

# Arbeitsblätter zur Neuroanatomie

Von Medizinstudenten für Medizinstudenten an der Medizinischen Universität Innsbruck

erstellt an der Medizinischen Universität Innsbruck, Stand 09/03

Sonja Schottkowsky

Ohne profunde neurobiologische Kenntnisse sind Entstehung und Entwicklung von Krankheiten des Nervensystems nicht zu begreifen. Sie sind für die Ausübung des Arztberufes unentbehrlich. Anatomische, zelluläre und molekulare Erkenntnisse über das Nervensystem stellen die Grundlagen zum Verständnis von Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie dar. Sie sind notwendig, um eine rationale Therapie zur Behandlung von Erkrankungen des Nervensystems durchzuführen. Funktionelle Neuroanatomie wird heute erst im Zusammenhang mit den zellulären und molekularen Errungenschaften des letzten Jahrhunderts verständlich. Sie bildet einen wesentlichen Teil der Neurobiologie des Menschen -einer Wissenschaft für angehende Mediziner, die lieber verstehen als auswendig lernen.

Die 90 Arbeitsblätter umfassen 20 Zeichenvorlagen, Schemata für die Vorlesung bzw. den ZNS-Kurs sowie die Lehrinhalte der Neuroanatomie in katalogisierter Form. Letztere sind im wesentlichen den *„Nomina Anatomica“* sowie dem *„Gegenstandskatalog für die vorklinische Medizin“* (Mainz, 1999) entnommen. Die Studenten sollen die genannten Termini kennen und erläutern können. Weiterhin sollen funktionelle und klinische Begriffe an einem Beispiel erklärt und am makroskopischen Präparat (Gehirn, anatomische Schnitte), am histologischen Schnitt oder am Lebenden demonstriert werden. Umgekehrt sollen gegebene Strukturen auch benannt werden können. Am Lebenden sollen funktionelle Zusammenhänge verdeutlicht werden (z.B. durch das Auslösen von Reflexen). Für Blutgefäße und Nerven gilt, daß Stammgefäße bzw. Nervenursprünge sowie die wichtigsten Äste gelernt werden müssen. Das Neuroanatomie-Praktikum soll es den Studenten schließlich ermöglichen, an makroskopischen und histologischen Präparaten eine möglichst realistische Vorstellung der besprochenen Strukturen zu entwickeln.

Der Lehrinhaltskatalog soll den Studenten und Studentinnen helfen, die für die klinische Ausbildung notwendigen neuroanatomischen Grundlagen aus den gängigen anatomischen Lehrbüchern zu extrahieren, keinesfalls kann er das Lehrbuchstudium oder den Vorlesungsbesuch ersetzen. Es muß betont werden, dass die Morphologie als stoffliche Grundlage der Funktion zu verstehen ist, d.h. die Beschäftigung mit der Neurophysiologie und der Neurobiochemie ist zum Verständnis des Nervensystems unerlässlich (et vice versa).

Die eingearbeiteten Zeichenvorlagen (ZV) dienen als Unterrichtsmaterial für die kursbegleitende Vorlesung und den neuroanatomischen Teil des Präparierkurses. Sie beruhen weitgehend auf Abbildungen aus diversen Originalarbeiten bzw. anatomischen Atlanten. Es ist nicht gestattet, die Arbeitsblätter zu vervielfältigen oder zu verkaufen. Korrekturen und andere Hinweise sind jederzeit willkommen (Stand: 09/03).

# INHALT

VS = VORLESUNGSSTUNDE, ZV = ZEICHENVORLAGE

<b>1.</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>4</b>
1.1.	Gliederung [1. VS].....	4
1.2.	Neuronale und gliale Zellbiologie [2. VS] .....	8
1.2.1.	Neuronale Morphologie.....	8
1.2.2.	Sinnesfunktion.....	9
1.2.3.	Nervenfasern .....	10
1.2.4.	Synapsen.....	11
1.2.5.	Neurosekretion.....	12
1.2.6.	Mikroskopische Anatomie des peripheren Nerven.....	12
1.2.7.	Neuroglia.....	13
<b>2.</b>	<b>Zentralnervensystem .....</b>	<b>14</b>
2.1.	Entwicklung [3. VS] .....	14
2.1.1.	Anlage des Nervensystems.....	14
2.1.2.	Rückenmark (ZV 1) .....	14
2.1.3.	Gehirn (ZV 2) .....	15
2.1.4.	Angeborene Mißbildungen.....	17
2.2.	Medulla spinalis = Rückenmark [4./5. VS] .....	18
2.2.1.	Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 3).....	18
2.2.2.	Graue Substanz (ZV 4) .....	19
2.2.3.	Weißer Substanz (ZV 4).....	20
2.2.4.	Leitungssysteme (ZV 4).....	21
2.3.	Rhombencephalon = Rautenhirn [6. VS] .....	25
2.3.1.	Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 5, 6) .....	25
2.3.2.	Innere Gliederung (ZV 7).....	26
2.3.3.	Klinische Anatomie.....	30
2.4.	Cerebellum = Kleinhirn [7. VS].....	31
2.4.1.	Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 8).....	31
2.4.2.	Innere Gliederung.....	31
2.4.3.	Klinische Anatomie.....	32
2.5.	Mesencephalon [8. VS] .....	35
2.5.1.	Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 5, 6).....	35
2.5.2.	Innere Gliederung.....	35
2.5.3.	Klinische Anatomie.....	37
2.6.	Diencephalon = Zwischenhirn [9. VS] .....	38
2.6.1.	Gestalt, innere und äußere Oberfläche (ZV 6, 9).....	38
2.6.2.	Gliederung .....	38
2.6.3.	Thalamus = Thalamus dorsalis (ZV 9, 10).....	38
2.6.4.	Hypothalamus (ZV 9, 11).....	40
2.6.5.	Subthalamus = Thalamus ventralis (ZV 9) .....	42
2.6.6.	Epithalamus (ZV 9) .....	42
2.7.	Telencephalon = Großhirn [10./11. VS].....	44
2.7.1.	Gestalt, Gliederung und Lage (ZV 1, 5).....	44
2.7.2.	Subcorticale Kerne (ZV 9) .....	44
2.7.3.	Großhirnrinde – Gliederung .....	47
2.7.4.	Palaeocortex (ZV 5).....	47
2.7.5.	Archicortex (ZV 12, 13).....	48
2.7.6.	Neocortex (ZV 14, 15).....	49
2.7.7.	Bahnen der Großhirnrinde.....	53

<b>3.</b>	<b>Funktionelle Systeme [12./13. VS].....</b>	<b>54</b>
3.1.	Afferente Systeme, neuronale Gliederung, Verbindungen (ZV 16, 17, 18)	54
3.2.	Efferente Systeme, neuronale Gliederung, verbindungen (ZV 19, 20).....	56
3.3.	Limbisches System (ZV 12, 13).....	56
3.4.	Klinische Anatomie .....	57
<b>4.</b>	<b>Innere Liquorräume [14. VS].....</b>	<b>58</b>
4.1.	Seitenventrikel: Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 2).....	58
4.2.	III. Ventrikel: Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 9).....	58
4.3.	IV. Ventrikel: Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 6) .....	59
4.4.	Plexus choroideus (ZV 8, 9).....	59
4.5.	Liquorfluß .....	59
4.6.	Klinische Anatomie .....	60
<b>5.</b>	<b>Hirn- und Rückenmarkshäute, äußere Liquorräume .....</b>	<b>61</b>
<b>6.</b>	<b>Gefäßversorgung [15. VS].....</b>	<b>63</b>
6.1.	Arterien .....	63
6.2.	Venöse Abflußwege .....	64
6.3.	Klinische Anatomie .....	65
<b>7.</b>	<b>Sehorgan .....</b>	<b>66</b>
7.1.	Orbita .....	66
7.1.1.	Form, Lage .....	66
7.1.2.	Peri- und retrobulbärer Bindegewebsraum .....	66
7.1.3.	Bulbus oculi.....	66
7.2.	Entwicklung .....	66
7.3.	Gestalt, Gliederung, Form .....	66
7.4.	Bau und mikroskopische Anatomie.....	66
7.5.	N. opticus und Sehbahn.....	67
7.6.	Bewegungsapparat des Bulbus oculi .....	67
7.7.	Schutzeinrichtungen .....	67
7.7.1.	Augenlid .....	67
7.7.2.	Bindehaut .....	67
7.7.3.	Tränendrüse, Tränenwege .....	67
7.8.	Klinische Anatomie .....	68
<b>8.</b>	<b>Hör- und Gleichgewichtsorgan.....</b>	<b>69</b>
8.1.	Grundkenntnisse der Entwicklung des Hör- und Gleichgewichtsorgans .....	69
8.2.	Äußeres Ohr .....	69
8.2.1.	Ohrmuschel, äußerer Gehörgang, Trommelfell.....	69
8.3.	Mittelohr .....	69
8.3.1.	Paukenhöhle .....	69
8.3.2.	Gehörknöchelchen .....	69
8.4.	Innenohr.....	70
8.4.1.	Labyrinth .....	70
8.4.2.	Gleichgewichtsorgan .....	70
8.4.3.	Hörorgan und Hörbahn.....	70
8.5.	Klinische Anatomie .....	70

# 1. GRUNDLAGEN

## 1.1. GLIEDERUNG [1. VS]

### **Begriffe**

Cortex (lat.): Rinde, graue Substanz von Großhirn und Kleinhirn, enthält die Nervenzellkörper

Lamina (lat.): Blatt, Zellschichten des Großhirncortex, diverse Areale im ZNS (z.B. Lamina tecti)

Stratum (lat. stratus, ausgestreckt): Schicht, Lage, Zellschichten des Kleinhirns

Nucleus (lat.): Kern, Ansammlung von Nervenzellkörpern im Zentralnervensystem (ZNS)

Ganglion (gr.): Nervenknoten, Ansammlung von Nervenzellkörpern im peripheren Nervensystem (PNS)

Medulla (lat.): Mark, Medulla oblongata = verlängertes Mark, Medulla spinalis = Rückenmark

Neuropil (gr.): Filz, im ZNS zwischen den Zellkörpern gelegenes Geflecht aus Nervenfasern (v.a. Dendriten und Axone)

Tractus (lat.): pl. Tractus, Strang, auf- oder absteigende Bahnen, Tractus olfactorius

Fasciculus (lat.): Bündel, auf- und absteigende Bahnen

Funiculus (lat.): Strang, fasst mehrere Tractus bzw. Fasciculi zusammen

### **Lagebeschreibungen von Hirnstrukturen**

Durch den aufrechten Gang kommt es während der Entwicklung zum Abknicken des Neuralrohres. Die Hirnachse steht dadurch zur Körperachse in einem Winkel von ca. 90 Grad. Ehemals ventrale Strukturen liegen damit unten, d.h. basal.

rostral = frontal = oral = vorne, Richtung Gesicht (os = Mund, rostrum = Schnabel)

kaudal = occipital = hinten, Richtung Hinterhaupt (cauda = Schwanz)

ventral = basal = unten, Richtung Schädelbasis (venter = Bauch)

dorsal = oben, Richtung Schädeldach (dorsum = Rücken)

### **Zentrales Nervensystem — peripheres Nervensystem**

ZNS – Zentralnervensystem: Gehirn und Rückenmark

PNS – Peripheres Nervensystem: Spinalnerven, Plexus (= Geflechte), periphere Nerven und Ganglien

Die Grenze zwischen ZNS und PNS bilden die Aus- bzw. Eintrittsstellen der Hirnnerven und Rückenmarkswurzeln

### **Hirnnerven — Spinalnerven**

Hirnnerven: 12 Hirnnervenpaare, verbinden Hirnstamm mit peripheren Strukturen, gehören zum PNS (bis auf I und II)

Spinalnerven: 30-33 Paare, setzen sich aus der vorderen und hinteren Wurzel des Rückenmarks zusammen, gehören zum PNS

## **Animales („cerebrospinales“ oder „somatisches“) Nervensystem — vegetatives („autonomes“ oder „viszerales“) Nervensystem**

Animales NS: willkürliche Steuerung der Skelettmuskulatur, Wahrnehmungen aus der Körperoberfläche

Vegetatives NS: unwillkürliche Steuerung der inneren Organe über Sympathikus und Parasympathikus, Wahrnehmungen aus den inneren Organen

### **Vegetatives Nervensystem: Pars sympathica — Pars parasympathica**

Pars sympathica = Sympathikus: Fight or flight; energiemobilisierende, aktivitätssteigernde Wirkung auf den Körper

Pars parasympathica = Parasympathikus: Rest and digest; dient der Konservierung und Wiederaufbau von Körperenergien

### **Graue Substanz — weiße Substanz**

Graue Substanz: Ansammlung von Nervenzellkörpern im ZNS; in Form von Nuclei, Cortex (Großhirn und Kleinhirn), sog. ‚Schmetterlingsfigur‘ des Rückenmarks

Weißer Substanz: wird von den Fortsätzen der Nervenzellen gebildet, die von Markscheiden (Lipiden) umgeben werden, und deshalb weiß erscheinen

### **Afferentes Neuron — efferentes Neuron**

Afferenzen: im ZNS ankommende Informationen (zentripetal)

Efferenzen: vom ZNS wegführende Informationen (zentrifugal)

### **Sensibles Neuron — motorisches Neuron, Rezeptor — Effektor**

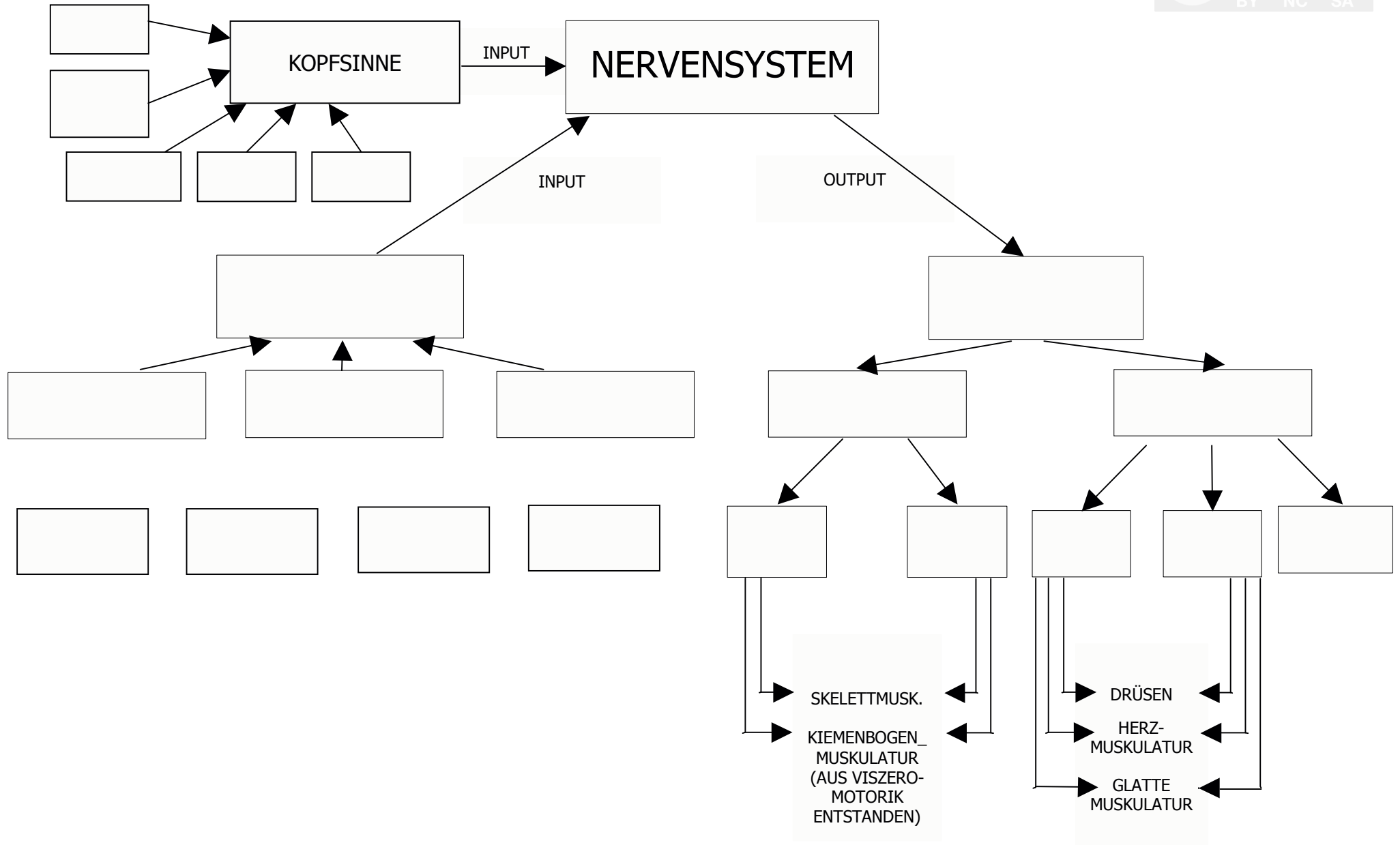
Sensorik: in diesem Zusammenhang beschränkt auf die Kopfsinne

Sensibilität: somatisch (Wahrnehmungen aus der Körperoberfläche) oder viszeral (Wahrnehmungen aus den inneren Organen)

Motorik: somatisch (Skelettmuskulatur plus Kiemenbogenmuskulatur, da Kau-, Gesichts- und Schlundmuskulatur willkürlich kontrollierbar) oder viszeral (innere Organe: Verdauung, Blutdruckregulation usw.)

