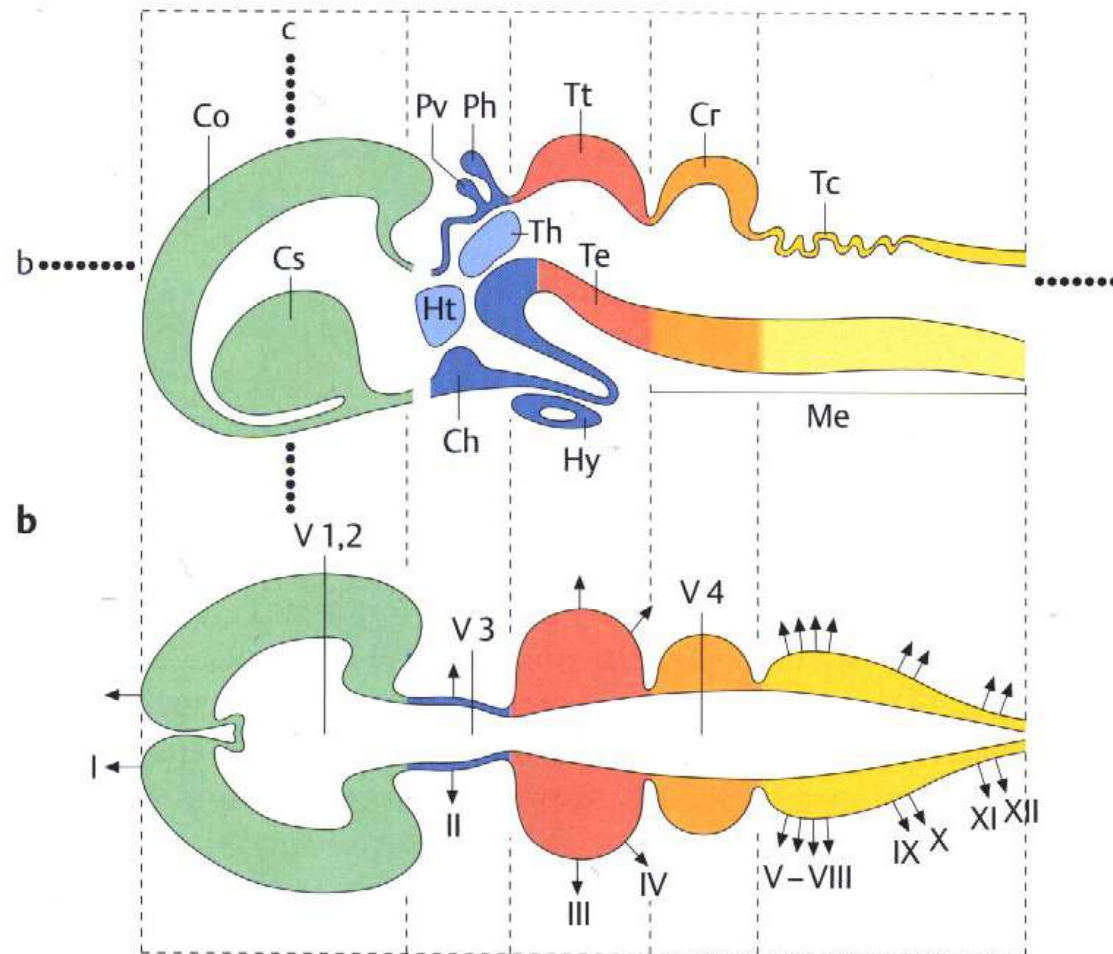


Penzlin p
443

Weitere Begriffe

- **Plexus chorioideus** (Tela chorioidea): Verwachsung aus Gehirngewebe und Hirnhäuten; sezerniert **Liquor cerebrospinalis**
- **Pallium**: Mantel des Großhirns; enthält den **Cortex cerebri**
- **Infundibulum**: ("Trichter"), Aussackung des 3. Ventrikels

Bauplan



Wehner p. 422

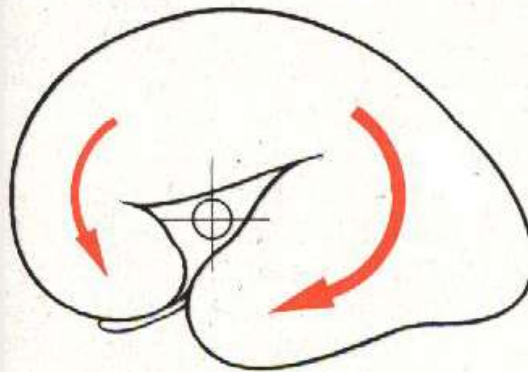
Teile des Gehirns

Name (Abschnitt)			wichtige Teile	Ventrikel
Pros- ence- phalon	Telencephalon	Endhirn (= Großhirn)	Bulbus olfactorius Großhirnrinde, Basalganglien, Limbisches System	I, II (rechter, linker Ventrikel)
	Diencephalon	Zwischenhirn	Thalamus, Hypothalamus, Neurohypophyse, Epiphyse, Chiasma opticum (Auge)	Ventrikel III
Mes- ence- phalon	Mesencephalon	Mittelhirn	Tectum opticum (= Colliculi superiores) Tori semicircules (= Colliculi inferiores), Tegmentum, Formatio reticularis	Aquaeduct
Rhomb- ence- phalon	Metencephalon	Hinterhirn	Cerebellum (Kleinhirn), Pons (Brücke)	Ventrikel IV (Rauten- grube)
	Myelencephalon	Nachhirn	Medulla oblongata (verlängertes Mark)	

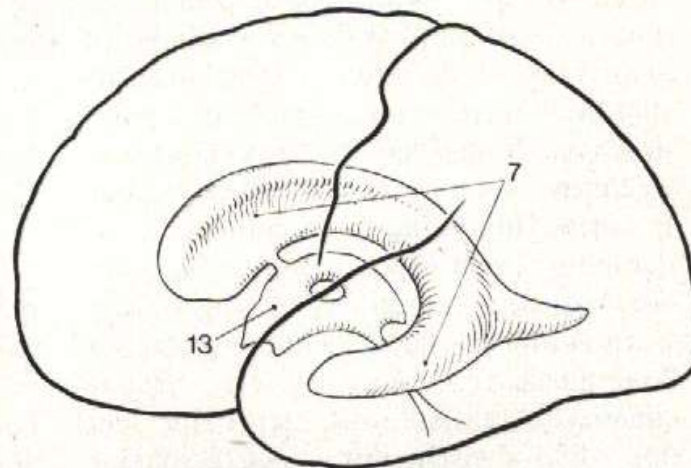
Großhirn-rotation

Großhirnwachstum führt zu Wachstumsbewegungen

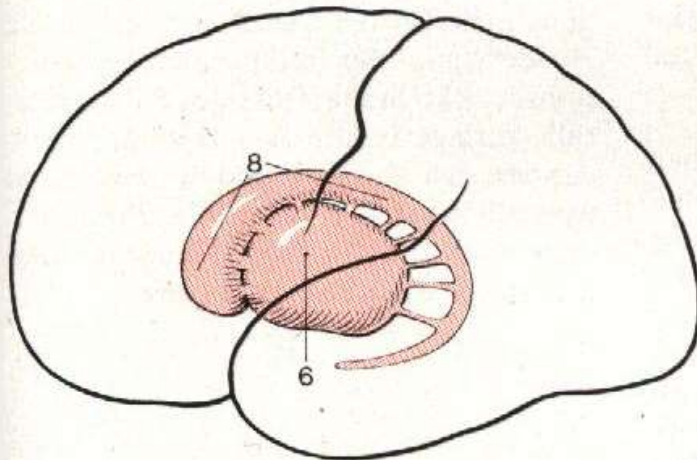
- Frontalcortex nach rostral und ventral
- Temporallappen nach ventral und dann wieder rostral
- Occipitallappen nach hinten
- Drehzentrum bleibt als "Insel" zurück
- Ventrikel zeichnen diese Bewegung mit Seiten- und Hinterhorn nach
- Basalganglien (besonders Nucleus caudatus) und Archipallium zeichnen Rotation nach



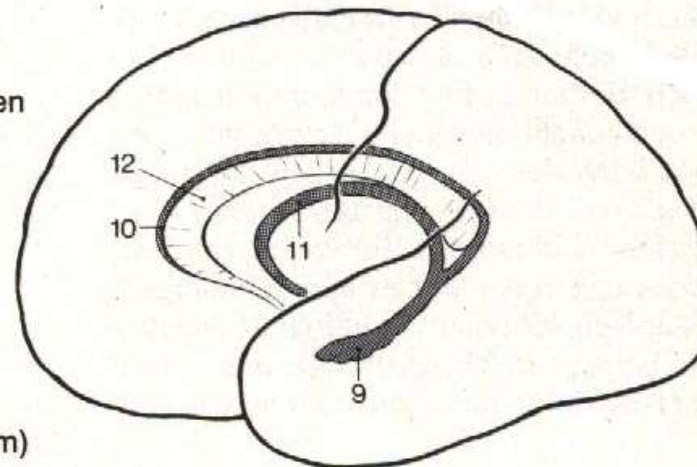
C Rotation der Hemisphären
(nach Chr. Jakob u. nach Spatz)