Sinnesreize werden über einen Rezeptor wahrgenommen und über ein sensibles Neuron ins ZNS weitergeleitet (afferent)

Motorische, efferente Impulse werden über ein motorisches Neuron dem jeweiligen Effektor (= Erfolgsorgan, z.B. Skelettmuskulatur) zugeleitet



## Neuronale Gliederung des peripheren animalischen Nervensystems

### *Sensibles Ganglion (Wurzelganglion)*

Somatosensible Ganglien finden sich im Bereich von

Hirnnerven: Ggl. trigeminale (V), Ggl. geniculi (VII), Ggl. superius (IX), Ggl. superius (X) (Kiemenbogenderivate)  
und

Spinalnerven: Ggl. spinale, liegt in der Hinterwurzel

In einem sensiblen Ganglion liegt das Perikaryon des ersten afferenten Neuron (pseudounipolare Nervenzelle) mit einem T-förmigen Axon, das sich in einen zentralen Fortsatz (zieht in das ZNS) und in einen peripheren Fortsatz (zieht zu den Rezeptoren der Körperoberfläche) teilt

### *Motorisches Kerngebiet*

Somatomotorische Neurone finden sich ebenfalls im Bereich von

Hirnnerven: Hirnnervenkerne des III., IV., V., VI., VII., IX., X., XI. und XII. Hirnnerven  
und

Spinalnerven: Motorisches Vorderhorn des Rückenmarks, Axone treten durch die Vorderwurzel aus

Motoneurone stehen in direktem Kontakt mit der Skelettmuskulatur (keine weitere Verschaltung)

## Neuronale Gliederung des peripheren vegetativen Nervensystems

### *Viszeroafferenzen*

Viszerosensible Neurone liegen im Spinalganglion oder in den Kopfganglien des IX. und X. Hirnnerven; wie bei den somatosensiblen Neuronen projiziert der zentrale Fortsatz ins ZNS, während der periphere Fortsatz mit sympathischen oder parasympathischen Nerven zu den inneren Organen bzw. zur Haut (nur sympathisch) verläuft

### *Viszeroefferenzen*

Viszeroefferente Nervenbahnen bestehen aus zwei hintereinandergeschalteten Neuronen; Synapse zwischen erstem und zweitem Neuron liegt in den vegetativen Ganglien (Schaltganglien), deshalb 1. Neuron = präganglionäres Neuron, 2. Neuron = postganglionäres Neuron

<i>Sympathikus</i>	<i>Lage</i>	<i>Transmitter</i>
präganglionäres Perikaryon	Seitenhorn des Rückenmarks (C8 – L2)	Acetylcholin
postganglionäres Perikaryon	Sympathischer Grenzstrang = paravertebrale Ganglien Eingeweideplexus = prävertebrale Ganglien	Noradrenalin (zumeist)
<i>Parasympathikus</i>	<i>Lage</i>	<i>Transmitter</i>
präganglionäres Perikaryon	Hirnnervenkerne: Ncl. oculomotorius accessorius Ncl. salivatorius superior + inferior Ncl. dorsalis nervi vagi Seitenhorn des Rückenmarks (S2-S4)	Acetylcholin
postganglionäres Perikaryon	Kopfbereich: Ggl. ciliare Ggl. pterygopalatinum Ggl. submandibulare Ggl. oticum Eingeweide: in der Nähe des Organs oder in dessen Wand	Acetylcholin

## **Intramurales Nervensystem = Enterisches Nervensystem**

Befindet sich im Ösophagus und Magen-Darmtrakt

Dazu gehören:

*Plexus submucosus* (Meissner) in Tela submucosa, reguliert Drüsentätigkeit und Durchblutung und

*Plexus myentericus* (Auerbach) zwischen Ring- und Längsmuskelschicht, steuert Tunica muscularis

Funktion: Regulation der Verdauungsvorgänge, Drüsentätigkeit, Darmperistaltik; arbeitet eigenständig, wird aber von Sympathikus und insbesondere Parasympathikus beeinflusst

## **Periphere Organisation und Projektion**

*Segmentale Innervation, periphere Innervation*

Radix anterior und posterior bilden den Spinalnerv, der durch das Foramen intervertebrale zieht und sich in einen dorsalen und ventralen Ast teilt

Dorsale Äste: sensible und motorische Versorgung der Rückenmuskulatur und der darüberliegenden Haut

Ventrale Äste: ziehen segmental geordnet nach ventral (z.B. als Nn. intercostales), enthalten alle Faserqualitäten, innervieren motorisch und sensibel Brust- und Bauchwand (= *segmentale Innervation*)

Im Bereich der Extremitäten vermischen sich ventrale Äste in den Plexus → periphere Nerven enthalten Axone aus mehreren Spinalnerven → Versorgungsgebiet eines peripheren Nerven stimmt nicht mit segmentaler Innervation überein

Die Axone eines Spinalnerven befinden sich in verschiedenen peripheren Nerven, enden in den Extremitäten aber nebeneinander, segmental geordnet → *Dermatome* (von einem Spinalnerven versorgtes Hautsegment)

*Headsche Zonen – Übertragener Schmerz*

Viszerale Afferenzen enden im Hinterhorn des Rückenmarks, steigen auf und können bewusst werden

Viszerale und somatische Afferenzen können auf dasselbe weiterleitende Neuron verschaltet werden

Das Gehirn lernt im Laufe des Lebens, dass die Informationen dieses weiterleitenden Neurons zumeist somatischen, nicht viszeralen Ursprungs ist (da sich mehr Rezeptoren an der Körperoberfläche befinden). Bei Schädigungen innerer Organe kommt es oft zu fälschlicher Zuordnung eines Schmerzreizes auf die Körperoberfläche (übertragener Schmerz in sog. *Headschen Zonen*)

## **1.2. NEURONALE UND GLIALE ZELLBIOLOGIE [2. VS]**

### **1.2.1. Neuronale Morphologie**

#### **Aufbau der Nervenzelle (= Neuron)**

Zellkörper (= Soma oder Perikaryon)

ein oder mehrere Fortsätze; diese Fortsätze unterteilt man in Dendriten, die die Erregung empfangen (afferent) und in ein Axon, das die Erregung weiterleitet (efferent)

Neurit = Axon plus Markscheide

#### **Neuronentypen**

Normalerweise besitzt ein Neuron nur ein Axon, die Zahl der Dendriten variiert

Unipolare Nervenzellen: Ein Axon, jedoch keine Dendriten; die Erregung wird vom Zellkörper selbst oder vom Axon empfangen. Vorkommen: Rezeptorzellen in den Sinnesorganen, z.B. Stäbchen- und Zapfenzellen der Retina

Bipolare Nervenzellen: Ein Axon und ein Dendrit. Vorkommen: in den Ganglien der Sinnesorgane, z.B. im Ganglion spirale, Ganglion vestibulare und im Stratum ganglionare retinae

Multipolare Nervenzellen: Ein Axon und mehrere Dendriten. Vorkommen: überall im ZNS wie auch im autonomen Nervensystem

Pseudounipolare Nervenzellen: Sie haben nur einen Fortsatz, der sich in einen axonalen und einen dendritischen Zweig aufspaltet; dieser Zelltyp entsteht aus ursprünglich bipolaren Zellen, deren Axon und Dendrit zu einem gemeinsamen Stamm verschmelzen. Vorkommen: in den sensiblen Ganglien der Spinalnerven und der Hirnnerven, Nucl. mesencephalicus n. trigemini

### **Ultrastruktur des Perikaryon**

Zellkern: groß, wegen hoher RNA-Synthese, z.B. für Transmitterherstellung

Rauhes Endoplasmatisches Retikulum (= rER oder Ergastoplasma) gut ausgebildet (hohe Proteinsynthese)

Freie Ribosomen liegen in Gruppen zusammen (Polyribosomen), lassen sich mit basischen Farbstoffen darstellen = Nissl-Schollen (Franz Nissl entdeckte die nach ihm benannte Färbung von Nervenzellen als Medizinstudent in München)

Golgi-Apparat, Lysosomen, Mitochondrien reichlich vorhanden

## 1.2.2. Sinnesfunktion

### **Aufnahme von Informationen aus der Umwelt – Rezeptorzellen**

Auge: 5 Mill. Zapfen (Farbsehen), 120 Mill. Stäbchen (Hell-Dunkel-Sehen)

Hörorgan: Haarzellen im Ductus cochlearis der Schnecke

Gleichgewichtsorgan: Haarzellen in Utriculus und Sacculus, sowie in den Bogengängen

Geruchsorgan: Sinneszellen in der Riechschleimhaut der Concha nasalis superior

Geschmacksorgan: Sinneszellen in Geschmacksknospen, die sich in der Wand der Zungenpapillen befinden

Freie Nervenendigungen: Dendriten von Spinalganglienzellen, Schmerz- und Temperaturrezeptoren

Nervenendigungen in Verbindung mit Haaren: reagieren auf Abbiegen des Haares, Berührungsrezeptoren

Rezeptoren des Bewegungsapparates: Muskelspindeln, Golgi-Sehnenorgan, Mechano- und Nozizeptoren

Rezeptoren der inneren Organe: Mechano-, Thermo- und Nozizeptoren, Chemo- und Barorezeptoren

### **Primäre – sekundäre Sinneszelle**

Primäre Sinneszellen: bilden Fortsätze aus, die ins ZNS wachsen – Rezeptorfunktion und Weiterleitung, z.B. Sinneszellen der Riechschleimhaut bündeln ihre Axone zu Fila olfactoria, die durch die Lamina cribrosa in den Bulbus projizieren

Sekundäre Sinneszellen: nur Rezeptorfunktion, Weiterleitung über eine pseudounipolare Nervenzelle ins ZNS, z.B. in der Haut, Zunge oder Innenohr

### 1.2.3. Nervenfasern

#### Markhaltige Nervenfasern, marklose Nervenfasern

##### Markhaltige Nervenfasern

Die Nervenfasern sind von einer Markscheide (= Myelinscheide) umgeben, die in regelmäßigen Abständen unterbrochen ist

Markscheidentragende Abschnitte = Internodien

Markscheidenfreie Abschnitte = Ranviersche Schnürringe

Schnelle Ausbreitung des Aktionspotentials von Schnürring zu Schnürring = Saltatorische Erregungsleitung

Im peripheren Nervensystem finden sich Schwann-Zellen, die bei markhaltigen Axonen jeweils einem internodalen Abschnitt entsprechen; im zentralen Nervensystem finden sich Oligodendrozyten, die mehrere Fortsätze haben und mehrere Axone umgeben

##### Marklose Nervenfasern

Nervenfasern mit einem Durchmesser von 1-2  $\mu\text{m}$  haben keine Markscheide

In der Peripherie liegen marklose Nervenfasern in Vertiefungen von Schwann-Zellen, im ZNS umgeben Astrozyten stellenweise Bündel von marklosen Nervenfasern

Leitungsgeschwindigkeit nur relativ langsam: 0,5 - 1,5 m/sec (C-Fasern)

Fast alle Nervenzellen haben ihre Teilungsfähigkeit verloren. Zerstörte Nervenzellen können durch erneute Zellteilung intakter Neurone zumeist nicht ersetzt werden !

#### Größenordnung von Internodienlänge und Axonkaliber

Internodien sind ca. 1 mm lang (200 – 1500  $\mu\text{m}$ ), korrelieren mit Axonkaliber und Axonlänge

#### A-, B-, C-Fasern

Die Markscheidendicke hängt vom Axondurchmesser ab und davon wiederum die Leitungsgeschwindigkeit

Fasertyp	Funktion	Durchmesser ( $\mu\text{m}$ )	Leitungsgeschwindigkeit (m/sec)
A $\alpha$	Skelettmuskelfaser Muskelspindelafferenz	11 – 16	60 – 120
A $\beta$	Mechanoafferenzen der Haut	6 – 11	40 – 90
A $\gamma$	Muskelspindelafferenzen	1 – 6	2 – 30
A $\delta$	Hautafferenzen (Temperatur und schneller Schmerz)	1 – 6	2 – 30
B	Präganglionäre Efferenzen viszerale Afferenzen	1 - 3	3 – 15
C	Hautafferenzen (langsamer Schmerz) Postganglionäre Efferenzen	0,5 – 1,5	0,25 – 1,5

#### Ultrastruktur des Axons

Axon beginnt mit dem Axonhügel = verdickter Anfangsteil; Axon kann bis zu 1 m lang sein, Durchmesser: 0,05 – 20  $\mu\text{m}$ ; enthält Mitochondrien, ER, Ribosomen und ein ausgeprägtes Zytoskelett (gestapelte Mikrotubuli)

Mikrotubuli = Neurotubuli, in Axon und Dendrit parallel angeordnet, Transportfunktion

Intermediärfilamente = Neurofilamente, stabilisieren Zellform

Aktinfilamente: sind nicht parallel, sondern in verschiedenen Richtungen angeordnet, insbesondere unterhalb der Plasmamembran

## 1.2.4. Synapsen

### **Interneurale Synapsen, neuromuskuläre Synapsen, neuroglanduläre Synapsen**

#### *Interneurale Synapsen*

Axodendritische Synapsen (Axon steht in Verbindung mit Dendrit)

Axosomatische Synapsen (Axon steht in Verbindung mit Zellkörper)

Axoaxonale Synapsen (Axon steht in Verbindung mit dem Axon einer anderen Nervenzelle)

#### *Neuromuskuläre Synapsen*

Skelettmuskelfaser: Synapse zwischen Motoneuron und Skelettmuskelfaser heißt 'Motorische Endplatte'; der Transmitter ist Acetylcholin; das innervierende Axon spaltet sich auf und kann dadurch viele Muskelfasern versorgen, die als motorische Einheit zusammengefasst werden

Glatte Muskulatur und Herzmuskulatur: autonome Axone setzen Transmitter aus Erweiterungen (Varikositäten, keine echten Synapsen) 'en passant' frei

#### *Neuroglanduläre Synapsen*

Exokrine und endokrine Drüsen erhalten eine autonome Innervation

### **Aufbau einer Synapse**

Membran des synaptischen Endköpfchens am Ende des Axons = Präsynapse

Membran der nachfolgenden Nervenzelle = Postsynapse

Dazwischen befindet sich der synaptische Spalt (20 – 30 nm)

Ein elektrisches Potential erreicht über das Axon das synaptische Endköpfchen, löst über Calciueinstrom eine Transmitterfreisetzung in den synaptischen Spalt hinein aus; das wiederum wirkt erregend oder hemmend (je nach Rezeptor bzw. Kanal) auf die postsynaptische Membran der nachfolgenden Nervenzelle

### **Transmitterorganellen**

Produktion der Transmitter im Nervenzellkörper am rauhen ER oder im Zytoplasma; verpackt in Vesikel, je nach Transmitter unterschiedliche Form und Größe

Transport im Axon mit Hilfe der Neurotubuli

Gespeichert im synaptischen Endköpfchen oder in Varikositäten

## Transmitter

Zumeist erregende (= exzitatorische) Transmitter

Acetylcholin	weit verbreitet in ZNS und PNS
Dopamin	wichtigster Produktionsort ist die Substantia nigra, auch in anderen ZNS-Arealen
Noradrenalin	in der Formatio reticularis, vor allem im Locus coeruleus
Serotonin	in der Formatio reticularis, vor allem in den Raphekernen
Glutamat, Aspartat	Kleinhirnrinde, Kleinhirnkerne, Großhirnrinde und andere ZNS-Bereiche

Hemmende (= inhibitorische) Transmitter

GABA	diverse ZNS-Bereiche
Glycin	in der Großhirnrinde, in Interneuronen des Vorder- und Hinterhorns, Formatio reticularis, Substantia nigra und anderen ZNS-Bereichen

## 1.2.5. Neurosekretion

### Sekretorische Neurone in neurosekretorischen Kernen

Sekretorische Neurone: Nervenzellen, die Hormone produzieren und sie in die Blutbahn sezernieren

Produktion der Hormone im Perikaryon → Transport im Axon → Sekretion an dessen Endigung

### Neurosekretorische Endigung

Vorübergehender Speicherort des Neurosekrets, wird auf entsprechenden Reiz in das Blut abgegeben (Neurohypophyse ist keine hormonbildende Drüse, sondern Speicherorgan der Hypothalamushormone)

Exozytose des Neurosekrets → Diffusion durch Bindegewebsraum, Basallamina und Endothelzellen in das Blutgefäß → Transport zum Erfolgsorgan

## 1.2.6. Mikroskopische Anatomie des peripheren Nerven

### Endo-, Peri- und Epineurium

= Bindegewebe, das die markscheidenumhüllten Nervenfasern einbettet und in Kompartimente unterteilt; bietet Schutz vor toxischen Substanzen und mechanischer Beanspruchung

Endoneurium: umgibt die einzelnen Nervenfasern

Perineurium: fasst mehrere Nervenfasern zu Nervenfaserbündel zusammen

Epineurium: fasst mehrere Nervenfaserbündel zum peripheren Nerv zusammen

### Gefäßversorgung des peripheren Nerven

In unregelmäßigen Abständen dringen kleine Gefäße in das Bindegewebe des peripheren Nerven ein zur Versorgung der Glia; Axone werden von ihren Perikarya aus versorgt

## 1.2.7. Neuroglia

Gliazellen umgeben Nervenzellen, haben Stütz- und Ernährungsfunktion, 90% der Zellen im ZNS sind Gliazellen

### **Zentrale Glia**

*Astrozyten, aster (gr.) Stern*

Besitzen zahlreiche Fortsätze und einen kleinen Zellkörper

Umgeben Blutgefäße, bilden eine Schicht der Bluthirnschranke, sind für den Austausch von Nährstoffen und Stoffwechselprodukten zwischen Blutgefäß und Neuronen zuständig

*Oligodendrozyten*

Markscheidenbildner im ZNS, wenige, kurze Fortsätze, die Nervenzellen umhüllen

*Mikroglia = Mesoglia = Hortega-Zellen*

Nicht ortsständig, sondern mobil

Stammen nicht vom Neuralrohr ab, sondern sind eingewanderte Monozytenabkömmlinge

Abwehrfunktion: Phagozytose von Antigen-Antikörper-Komplexen und Mikroorganismen

*Ependymzellen, ependyma (gr.) Oberkleid*

Kleiden die Ventrikel und den Zentralkanal aus, trennen Hirngewebe von Liquor

Hochprismatisches Epithel, mit Kinozilien für Liquortransport und Stereozilien für Resorption und Sekretion

### **Periphere Glia**

*Schwann-Zellen*

Markscheidenbildner, unterstützen axonale Funktionen

*Mantelzellen*

Satellitenzellen, Kapselzellen, finden sich in Ganglien, umhüllen Nervenzellen

## 2. ZENTRALNERVENSYSTEM

### 2.1. Entwicklung [3. VS]

#### 2.1.1. Anlage des Nervensystems

##### **Induktion**

14. Embryonaltag: Entwicklung der drei übereinanderliegenden Keimblätter – Endoderm, Mesoderm und Ektoderm

16. Embryonaltag: im Ektoderm entsteht das Neuroektoderm; aus diesem geht die Neuralplatte hervor

##### **Neurulation: Neuralplatte, -wülste**

18. Embryonaltag: die Neuralplatte vertieft sich zur Neuralrinne, zu beiden Seiten liegen die Neuralwülste (= Neuralfalten); Neuralrinne schließt sich zum Neuralrohr; aus der Neuralrinne spaltet sich die Neuralleiste ab, die das Zellmaterial für das periphere Nervensystem liefert

25. Embryonaltag: das obere und das untere Ende des Neuralrohres schließen sich; aus dem kranial gelegenen Teil entstehen zuerst drei Hirnbläschen, die sich dann zu fünf Hirnbläschen weiterentwickeln. Aus ihnen differenzieren sich die einzelnen Abschnitte des Gehirns. Der kaudale Teil des Neuralrohres bildet das Rückenmark

##### **Neuralleiste und Derivate (peripheres Nervensystem)**

Die Zellen der Neuralleiste wandern nach lateral aus und verteilen sich im ganzen Körper, aus ihnen entstehen: Spinalganglien, autonome Ganglien, Schwann-Zellen, Melanozyten, Nebennierenmarkszellen

##### **Bildung der Spinalganglien und Spinalnerven (peripheres Nervensystem)**

Entstehen in segmentaler Anordnung zu beiden Seiten des Neuralrohres

Neuroblasten der Spinalganglien entwickeln sich zu pseudounipolaren Nervenzellen: der zentrale Fortsatz dringt in den dorsalen Abschnitt des Neuralrohres ein, der periphere Fortsatz wächst zu den sensiblen Rezeptoren in der Körperperipherie

Spinalnerv: die peripheren Fortsätze der pseudounipolaren Nervenzellen vereinigen sich mit den efferenten Axonen der Motoneurone zum gemischt sensibel-motorischen Spinalnerv

#### 2.1.2. Rückenmark (ZV 1)

##### **Mantelzone, Marginalzone**

Die Wand des Neuralrohres besteht aus undifferenzierten Neuroepithelzellen, diese vermehren und entwickeln sich zu:

Neuroblasten – weitere Differenzierung zu multipolaren Nervenzellen

Glioblasten – weitere Differenzierung zu Astrozyten und Oligodendrozyten

Ependymzellen – kleiden den Zentralkanal aus

Durch die Zellvermehrung und Zellauswanderung verdickt sich die Wand des Neuralrohres. Es entstehen folgende Schichten:

Mantelschicht: wird von den Neuroblasten gebildet, entwickelt sich zur grauen Substanz

Marginalzone: besteht aus den Nervenfasern, die von den Neuroblasten der Mantelschicht ausgehen. Nach der Myelinisierung dieser Axone erscheint diese Zone weiß (weiße Substanz des Rückenmarks)