D Seitenventrikel



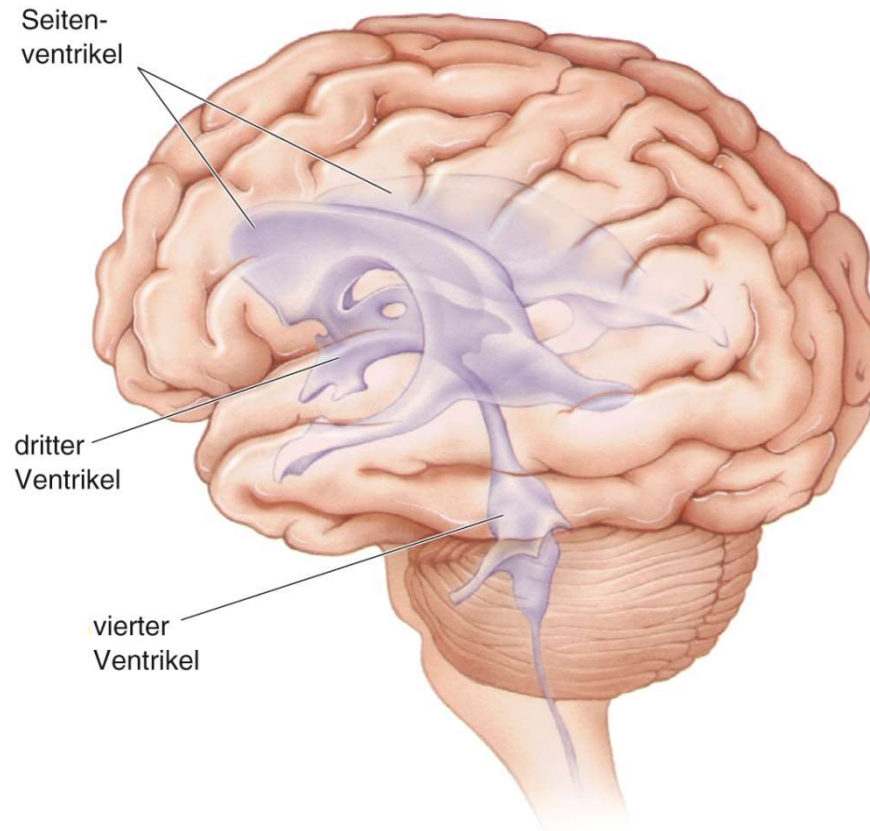
E Nucleus caudatus und Putamen



F Hippocampus (Archipallium)

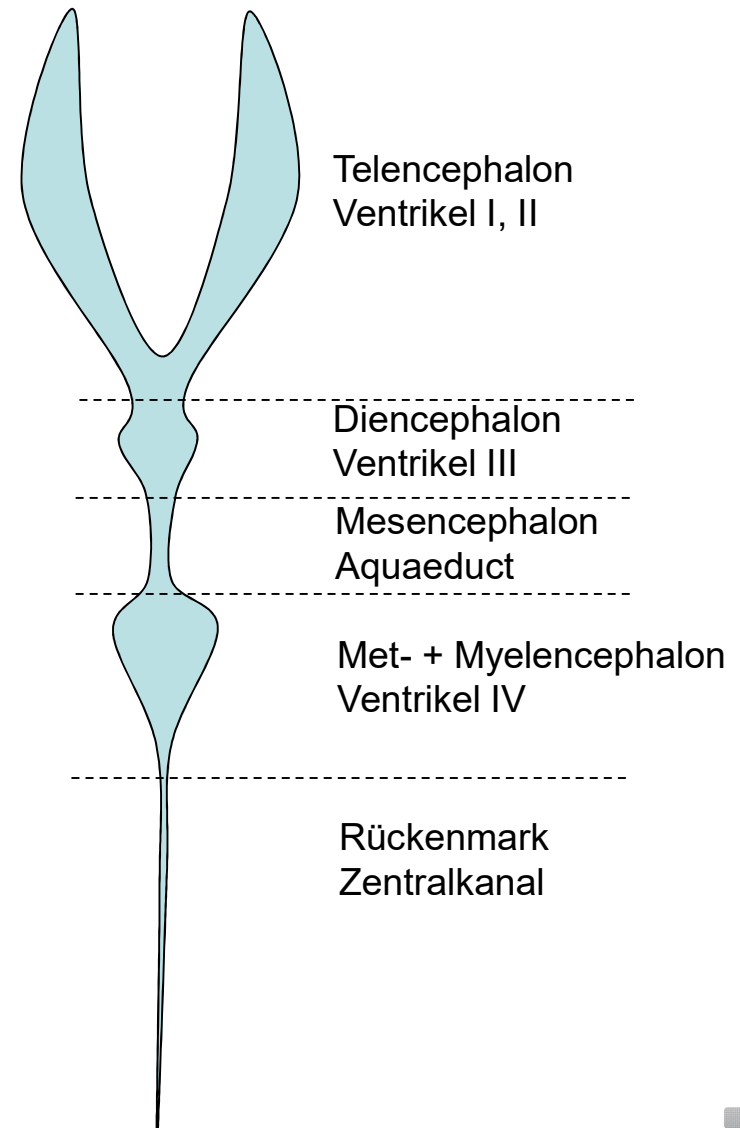
Kahle III p. 195

Ventrikelsystem

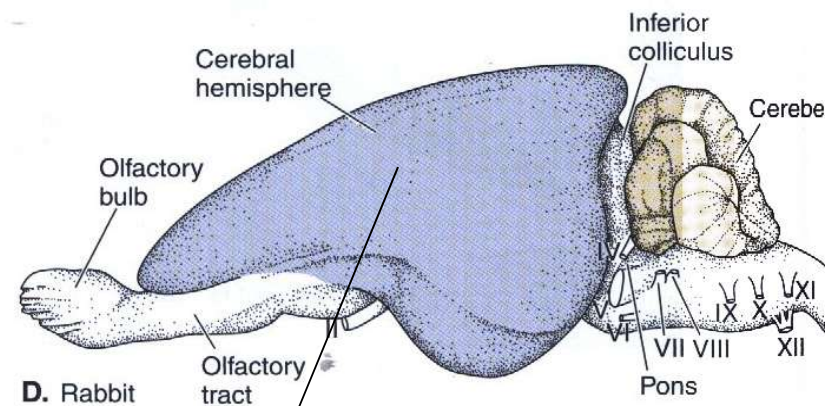
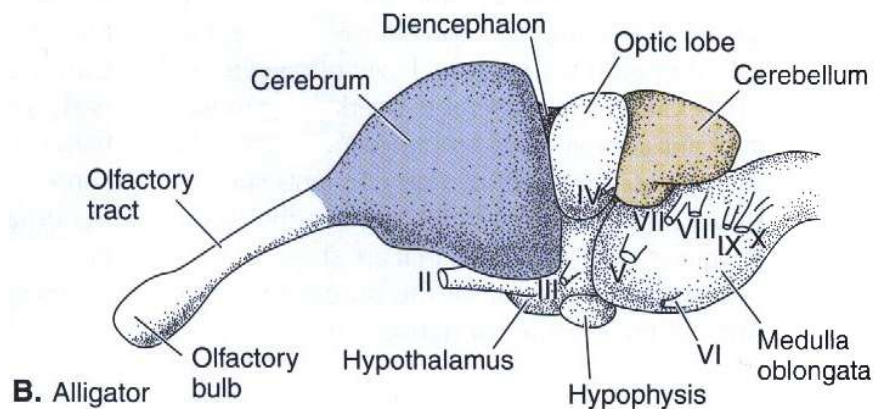
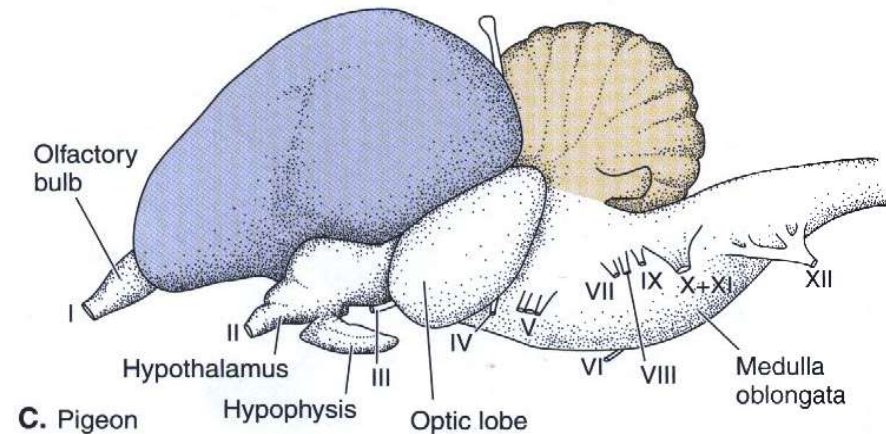
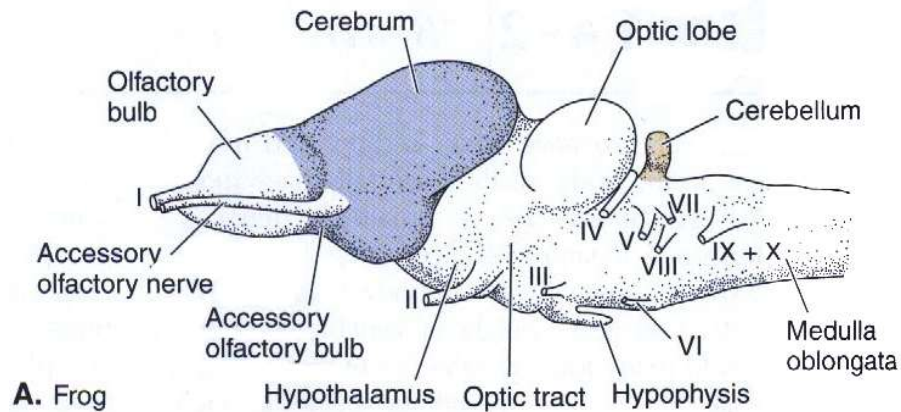


Bear p. 217

Aus: Bear et al., *Neurowissenschaften*, 3. Aufl.
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009



Wirbeltiergehirn vergleichend



(optic lobe = Lobus opticus = Colliculus superior)