## Flügelplatte, Grundplatte, Seitenplatte, Segmente

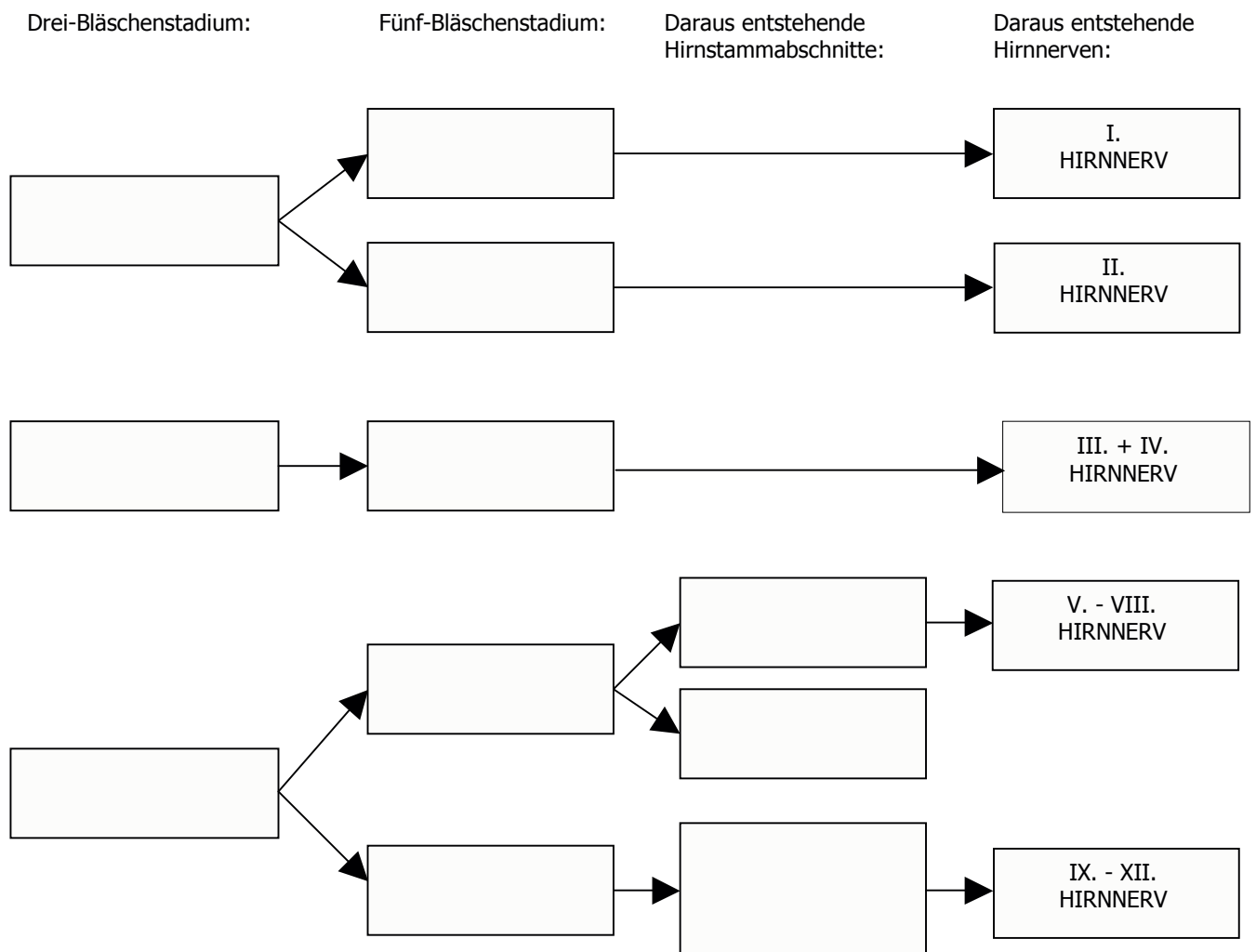
Durch die ständige Zellvermehrung in der Mantelschicht entstehen ventral und dorsal Verdickungen:

Ventrale Verdickung wird als Grundplatte (Lamina basalis) bezeichnet, entwickelt sich im Bereich des Rückenmarks zum motorischen Vorderhorn

Dorsale Verdickung wird als Flügelplatte (Lamina alaris) bezeichnet, entwickelt sich im Bereich des Rückenmarks zum sensiblen Hinterhorn

### 2.1.3. Gehirn (ZV 2)

Hirnbläschen und ihre Differenzierungen



## Morphogenese: Scheitelbeuge, Brückenbeuge, Nackenbeuge

Gleichzeitig mit der Anlage der Gehirnbläschen knickt das Neuralrohr an drei Stellen ein:

Scheitelbeuge: im Bereich des Mittelhirns

Brückenbeuge: im Bereich des Rhombencephalons

Nackenbeuge: zwischen Rückenmark und Rautenhirn

Dadurch steht die Hirnachse in einem 90-Grad-Winkel zur Körperachse

## **Rhombencephalon, Cerebellum, Mesencephalon, Diencephalon, Telencephalon**

### *Rhombencephalon*

Die Flügelplatte wird in der Mitte auseinandergedrängt und kommt lateral beidseitig der Grundplatte zu liegen (,als ob ein Buch aufgeschlagen wird')

Medial gelegene Grundplatte: motorische Hirnnervenkerne  
Lateral gelegene Flügelplatte: sensible Hirnnervenkerne

Entstehung des 4. Ventrikels: die Membran zwischen den auseinandergedrängten Flügelplattenanteilen wird dünn ausgezogen, bildet das Dach des 4. Ventrikels

### *Cerebellum*

Entwickelt sich aus einer beidseitigen Ausstülpung der Flügelplatte = rhombencephale Lippe, wächst nach dorsal über den 4. Ventrikel

### *Mesencephalon*

Grundplatte entwickelt sich zum Tegmentum mit motorischen Hirnnervenkernen, Ncl. ruber, Substantia nigra

Flügelplatte entwickelt sich zum Tectum mit Colliculi superiores und inferiores

### *Diencephalon*

Entsteht nur aus der Flügelplatte; aus dem Diencephalonbläschen entwickeln sich die Neurohypophyse, die Epiphyse und die Augenanlage

### *Telencephalon*

Es entwickeln sich vier Anteile:

1. Palaeocortex: entwicklungsgeschichtlich ältester Anteil, bei niederen Säugetieren noch gut ausgebildet, beim Menschen nur noch klein (Riechhirn)
2. Archicortex: liegt in der Embryonalzeit noch oberhalb des Balkens, an der Medialseite der Hemisphären; durch die Hemisphärenrotation verlagert sich der Hippocampus in den Temporallappen
3. Striatum: entsteht aus einem Zellhügel am Boden des Telencephalonbläschens, löst sich von der Bläschenwand, kommt im Marklager des Großhirns zu liegen
4. Neocortex: entwicklungsgeschichtlich jüngster Anteil

Hemisphärenrotation: Während des Wachstums der Hemisphären kommt es zu einer Rotationsbewegung um eine Achse, die horizontal durch die Inselregion verläuft. Diese Rotation wird von allen Strukturen in den Hemisphären mitgemacht: Vorder-, Hinter- und Unterhorn des Seitenventrikels, C-förmige Struktur des Ncl. caudatus, Fornix, Verlagerung des Hippocampus nach medial unten

Im Neocortex findet das stärkste Wachstum des menschlichen Großhirns statt. Wellen von Neuroblasten wandern an die Oberfläche unter die Pia mater und differenzieren sich dort; die nächste Neuroblastenwelle wandert durch die erste Schicht hindurch bis sie unter der Pia mater zu liegen kommt; bei Geburt sechsschichtige Hirnrinde

## **Ventrikelsystem und Plexus choroideus**

Ventrikelsystem: aus dem zentralen Hohlraum des Neuralrohres entsteht im Bereich der Hirnbläschen das Ventrikelsystem und im Bereich des Rückenmarks der Zentralkanal

Plexus choroideus: entsteht aus einer Lage Ependymzellen, die von gefäßreichem Bindegewebe (= Tela choroidea) überzogen ist; ragt in die Ventrikel vor, an der Fissura choroidea befestigt (Abrißkante = Taenia choroidea), produziert Liquor

## **Hypophyse**

Entsteht aus zwei völlig verschiedenen Anlagen: der Rathke-Tasche, einer Ausstülpung des Rachendaches, sowie aus einer Erweiterung des Zwischenhirns (Infundibulum und Neurohypophyse)

Rathke-Tasche wandert nach dorsal auf das Infundibulum zu, verliert die Verbindung zur Mundhöhle und verbindet sich mit Infundibulum

Zellvermehrung in Rathke-Tasche führt zur Bildung des Hypophysenvorderlappens, aus dem Infundibulum entstehen Hypophysenhinterlappen und Hypophysenstiel

### **2.1.4. Angeborene Mißbildungen**

Spina bifida occulta  
Myelozele  
Meningomyelozele  
Meningozele  
Meningoencephalozele  
Anecephalus

## 2.2. MEDULLA SPINALIS = RÜCKENMARK [4./5. VS]

### 2.2.1. Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 3)

#### **Oberfläche, Lage im Wirbelkanal und Beziehungen zur Wirbelsäule**

Fissura mediana anterior  
 Sulcus medianus posterior  
 Sulcus posterolateralis  
 Sulcus anterolateralis  
 Radix ventralis (= anterior)  
 Radix dorsalis (= posterior)  
 Spinalnerv  
 Conus medullaris  
 Filum terminale  
 Ligamentum denticulatum  
 Intumescencia cervicalis  
 Intumescencia lumbosacralis

Das Rückenmark liegt im Wirbelkanal, reicht vom Foramen magnum bis zu den ersten Lendenwirbeln

Beim Säugling reicht das Rückenmark noch bis LWK 3. Da die Wirbelsäule schneller wächst als das Rückenmark, endet es beim Erwachsenen auf Höhe LWK 2

Das Rückenmark ist wie das Gehirn von Häuten umgeben:

Wirbel → Periost → Epiduraler Raum mit Fettgewebe und Venenplexus → Dura mater → Arachnoidea mater → Subarachnoidalraum mit Liquor cerebrospinalis → Pia mater

Klinischer Hinweis: Lumbalpunktion

#### **Hals-, Brust-, Lenden- und Sakralmark**

Zervikalmark:	C1 – C8	8 Segmente
Thorakalmark:	Th1 – Th 12	12 Segmente
Lubalmark:	L1 – L5	5 Segmente
Sakralmark:	S1 – S5	5 Segmente
Kokzygealmark:	Co1 – (Co3)	1-3 Segmente
		<u>31-33 Segmente</u>

Cave: Die Rückenmarkssegmente liegen nicht auf der selben Höhe wie die entsprechenden Wirbelkörper. Die Namensgebung der Segmente bezieht sich darauf, auf welcher Höhe die Spinalnerven des jeweiligen Segments aus der Wirbelsäule austreten

Da zwischen dem Os occipitale des Schädels und dem 1. Halswirbel der 1. Spinalnerv austritt, gibt es im Zervikalmark acht Segmente bei nur 7 Halswirbeln. Die zervikalen Spinalnerven sind deshalb nach dem darunter liegenden Wirbel benannt (z.B. tritt der Spinalnerv C6 zwischen HWK 5 und HWK 6 aus). Ab Th1 werden sie nach dem darüber liegenden Wirbel benannt (z.B. tritt der Spinalnerv L5 zwischen LWK 5 und SWK 1 aus).

Die Segmente werden mit C, Th, L, S und Co abgekürzt; die Wirbelkörper aber mit HWK, BWK, LWK, SWK und CoWK

Klinischer Hinweis: Bandscheibenvorfall

#### **Intumescenciae**

(lat.) Anschwellung, Verdickungen des Rückenmarks zwischen C4 - Th2 (Intumescencia cervicalis) und L1 - S3 (Intumescencia lumbosacralis), graue Substanz ist hier sehr gut ausgebildet für die Innervation der Extremitäten

## **Wurzeln, Cauda equina**

Radix (lat.) = Wurzel: in das Rückenmark austretende bzw. eintretende Nervenfasern eines Segments. Jede Wurzel besteht aus 5 – 10 Wurzelfäden (Fila radicularia)

Vorderwurzel: zwischen Vorder- und Seitenstrang (Sulcus anterolateralis) austretende, efferente Axone

Hinterwurzel: zwischen Hinter- und Seitenstrang (Sulcus posterolateralis) eintretende, afferente Axone

In der Hinterwurzel liegt das Spinalganglion (enthält die Perikarya der sensiblen Nervenzellen)

Cauda equina (lat.) = Pferdeschwanz: Bündel aus Vorder- und Hinterwurzeln. Das Rückenmark endet auf Höhe LWK1, die Wurzeln der Lumbal- und Sakralsegmente müssen im Wirbelkanal bis zum jeweiligen Foramen intervertebrale absteigen, die Wurzelfäden können bis zu 20 cm lang sein

## **Afferente Wurzelsysteme**

Die hintere Wurzel enthält:

Somatosensible Axone  
Viszerosensible Axone  
Spinalganglien

## **Efferente Wurzelsysteme**

Die vordere Wurzel enthält:

Somatomotorische Axone: Axone der Motoneurone  
Viszeromotorische Axone: je nach Segment sympathisch (C8 – L2/3) oder parasympathisch (S2 – S4), werden auf das zweite Neuron in peripheren autonomen Ganglien umgeschaltet

## 2.2.2. Graue Substanz (ZV 4)

### **Vorder-, Seiten-, Hintersäule**

Graue Substanz des Rückenmarks: Im Querschnitt in Form einer Schmetterlingsfigur erkennbar. Sie wird von den Zellkörpern der Rückenmarksneurone sowie dem Neuropil gebildet. Man unterscheidet:

Cornu anterius (ventrale) = Vorderhorn – enthält Neurone für die Motorik

Cornu posterius (dorsale) = Hinterhorn – enthält Neurone für die Sensibilität

Cornu laterale = Seitenhorn – mit Ncl. intermediolateralis, der autonome Neurone enthält (nur in Th1-L2/3, S2-S4)

Commissura grisea: Befindet sich in der Mitte der grauen Substanz; verbindet die Schmetterlingshälften beider Seiten miteinander. In der Medianlinie der Commissur findet man den Canalis centralis, der die inneren Liquorräume des Gehirns fortsetzt, aber größtenteils verodet ist

### **Eigenapparat**

Fasciculi proprii oder Grundbündel: innerste Schicht der weißen Substanz; diese Nervenfasern verbinden Rückenmarkssegmente untereinander, kurze auf- oder absteigende Interneurone

### **Nervenzellen: Wurzelzellen, Binnenzellen, Strangzellen**

#### *Wurzelzellen*

Ihre Fortsätze verlaufen durch die Hinter- bzw. Vorderwurzel, sie liegen also im ZNS und im PNS

### *Binnenzellen*

Verbinden Neurone der grauen Substanz und verlassen das Rückenmark nicht. Es gibt

Schaltzellen: verbinden Neurone der selben Seite und des selben Segments

Kommissurenzellen: verbinden Neurone einer Seite mit Neuronen der Gegenseite

Assoziationszellen: verbinden Neurone der gleichen Seite über mehrere Segmente; ihre Axone bilden die Fasciculi proprii, die der grauen Substanz direkt anliegen

### *Strangzellen*

Verbinden das Rückenmark mit Hirnzentren (z.B. die zweiten Neurone der sensiblen Vorderseitenstrangbahnen) und verlaufen in den Strängen der weißen Substanz

## **Zytoarchitektonische Gliederung**

Die graue Substanz des Rückenmarks wird in zehn Laminae (Zellschichten) nach Rexed unterteilt

Sie entsprechen bestimmten Kernen des Rückenmarks:

Lamina I:	Ncl. dorsomarginalis
Lamina II:	Substantia gelatinosa (Schmerzafferenzen)
Lamina III + IV:	Ncl. proprius
Lamina V + VI:	Ncl. thoracicus
Lamina VII:	Ncl. intermediolateralis (viszeromotorisch), pars principalis/funicularis
Lamina VIII:	Interneurone
Lamina IX:	Motoneurongruppen (somatomotorisch)
Lamina X:	Region um den Canalis centralis (autonom)

## 2.2.3. Weiße Substanz (ZV 4)

### **Vorder-, Seiten-, Hinterstrang**

Weißer Substanz des Rückenmarks: Umgibt von außen die graue Schmetterlingsfigur. Sie besteht aus Axonen, die in Gruppen organisiert sind

Anatomisch gliedert sich die weiße Substanz in:

Funiculus anterior = Vorderstrang  
Funiculus posterior = Hinterstrang  
Funiculus lateralis = Seitenstrang

Im Gehirn ist es genau umgekehrt: Die weiße Substanz, die aus den myelinisierten Bahnen besteht, liegt innen und die graue Substanz mit den Zellkörpern liegt im Cortex (= Rinde des Gehirns)

### **Somatotopische Gliederung**

Innerhalb der Fasertrakte findet sich eine Gliederung nach ihrer Herkunft aus Segmenten. Dadurch wird ein Überkreuzen der Axone verhindert.

#### *Anordnung der Axone innerhalb einer motorischen Bahn*

Die zervikalen Axone liegen der grauen Substanz am nächsten, es folgen die thorakalen, die lumbalen und am weitesten lateral die sakralen Axone (höhere Segmente zweigen früher als tiefere Segmente in das Vorderhorn ab, um dort verschaltet zu werden)

### *Anordnung der Axone innerhalb einer sensiblen Bahn im Vorderseitenstrang*

Wie motorische Bahnen, von medial nach lateral: C, Th, L, S; die Bahnen im Vorderseitenstrang kommen aus der grauen Substanz, ziehen von der grauen Substanz in die weiße Substanz und steigen auf (Axone höherer Segmente werden medial angelagert)

### *Anordnung der Axone innerhalb einer sensiblen Bahn im Hinterstrang*

Die sakralen Axone liegen am weitesten medial; es schließen sich nach lateral die lumbalen, dann die thorakalen und zuletzt die zervikalen an; die Hinterstrangbahnen werden in der grauen Substanz nicht verschaltet, sondern ziehen direkt von der Hinterwurzel in die weiße Substanz; Axone aus höheren Segmenten werden außen angelagert

## 2.2.4. Leitungssysteme (ZV 4)

### **Leitungsapparat: aufsteigende Bahnen, absteigende Bahnen**

Alle anatomischen Kerngruppen und Axontrakte lassen sich funktionell zuordnen. Man unterscheidet motorische und sensible Bahnen.

Aufsteigende Bahnen = sensible Bahnen; erhalten Informationen von peripheren Rezeptoren, steigen im Rückenmark auf, leiten die Information zu verschiedenen Hirnzentren (afferent)

Absteigende Bahnen = motorische Bahnen; leiten Informationen aus dem Gehirn, steigen im Rückenmark ab (efferent)

### **Sensible Bahnen im Hinterstrang**

Die folgenden Bahnen leiten Empfindungen der Haut, der Gelenke und der Muskeln/Sehnen. Wir unterscheiden Rezeptoren für

1. Druck (Merkel'sche Zellen, Ruffini-Körperchen)
2. Vibration (Merkel'sche Zellen, Vater-Paccinische Lamellenkörperchen)
3. Berührung (Meißner'sche Tastkörperchen, Nervenendigungen)
4. Muskeldehnung (Muskelspindeln, Golgi-Sehnenorgan)

### *Fasciculus gracilis*

Rezeptor: Mechanorezeptoren der unteren Extremität und des unteren Rumpfbereiches

Verlauf: pseudounipolare Neurone im Spinalganglion des jeweiligen Segments; periphere Fortsätze reichen zu den Rezeptoren in der Haut, Muskulatur, Sehnen; zentrale Fortsätze gelangen durch die Radix dorsalis nervi spinalis in das Rückenmark und dort direkt in den Fasciculus gracilis (werden im Hinterhorn nicht verschaltet und kreuzen auch nicht die Seite)

Lokalisation: Hinterstrang

Ziel: Ncl. gracilis im Tuberculum gracile; an der Dorsalseite der Medulla oblongata

Weiterleitung: 2. Neuron liegt im Ncl. gracilis, von dort im Lemniscus medialis zum Thalamus; in der Höhe des Pons schließen sich Axone des Ncl. pontinus nervi trigemini für die Sensibilität des Gesichtes an; Gyrus postcentralis

Funktion: Tastempfindungen der Haut (Exteroception)  
Tiefensensibilität (Lagesinn, Proprioception)

### *Fasciculus cuneatus*

- Rezeptor: Mechanorezeptoren der oberen Extremität, des oberen Rumpfbereiches und des Halses
- Verlauf: wie Fasciculus gracilis, ab Rückenmarkseintritt weiter im Fasciculus cuneatus (lateral)
- Lokalisation: Hinterstrang; schließt sich ab dem Thorakalmark lateral an den Fasciculus gracilis an
- Ziel: Ncl. cuneatus im Tuberculum cuneatum; Dorsalseite der Medulla oblongata
- Weiterleitung: 2. Neuron liegt im Ncl. cuneatus, dann weiter wie oben
- Funktion: wie Fasc. grac.