"Lissencephales" Gehirn:
keine Furchung des Großhirns

Liem p. 486

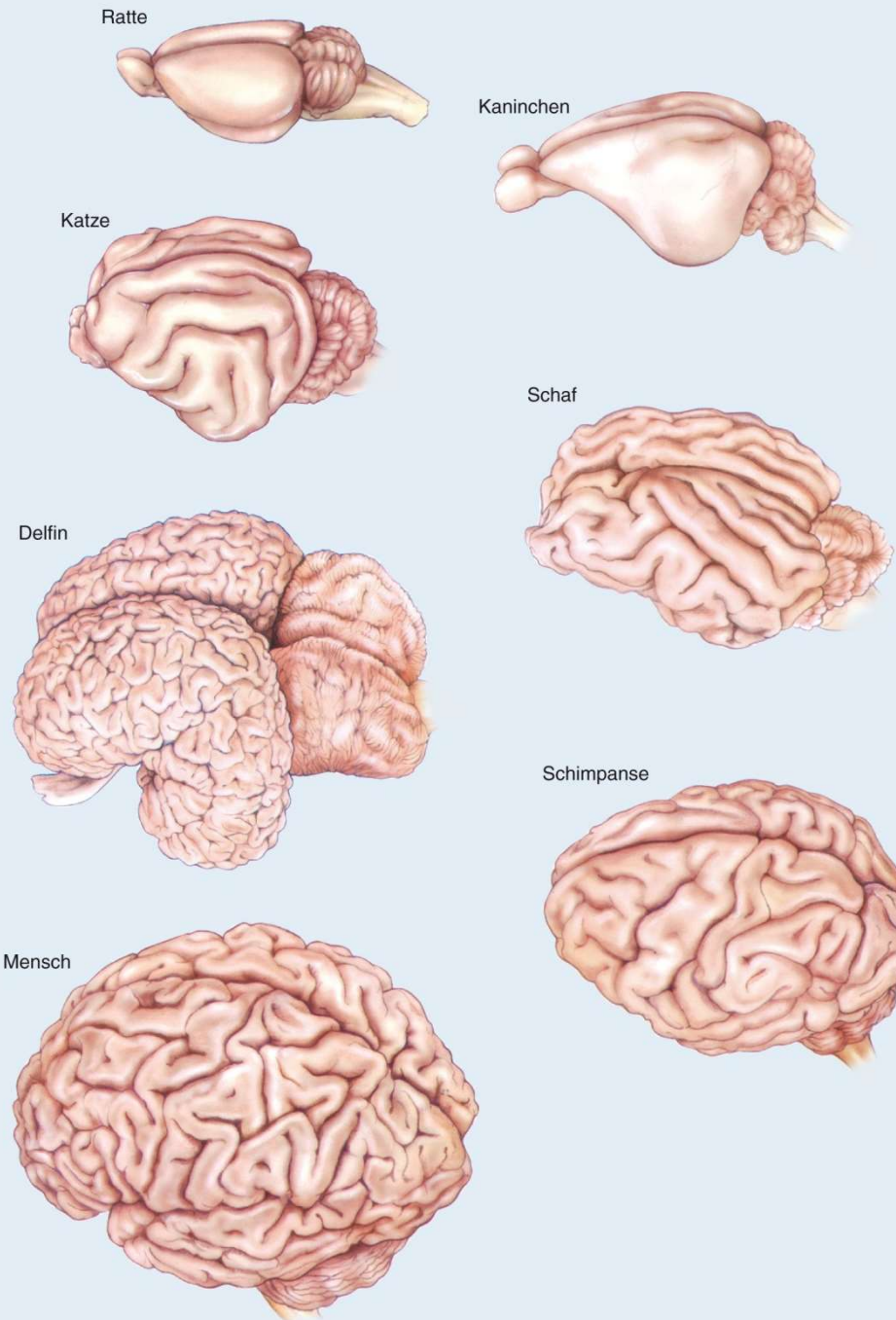
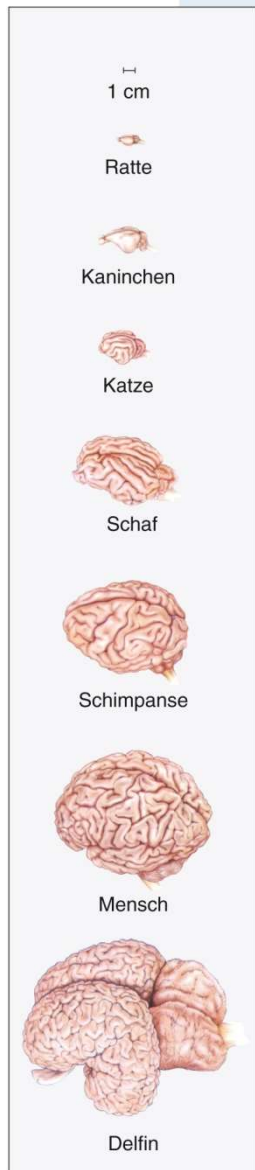
Säuger- gehirne

Links: natürliche
Größenverhältnisse.

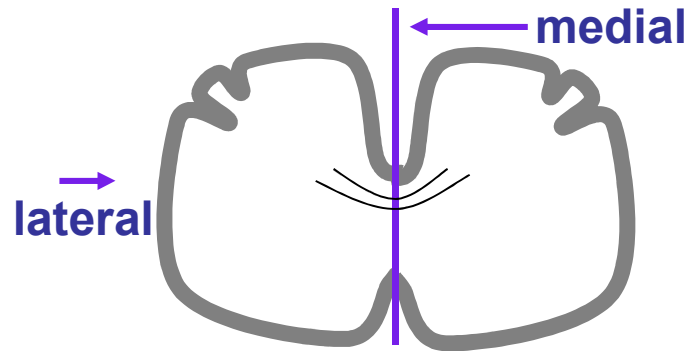
Ratte: lissencephal,
keine Großhirnrotation
(daher Hippocampus
oben!)

Delfin: extrem gyr-
encephal, ausgeprägte
Großhirnrotation, aber
kein Occipitallappen,
großes Cerebellum

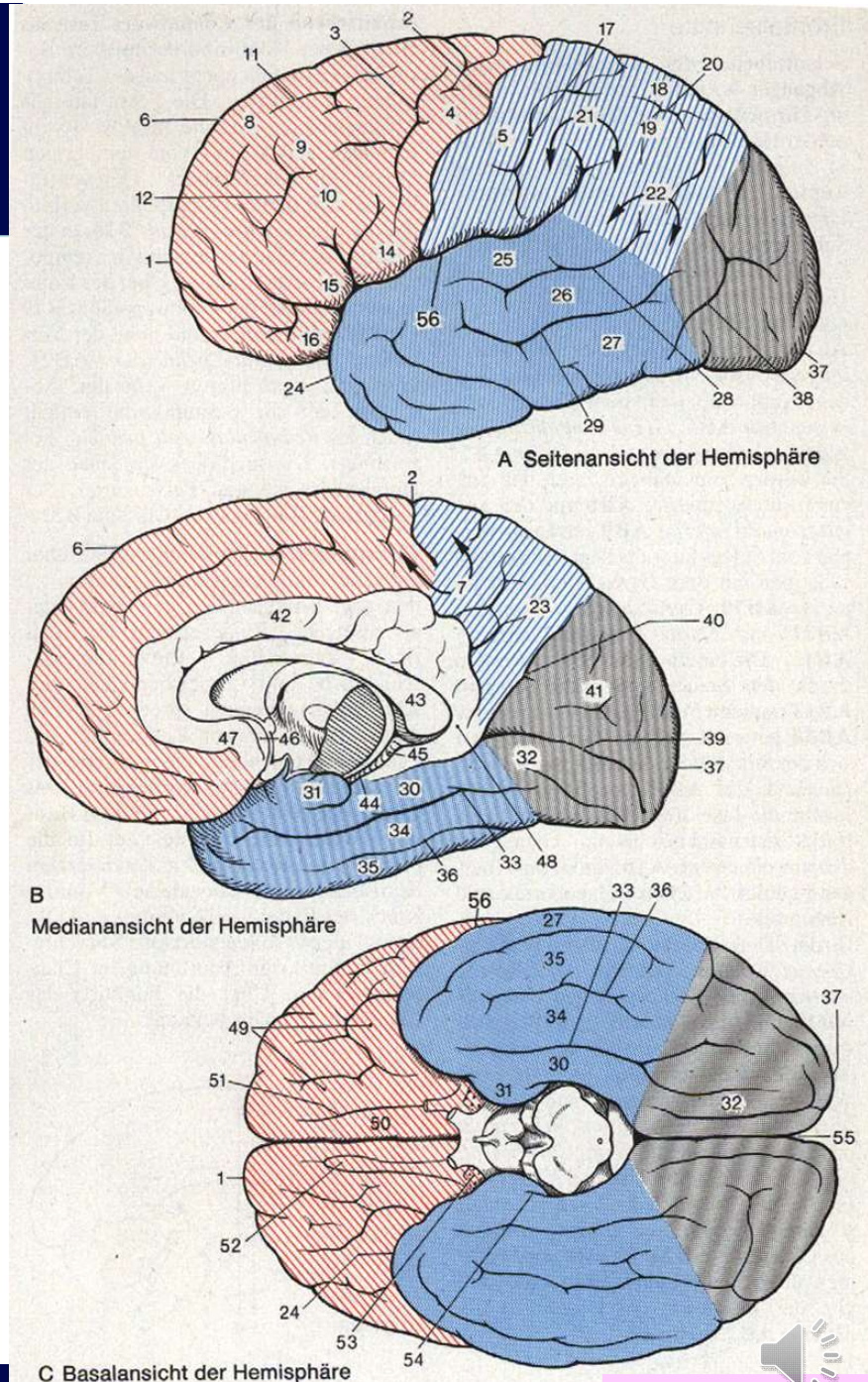
Mensch: gyrencephal,
mit stark ausgeprägtem
Occipitallappen
(Hinterhorn des
Ventrikelsystems)