### **Sensible Bahnen im Vorderseitenstrang**

Folgende Bahnen leiten Informationen über Schmerz und Temperatur. Sie gelangen über den Thalamus zum Großhirncortex (Empfindungen werden bewusst)

### *Tractus spinothalamicus anterior et lateralis*

- Rezeptor: freie Nervenendigungen und Rezeptoren in Haut, Gelenken, Muskeln und Eingeweiden
- Verlauf: erste Neurone im Spinalganglion, deren periphere Fortsätze enden frei im Zielgebiet und deren zentrale Fortsätze gelangen durch die Radix posterior ins Rückenmark; dort steigen die Axone noch 1-2 Segmente auf, um dann Hinterhorn-Neurone zu innervieren; deren Axone kreuzen in der Commissura alba zur Gegenseite und ziehen zum Thalamus; es schließen sich Axone aus dem Ncl. spinalis nervi trigemini für die Schmerz- und Thermosensibilität des Gesichtes an
- Lokalisation: Tractus spinothalamicus anterior: Vorderstrang  
Tractus spinothalamicus lateralis: Seitenstrang
- Ziel: Thalamus (Ncl. ventralis posterior)
- Weiterleitung: Das dritte Neuron liegt im Thalamus und projiziert in den Gyrus postcentralis
- Funktion: Tr. spinoth. lateralis: Schmerz- und Temperaturempfindungen  
Tr. spinoth. anterior: grobe Druck- und Tastempfindungen

### *Tractus spinocerebellaris anterior et posterior*

- Rezeptor: Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane, Mechanorezeptoren in der Haut
- Verlauf: pseudounipolare, erste Neurone innervieren Hinterhornneurone, die sich z.T. im Nucl. thoracicus befinden (für den Tr. spinocerebellaris post.)
- Lokalisation: Seitenstrang außen, aufsteigende Axone verlaufen gekreuzt (Tr. spinoc. ant.) und ungekreuzt (hauptsächlich Tr. spinoc. post.)
- Ziel: über Pedunculus cerebellaris inferior (post.) und superior (ant.) ins Kleinhirn
- Funktion: leiten proprioceptive Informationen über die Stellung der Extremitäten im Raum; wichtig für die Koordination und Feinabstimmung von Bewegungen; der Tr. spinocerebellaris ant. leitet auch exteroceptive Impulse

### *Tractus spinotectalis (=Tractus spinomesencephalicus)*

Rezeptor:	freie Nervenendigungen in Haut, Gelenken, Muskeln
Verlauf:	pseudounipolare Neurone kontaktieren Hinterhornneurone, deren Axone kreuzen
Lokalisation:	Grenze zwischen Vorder- und Seitenstrang
Ziel:	Tectum des Mesencephalon
Weiterleitung:	Verbindung zu Augenmuskelzentren (Schmerz führt zu Pupillenverengung)
Funktion:	leitet Schmerz- und Temperaturempfindungen

### *Tractus spinovestibularis*

Im Vorderstrang zum Nucl. vestibularis lateralis in der Rautengrube verlaufender Trakt für die reflektorische Wiederherstellung des Gleichgewichts

### *Tractus spinoreticularis*

Im Seitenstrang zum Weckzentrum der Formatio reticularis projizierende Bahnen, die nach Berührung oder Schmerz zur Aufmerksamkeitssteigerung führen

### *Tractus spinoolivaris*

Im Vorderstrang zum Nucl. olivaris inf. projizierende, indirekte spinocerebelläre Bahn

## **Motorische Bahnen: Pyramidal-motorisches System (= PMS)**

Tractus corticospinalis ant. et post. bilden die größte absteigende Bahn im Rückenmark, projiziert auf  $\alpha$ -Motoneurone im Vorderhorn

Tractus corticonuclearis endet schon an den Hirnnervenkernen

Das PMS ist erst ab dem 3.-4. Lebensjahr vollständig aktiv – davor stehen extrapyramidal-motorische Bewegungen im Vordergrund (EPMS)

Funktion: Bahn der Willkürmotorik, die aber auch unwillkürliche Komponenten des EPMS leitet

Wesentlicher Einfluss auf die distale Extremitätenmuskulatur:  
Unterarm + Hand, Unterschenkel + Fuß  $\Rightarrow$  Feinmotorik

Kontrollfunktion über synaptische Prozesse im Rückenmark: Diese Axone nehmen ihren Ursprung im Parietallappen und unterdrücken sensible Impulse im Rückenmark, sodass nicht alle Erregungen zu Bewusstsein kommen

## **Motorische Bahnen: Extrapyramidal-motorisches System (= EPMS)**

Das EPMS geht im Unterschied zum PMS nicht vom Cortex aus, sondern von subcortikalen Zentren wie z.B. dem Ncl. ruber ( $\rightarrow$  Tractus rubrospinalis), den Ncl. vestibulares ( $\rightarrow$  Tractus vestibulospinalis) oder von der Formatio reticularis ( $\rightarrow$  Tractus reticulospinalis).

Weitere Kerngebiete: Striatum, Pallidum, Substantia nigra, Ncl. subthalamicus; diese Kerne projizieren wesentlich über den ventralen Thalamus zum Cortex und von dort über das PMS zu Hirnstamm und Rückenmark (daher ist der Begriff ‚extrapyramidal‘ irreführend, s. auch Schema zu 2.7.2)

Funktion: Massenbewegungen (reguliert Tonus und Gleichgewicht), wirkt wesentlich auf die Rumpf- und proximale Extremitätenmuskulatur  $\Rightarrow$  Grobmotorik

## Lage der Bahnen im Rückenmarksquerschnitt

### Reflexbögen: Eigen- und Fremdrelexe

Ein Reflex ist eine unwillkürliche Antwort auf einen Reiz, der auf Rückenmarksebene verschaltet wird

#### *Eigenreflex (direkter oder monosynaptischer Reflexbogen)*

Ein Muskel wird durch einen Schlag auf seine Sehne gedehnt, wobei die Muskelspindeln aktiviert werden. Der Impuls gelangt über eine schnelle A $\alpha$ -Affferenz in das Hinterhorn des Rückenmarks und wird direkt oder über Interneurone an die Motoneurone des gedehnten Muskels weitergegeben ( $\Rightarrow$  Muskel kontrahiert sich); Reiz und Antwort erfolgen im selben Organ; praktisch unermüdbar

Muskeldehnungsreflexe: Bizeps-, Trizeps-, Patellar-, Achillessehnen- und Masseterreflex

Funktionsüberprüfung des motorischen (efferenter Schenkel) und des sensiblen Systems (afferenter Schenkel)

#### *Fremdrelex (indirekter oder polysynaptischer Reflexbogen)*

Schmerz- und Berührungsfasern projizieren ins Hinterhorn; ihre Signale werden über Interneurone verschiedenen Motoneurongruppen zugeleitet. Kollateralen steigen in andere Segmente auf oder ab, um dort Motoneurone zu aktivieren oder zu hemmen (z.B. Hemmung antagonistischer Muskelgruppen); Reiz und Antwort erfolgen nicht im selben Organ; leicht ermüdbar; Beispiele:

Bauchdeckenreflex (bei Bestreichen der Bauchdeckenhaut  $\Rightarrow$  Kontraktion der Bauchmuskulatur)

Cremasterreflex (Bestreichen der Oberschenkelinnenseite  $\Rightarrow$  Anheben des Hodens)

Cornealreflex (Berühren der Kornea  $\Rightarrow$  Lidschluss)

Fluchtrelexe („wenn man auf einen Nagel tritt, wird der Fuß automatisch weggezogen“)

Höhere Reflexe: Husten, Schlucken

### Syndrome der spinalen Halbseitenläsion und der spinalen Querschnittsläsion

## 2.3. RHOMBENCEPHALON = RAUTENHIRN [6. VS]

### 2.3.1. Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 5, 6)

Unter Rhombencephalon fasst man Medulla oblongata (Verlängertes Mark), Pons (Brücke) und Cerebellum (Kleinhirn, s. 2.4.) zusammen

Medulla oblongata, Pons, Cerebellum und Mesencephalon werden als Hirnstamm (= Truncus cerebri) bezeichnet

#### **Oberflächenstrukturen der Medulla oblongata und des Pons**

Pyramides = Pyramiden  
Decussatio pyramidum = Pyramidenkreuzung  
Oliva = Olive (Nucl. olivaris inf.)  
Fissura mediana anterior  
Sulcus medianus posterior  
Tuberculum nuclei cuneati  
Tuberculum nuclei gracilis

#### **Boden des IV. Ventrikels**

Nach Entfernen des Kleinhirns blickt man auf den Boden des 4. Ventrikels (Fossa rhomboidea = Rautengrube)

Recessus lateralis  
Apertura lateralis (Foramen Luschkae)  
Apertura mediana (Foramen Magendii)  
Sulcus medianus  
Area postrema  
Eminentia medialis  
Colliculus facialis  
Trigonum nervi hypoglossi  
Trigonum nervi vagi  
Area vestibularis  
Striae medullaris  
Locus coeruleus

#### **Austrittsstellen der Hirnnerven V-XII aus dem Gehirn**

N. trigeminus (V): seitlich am Pons  
N. abducens (VI): zwischen Pons und Pyramide  
N. facialis (VII): im Kleinhirnbrückenwinkel  
N. vestibulocochlearis (VIII): im Kleinhirnbrückenwinkel  
N. glossopharyngeus (IX), N. vagus (X), N. accessorius (XI): dorsal der Olive im Sulcus lateralis dorsalis  
N. hypoglossus (XII): ventral der Olive im Sulcus lateralis ventralis

#### **Topographische Beziehung zum Schädel**

Medulla oblongata und Pons liegen dem Clivus der Schädelbasis auf; Tonsillen des Kleinhirns befinden sich knapp oberhalb des Foramen magnum

#### **Bedeutung des Kleinhirnbrückenwinkels**

Tumoren des VIII. Hirnnerven

## 2.3.2. Innere Gliederung (ZV 7)

### **Neoenkephaler Teil, Tegmentum, Ventrikelabschnitt und Tectum**

Der Hirnstamm weist eine einheitliche Gliederung in vier längsverlaufenden Schichten auf

1. Basis (Pes): entwicklungsgeschichtlich jünger, neoenkephaler Teil mit

- Crura cerebri (Mesencephalon)
- Pars anterior pontis (Pons)
- Pyramiden (Medulla oblongata)

2. Haube (Tegmentum): Hauptmasse des Hirnstamms mit

- auf- und absteigenden Bahnen
- Hirnnervenkernen
- Ncl. ruber, Substantia nigra, Formatio reticularis

3. Zugehörige Abschnitte des Ventrikelsystems mit

- Aquaeductus mesencephali (Mesencephalon)
- IV. Ventrikel (Pons)
- Canalis centralis (Medulla oblongata)

4. Dach (Tectum) mit

- Lamina tecti (Mesencephalon)
- Tegmen ventriculi quarti bestehend aus Velum medullare superius und inferius (Pons)
- Dünne Schicht aus Ependymzellen (Medulla oblongata)

## Hirnnervenkerne

Abkürzungen:

KB = ursprünglich viszeromotorische Innervation der Kiemenbogenmuskulatur

RM = Rückenmark

Enteroception = Viszerosensibilität (Empfindungen aus den inneren Organen)

Exteroceptive Sensibilität = Somatosensibilität (Empfindungen von der Haut)

Proprioceptive Sensibilität = Somatosensibilität (Empfindungen aus dem Bewegungsapparat, d.h. von Muskeln, Sehnen und Gelenken)

	<i>Hirnnervenkern</i>	<i>Funktion</i>	<i>Hirnabschnitt</i>
I.	Nn. olfactorii = Fila olfactoria	Sensorik (Riechempfindungen)	Telencephalon (Paleocortex)
II.	N. opticus	Sensorik (Sehen)	Diencephalon
III.	Ncl. n. oculomotorii Ncl. n. oculomotorius accessorius Ncl. medianus n. oculomotorii (Perlia, unpaar)	Somatomotorik Viszeromotorik (Parasympathikus) Somatomotorik	Mesencephalon Mesencephalon Mesencephalon
IV.	Ncl. n. trochlearis	Somatomotorik	Mesencephalon
V.	Ncl. mesencephalicus n. trigemini Ncl. pontinus n. trigemini Ncl. spinalis n. trigemini Ncl. motorius n. trigemini	Proprioceptive Sensibilität Exteroceptive Sensibilität (Berührung) Exteroceptive Sensibilität (Schmerz) KB Somatomotorik	Mesencephalon Pons Pons, Med. obl., RM Pons
VI.	Ncl. n. abducentis	Somatomotorik	Pons
VII.	Ncl. n. facialis (= Ncl. motorius) Ncl. salivatorius superior Ncl. solitarius	KB Somatomotorik Viszeromotorik (Parasympathikus) Sensorik (Geschmack)	Pons Pons Pons + Med. obl.
VIII.	Ncll. vestibulares Ncll. cochleares	Sensorik (Gleichgewicht) Sensorik (Gehör)	Pons + Med. obl. Pons + Med. obl.
IX.	Ncl. ambiguus Ncl. salivatorius inferior Ncl. spinalis n. trigemini Ncl. solitarius	KB Somatomotorik Viszeromotorik (Parasympathikus) Exteroceptive Sensibilität Sensorik (Geschmack)	Med. obl. Med. obl. Pons, Med. obl., RM Pons + Med. obl.
X.	Ncl. ambiguus Ncl. dorsalis nervi vagi Ncl. spinalis n. trigemini Ncl. solitarius	KB Somatomotorik KB Viszeromotorik (Parasympathikus) Exteroceptive Sensibilität Sensorik (Geschmack) + Enteroception	Med. obl. Med. obl. Pons, Med. obl., RM Pons + Med. obl.
XI.	Ncl. ambiguus Ncl. spinalis n. accessorii	KB Somatomotorik KB Somatomotorik	Med. obl. Med. obl. + RM
XII.	Ncl. n. hypoglossi	Somatomotorik	Med. obl.

## **Eigenapparat: Formatio reticularis, Kerne, vegetative Zentren**

rete (lat.) = Netz; reticularis = netzartig

Lage: die FR ist eine Ansammlung von locker gruppierten Nervenzellen, die sich durch das Tegmentum des Hirnstamms und durch das Rückenmark zieht. Dazu gehören: ARAS, Brechzentrum, Atemzentrum, pontines Miktionszentrum, Augenbewegungszentrum und andere motorische Zentren

Einteilung der Neurone in Kerngruppen nach neurochemischen Kriterien:

A1-A7 noradrenerg, A8-A16 dopaminerg, B1-B9 serotonerg, C1-C3 adrenerg

Funktion: Verschaltung der Hirnnervenkerne, Beteiligung am Schlaf-Wach-Rhythmus, Einfluss auf das EPMS durch die Verbindungen zum Rückenmark

*ARAS = aufsteigendes retikuläres aktivierendes System*

Afferenzen: sensibel/sensorische Reize aus dem Hinterhorn des Rückenmarks und den Hirnnervenkernen sowie aus dem Cortex (ausgehend von den Wahrnehmungen der Sinnesorgane)

Wenn die Formatio reticularis von diesen Zentren erregt wird, aktiviert sie über efferente Axone die unspezifischen Thalamuskern und den gesamten Cortex, was den Organismus in einen hellwachen Zustand versetzt

Funktion: Weckzentrum, Aufmerksamkeitserhöhung

*Brechzentrum*

Lage: am kaudalen Ende der Rautengrube

Funktion: Gemeinsam mit dem Ncl. solitarius aktiviert und koordiniert das Brechzentrum einen Reflexbogen, der das Erbrechen auslöst

*Atemzentrum*

Afferenzen: aus dem Glomus caroticum über den IX. Hirnnerv, aus dem Glomus aorticum über den X. Hirnnerv; beide übermitteln Informationen über den CO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Gehalt des Blutes  
über den X. Hirnnerv werden außerdem noch Informationen über Dehnungsreize in der Lunge vermittelt

Efferenzen: Axone zum Vorderhorn des Halsmarks (N. phrenicus → Zwerchfell) sowie zum Vorderhorn des Brustmarks (Interkostalmuskulatur)

Funktion: reguliert Atemfrequenz, kann sie beschleunigen oder herabsetzen

Im Atemzentrum befinden sich sog. ‚inspiratorische‘ und ‚expiratorische‘ Neurone, die im rhythmischen Wechsel der Atmung aktiv sind; hoher CO<sub>2</sub>- oder niedriger O<sub>2</sub>- Gehalt im Blut, körperliche Anstrengung oder psychische Erregung aktivieren das Atemzentrum

*Kreislaufzentrum*

Afferenzen: aus Barorezeptoren über den Nucleus solitarius, Hypothalamus, limbisches System

Efferenzen: Nucl. dorsalis n. vagi (parasympathisch), über retikulospinale Bahnen zum präganglionären Sympathikus

Neurone für die Blutdruckregulation liegen im ventrolateralen Anteil des Nucleus ambiguus und in der rostro-ventrolateralen Medulla oblongata (‚medulläres Depressor-Areal‘, A1-Zellgruppe); der Sympathikus wird auch aus dem unteren Anteil des Nucleus reticularis pontis (A5), den kaudalen Raphe-Kernen (B1-B3) und der adrenergen C1-Region angesteuert (‚medulläres Pressor-Areal‘)

Der plötzliche Ausfall dieser exzitatorischen, deszendierenden Bahnen führt z.B. zum Blutdruckabfall nach einer Rückenmarksverletzung

### *Motorisches Zentrum der FR*

Afferenzen: Prämotorischer Cortex, Kleinhirn, Limbisches System

Funktion: Die Axone verlaufen im Tractus reticulospinalis (EPMS) ins Rückenmark und beeinflussen den Muskeltonus der Extremitäten und des Rumpfes

### *Pontines Miktionszentrum*

Funktion: spielt bei der Regulierung der Harnblasenentleerung eine Rolle; es finden sich Neurongruppen, die während der Füllungs- bzw. Entleerungsphase der Blase aktiv sind

### *Augenbewegungszentrum*

Funktion: um die Augenmuskeln bzw. die daraus folgenden Bewegungen beider Bulbi zu koordinieren, ist eine komplexe Verschaltung der Augenmuskelkerne untereinander und mit anderen Zentren des Gehirns notwendig

Internukleäre Verbindungen verschalten die Augenmuskelkerne untereinander (Fasc. long. med.)

Präoculomotorische Kerne sind den Augenmuskelkernen vorgeschaltet (wichtig bei der Koordination von horizontalen und vertikalen Blickbewegungen)

## **Olive**

Lage: neben den Pyramiden, enthält den Ncl. olivaris inferior

Afferenzen: Ncl. ruber, Tractus spinoolivaris, Kollateralen der Pyramidenbahn

Efferenzen: Tractus olivocerebellaris

Funktion: Bewegungskoordination, Feedbackschleife: Kleinhirn → Ncl. ruber → Olive → Kleinhirn (*prozedurales = motorisches Gedächtnis*)

## **Ncl. pontis**

Lage: ventral im Pons

Afferenzen: Tractus corticopontinus aus dem Großhirn

Efferenzen: Kontralaterale Kleinhirnhemisphäre

Funktion: Bewegungsmuster aus dem Cortex werden über die Ncl. pontes den kontralateralen Kleinhirnhemisphären (Neocerebellum) zugeleitet

## **Aufsteigende Bahnen im Rhombencephalon**

### *Tractus spinothalamicus*

Rückenmark → Thalamus, leitet Informationen über Sensibilität

*Lemniscus medialis* = mediale Schleifenbahn

Bestehend aus

Tractus bulbothalamicus: Axone aus den Ncl. gracilis et cuneatus

Tractus spinothalamicus: schließen sich erst im Mittelhirn an

Lemniscus trigeminalis (= Fasciculus tegmentalis ventralis): Trigeminikerne

Sekundäre Geschmacksaxone

Tractus spinotectalis

} zum Thalamus

(alle Bahnen kreuzen die Seite)

*Lemniscus lateralis* = laterale Schleifenbahn

Ncl. cochleares → Colliculi inferiores des Tectums  
stellt einen Teil der Hörbahn dar; die Axone verlaufen gekreuzt und ungekreuzt

### **Absteigende Bahnen im Rhombencephalon**

*Tractus tegmentalis centralis* = zentrale Haubenbahn

Ncl. ruber → Olive

*Tractus corticospinalis* = Pyramidenbahn

Gyrus praecentralis → Motorneurone des Vorderhorns

*Fasciculus longitudinalis posterior*

Hypothalamus ↔ Rückenmark

Über diese Bahn wird der Hypothalamus mit dem autonomen Nervensystem des Rückenmarks verbunden

*Fasciculus longitudinalis medialis*

bildet keine einheitliche Bahn, sondern eine Ansammlung von Fasertrakten im Hirnstamm; er verbindet Augenmuskelkerne untereinander und diese auch mit den Vestibulariskernen und dem Vorderhorn des cervicalen Rückenmarks

## 2.3.3. Klinische Anatomie

### **Korneal- oder Lidschlussreflex**

Lidschluß bei Berührung der Cornea des Auges

Fremdkörper → V. Hirnnerv → Colliculus superior, Nucl. ruber → Formatio reticularis → Facialiskerne beider Seiten (konsensueller Reflex) → VII. Hirnnerv → Lidschluß durch M. orbicularis oculi

### **Schluckreflex**

Bissen berührt Rachenschleimhaut → Ncl. solitarius und Formatio reticularis → Ncl. motorius n. trigemini, Ncl. n. hypoglossi, Ncl. ambiguus und Ncl. dorsalis n. vagi (V., IX., X., XII. Hirnnerv) → motorisches Programm des Schluckreflexes

### **Würge- oder Brechreflex**

*Auslöser:*

Hirndruck im IV. Ventrikel

Körperschädigende Substanzen im Blut oder im Liquor (werden in der Area postrema registriert = zirkumventrikuläres, gut durchblutetes Organ in der Rautengrube)

Viszerosensible Afferenzen aus dem Magen-Darm-Trakt

Afferenzen aus den Vestibulariskernen

Geruchs- und Geschmacksstoffe

Optische Reize

Aktivierung des Brechzentrums der Formatio reticularis → IX., X. Hirnnerv und Spinalnerven → Kontraktion der Magen- und Bauchmuskulatur, des Zwerchfells sowie Erschlaffung des oberen und unteren Ösophagussphinkters

## 2.4. CEREBELLUM = KLEINHIRN [7. VS]

### 2.4.1. Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 8)

#### **Kleinhirnhemisphären und Kleinhirnwurm (Vermis cerebelli)**

Folia (= Blätter): Windungen (beim Großhirn Gyri genannt)  
Fissura (= Furche, beim Großhirn Sulcus genannt)  
Arbor vitae (= Lebensbaum): Median-Sagittalschnitt durch den Wurm  
Lobus anterior und Lobus posterior  
Lobus flocculonodularis  
Fissura prima  
Fissura horizontalis  
Tonsillae cerebelli  
Velum medullare superius und inferius

#### **Kleinhirnstiele**

Die Pedunculi cerebellares stellen die Verbindung zwischen Kleinhirn und Hirnstamm her. In ihnen verlaufen alle afferenten und efferenten Bahnen

Pedunculus cerebellaris superior (= cranialis) = Brachium conjunctivum  
Pedunculus cerebellaris medius = Brachium pontis  
Pedunculus cerebellaris inferior (= caudalis) = Corpus restiforme

#### **Topographische Beziehung zum Schädel**

Das Kleinhirn liegt in der Fossa cranii posterior (hintere Schädelgrube), unter dem Tentorium cerebelli (Kleinhirnzelt)

### 2.4.2. Innere Gliederung

Funktion des Kleinhirns: Koordination und Feinabstimmung von Bewegungsabläufen

Alle Bewegungsvorschläge, die im Großhirn entstehen, werden zum Kleinhirn geschickt, um dort koordiniert und anschließend wieder zurückgeschickt bzw. über EPMS-Kerne direkt ins Rückenmark geleitet zu werden

#### **Kleinhirnrinde**

*Vestibulocerebellum = Archicerebellum (= Lobus flocculonodularis)*

Der Großteil der hier endenden Afferenzen kommt von den Vestibulariskernen bzw. vom Vestibularorgan (die Efferenzen enden ebenso dort)

Information über Körperlage und Körperbewegung

Einfluss auf die Erhaltung des Gleichgewichts

*Spinocerebellum = Paleocerebellum (= Vermis und paravermale Zone)*

Der Großteil der Afferenzen kommt aus dem Rückenmark

Informationen über Stellung der Extremitäten und Muskeltonus

*Pontocerebellum = Neocerebellum (= Hemisphären)*

Der Großteil der Afferenzen kommt von pontinen Kernen, die wiederum Informationen vom Großhirncortex erhalten („Corticocerebellum“)

Afferenzen:

Pons, Vestibulariskerne, Rückenmark

Olive (Feedbackschleife: Kleinhirn → Ncl. ruber → Olive → Kleinhirn)

Formatio reticularis (Kleinhirn → okulomotorische Zentren der Formatio reticularis → Koordination der Augenbewegungen)

Efferenzen:

Thalamus (Ncll. ventrales anterior et lateralis)

Formatio reticularis (→ weiter über EPMS als Tractus reticulospinalis)

Ncl. ruber (→ Tractus rubrospinalis)

Ncll. vestibulares (→ Tractus vestibulospinalis)

### **Kleinhirnmak**

Das Kleinhirnmak besteht aus Nervenfasern, dazwischen liegen die 4 Kleinhirnkern

1. Ncl. dentatus (Zahnkern): im Marklager der Hemisphären  
Projektionen vor allem aus der Rinde der Hemisphären

2. Ncl. fastigii (Dachkern): nahe der Mittellinie, im Marklager des Wurms  
Projektionen vor allem aus der Rinde des Lobus flocculonodularis

3. Ncl. globosus (Kugelkern) und 4. Ncl. emboliformis (Pfropfkern): zwischen Ncl. dentatus und Ncl. fastigii  
Projektionen vor allem aus der Rinde des Wurms und der paravermalen Zone

### **Mikroskopische Anatomie der Kleinhirnrinde**

Stratum moleculare: außen liegend, zellarm, Dendritenbäume der Purkinjezellen, spezialisierte Neurone (Sternzellen und Korbzellen)

Stratum ganglionare (= purkinjense): Purkinje-Zellen; birnenförmige Neurone, die charakteristisch für das Kleinhirn sind; sie sind die einzigen efferenten Zellen von der Kleinhirnrinde zu den Kernen (hemmend)

Stratum granulare: dichte Körnerzellschicht, Golgi-Zellen

Kletterfasern = Axone von den Neuronen der Oliva inf.; geben Axonkollaterale zu den Kleinhirnkernen ab, die diese ständig erregen; projizieren zu den Purkinje-Zellen in der Rinde und zweigen sich mit deren Dendritenbäumen auf; die Purkinje-Zellen wirken auf die Kleinhirnkern hemmend (GABA)

Moosfasern = Axone von Neuronen in Rückenmark, Pons und Medulla oblongata, geben Axonkollaterale zu den Kleinhirnkernen ab (⇒ ständige Erregung); ihre Axone innervieren Körner- und Golgi-Zellen

### **Kleinhirnbahnen**

Afferente Bahnen, Zuordnung zu den Kleinhirnabschnitten; Efferente Bahnen; Beziehungen zu motorischen Systemen und ihren Zentren: siehe folgendes Schema

## **2.4.3. Klinische Anatomie**

Ataxie (a-taxis, gr., Unordnung)

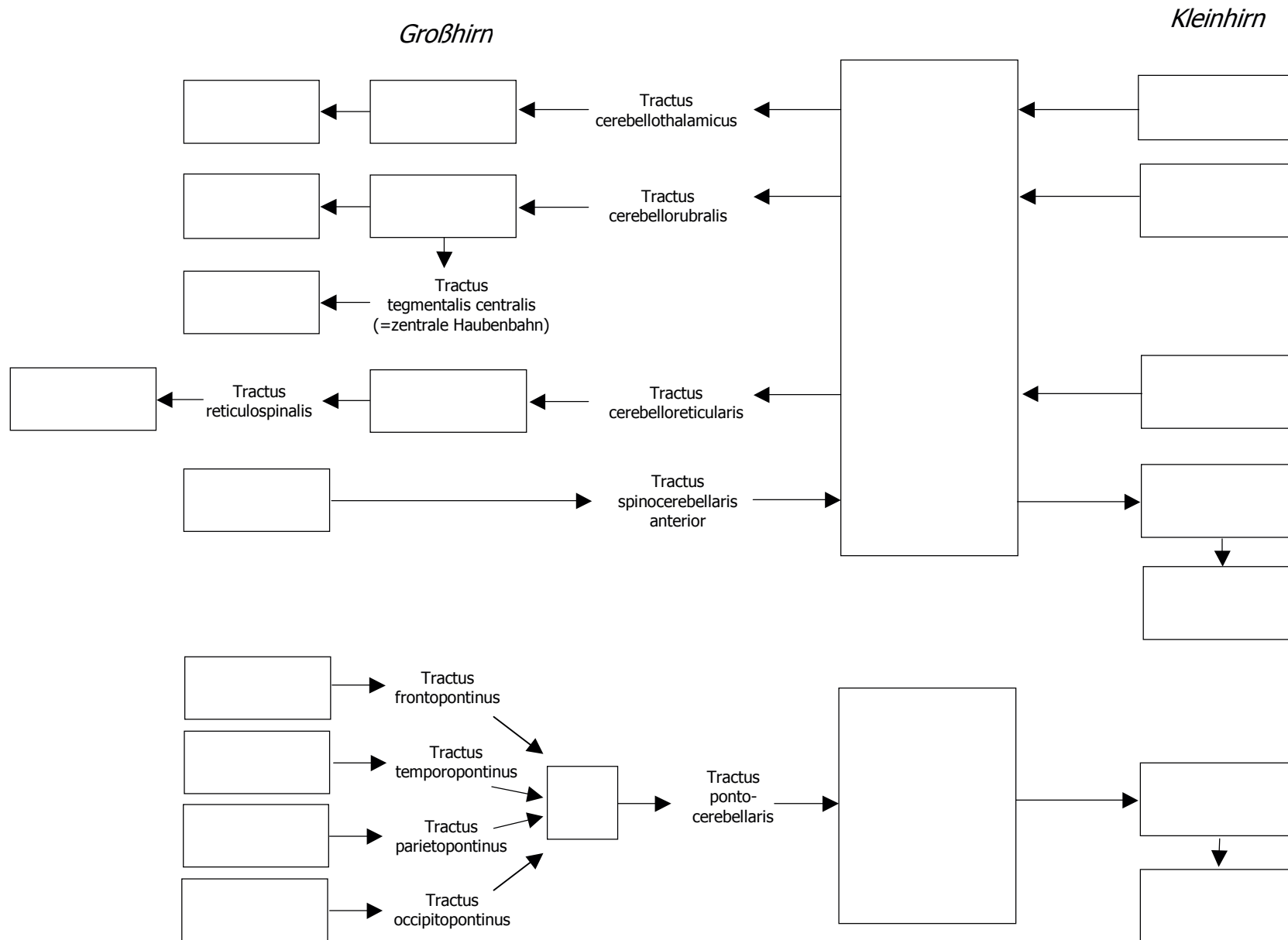
Asynergie

Intentionstremor

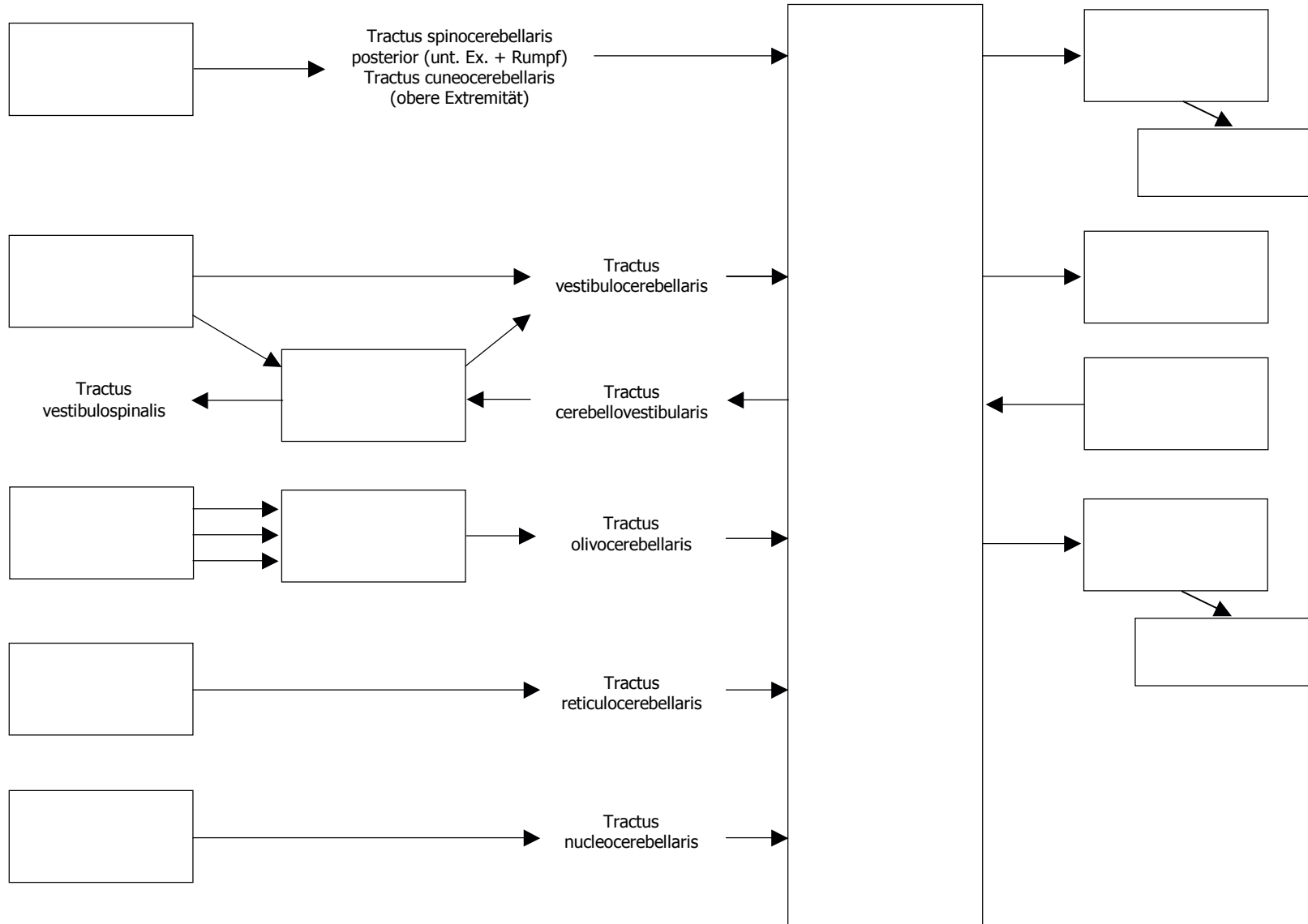
Nystagmus

Dysdiachokinese

# Verbindungen des Kleinhirns über die Pedunculi cerebellares superior und medius



### Verbindungen des Pedunculus cerebellaris inferior



## 2.5. MESENCEPHALON [8. VS]

### 2.5.1. Gestalt, Gliederung, Lage (ZV 5, 6)

#### **Wichtige Strukturen**

Crura cerebri = Hirnschenkel = Pars anterior pedunculi cerebri  
Tegmentum mesencephali = Mittelhirnhaube  
Tectum mesencephali = Lamina quadrigemina = Vierhügelplatte

Colliculi superiores et inferiores  
Brachium colliculi superioris et inferioris (Verbindung zum Thalamus)  
Area praetectalis  
Fossa interpeduncularis = Fossa intercruialis  
Substantia perforata posterior  
Aquaeductus mesencephali  
Substantia grisea centralis (zentrales Höhlengrau), umgibt Aquaeductus cerebri

#### **Austrittsstellen der Hirnnerven III und IV aus dem Gehirn**

N. oculomotorius (III): Fossa interpeduncularis  
N. trochlearis (IV): unter den Colliculi inferiores; der einzige dorsal austretende Hirnnerv

#### **Topographische Beziehungen zum Schädel**

Das Mesencephalon liegt dem obersten Anteil des Clivus auf, im Hiatus tentorius, ist umgeben von der Cisterna ambiens

### 2.5.2. Innere Gliederung

#### **Tectum, Kerne der Vierhügelplatte und ihre Verbindungen**

Vierhügelplatte = Lamina tecti = Lamina quadrigemina

Gliederung in zwei obere und zwei untere Hügel

#### *Colliculi superiores*

Afferenzen:

von der Retina über Tractus opticus zum Brachium colliculi superioris (= oberer Bindearm)  
Großhirncortex - Tractus corticotectalis (vom frontalen Augenfeld, von der Sehrinde und auch von der Hörrinde)  
Rückenmark - Tractus spinotectalis (Pupillenverengung bei Schmerzen)  
Colliculi inferiores

Efferenzen:

Hirnnervenkerne (von III + IV)  
Formatio reticularis (oculomotorische Steuerzentren)  
Rückenmark

Funktion: Reflexzentrum, das eine wichtige Rolle beim Zustandekommen von ‚Sakkaden‘ spielt (ruckartige Bewegungen des Auges beim Abtasten des Blickfeldes)

Im Zusammenspiel mit der Hörrinde und dem Rückenmark bewirken die Colliculi superiores eine Wendung von Kopf und Augen in Richtung eines Geräusches

Über die Verbindung zu den motorischen Facialiskernen erfolgt der Lidschlußreflex bei näherkommenden visuellen Reizen

### *Colliculi inferiores*

Afferent kommen die Axone über den Lemniscus lateralis, werden synaptisch verschaltet und ziehen dann zum Corpus geniculatum mediale des Thalamus weiter

Funktion: Schaltzentrum der Hörbahn

### **Area praetectalis**

Lage: rostral der oberen zwei Hügel; wird aufgrund ihrer Lage gelegentlich zum Zwischenhirn gezählt

Afferenzen:

Retina (→ N. opticus → Tractus opticus → Brachium colliculi superioris → Ncl. praetectales)

Efferenzen:

Ncl. accessorius nervi oculomotorii (Ncl. Edinger-Westphal) auf der ipsi- und kontralateralen Seite; Kontraktion des M. sphincter pupillae (Pupillenverengung). Beachte: Beleuchtung der Retina eines Auges führt zur Pupillenverengung beider Augen (Pupillen- oder Lichtreflex)

Funktion: Optisches Reflexzentrum

### **Tegmentum, Hirnnervenkerne**

Das Tegmentum bildet die Mittelhirnschicht, die zwischen dem Tectum und den Crura cerebri liegt; im Tegmentum liegen die Kerne des III., IV. und V. Hirnnerven (Ncl. mesencephalicus), der Ncl. ruber, die Substantia nigra und ein Teil der Formatio reticularis

### **Nucleus ruber und wichtige Verbindungen**

ruber, rubra (lat.) = rot (eisenhaltiger Kern)

Lage: in der Mitte des Tegmentums

Afferenzen:

Fibrae cerebellorubrales (aus der kontralateralen Kleinhirnhemisphäre)  
Fibrae corticorubrales (hauptsächlich aus dem ipsilateralen Großhirncortex)

Efferenzen:

Tractus rubrospinalis: kreuzt die Seite und zieht ins Rückenmark; dort Endigung vor allem an den Motoneuren der Flexoren für die distale Extremitätenmuskulatur

Tractus rubroreticularis: zur Formatio reticularis, dann weiter ins Rückenmark

Tractus rubroolivaris: im Tractus tegmentalis centralis zur Olive und dann wieder zurück ins Kleinhirn

Funktion: Kern des extrapyramidal-motorischen Systems (EPMS)

### **Substantia nigra und wichtige Verbindungen**

niger, nigra (lat.) = schwarz, dunkel (durch Melanineinlagerungen in den Perikarya)

Lage: An der Grenze zwischen Crura cerebri und Tegmentum

Afferenzen:

Fibrae strionigrales vom Striatum  
Fibrae corticonigrales vom prämotorischen und motorischen Cortex

Efferenzen:

Fibrae nigrostriatales zum Striatum

Funktion: die Substantia nigra beeinflusst mit ihrem Transmitter Dopamin vor allem hemmend das Striatum (das ansonsten inhibitorisch auf Bewegungsimpulse wirkt); dadurch besitzt die Substantia nigra eine bewegungsfördernde Komponente

### **Tegmentum mit durchziehenden Bahnen**

Lemniscus medialis  
Tractus spinothalamicus  
Tractus tegmentalis centralis  
Tractus rubrospinalis  
Fasciculus longitudinalis medialis  
Fasciculus longitudinalis posterior

### **Crura cerebri (= Pars ventralis pedunculi cerebri) mit Bahnen**

In den Crura cerebri verlaufen die absteigenden Bahnen; von medial nach lateral:

Fibrae corticopontinae (Fibrae frontopontinae): zu den pontinen Kernen, welche ins Kleinhirn projizieren  
Fibrae corticonucleares: zu den Hirnnervenkernen  
Fibrae corticospinales: in das Rückenmark (PMS)  
Fibrae corticopontinae (Fibrae temporo-pontinae): zu den pontinen Kernen, welche ins Kleinhirn projizieren

## 2.5.3. Klinische Anatomie

### **Optische Reflexe**

#### *Licht- oder Pupillenreflex*

Pupillen verengen sich beidseitig bei starkem Lichteinfall, erweitern sich bei schwachem Lichteinfall

Retina → N. opticus → Tractus opticus → Radix medialis → Area praetectalis → Ncl. accessorius n. oculomotorii beider Seiten → N. oculomotorius → M. sphincter pupillae → Pupillenverengung (s.o.)