Primaten: Großhirnrinde

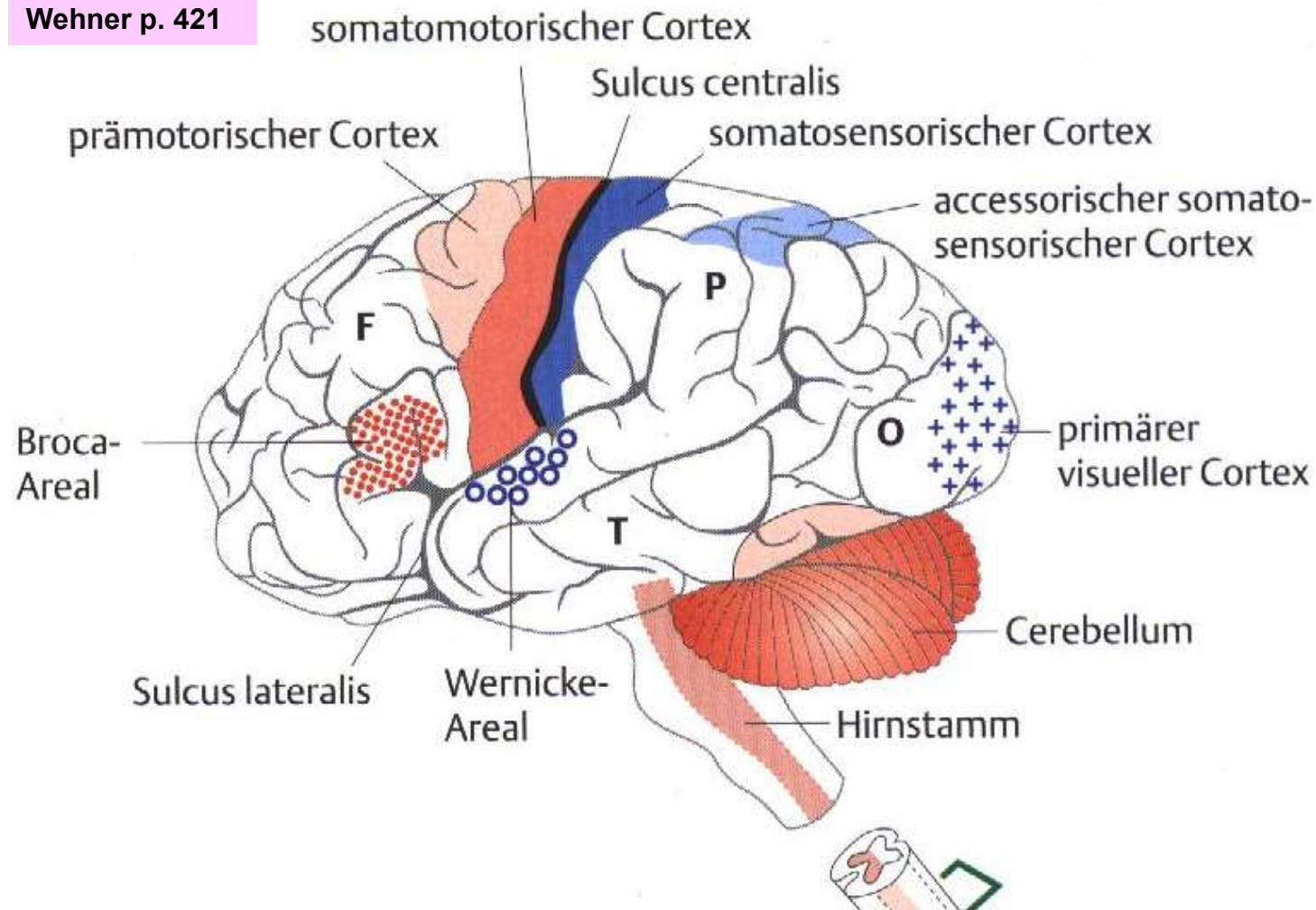


- **Fissura centralis:** Furche zwischen den Großhirnhemisphären
- **Corpus callosum:** Dorsale Faserbahn zwischen den Großhirnhemisphären (43 in Abb.)
- **Gyrencephales** Gehirn: Pallium mit **Gyri** ("Windungen") und **Sulci** ("Gräben")
- Vier **Lobi** ("Lappen")
 - **Lobus frontalis** (Stirnloben); rot
 - **L. parietalis** (Scheitellappen): hellblau
 - **L. occipitalis** (Hinterhauptslappen), grau
 - **L. temporalis** (Schläfenloben): dunkelblau



Mensch: Linke Lateralansicht

Wehner p. 421



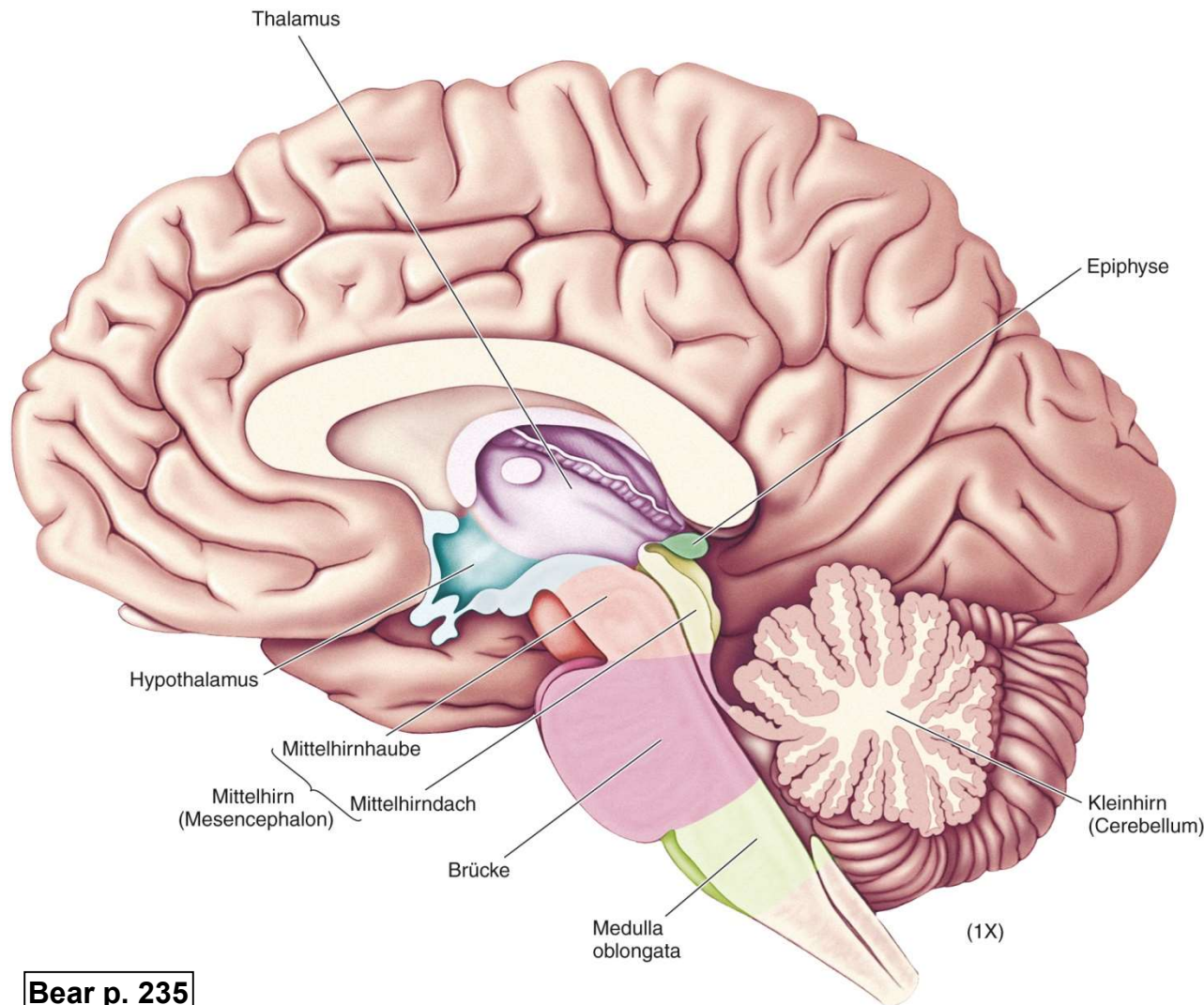
Frontallappen:
Motorkortex,
Broca-Sprach-
areal (nur links),
"Assoziations-
areale"

Parietallappen:
Somatosenso-
rischer Kortex,
höhere visuelle
Areale (räum-
liches Sehen)

Occipitallappen:
primäre visuelle
Areale

Temporallappen:
Wernicke-Sprach-
areal (nur links),
höhere visuelle
Areale (Objekt-
erkennung)

Mediale Ansicht des menschlichen Gehirns



Bear p. 235

Geschnittene Strukturen

Telencephalon

Corpus callosum
(Telencephalon)