#### *Akkommodation*

Nahakkommodation: beim Sehen in die Nähe; M. ciliaris wird kontrahiert, Zonulafasern entspannen sich, Linse krümmt sich  
Fernakkommodation: beim Sehen in die Ferne; M. ciliaris ist entspannt; Zonulafasern werden dadurch gespannt, Linse wird abgeflacht

#### *Konvergenz*

wird ein in der Nähe liegender Gegenstand wird von beiden Augen fixiert (z.B. beim Lesen), drehen sich die Bulbi leicht nach medial: Kontraktion beider Mm. recti mediales, Koordination durch den Ncl. medianus n. oculomotorii (Kern von Perlia, unpaar)

### **Optische Schutzreflexe**

Korneal- oder Lidschlußreflex: siehe Rhombencephalon

Tränenreflex: Fremdkörper im Auge → V. Hirnnerv → Trigemuskerngebiet → Formatio reticularis → Ncl. salivatorius superior → VII. Hirnnerv → N. petrosus major → Ggl. pterygopalatinum → Tränendrüse

## 2.6. DIENCEPHALON = ZWISCHENHIRN [9. VS]

### 2.6.1. Gestalt, innere und äußere Oberfläche (ZV 6, 9)

Chiasma opticum  
 Tractus opticus  
 Pulvinar  
 III. Ventrikel  
 Recessus opticus  
 Recessus infundibularis  
 Lamina terminalis  
 Adhaesio interthalamica  
 Fornix (Crura fornicis, Commissura fornicis, Corpus fornicis, Columnae fornicis)  
 Subfornikalorgan (zirkumventrikuläres Organ)  
 Anheftungsstellen des Plexus choroideus  
 Foramen interventriculare (= Foramen Monroi)  
 Commissurae anterior, epithalamica, habenularum

### 2.6.2. Gliederung

<i>Thalamus (= Thalamus dorsalis)</i>	<i>Subthalamus (=Thalamus ventralis)</i>
Ant., med. und lat. Kerngruppe	Ncl. subthalamicus
Corpus geniculatum med. et lat. (= Meta- thalamus)	Globus pallidus (=Pallidum)
Pulvinar	Zona incerta
unspezifische Kerne	
<i>Hypothalamus</i>	<i>Epithalamus</i>
Ant., med. und post. Kerngruppe	Habenulae mit Ncl. habenulares
Corpora mamillaria	Epiphyse (= Zirbeldrüse = Glandula pinealis)
Tuber cinereum	Commissura habenularum
Infundibulum	Commissura posterior (= epithalamica)
Hypophyse	Stria medullaris
Eminentia mediana	

### 2.6.3. Thalamus = Thalamus dorsalis (ZV 9, 10)

Lage: seine laterale Fläche grenzt an die Capsula interna, seine mediale Fläche bildet die Seitenwand des III. Ventrikels

Funktion: ‚Sekretär‘ des Großhirns; bis auf die olfaktorischen Impulse müssen alle Signale auf dem Weg zum Großhirncortex durch ihn hindurch; alle sensiblen Bahnen, wie auch die Hörbahn und die Sehbahn, werden im Thalamus umgeschaltet

Auch die motorischen Impulse, die im Cortex entworfen, im Kleinhirn modifiziert und in den Basalganglien gehemmt oder gebahnt werden, laufen im Thalamus wieder zusammen

Der Thalamus ist symmetrisch angelegt und jeweils für die kontralaterale Körperhälfte zuständig

Der Thalamus ist afferent und efferent über die Capsula interna mit dem Großhirncortex verbunden; die Gesamtheit dieser Bahnen heißt *Radiatio thalami*:

vorderer Thalamusstiel = Pedunculus thalami anterior zum Frontallappen

oberer Thalamusstiel = Pedunculus thalami superior zum Parietallappen

unterer Thalamusstiel = Pedunculus thalami inferior zum Temporalappen

hinterer Thalamusstiel = Pedunculus thalami posterior zum Occipitalappen

Man unterscheidet im Thalamus dorsalis funktionell zwei Arten von Kernen:

*Spezifische Thalamuskern* (= Palliothalamus)

spezifisch, da sie mit definierten Rindenarealen in Verbindung stehen; pallium (lat.) = Mantel (Cortex als Großhirnmantel)

*Unspezifische Thalamuskern* (= Truncothalamus)

diese Kerne haben keine bzw. indirekte Faserverbindungen mit dem Cortex, dafür aber intensive Verbindungen mit dem Hirnstamm (=Truncus cerebri), vor allem mit der Formatio reticularis

### Spezifischer Thalamus (= Palliothalamus)

Unterteilung in mehrere Kerngebiete:

<i>Kerngruppe</i>	<i>Efferenzen</i>	<i>Afferenzen</i>	<i>Funktion</i>
Ncll. anteriores	Gyrus cinguli	Tractus mamillothalamicus	Verbindung mit limbischem System vegetative Reaktionen Neuronenkreis von PAPEZ
Ncl. ventralis anterior	prämotorische Rinde	Pallidum internum Substantia nigra	Motorik
Ncl. ventralis lateralis	Gyrus praecentralis	Pallidum internum Ncl. dentatus cerebelli	Motorik
Ncl. ventralis posterior medialis et lateralis	Gyrus postcentralis	Trigeminuskern (über Lemniscus trigeminalis); Rückenmark (über Lemniscus medialis)	Sensibilität, Sensorik
Ncll. mediales	präfrontaler Cortex	andere Thalamuskern; Globus pallidus, Hypothalamus, Corpus amygdaloideum	Verarbeitung psychischer Vorgänge, affektive Grundstimmung
Ncll. laterales	Lobus parietalis	andere Thalamuskern Gyrus cinguli	Integration
Pulvinar	Lobus parietalis Lobus temporalis	andere Thalamuskern	Sprachverarbeitung (u.a.)
Corpus geniculatum laterale	über die Sehstrahlung zur Sehrinde	Tractus opticus von den ipsilateralen Netzhauthälften beider Retinae (d.h. von den kontralateralen Gesichtsfeldhälften)	Sehbahn
Corpus geniculatum mediale	Hörrende im Temporallappen	über Brachium colliculi inf. vom gleichseitigen Colliculus inferior	Hörbahn

### Unspezifischer Thalamus (= Truncothalamus)

Der Truncothalamus besteht aus den Nuclei mediani und Nuclei intralaminares, wobei die letztgenannten die wichtigeren sind; diese Kerne haben unspezifische Verbindungen zum Cortex

Afferenzen:

Formatio reticularis (ARAS, s.o.), Basalganglien, Cerebellum

Efferenzen:

verschiedene Areale der Großhirnrinde sowie zu den anderen Thalamuskernen und über diese auch zum Cortex

Der größte der intralaminären Kerne ist der Ncl. centromedianus; er erhält vor allem Afferenzen aus der Formatio reticularis; eine Aktivierung des ARAS, z.B. durch Sinnesreize oder noradrenerge Projektionen, wird in den Thalamus (Ncl. centromedianus) und über diesen zu den spez. Thalamuskernen weitergeleitet; diese projizieren in Areale des *gesamten* Cortex (Wachzustand)

## Perithalamische Gebiete - Ncl. reticularis thalami

Liegen seitlich vom Thalamus, projizieren nicht zur Großhirnrinde, üben eine hemmende Wirkung vor allem auf die intralaminären Kerne aus

## 2.6.4. Hypothalamus (ZV 9, 11)

Lage: bildet den Boden des III. Ventrikels und einen Teil seiner Seiten- und Vorderwand

Funktion: Der Hypothalamus ist das oberste Integrationsorgan vegetativer Funktionen, d.h. er beeinflusst das vegetative Nervensystem (= Sympathikus und Parasympathikus) und über Hormone alle endokrinen Organe

**Der Hypothalamus ist also für die Aufrechterhaltung und Koordination wichtiger lebens- und arterhaltender Parameter verantwortlich, wie z.B. Atmung, Kreislauf, Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme, Körpertemperatur und Reproduktionsverhalten**

Kerne des Hypothalamus: Der Hypothalamus besteht aus mehreren Kernen, die nach ihrer Lage, teilweise auch nach ihren Verbindungen, in Gruppen eingeteilt werden

### Vordere Kerngruppe

<i>Kerngruppe</i>	<i>Funktion</i>	
Nucleus supraopticus	Produktion des Hormons Vasopressin; zu geringen Teilen auch Oxytocin; über die Axone der Nervenzellen wird das Hormon in die Neurohypophyse transportiert	Vasopressin (= ADH) ist für die Rückresorption von Wasser aus dem Nierentubulussystem zuständig (es macht die Epithelien im distalen Tubulus und im Sammelrohr für Wasser durchlässig)
Nucleus paraventricularis	Produktion des Hormons Oxytocin; zu geringen Teilen auch Vasopressin; über die Axone der Nervenzellen wird das Hormon in die Neurohypophyse transportiert	Oxytocin ist an der Kontraktion des Uterus bei der Geburt beteiligt („Wehenhormon“), in der Brustdrüse bewirkt Oxytocin die Ausschüttung von Muttermilch
Nucleus suprachiasmaticus	Entscheidende Rolle beim zircadianen Rhythmus (wachen/schlafen, zircadian rhythmisch gesteuerte Hormonproduktion, Körpertemperatur und Blutdruck)	Informationen über den Hell-Dunkel-Wechsel erhält der Ncl. suprachiasmaticus von der Retina über retino-hypothalamische Axone
Nuclei preoptici	Regulation der Körpertemperatur, des Sexualverhaltens und gonadotroper Hormone	
Ncl. anterior hypothalami	Affektive Abwehrreaktionen; Körpertemperatur, Atmung, Sexualverhalten	

Die Ncll. supraopticus und paraventricularis gehören zu den großzelligen (magnozellulären) Kerngebieten des Hypothalamus; alle anderen Kerne besitzen kleine bis mittelgroße Zellkörper und werden zu den kleinzelligen (parvozellulären) Kerngebieten gezählt

### Mittlere Kerngruppe

*Ncl. arcuatus = Ncl. infundibularis*

*Ncll. tuberales* im Tuber cinereum

*Ncl. ventromedialis, Ncl. dorsomedialis*

Funktion: Produktion von Steuerhormonen (= Freisetzungsfaktoren bzw. Freisetzungshemmende Faktoren), die in der Eminentia mediana (= Infundibulum) in den hypophysären Pfortaderkreislauf eintreten und auf diesem Weg zur Adenohypophyse transportiert werden; in der Adenohypophyse werden daraufhin die entsprechenden Hormone für den Körperkreislauf produziert; Sexualfunktionen

## Hintere Kerngruppe

*Ncl. corporis mamillaris*

Afferenzen:

Limbisches System; speziell Hippocampus (über Fornix)

Pedunculus corporis mamillaris aus den Haubenkernen des Mittelhirns mit Geschmacksfasern und Vestibularisfasern

Efferenzen:

Hippocampus (über Fornix)

Hirnstamm und Rückenmark (über Fasciculus longitudinalis posterior)

Thalamus, anteriore Kerngruppe (Corpus mamillare → Fasciculus mamillothalamicus → Thalamus → Gyrus cinguli →

Hippocampus → Fornix → Corpus mamillare = Papez' Neuronenkreis)

Fasciculus mamillotegmentalis (zu den Haubenkernen des Mittelhirn)

Funktion: Selbsterhaltung und Reproduktion

*Ncl. posterior hypothalami*

Diese Einteilung der Hypothalamuskern ist gut nachvollziehbar, da die vordere Kerngruppe hauptsächlich mit der Neurohypophyse in Verbindung steht, die mittlere Kerngruppe mit der Adenohypophyse und die hintere mit anderen Zentren; der Nucleus paraventricularis wird gelegentlich zu der mittleren Kerngruppe gerechnet

## Faserverbindungen des Hypothalamus

Afferenzen:

Limbisches System, Inselrinde, Retina, sensible Hirnnervenkerne und Hinterhorn des Rückenmarks, Kerngruppen der Formatio reticularis

Efferenzen:

Limbisches System, Großhirnrindengebiete, Thalamus, Hirnstamm

## Fasertrakte, Tractus

*Fornix* (lat. Gewölbe)

Ermöglicht Verbindung des Hippocampus mit Corpora mamillaria und anderen hypothalamischen Kernen

Liegt unter dem Balken; zieht im weiten Bogen über den III. Ventrikel und bildet mit dem Fornix der Gegenseite ein Gewölbe über der Tela choroidea des dritten Ventrikels

Vom Hippocampus ziehen die beiden Crura fornices, die sich in der Commissura fornices (Faseraustausch der beiden Seiten) zum Corpus fornices vereinen und sich erst wieder über dem Foramen interventriculare (= Foramen Monroi) in zwei Columnae fornices teilen

*Fasciculus longitudinalis posterior*

Hypothalamus → vegetative Zentren des Hirnstamms und des Seitenhorns im Rückenmark (Beeinflussung von Parasympathikus und Sympathikus); führt auch Afferenzen von den gleichen Gebieten zurück

*Fasciculus medialis telencephali*

mediales Vorderhirnbündel: Riechrinde → Tegmentum im Mittelhirn, aber auch afferente und efferente Axone vom/zum Hypothalamus

*Stria terminalis*

Corpus amygdaloideum → Hypothalamus

## Hypophyse

Die Hypophyse besteht aus zwei Anteilen:

Neurohypophyse (= Hypophysenhinterlappen)  
 Adenohypophyse (= Hypophysenvorderlappen)

In der Neurohypophyse werden Hormone (Oxytocin und Vasopressin) durch Neurosekretion aus den Axonen freigesetzt und in die Blutbahn abgegeben; sie besteht deshalb auch hauptsächlich aus den Axonen von Neuronen des Ncl. paraventricularis und Ncl. supraopticus, die von Kapillaren umgeben sind

Die Adenohypophyse ist kein Bestandteil des Gehirns, sondern lagert sich diesem nur an. Kerngebiete des Hypothalamus produzieren Steuerhormone, die in der Eminentia mediana in das Portalgefäßsystem der Hypophyse abgegeben werden → Transport zur Adenohypophyse → Sekretion der entsprechenden Hormone in den Körperkreislauf

Dabei unterscheidet man zwei Arten von Hormonen: Effektorhormone (wirken direkt auf Organe, z.B. Oxytocin auf die Brustdrüse) und glandotrope Hormone (wirken auf endokrine Drüsen), z.B. TSH = Thyroidea-stimulierendes Hormon auf die Schilddrüse, ACTH = Adrenocorticotropes Hormon auf die Nebennierenrinde; die Drüsen wirken dann mit ihren eigenen Effektor-Hormonen wiederum auf bestimmte Organe

Weitere Hormone: LH (= Luteotropes Hormon), FSH (= Follikel-stimulierendes Hormon), MSH (= Melanozyten-stimulierendes Hormon) und Prolactin

## Hypothalamo-hypophysärer Pfortaderkreislauf

A. hypophysialis superior aus A. carotis interna (nach Durchtritt durch die Dura mater, pars cerebralis)  
 A. hypophysialis inferior aus A. carotis interna (kavernöse Verlaufsstrecke, pars cavernosa)

A. hypophysialis superior → im Bereich der Eminentia mediana erstes Kapillarnetz, Aufnahme der Steuerhormone → Portalgefäße → zur Adenohypophyse, zweites Kapillarnetz → Steuerhormone stimulieren Drüsenzellen zur Bildung von Effektorhormonen und glandotropen Hormonen → venöser Abfluß, Hormone gelangen in den Körperkreislauf

V. hypophysialis lateralis	}	→ Sinus cavernosus
V. hypophysialis superior		
V. hypophysialis inferior		

Der hypothalamo-hypophysäre Pfortaderkreislauf stellt die Verbindung zwischen den Hypothalamuskernen und der Adenohypophyse dar, der Transport der hochkonzentrierten Steuerhormone erfolgt schnell und direkt

## 2.6.5. Subthalamus = Thalamus ventralis (ZV 9)

Die Kerne dieses Zwischenhirnteils wurden großteils in die Großhirnhemisphären hinein verlagert und werden funktionell zu den Basalganglien gezählt, weshalb sie dort auch besprochen werden; zum Subthalamus zählt man:

Pallidum (= Globus pallidus), Ncl. subthalamicus und die Zona incerta

## 2.6.6. Epithalamus (ZV 9)

### Epiphyse (= Glandula pinealis = Zirbeldrüse)

Lage: über der Vierhügelplatte, an der Hinterwand des III. Ventrikels

Funktion: Die Epiphyse produziert das Hormon Melatonin, das als ein ‚Zeitgeberhormon‘ den zirkadianen Rhythmus über den Blutweg den inneren Organen vermittelt; die dafür nötigen Informationen erhält die Epiphyse aus dem Ncl. suprachiasmaticus des Hypothalamus und vom Sympathikus; die Epiphyse soll auch die Ausreifung der Gonaden bis zur Pubertät hemmen

## **Habenulae**

Lage: zwei zügelartige Strukturen zu beiden Seiten der Epiphyse; in den Habenulae liegen die Ncll. habenulares

Olfaktorische Impulse der Riechrinde → Stria medullaris thalami → Umschaltung in den Ncll. habenulares → vegetative Hirnnervenkerne des Hirnstamms

Auf diese Weise haben Riechempfindungen Einfluss auf die Nahrungsaufnahme (z.B. auf die Speichelsekretion)

Commissura posterior (= epithalamica): in ihr kreuzen Faserzüge aus dem Tectum, Tegmentum und der Area praetectalis zur Gegenseite

## 2.7. TELENCEPHALON = GROßHIRN [10./11. VS]

### 2.7.1. Gestalt, Gliederung und Lage (ZV 1, 5)

Hemisphären  
Fissura longitudinalis (trennt die beiden Hemisphären)  
Polus frontalis, occipitalis und temporalis  
Corpus callosum = Balken (mit Genu, Truncus und Splenium)  
Forceps minor (vorn)  
Forceps major (hinten)  
Indusium griseum  
Gyrus cinguli (über dem Balken)  
Insula = Insel  
Gyri = Windungen  
Sulci = Furchen  
Bulbus olfactorius  
Tractus olfactorius

Der Begriff ‚Großhirn‘ wird in den Büchern unterschiedlich gebraucht und gelegentlich dem Begriff ‚Endhirn‘ gleichgestellt; er kann aber auch alle Gehirnteile bis auf das Kleinhirn zusammenfassen, d.h. Endhirn, Zwischenhirn und Hirnstamm

#### Topographische Beziehung zum Schädel

Lobus frontalis: Fossa cranii anterior  
Lobus temporalis: Fossa cranii media  
Lobus occipitalis: auf dem Tentorium cerebelli

##### *Lobus frontalis (Stirnlappen)*

Sulcus centralis  
Gyrus praecentralis = Area 4 (Zentralregion)  
Gyrus frontalis superior  
Gyrus frontalis medius  
Gyrus frontalis inferior  
Gyri orbitales  
Gyrus rectus

##### *Lobus temporalis (Schläfenlappen)*

Gyrus temporalis superior  
Gyrus temporalis medius  
Gyrus temporalis inferior  
Gyrus parahippocampalis (= Gyrus hippocampi)  
Gyri temporaes transversus

##### *Lobus occipitalis (Hinterhauptslappen)*

Sulcus calcarinus (Calcarinalippe)  
Area striata = Area 17

##### *Lobus parietalis (Scheitellappen)*

Gyrus postcentralis = Area 1, 2 +3 (Zentralregion)  
Gyrus angularis = Area 39  
Lobulus parietalis superior  
Lobulus parietalis inferior  
Gyrus supramarginalis

### 2.7.2. Subcorticale Kerne (ZV 9)

#### Basalganglien

= Kerne, die im Marklager des Großhirns liegen; es handelt sich um Kerne, die im Dienste der Motorik stehen und dem EPMS zugerechnet werden

Striatum (Ncl. caudatus und Putamen)  
Globus pallidus (= Pallidum)  
Ncl. subthalamicus  
Substantia nigra

gelegentlich werden auch das Corpus amygdaloideum sowie das Claustrum dazugerechnet