Diencephalon

dorsal: Epiphyse
ventral: Infundibulum,
Chiasm opticum,
Hypophyse

Mesencephalon

dorsal: Mittelhirndach
(Vierhügelplatte)
ventral: Tegmentum

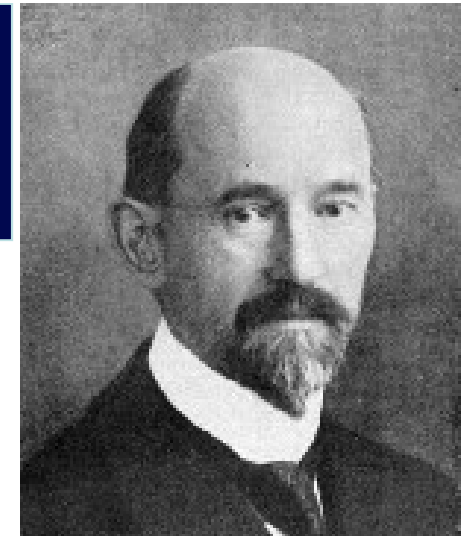
Metencephalon

dorsal: Kleinhirn
ventral: Pons

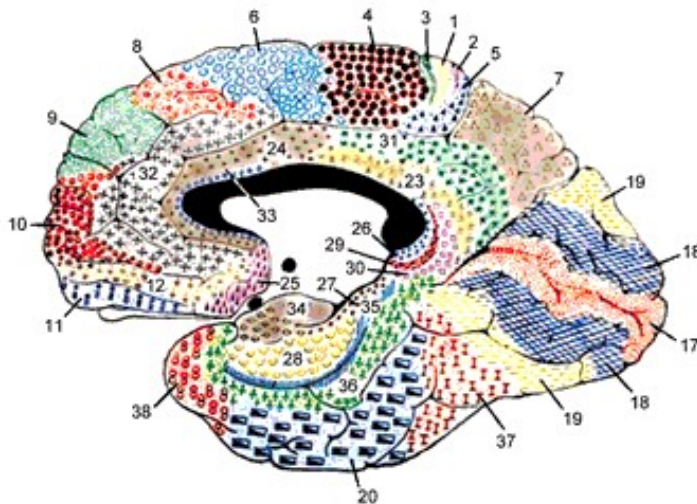
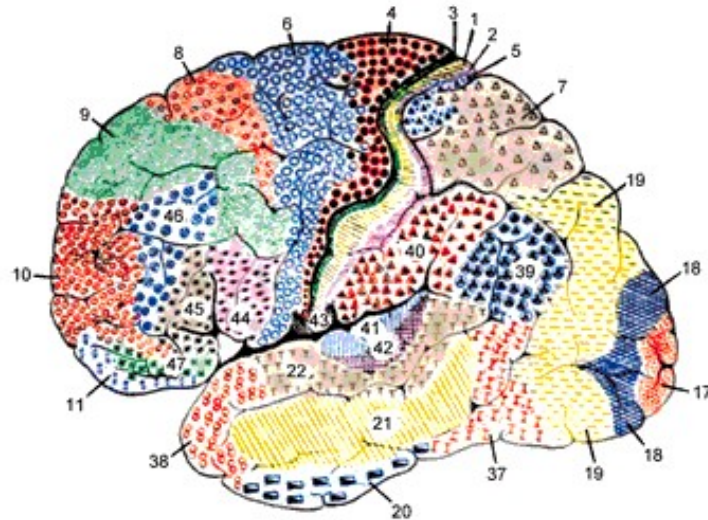
Myelencephalon

Medulla oblongata

Brodmann-Areale



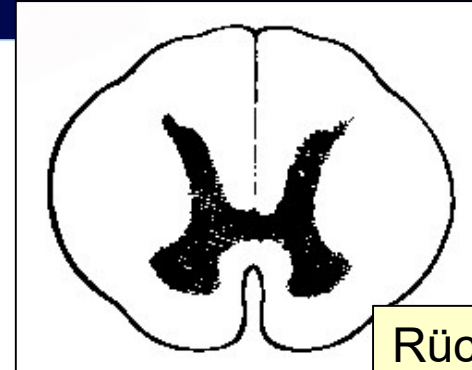
Korbinian Brodmann
(1868-1918)



- Einteilung der Großhirnrinde in ca 50 Areale nach ihrer Histologie
- Diese Einteilung dient bis heute als Grundlage für neuropsychologische Untersuchungen
- Beispiele
 - Area 4: primärer Motorcortex
 - Area 17 (V1) primärer visueller Cortex
 - Area 23/24: Gyrus cinguli
 - Area 44/45: Brocas "motorisches" Sprachareal

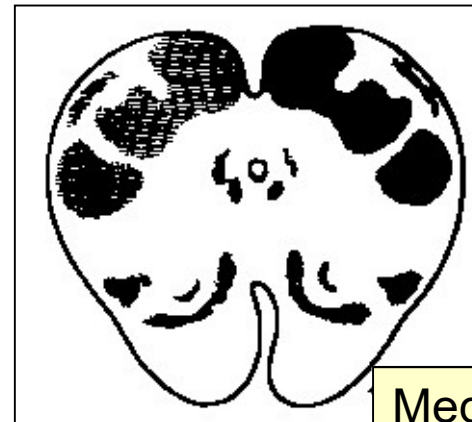
Gewebstypen und Verteilung

- **graue Substanz:** Somata der Nervenzellen
- **weiße Substanz:** myelinisierte Fasern
- Ausgangszustand (Rückenmark): Somata **periventriculär** ("Zentrales Höhlengrau")
- **Formatio Reticularis:** Netze aus grauer Substanz, Nahe am Ventrikel.
- **Kern (Nucleus):** "Haufen" von grauer Substanz (z.B. Nucleus caudatus, Corpus geniculatum laterale, Nucleus ruber)
- **Rinde (Cortex):** Schichten grauer Substanz, an der Oberfläche (z.B. Pallium: Cortex cerebri; Tectum opticum; Cerebellum)