Putamen und Pallidum werden von früheren Autoren als Ncl. lentiformis = Linsenkern zusammengefasst. Dieser Begriff ist aber veraltet, da beide Strukturen entwicklungsgeschichtlich nicht zusammenhängen (das Pallidum leitet sich vom Zwischenhirn ab)

*Striatum = Corpus striatum*

Das Striatum besteht aus Ncl. caudatus und Putamen  
Lage: Im Marklager des Endhirns

Afferenzen:

Fibrae corticostriatales von allen Bereichen des Neocortex  
Fibrae centrostriatales kommen vom Ncl. centromedianus des Thalamus  
Fibrae nigrostriatales werden durch dopaminerge Axone aus der Substantia nigra gebildet

Da das Striatum vor allem eine hemmende Wirkung auf motorische Impulse hat, braucht es einen Gegenspieler, der dem Striatum ermöglicht, motorische Aktivität zuzulassen; dieser Gegenspieler ist die Substantia nigra, die mit ihren dopaminergen Axonen das Striatum hemmt und somit bahrend auf motorische Impulse wirkt

Efferenzen (wirken hemmend auf):

Globus pallidus  
Substantia nigra

Funktion: oberstes Integrationsorgan des EPMS, Hemmung oder Bahnung von Bewegungsimpulsen

Während das Kleinhirn die Bewegungsvorschläge des Neocortex modifiziert, hat das Striatum die Aufgabe zu entscheiden, ob der Impuls überhaupt weitergeleitet werden soll; dabei wirkt es hauptsächlich inhibitorisch und unterdrückt dadurch Bewegungsimpulse ganz oder partiell; Jedoch hat das Striatum auch Anteile, die bewegungsfördernd wirken

Klinischer Hinweis: Morbus Parkinson, Chorea Huntington (Hyperkinesie)

*Globus pallidus = Pallidum* (Diencephalon)

pallidus (lat.) = blass

Lage: lateral der Capsula int., medial des Putamens, im Großhirnmarklager, medialer und lateraler Anteil

Afferenzen:

Striatum, Ncl. subthalamicus (zum Pallidum mediale), Thalamus

Efferenzen:

Thalamus (vom Pallidum mediale), Ncl. subthalamicus (vom Pallidum laterale)

Funktion: z.T. Antagonist des Striatums; es wirkt fördernd auf Bewegungsimpulse (hemmt die Hemmung)

*Ncl. subthalamicus* (Diencephalon)

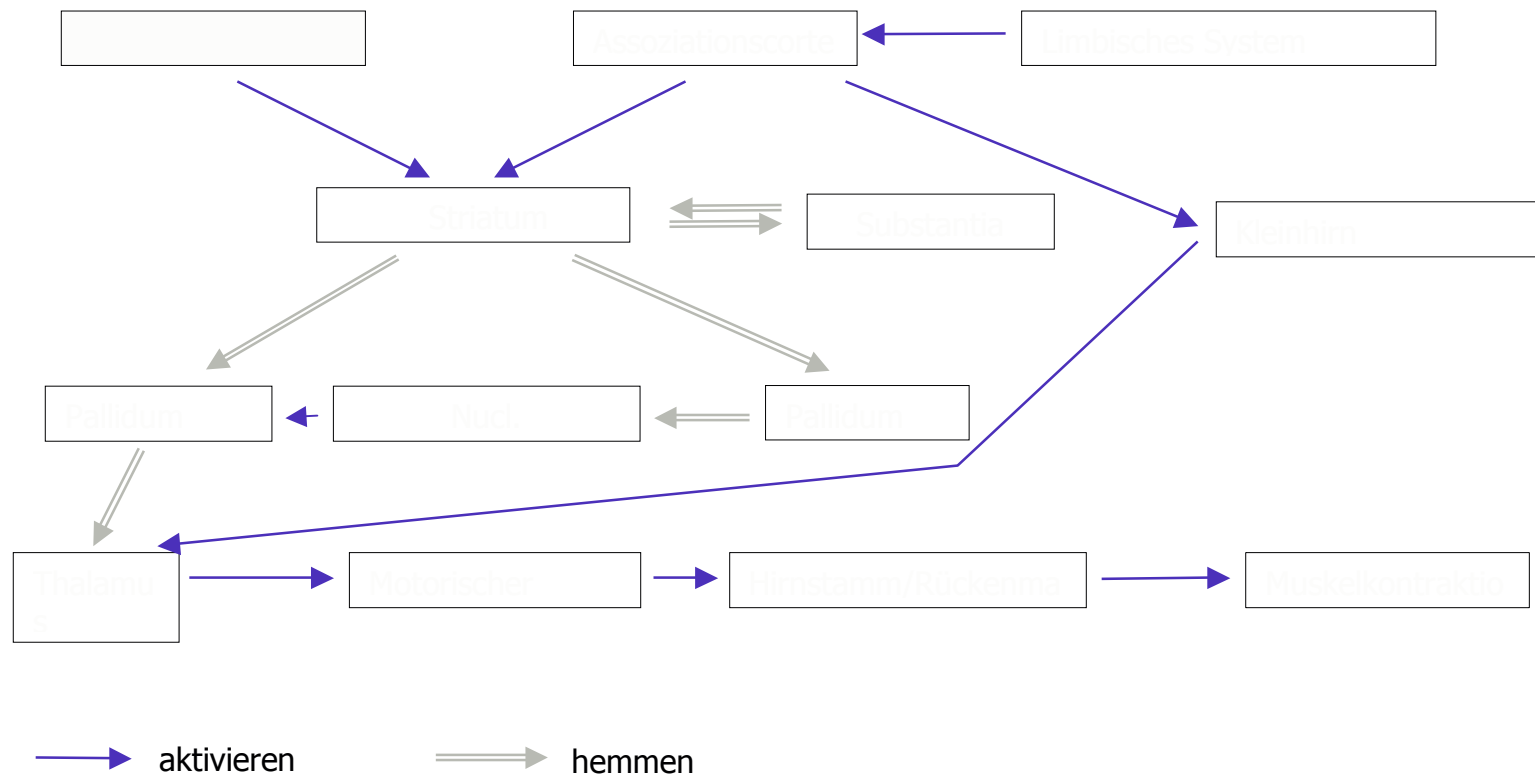
Lage: ventromedial des Pallidums

Afferenzen und Efferenzen vom bzw. ins Pallidum

Funktion: über Aktivierung des hemmenden Pallidum mediale insgesamt bewegungsimpulshemmend

Klinischer Hinweis: ballistisches Syndrom

### Vereinfachtes Schaltschema der Basalganglien und ihre Bedeutung für die Motorik



### *Corpus amygdaloideum = Amygdala*

= Mandelkern; besteht aus mehreren Unterkernen sowie aus einem corticalen Anteil

Lage: im Temporallappenpol rostral des cornu temporale

Afferenzen und Efferenzen erreichen bzw. verlassen das Corpus amygdaloideum über die Stria terminalis - sie verläuft bogenförmig in der Grenzfurche zwischen Ncl. caudatus und Thalamus bis zur Commissura rostralis, in der Axone aus palaeocorticalen (pars anterior) und temporalen (pars posterior) Rindengebieten kreuzen

Efferenzen:

Septumkerne, Regio praeoptica, Hypothalamus

Einige Faserbündel laufen in der Stria medullaris thalami weiter → Habenulakerne → Hirnstamm

Afferenzen und Efferenzen von und zu anderen limbischen Zentren

Funktion: **Zentraler Kern des limbischen Systems, der angstbesetzte Gedächtnisinhalte speichert und Aggressionen auslösen kann**

### *Clastrum*

Lage: zwischen Striatum und Inselrinde

Funktion: weitgehend unbekannt, reziproke Beziehungen zur Großhirnrinde

## 2.7.3. Großhirnrinde – Gliederung

Archicortex und Paleocortex werden oft als Allocortex zusammengefasst und dem Isocortex (= Neocortex) aufgrund ihres unterschiedlichen Schichtenaufbaus gegenübergestellt

### **Paleo-, Archi-, Neocortex**

#### *Palaeocortex* (= Allocortex)

Bulbus und Tractus olfactorius  
Tuberculum olfactorium (Bereich der Subst. perf. ant.)  
Corpus amygdaloideum (periamygdaloide Rinde  
= Gyrus semilunaris) und Septum

#### *Neocortex* (= Isocortex)

Frontallappen  
Parietallappen  
Occipitallappen  
Temporallappen

#### *Archicortex* (= Allocortex)

Hippocampus  
Regio entorhinalis (Gyrus parahippocampalis, Übergang  
zum Neocortex), Teile des Gyrus cinguli

## 2.7.4. Palaeocortex (ZV 5)

Der Paleocortex ist phylogenetisch der älteste Teil der Hemisphären (palaios; gr. = alt); er bildet mit seinen Strukturen das Riechhirn = Rhinencephalon und macht nur einen kleinen Teil des Großhirns aus; er ist für die Geruchswahrnehmung und ihre Weiterleitung zu den olfaktorischen Zentren verantwortlich

## 2.7.5. Archicortex (ZV 12, 13)

### Hippocampus

Teil des limbischen Systems an der medialen Fläche des Temporallappens, vom Gyrus parahippocampalis verdeckt, jeweils an der medialen Wand des Unterhorns der Seitenventrikel

Über dem Gyrus parahippocampalis liegt im Sulcus hippocampi der Gyrus dentatus, in den sich das Ammonshorn (= Cornu ammonis = Gyrus hippocampi) einrollt

Indusium griseum = Fortsetzung des Hippocampus in Form eines dünnen, aus grauer Substanz bestehenden Streifens, der auf dem Balken bis zu seinem rostralen Ende verläuft

Fornix = Sammeltrakt unter dem Balken, verbindet Hippocampus afferent + efferent mit den Corpora mamillaria und anderen hypothalamischen Kerngebieten

Afferenzen:

Area entorhinalis im Gyrus parahippocampalis (über Tractus perforans)  
Subiculum (über Alveus)  
Assoziationscortex  
Cingulum

Efferenzen (im wesentlichen über Fornix):

Hypothalamus (u.a. Corpora mamillaria)  
Area septalis

Funktion: wichtig für *explizite (= deklarative) Gedächtnisbildung*, Überführung von Daten in das Kurzzeitgedächtnis (anteriorer Hippocampus) und von dort in das Langzeitgedächtnis (posteriorer Teil des Hippocampus); rechter Hippocampus notwendig für räumliches Denken (z.B. Auto fahren), weiterhin ist der Hippocampus wesentlicher Bestandteil des Neuronenkreises von Papez (s.o.):

Fornix → Corpora mamillaria → Fasciculus mamillothalamicus → Ncl. anterior des Thalamus → Gyrus cinguli → Hippocampus → Fornix

### Histologie

Der Archicortex besitzt im Gegensatz zu den sechs Schichten des Neocortex eine einfacher aufgebaute Rindenstruktur; das Cornu ammonis wird in die Felder CA1 – CA4 eingeteilt, die sich durch eine unterschiedliche Dichte der Pyramidenzellen unterscheiden

## 2.7.6. Neocortex (ZV 14, 15)

### Rindfelder nach Brodmann

Obwohl der Neocortex durchgehend einen ähnlichen Schichtenaufbau besitzt, zeigt er doch Variationen, die eine Einteilung in über 50 verschiedene Rindfelder (Areae) zulassen; in den einzelnen Feldern unterscheiden sich die Schichten in ihrer Breite und Zelldichte

Sensibel-sensorische Bereiche = Granulärer Cortex: Körnerschichten (Lamina II + IV) sind stark verbreitert und zellreich, z.B. im Gyrus postcentralis und in der Hörrinde; in der Sehrinde ist die innere Körnerschicht sogar verdoppelt (= Gennari-Streifen)

Motorische Bereiche = Agranulärer Cortex: Die Körnerschichten sind zurückgebildet, die Pyramidenschichten dafür stark erweitert; im Gyrus praecentralis findet man die Betz'schen Riesenpyramidenzellen, deren Axone als Pyramidenbahnen bis ins Sakralmark reichen

### Mikroskopische Anatomie des Neocortex

Molekularschicht (Lamina molecularis)

1. Äußere Körnerschicht (Lamina granularis externa)
2. Äußere Pyramidenschicht (Lamina pyramidalis externa)
3. Innere Körnerschicht (Lamina granularis interna)
4. Innere Pyramidenschicht (Lamina pyramidalis interna)
5. Multiforme Schicht (Lamina multiformis)

Neben dem Schichtaufbau findet man im Neocortex vertikale Kolumnen, eine modulartige Verschaltung verschiedener Zellarten durch alle Schichten, die eine Funktionseinheit bilden

### Funktionelle Einteilung

Primärfelder: Endigungsort von Sinnesbahnen (z.B. Hörbahn: verschieden hohe Töne werden wahrgenommen), keine Interpretation der Information, Ausgangsort für motorische Impulse (Gyrus praecentralis)

Sekundärfelder: sind den Primärfeldern nachgeschaltet, hier findet die Interpretation und Zuordnung von Sinnesinformationen statt (z.B. Laute werden zu Silben und Wörtern zusammengesetzt)

Assoziationsfelder: verbinden Primär- und Sekundärfelder verschiedener Lappen (z.B. kann Gehörtes mit Gesehenem in Verbindung gebracht werden)

### Frontallappen

*Gyrus praecentralis = Motorcortex = Area 4*

Ursprungsort von ca. 50% der PMS-Axone; die verschiedenen Körperteile sind landkartenartig (= somatotopisch) auf dem Motorcortex verteilt, wobei Körperteile, die für die Feinmotorik ausgebildet sind (Hand, Gesicht, Zunge) besonders große Anteile einnehmen; über dem Sulcus lateralis liegt der Bereich für das Gesicht, es folgen nach dorsal (= oben) Hand, Arm, Rumpf und Bein (wobei das Bein in der Fissura longitudinalis cerebri liegt); jede Körperhälfte ist in der kontralateralen Hemisphäre vertreten

Afferenzen:

Ncl. ventralis anterior et lateralis des Thalamus  
Gyrus postcentralis (somatosensible Informationen)  
Prämotorische Rinde

Efferenzen:

Tractus corticonuclearis zu den motorischen Kernen der Hirnnerven  
Tractus corticospinalis zum Vorderhorn des Rückenmarks

*Prämotorische Rinde = supplementärmotorische Rinde = Area 6*

Afferenzen und Efferenzen ähnlich wie in präzentraler Region, aber noch zusätzliche Efferenzen:

Tractus frontopontinus (Regelkreis: prämotorische Rinde → Pons → Kleinhirn → Thalamus → motorische Rinde)

Direkte Verbindungen zu den EPMS-Zentren (Formatio reticularis, Ncl. ruber)

*Frontales Augenfeld = Frontales Blickzentrum*

Lage: unmittelbar vor der prämotorischen Rinde

Afferenzen:

primäre und sekundäre Sehrinde (Occipitallappen)

Efferenzen:

Tractus corticonuclearis zum III. und VI. Hirnnervenkern

Formatio reticularis

Funktion: willkürliche Augeneinstellbewegungen auf ein gewähltes Blickziel (unwillkürlich, reflektorisch)

*Motorisches Sprachzentrum = Broca-Sprachzentrum = Area 44 + 45*

Lage: im Bereich der Pars opercularis und Pars triangularis des Gyrus frontalis inferior

Afferenzen:

Primäre und sekundäre Hörrinde

Gyrus angularis

Andere Assoziationsfelder

Efferenzen:

Gyrus praecentralis (Motorik der Sprechmuskulatur)

Funktion: Hier wird die Sprache in ihrem Wort- und Satzbau geformt (Sprachbildung), Cave: Nicht mit dem sensorischen Sprachzentrum nach Wernicke im Temporallappen verwechseln, welches für Sprachverständnis zuständig ist

Das Broca-Sprachzentrum ist in seiner Funktion zumeist nur einseitig, in der dominanten Hemisphäre ausgeprägt (bei Rechtshändern – links, bei Linkshändern – rechts oder links); es kann daher bei einem Ausfall kontralateral nicht kompensiert werden

Klinischer Hinweis: Motorische Aphasie; a-phasia (gr.) = ohne Sprache

*Frontales Blasenzentrum*

Lage: im Gyrus cinguli und Gyrus frontalis medialis

Funktion: vor allem hemmender Einfluss auf Harnblasen- und Enddarmmentleerung

*Präfrontale Rinde*

Lage: rostral der prämotorischen Rinde

Funktion: Kurzzeitgedächtnis und höhere geistige Leistungen

## **Parietallappen**

Gyrus postcentralis = primär somatosensible Rinde = Areae 1, 2 + 3

Ziel vieler sensibler Bahnen

Die somatotopische Gliederung ist jener im motorischen Cortex ähnlich: über dem Sulcus lateralis liegt der Bereich für Schlund und Mundhöhle, nach dorsal folgen Hand, Arm, Rumpf, Bein, Blase, Mastdarm und Genitale (Homunculus)

Die feindifferenzierten Wahrnehmungsorgane wie z.B. Gesicht und Hand sind überproportional repräsentiert, was mit der hohen Rezeptordichte in der Peripherie zusammenhängt

*Sekundäre somatosensible Rinde = Areae 5 + 7*

Lage: hinter dem Gyrus postcentralis

Funktion: Interpretative Zuordnung der Sinnesreize, die in den Gyrus postcentralis gelangen

*Gyrus angularis = Area 39*

Lage: legt sich um den Sulcus temporalis superior

Funktion: Assoziationsfeld, das eine wichtige Rolle bei der Verknüpfung visueller Impulse zu den passenden sprachlichen Begriffen spielt, für Schreiben und Lesen notwendig

Klinischer Hinweis:

Lesestörungen (= Alexie)

Schreibstörungen (= Agraphie)

*Hinterer Parietallappen*

Lage: Region hinter dem Gyrus postcentralis

Funktion: Orientierung im 3-dimensionalen Raum; erhält visuelle, auditive, propriozeptive und vestibuläre Informationen

## **Temporallappen**

Endigungsgebiet der Hörbahn

*Primäre Hörrinde = Area 41*

Lage: in den Gyri temporalis transversus = Heschl'sche Querwindungen

Diese liegen in der Tiefe des Sulcus lateralis, an der Dorsalfläche des Temporallappens

Afferenzen: Hörbahn

Efferenzen: sekundäre Hörrinde

Funktion: Interpretationsloses Bewusstwerden von auditorischen Impulsen aus dem Innenohr

Die Hörbahnfasern enden in einer tonotopischen Gliederung:

Tiefe Frequenzen – anterolateral

Hohe Frequenzen – posteromedial

*Sekundäre Hörrinde = Areae 42 + 22*

Lage: lateral von der primären Hörrinde

In der dominanten Hemisphäre werden die auditorischen Impulse rational interpretiert (Sprache, Sprachverständnis)

Sensorisches Sprachzentrum = Wernicke-Zentrum

In der nicht-dominanten Hälfte liegt die musische Interpretationsfähigkeit

Afferenzen:

Primäre Hörrinde

Gyrus angularis (wichtig für das Leseverständnis: prim. Sehrinde → sek. Sehrinde → Gyrus angularis → sek. Hörrinde)

Verknüpfung von visuellen Impulsen mit den passenden sprachlichen Begriffen

Efferenzen:

zu zahlreichen Assoziationsfeldern, z. B. zum motorischen Sprachzentrum über die Fibrae arcuatae cerebri (= Fasciculus arcuatus)

Funktion: interpretative Verarbeitung (Laute werden als Wörter, Melodien, Geräusche erkannt)

Klinischer Hinweis: Sensorische Aphasie

Dèjà-vu-Erlebnisse werden im Temporallappen vermutet

## **Occipitallappen**

Endigungsgebiet der Sehbahn

*Primäre Sehrinde = Area striata = Area 17*

Lage: an der Medialfläche des Occipitallappens, ober- und unterhalb des Sulcus calcarinus

Afferenzen: Sehbahn – Corpus geniculatum laterale

Efferenzen: Areae 18 + 19

Funktion: Interpretationsloses Bewusstwerden von optischen Impulsen

Jedem Ort auf der Netzhaut entspricht ein Areal der prim. Sehrinde, wobei die Fovea centralis (Ort des schärfsten Sehens) 4/5 einnimmt

Die oberen Retinaquadranten projizieren auf die obere Calcarinalippe (unteres Gesichtsfeld)

Die unteren Retinaquadranten projizieren auf die untere Calcarinalippe (oberes Gesichtsfeld)

*Sekundäre Sehrinde = Areae 18 + 19*

Lage: liegt hufeisenförmig um die primäre Sehrinde

Afferenzen: Area 17

Efferenzen: Frontales Augenfeld, Gyrus angularis, Colliculi superiores (Verschaltung des Akkommodationsreflexes)

Funktion: Interpretative Verarbeitung optischer Impulse

## **Inselrinde = Insula = Lobus insularis**

Lage: in der Fossa lateralis, bedeckt vom Operculum frontale, parietale und temporale (Operculum = Deckel, die sich über die langsamer wachsende Inselrinde darüberlegen)

Übergangsgebiet von Neocortex zu Paleocortex, wird auch als Mesocortex bezeichnet; die Inselrinde besitzt zwar eine Sechschichtung wie der Neocortex, diese ist aber nicht sonderlich stark ausgeprägt; in der V. Schicht liegen die Pyramidenzellen dicht aneinander, was charakteristisch für diese Region ist und sonst nur noch im Gyrus cinguli vorkommt

Funktion: Wahrnehmung viserosensibler Reize (Hunger, Übelkeit usw.), Geschmack; viszeromotorische Impulse (über Hypothalamus, Corpus amygdaloideum, Hirnstamm) - Magensaftsekretion, Blutdruckanstieg usw.