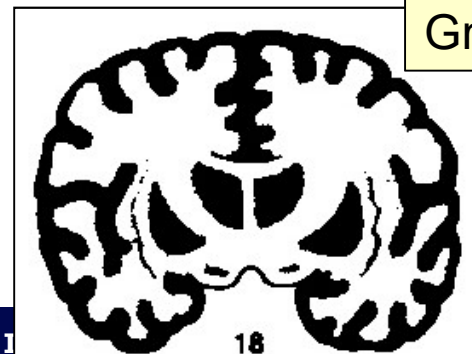


Kahle p 13

Rückenmark



Medulla

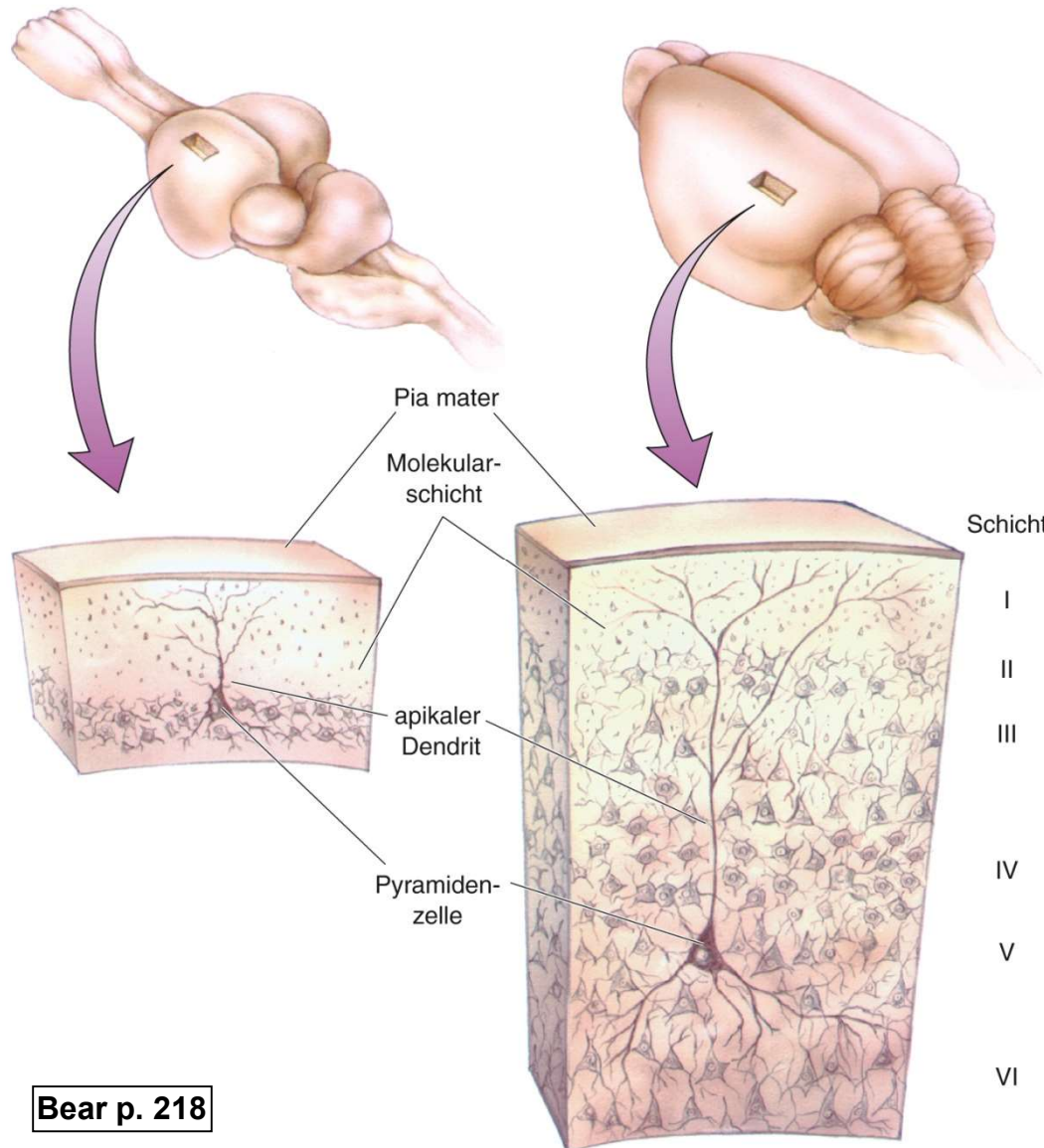


Großhirn

Cortex cerebri

Alligator

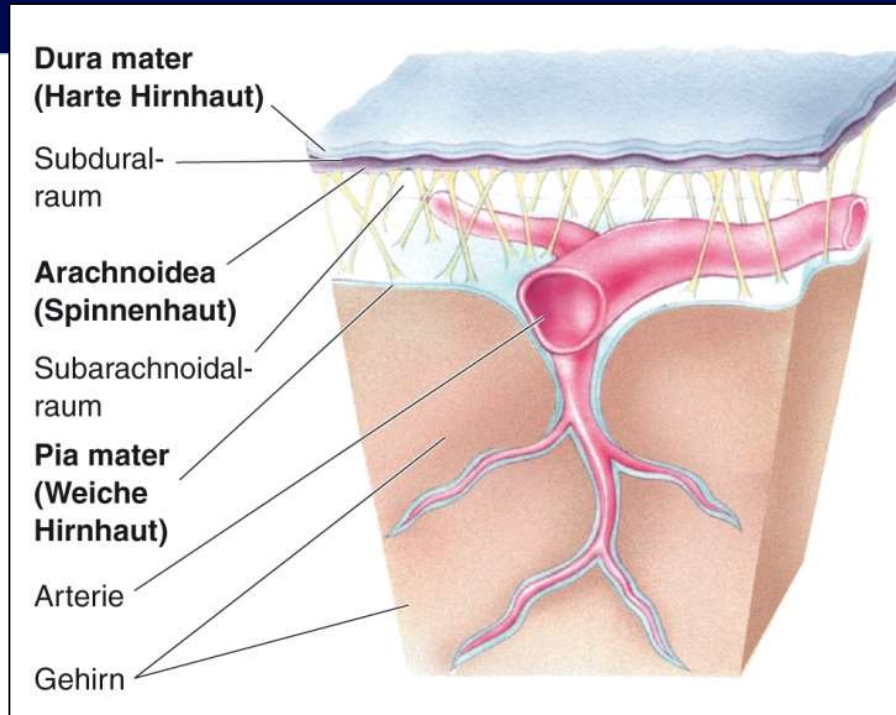
Ratte



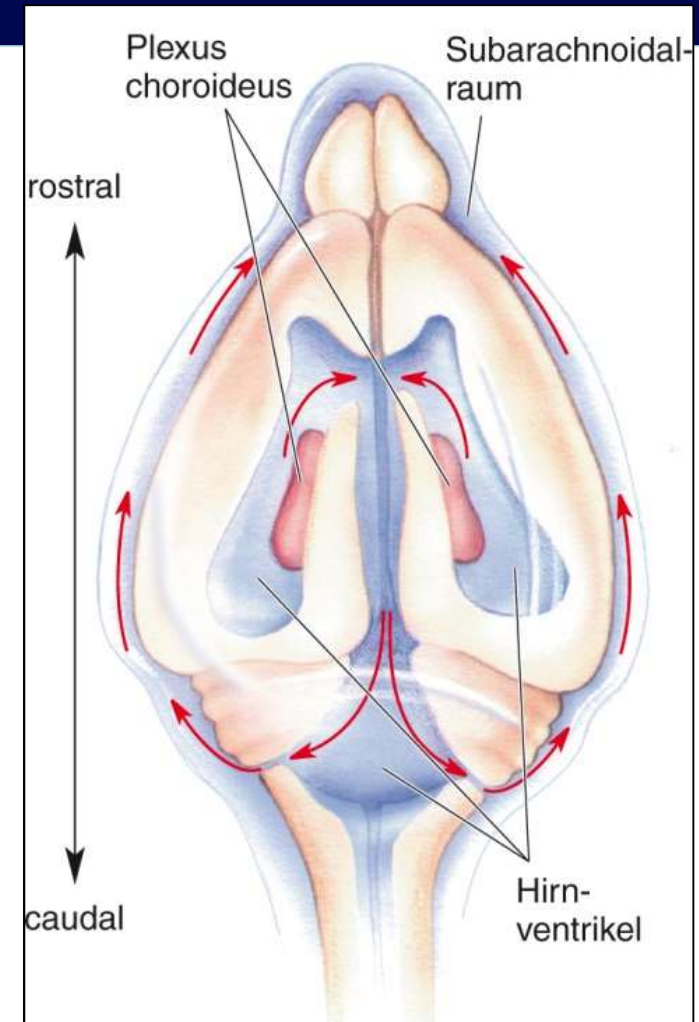
Die corticale Organisation entsteht durch Auswandern der Neurone aus der periventrikulären grauen Substanz nach außen während der Ontogenese. Sie ist durch tangentielle **Schichtung** mit starker vertikaler Konnektivität gekennzeichnet. Im "**Neocortex**" der Säugetiere werden 6 Schichten unterschieden, wobei die äußere ("Stratum moleculare") keine Zellkörper enthält.

Neben dem Neocortex, der beim Menschen den größten Raum einnimmt, gibt es als weniger reich gegliederte Struktur den **Allocortex**, bei dem man den dreischichtigen **Archicortex** (z.B. Hippocampus) und den **Paläocortex** (zum Riechhirn) unterscheidet.

Liquor Cerebrospinalis



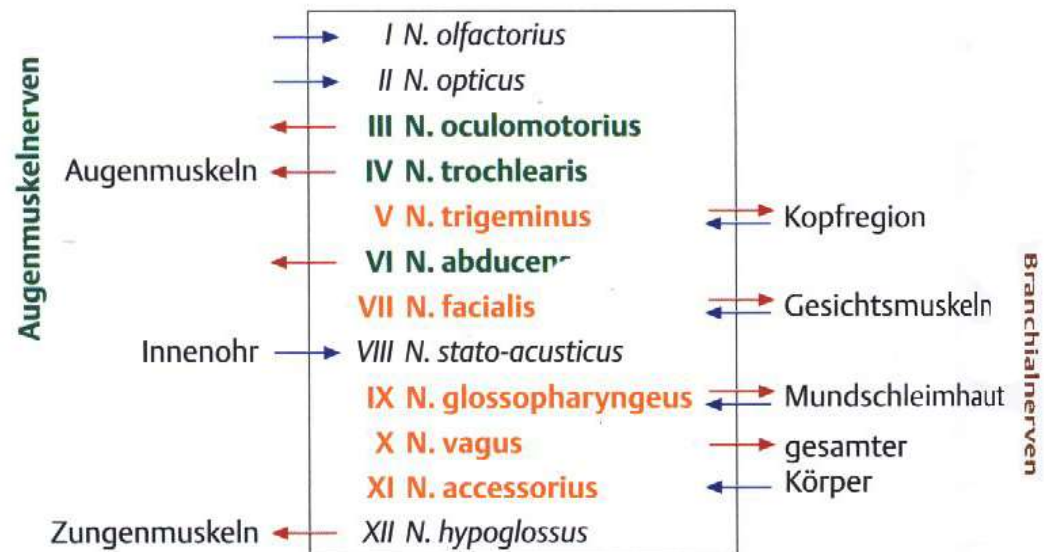
- Farblose, salzhaltige Flüssigkeit in den Ventrikeln, im Subarachnoidalraum und im Zentralkanal des Rückenmarks.
- Beim Menschen werden ca 500-700ml pro Tag in den Plexus chorioidei gebildet und in „Arachnoidalzotten“ in die Venen resorbiert.
- Polsterung und Druckregulation im Gehirn
- Ernährungs- / Exkretionsfunktion unklar



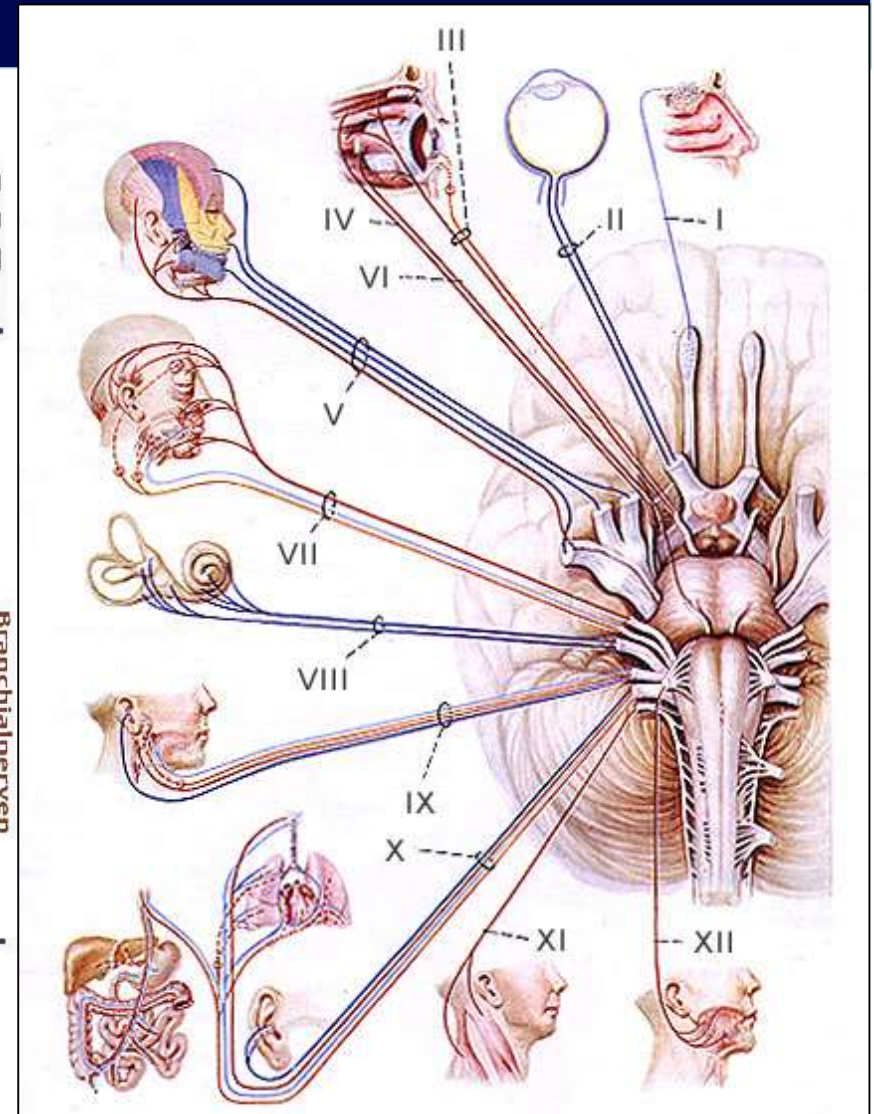
Bear p. 195

Gehirnnerven

Tab. 12.6 Gehirnnerven der Säugetiere. Sensorische Bahnen sind durch blaue, motorische durch rote Pfeile gekennzeichnet. Bei den *kursiv* gedruckten Bezeichnungen handelt es sich nicht um echte Gehirnnerven. Zum Ursprung der Gehirnnerven im Hirnstamm s. Plus **6.4b** S. 422.

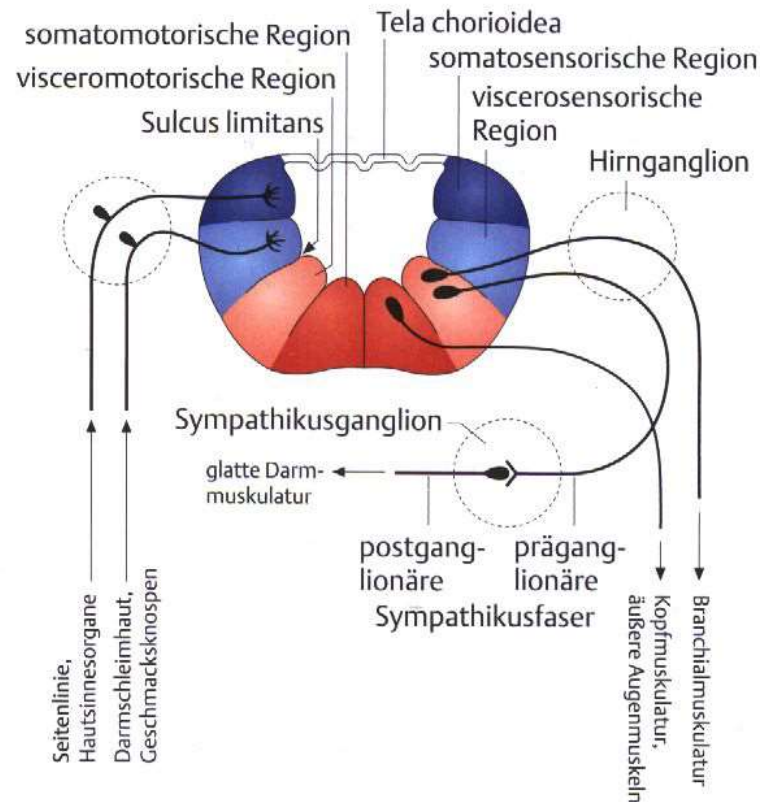


Wehner p. 814

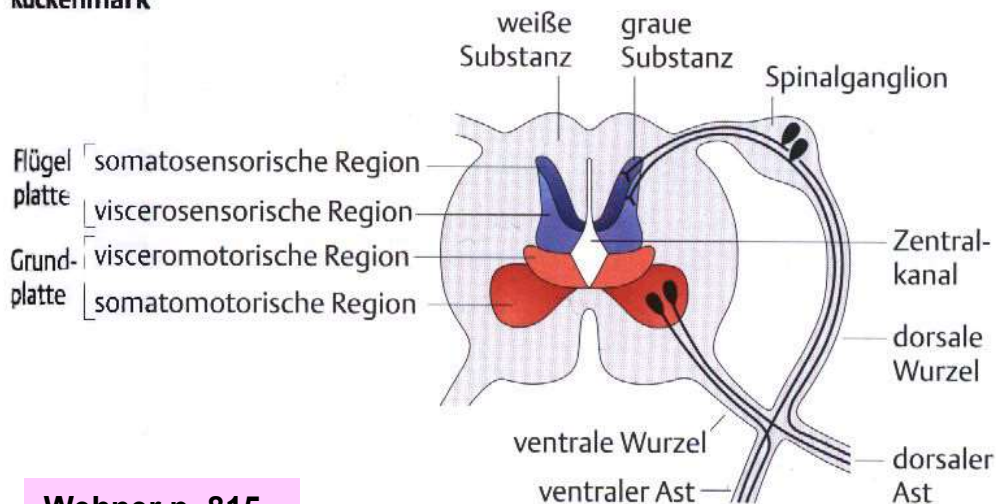


www.edoctoronline.com

Hirnstamm



Rückenmark



Wehner p. 815

Säulenaufbau

Neuralrohr und Rückenmark

- **Dorsal:** "Flügelplatte", sensorisch
 - somatisch (äußere Organe)
 - visceral (innere Organe)
- **Ventral:** "Grundplatte", motorisch
 - somatisch
 - visceral

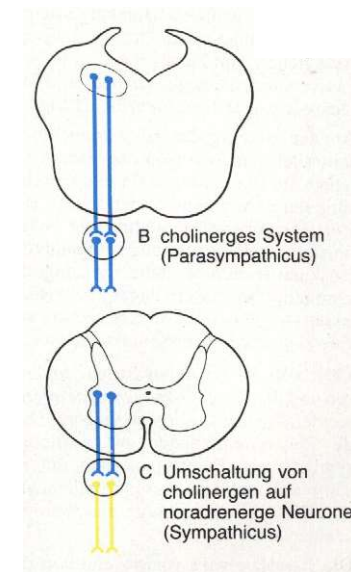
Gehirn

Dieser Aufbau setzt sich im Gehirn fort; dorsale Bereiche sind daher primär sensorisch (z.B. Mittelhirndach = Vierhügelplatte), ventrale motorisch (z.B. Tegmentum)

Sympathisches und Parasympathisches Nervensystem

Links: **Sympathisches System** mit sympathischem Grenzstrang. Erstes Neuron cholinerg, zweites Neuron **noradrenerg**.

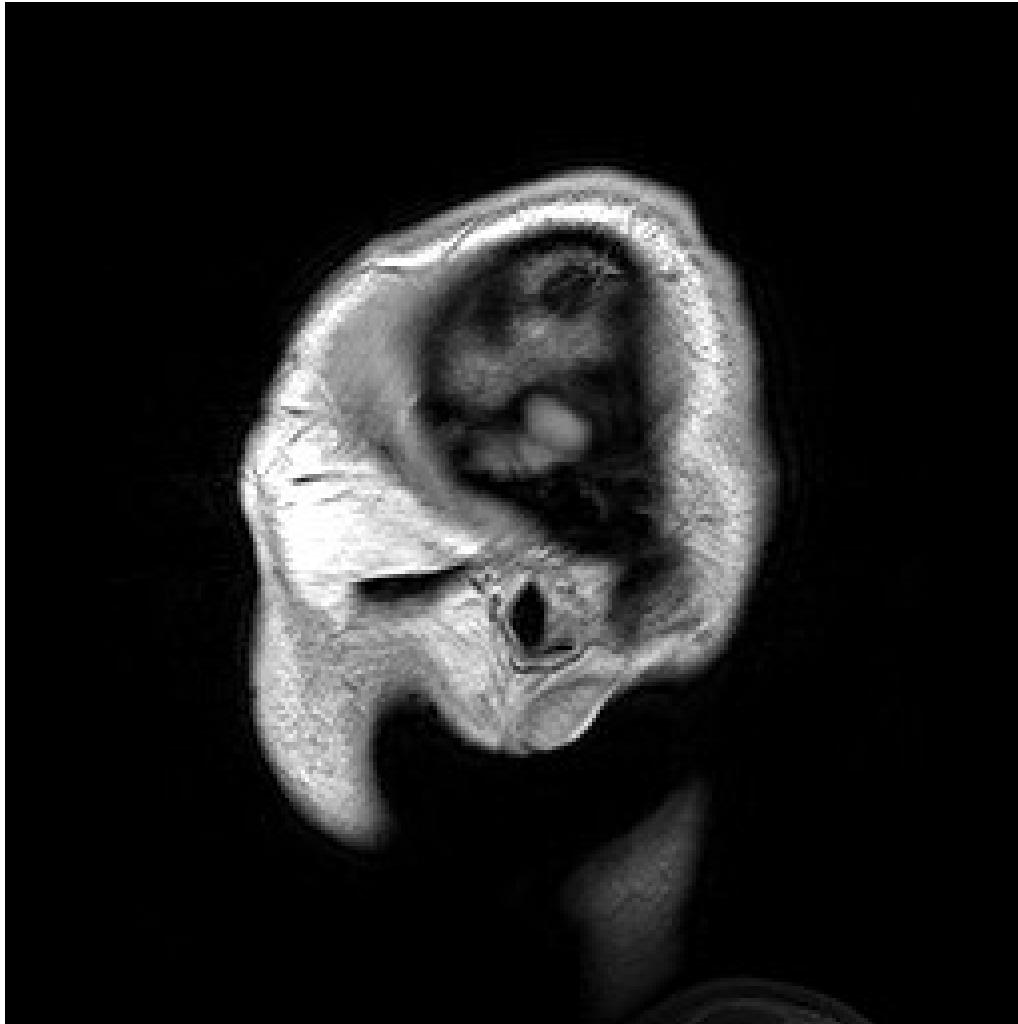
Rechts: **Parasympathisches System** mit Nervus vagus (2). **cholinerg**



Sympathicus und Parasympathicus
(in Anlehnung an Villiger u. Ludwig)

Kahle p. 273

Schnittbilder

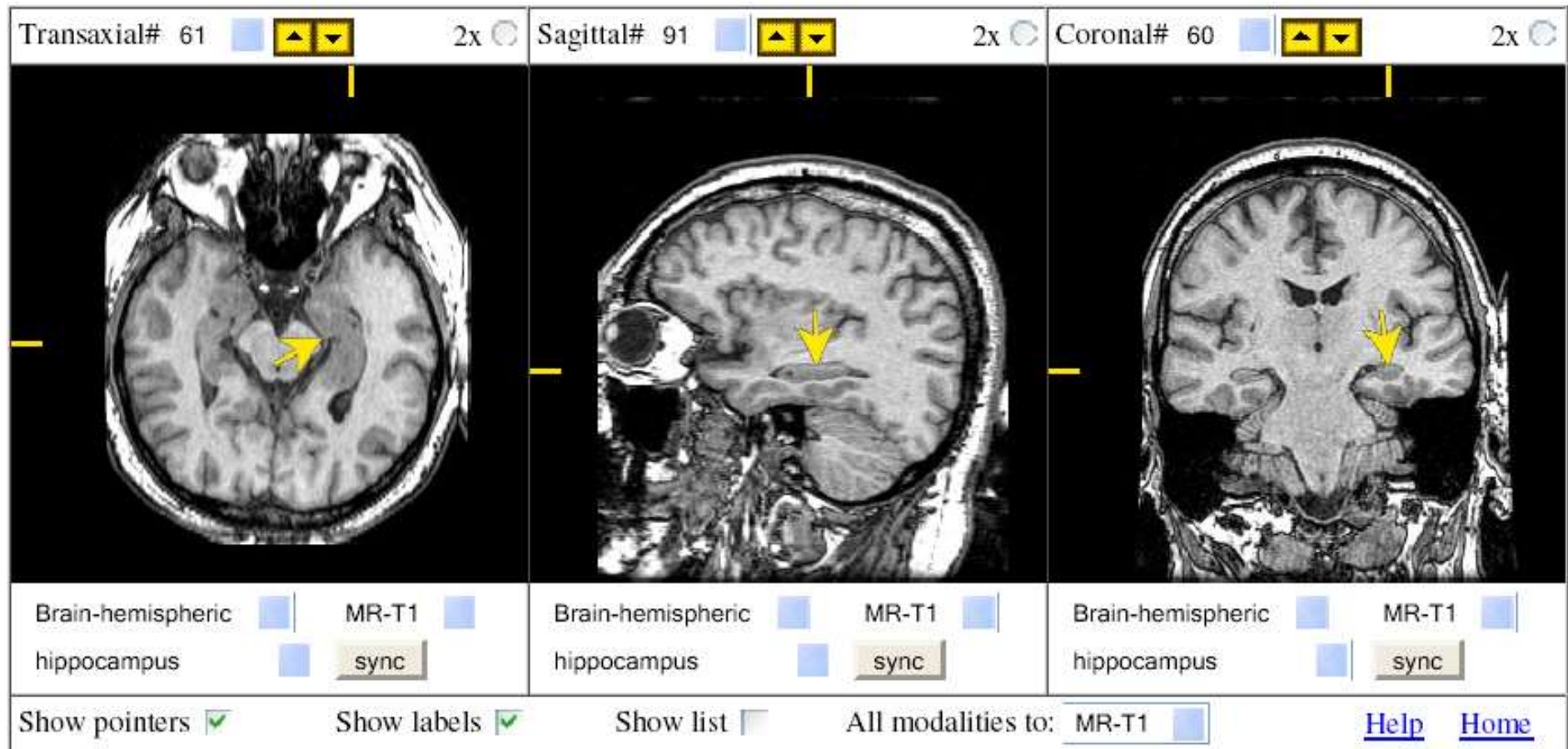


An [MRI](#) of a patient with benign familial macrocephaly (male with head circumference > 60cm)

Dwayne Reed,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience>

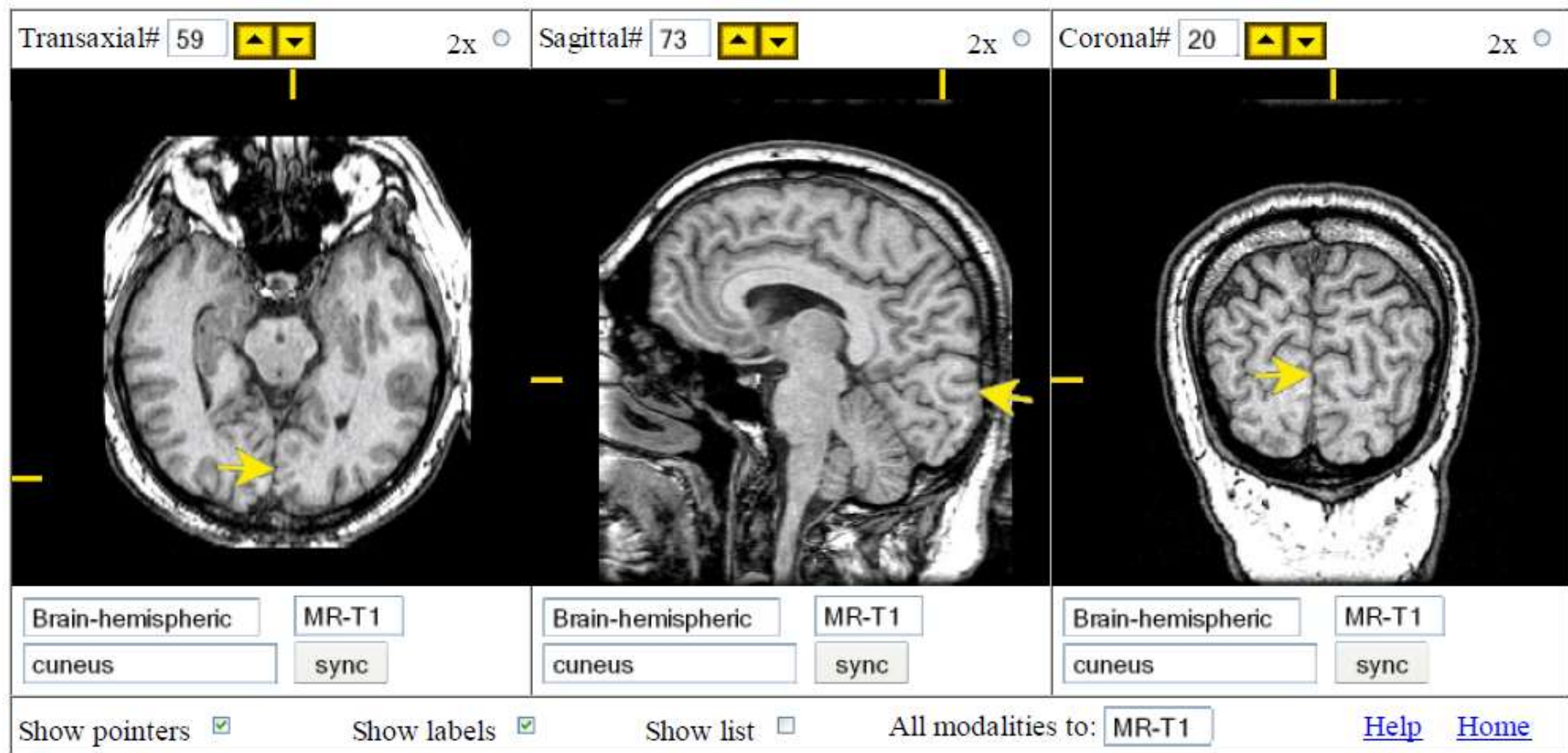
Interaktiver Hirnatlas im Internet

<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>



Interaktiver Hirnatlas im Internet

<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>



Zusammenfassung

- Das Zentralnervensystem entsteht aus dem **Neuralrohr**, dessen vorderes Ende sich zum Gehirn differenziert, während die übrigen Teile das Rückenmark bilden.
- Das Gehirn gliedert sich embryonal zunächst in **Pros-, Mes- und Rhombencephalon**. Das Prosencephalon bildet später Tel- und Diencephalon, das Rhombencephalon Met- und Myelencephalon.
- Das **Telencephalon** (Großhirn) besteht aus Basalganglien und Mantel (Pallium), in dem sich der Cortex (Großhirnrinde) bildet.
- Innerhalb der Säuger wird das **Pallium** stark vergrößert und überwächst beim Menschen die weiter hinten und unten gelegenen Teile (**Großhirnrotation**).
- Bei den Primaten unterscheidet man vier **"Lappen" (Lobi)** des Großhirns, Frontal = Stirnl., Parietal = Scheitell., Occipital = Hinterhauptsl. und Temporal = Schläfenlappen.
- Histologisch unterscheidet man Regionen mit Zellkörpern (**graue Substanz**) und myelinisierte Fasermassen (**weiße Substanz**). Die graue Substanz kann periventrikulär, netzartig als Formatio reticularis, als Kerngebiete oder als Cortex vorliegen.
- Vom Rückenmark gehen segmental **Rückenmarksnerven** ab, die jeweils eine dorsale, sensorische und eine ventrale, motorische Wurzel haben.
- Die **Gehirnnerven** sind teilweise segmental homolog zu Rückenmarksnerven, teilweise Eigenbildungen des Gehirns (z.B. Sehnerv als Ausstülpung des Diencephalons).

lesen Sie zu diesem Kapitel...



MF Bear, BW Connors, MA Paradiso.
*Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für
Biologie, Medizin und Psychologie.*
Spektrum Verlag, 3. Auflage 2009

Kapitel 7: Die Struktur des Nervensystems

Weitere verwendete Literatur

- Liem HM, Northcutt G, Romer AS, Nelson G. *Functional Anatomy of the vertebrates. An Evolutionary Perspective.* 3. Aufl. Thomson Brooks/Cole 2001
- Kahle W, *Taschenatlas der Anatomie Bd 3: Nervensystem und Sinnesorgane.* Stuttgart: Thieme 1991.
- Penzlin H, *Lehrbuch der Tierphysiologie.* 8. Auflage, Springer Spektrum, 2015
- Wehner R, Gehring W, *Zoologie.* 27. Auflage, Stuttgart: Thieme, 2007

Deutsch – Englisch – Latein

Windung	Gyrus	Gyrus
Furche	Sulcus	Sulcus
Kerngebiet	Nucleus	Nucleus
Lappen	Lobe	Lobus
Neuralleiste	Neural crest	
Seitlicher Kniehöcker	Lateral geniculate nucleus	Corpus geniculatum laterale
Graue Substanz	Gray matter	Substantia grisea
Weißer Substanz	White matter	Substantia alba
Zellkörper	Cell body	Soma, perikaryon
Sehbahnkreuzung	Optic chiasm	Chiasma opticum