## 2.7.7. Bahnen der Großhirnrinde

### **Assoziationsbahnen**

Verknüpfen einzelne Areale einer Hemisphäre miteinander

### **Kommissurenbahnen**

Verbinden Areale beider Hemisphären

Corpus callosum  
Commissura anterior

### **Projektionsbahnen**

Verbinden den Cortex mit subcorticalen Zentren (Thalamus, Basalganglien, Hirnstamm)

Befinden sich in der Capsula interna, externa und extrema

### **Capsula interna: Lage, durchtretende Bahnen, Blutversorgung, Ausfallserscheinungen**

Funktion: führt efferente und afferente Bahnen, die den Cortex mit subcorticalen Zentren verbindet

Begrenzungen:

Medial Ncl. caudatus und Thalamus  
Lateral Putamen und Pallidum

Absteigende Bahnen (von rostral nach occipital):

Tractus frontopontinus (crus anterior)  
Corticonukleäre Bahn (genu)  
Corticospinale Bahn  
Tractus temporopontinus

Aufsteigende Bahnen (von rostral nach occipital):

Thalamocorticale Axone  
Seh- und Hörstrahlung

## 3. FUNKTIONELLE SYSTEME [12./13. VS]

### 3.1. AFFERENTE SYSTEME, NEURONALE GLIEDERUNG, VERBINDUNGEN (ZV 16, 17, 18)

#### Vorderseitenstrangsystem

1. Neuron Pseudounipolar; Perikayon im Spinalganglion
2. Neuron Perikaryon im Hinterhorn des Rückenmarks  
Axone kreuzen in der Commissura alba  
Tractus spinothalamicus anterior und lateralis
3. Neuron Thalamus (Ncl. ventralis posterior)  
Capsula interna  
Gyrus postcentralis

#### Hinterstrangsystem

1. Neuron Pseudounipolar; Perikaryon im Spinalganglion  
Fasciculus gracilis et cuneatus
2. Neuron Ncl. gracilis und cuneatus  
Lemniscus medialis
3. Neuron Thalamus (Ncl. ventralis posterior lat.)  
Capsula interna  
Gyrus postcentralis

#### Trigeminusbahnen

1. Neuron Pseudounipolar; Perikaryon im Ganglion trigeminale
2. Neuron Trigeminuskern, Axone kreuzen  
Lemniscus medialis (trigeminalis)
3. Neuron Thalamus (Ncl. ventralis posterior med.)  
Capsula interna  
Gyrus postcentralis

#### Spinocerebelläre Bahnen

1. Neuron Pseudounipolar; im Spinalganglion
2. Neuron Hinterhorn des Rückenmarks  
Tractus spinocerebellaris anterior → Pedunculus cerebellaris superior → Wurm + paravermale Zone  
Tractus spinocerebellaris posterior → Pedunculus cerebellaris inferior → Wurm + paravermale Zone

#### Geschmacksbahn

1. Neuron Pseudounipolar; im sensiblen Ganglion des jeweiligen Hirnnervens  
vordere 2/3 der Zunge → Chorda tympani (VII) → Ganglion geniculi  
hintere 1/3 der Zunge → IX. Hirnnerv → Ganglion superius und inferius  
Bereich über der Epiglottis → X. Hirnnerv → Ganglion superius und inferius  
Tractus solitarius
2. Neuron Ncl. solitarius
3. Neuron Thalamus (Ncl. ventralis posterior)

## Riechbahn

1. Neuron bipolare Riechzellen in der Regio olfactoria; Dendriten reichen in die Schleimhaut, Axone ziehen als Fila olfactoria durch die Lamina cribrosa zum Bulbus olfactorius
2. Neuron Mitralzellen, bipolar; Axone der Mitralzellen gelangen über den Tractus olfactorius zur Riechrinde; Tractus teilt sich in die Stria olfactoria medialis und lateralis
3. Neuron Stria olfactoria medialis: Tuberculum olfactorium → in die Septumregion → Hippocampus → limbisches System; unbewusste Wahrnehmung  
Stria olfactoria lateralis: Regio periamygdalaris und Regio praepiriformis + Corpus amygdaloideum → Basis des Frontallappens; bewusste Wahrnehmung

## Hörbahn

1. Neuron Bipolar, im Ganglion spirale cochleae; Dendriten stehen in Verbindung mit den Haarzellen des Cortischen Organs (Plakodenderivat); Axone bilden die Radix cochlearis
2. Neuron in den Ncll. cochleares ventralis und dorsalis  
Tonotopische Gliederung:  
Ncl. cochlearis ventralis – Afferenzen aus dem apikalen Teil der Schnecke ⇒ tiefe Töne  
Ncl. cochlearis dorsalis – Afferenzen aus dem basalen Teil der Schnecke ⇒ hohe Töne  
Anschließend ziehen die Hörbahnfasern zu einem geringen Teil ungekreuzt und zu einem größerem Teil gekreuzt als starkes Faserbündel (Corpus trapezoideum) zu den Colliculi inferiores; in diesem kreuzendem Faserbündel sind einzelne Nervenzellgruppen als Relais-Kerne eingeschaltet (Ncll. corporis trapezoidei, Ncl. olivaris superior)
3. Neuron Colliculi inferiores, Axone ziehen über das Brachium colliculi inferioris zum Corpus geniculatum mediale
4. Neuron Corpus geniculatum mediale; hier werden ausnahmslos alle Signale noch einmal umgeschaltet und ziehen als Radiatio acustica (in der Capsula interna) zur primären Hörrinde

## Sehbahn

1. Neuron Stratum neuroepitheliale retinae: unipolare Stäbchen- und Zapfenzellen  
Stäbchen (~ 120 Mill.): Wahrnehmung des Hell/Dunkelkontrastes  
Zapfen (~ 6 Mill.): Wahrnehmung von Farben
2. Neuron Stratum ganglionare retinae: bipolare Schaltzellen, die Stäbchen und Zapfen mit den Ganglienzellen verbinden
3. Neuron Stratum ganglionare nervi optici: multipolare Ganglienzellen, deren Axone den Nervus opticus bilden; beide Sehnerven vereinigen sich zum Chiasma opticum, in dem die Axone der nasalen Retinahälften kreuzen, die temporalen ziehen ungekreuzt weiter, die kontralateralen nasalen und die ipsilateralen temporalen Axone einer Seite bilden den Tractus opticus  
Radix lateralis: zum Corpus geniculatum laterale  
Radix medialis: zu den Colliculi superiores und zur Area praetectalis
4. Neuron Corpus geniculatum laterale → Radiatio optica in der Capsula interna → Genu temporale → Area striata in den Calcarinalippen; zahlreiche Axone biegen nach rostral um, sie erreichen die vorderen Abschnitte der Sehrinde (Genu occipitale)  
Radix medialis → Colliculi superiores; wirken beim Zustandekommen von Sakkaden mit (schnelle Augeneinstellbewegungen, um den Blick auf ein bestimmtes Ziel zu richten) bzw. sind über eine Verbindung zu den Facialiskernen für den reflektorischen Lidschluss verantwortlich  
Radix medialis → Area praetectalis → Ncl. accessorius n. oculomotorii (Edinger-Westphal) der ipsilateralen und kontralateralen Seite ⇒ parasymphatische Pupillenverengung  
Licht- oder Pupillenreflex: Bei isolierter Beleuchtung eines Auges verengen sich die Pupillen beider Seiten

## 3.2. EFFERENTE SYSTEME, NEURONALE GLIEDERUNG, VERBINDUNGEN (ZV 19, 20)

### **Pyramidenbahn**

1. Neuron Präzentrale Region des Großhirncortex → Capsula interna → Crura cerebri → Pons → Medulla oblongata, bilden dort die von ventral sichtbaren Pyramiden → ca. 80% der Axone kreuzen darunter in der Pyramidenkreuzung (= Decussatio pyramidum) und ziehen im Seitenstrang als Tractus corticospinalis lateralis weiter; die restlichen Axone bilden ipsilateral den Tractus corticospinalis anterior und kreuzen in der Höhe ihres Eintretens in die graue Substanz zur Gegenseite
2. Neuron Motoneuron im Vorderhorn, an dem das 1. Neuron endet → projiziert zu den jeweiligen Muskeln

### **„Extrapyramidal-motorische“ Bahnen, die nicht über die Pyramidenbahn verlaufen**

1. Neuron Im wesentlichen von Ncl. ruber (gekreuzt), Ncl. vestibulares (ungekreuzt), Formatio reticularis (bilateral) ins Rückenmark; diese Kerne erhalten Information über die motorischen Impulse wiederum vom Kleinhirn bzw. vom Cortex; Axone verlaufen multilokal im Funiculus anterior et lateralis
2. Neuron Motoneurone im Vorderhorn → zu den jeweiligen Muskeln

## 3.3. LIMBISCHES SYSTEM (ZV 12, 13)

Dem limbischen System wird das emotionale Empfinden und die dauerhafte Gedächtnisspeicherung expliziter Inhalte zugeordnet. Darunter fallen Affektverhalten, Sexualität, Motivation, intellektuelle Leistungen u.a.m.

**Diese Funktionen stehen unter dem Gesichtspunkt der Selbst- und Arterhaltung, die stets von Lust- oder Unlustgefühlen geprägt sind. Enge Verbindungen mit zentralen autonomen Bereichen werden dadurch verständlich.**

Als limbisches System fasst man mehrere Rinden- und Kerngebiete zusammen, die kein geschlossenes Fasersystem bilden, sondern in einem engen funktionellen Zusammenhang mit anderen corticalen und subcorticalen Zentren stehen.

Rindengebiete:

Gyrus cinguli (+ Gyrus paraterminalis und Area subcallosa)

Hippocampus (+ Gyrus dentatus)

Gyrus parahippocampalis (mit Regio entorhinalis)

Kerngebiete:

Corpus amygdaloideum

Corpora mamillaria

Ncl. anterior thalami

Ncl. habenularis

Ncl. septalis

Ncl. tegmentalis ventralis et dorsalis

Ncl. interpeduncularis

Wichtige Bahnen des limbischen Systems:

Fornix  
Stria terminalis  
Tractus habenulotegmentalis  
Commissura anterior  
Neuronenkreis von PAPEZ

### 3.4. KLINISCHE ANATOMIE

Grundlagen für Nozizeption, Schmerzleitung und differentielle Empfindungsstörungen

Hyperkinesen, Hypokinesen, Schlaaffe Parese, Spastische Parese

Apraxie, Agraphie, Aphasien

## 4. INNERE LIQUORRÄUME [14. VS]

### 4.1. SEITENVENTRIKEL: GESTALT, GLIEDERUNG, LAGE (ZV 2)

#### Abschnitte und deren Wände

	<i>Vorderhorn = Cornu frontale</i>	<i>Pars centralis = Cella media</i>	<i>Unterkorn = Cornu temporale</i>	<i>Hinterhorn = Cornu occipitale</i>
<i>Lateral</i>	Nucleus caudatus	Nucleus caudatus	Radiatio optica	Radiatio optica
<i>Medial</i>	Septum pellucidum	Fornix	Plexus choroideus	Corpus callosum
<i>Dach</i>	Truncus corporis callosi	Truncus corporis callosi	Cauda nuclei caudati	Radiatio optica
<i>Boden</i>	Rostrum corporis callosi	Thalamus (Lamina affixa)	Hippocampus	Calcar avis

#### Plexus choroideus, Lage, Befestigung

Durch die Hemisphärenrotation beschreibt der Plexus choroideus einen Halbkreis an der medialen Ventrikelwand: vom Unterkorn, durch die Pars centralis bis zum Foramen interventriculare; Vorderhorn und Hinterhorn haben keinen Plexus

Taenien = Abrisslinien des Plexus choroideus

Taenia choroidea  
Taenia fornicis

#### Foramen interventriculare (Monroi)

bilaterale Verbindung zwischen den beiden Seitenventrikeln und dem III. Ventrikel

### 4.2. III. VENTRIKEL: GESTALT, GLIEDERUNG, LAGE (ZV 9)

#### Wände, Recessus

<i>Vorderwand</i>	Lamina terminalis, Commissura anterior, Columnae fornicis	Recessus triangularis
<i>Hinterwand</i>	Commissura posterior, Commissura habenularum	Recessus pinealis, Recessus suprapinealis
<i>Seitenwand</i>	Thalamus, Hypothalamus	
<i>Dach</i>	Tela choroidea	
<i>Boden</i>	Chiasma opticum, Corpora mamillaria	Recessus opticus, Recessus infundibularis

#### Plexus choroideus, Lage, Befestigung

Plexus in Form zweier Längswülste, stehen dorsal miteinander in Verbindung, an der Unterseite der Tela choroidea befestigt; vorne geht der Plexus des III. Ventrikels in den Plexus der Seitenventrikel über

Tela choroidea = Bindegewebsplatte, Duplikatur der weichen Hirnhäute beider Hemisphären; überspannt III. Ventrikel, Befestigung an Taenia thalami (medial der Stria medullaris)

### **Aquaeductus cerebri = Aquaeductus mesencephali (Sylvii)**

Enger Verbindungskanal zwischen III. und IV. Ventrikel, kein Plexus  
Dorsal des Aquaeductus liegt die Lamina tecti, ventral das Tegmentum und die Crura cerebri

## **4.3. IV. VENTRIKEL: GESTALT, GLIEDERUNG, LAGE (ZV 6)**

### **Wände, Recessus**

*Dach* Velum medullare superius und inferius, Nodulus cerebelli, Fastigium = First  
*Boden* Fossa rhomboidea, Recessus lateralis

### **Plexus choroideus, Lage, Befestigung**

Der Plexus ist an der Unterseite der Tela choroidea ventriculi quarti (Duplikatur der Pia mater) befestigt; er reicht vom unteren Kleinhirnsiegel bis zu den Aperturæ laterales, dort quillt ein Stück des Plexus in den Subarachnoidalraum hervor = Bochdalek'sches Blumenkörnchen

### **Aperturen**

= Verbindungen zwischen dem inneren und dem äußeren Liquorsystem

Apertura mediana (Magendii)  
Aperturæ laterales (Luschkae)

## **4.4. PLEXUS CHOROIDEUS (ZV 8, 9)**

### **Mikroskopische Anatomie**

isoprismatisches Plexusepithel mit zahlreichen Mikrovilli (aus Hemisphärenwand entstanden)

Gefäßreiches Bindegewebe (aus Pia mater entstanden)

Stülpt sich während der Entwicklung in den Ventrikel ein

### **Liquorbildung**

Der Plexus wird von der A. choroidea anterior (aus der A. carotis interna) und den Aa. choroideae posteriores laterales et mediales (aus der A. cerebri posterior) gespeist; der Liquor ist ein Filtrat des Blutes (ca. 500 ml/Tag, 150 ml befinden sich im Liquorsystem)

Funktion des Liquors: Pufferung des Gehirneigengewichts (das tatsächliche Gewicht des Gehirns von 1500 g wird auf 50 g reduziert), Stoffaustausch (Extrazellulärflüssigkeit des Gehirns)

### **Blut-Liquorschranke**

Wird gebildet von: Kapillarendothel, Basalmembran und Plexusepithel

Für H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> ganz durchlässig, für Elektrolyte nur wenig, für alle anderen Moleküle fast gar nicht

## **4.5. LIQUORFLUß**

Seitenventrikel → Foramen interventriculare → III. Ventrikel → Aquaeductus cerebri → IV. Ventrikel → Apertura mediana und Aperturæ laterales ventriculi quarti → Subarachnoidalraum = äußerer Liquorraum

Liquorresorption:

Resorption ins venöse Blut über Hirn- und Spinalnervenscheiden sowie über die sog. Arachnoidalzotten (Ausstülpungen der Arachnoidea mater, reichen durch die Dura mater hindurch in die venösen Sinus)

## 4.6. KLINISCHE ANATOMIE

Liquorpunktionsorte: Lumbalpunktion, Suboccipitalpunktion

Liquorblockaden

Hydrocephalus internus

Hydrocephalus externus

Deutung einfacher orthologischer Tomogramme

# 5. HIRN- UND RÜCKENMARKSHÄUTE, ÄUßERE LIQUORRÄUME

Gehirn und Rückenmark sind von drei Meningen (meninx, gr. Hirnhaut) umgeben; sie bestehen aus Bindegewebe

Man unterscheidet:

Harte Hirnhaut = Pachymeninx (pachys, gr. derb): Dura mater

Weiche Hirnhaut = Leptomeninx (leptos, gr. zart): Pia mater und Arachnoidea mater

## Schädel

von außen nach innen:

*Periost*

Spatium epidurale = Pathologischer Raum bei Schädelverletzungen, Blutung der A. meningea media

*Dura mater encephali*

Besteht aus straffen Bindegewebsschichten, die mit dem Periost verwachsen sind

In der Dura befinden sich die A. meningea media, anterior und posterior

Bildet Duplikaturen: Falx cerebri (falx, lat. Sichel), Tentorium cerebelli (Anheftungsstellen: Plica petroclinoidea anterior und posterior), Diaphragma sellae, Falx cerebelli

Zwischen den Durablättern befinden sich die Sinus durae matris

Spatium subdurale = Pathologischer Raum bei venöse Blutungen (oft aus Brückenvenen)

*Arachnoidea mater*

Arachne (gr.) = Spinne, Spinnengewebe  
Vollzieht den Verlauf der Dura mater nach und ist über Bindegewebsfasern mit der Pia mater verbunden

Spatium subarachnoideum = äußerer Liquorraum  
Mit Liquor cerebrospinalis gefüllt; Granulationes arachnoideae für Liquorresorption; größere Ausweitungen dieses Raumes heißen Cisternae

Cisterna cerebellomedullaris = Cisterna magna

Cisterna ambiens

Cisterna pontomedullaris

Cisterna interpeduncularis

Cisterna chiasmatica

Cisterna basalis

*Pia mater*

Legt sich als innerste Hirnhaut der Oberfläche direkt an, folgt bis in die Sulci

## Wirbelkanal

von außen nach innen:

*Periost*

Spatium epidurale = Epiduralraum = Periduralraum = physiologischer Raum mit Venenplexus, Fettgewebe und Ligamenta

*Dura mater spinalis*

Hat die Form eines langgezogenen Sackes, ist am Schädel im Bereich des Foramen occipitale und

durch das Filum terminale durale am zweiten Kokzygealwirbel verankert, hoher Gehalt an

elastischen Fasern ermöglicht Anpassung an die Beweglichkeit der Wirbelsäule

*Arachnoidea mater*

Bildet Septen und Bälkchen (Ligamentum denticulatum) für die Fixierung des Rückenmarks

Spatium subarachnoideum (Spatium subdurale)  
Cisterna lumbalis

*Pia mater*

Überzieht Rückenmark und die Spinalnervenwurzeln im Subarachnoidalraum

### **Arterielle Versorgung der Hirnhäute**

Vordere Schädelgrube: A. carotis interna → A. ophthalmica → A. ethmoidalis anterior → A. meningea anterior

Mittlere Schädelgrube: A. carotis externa → A. maxillaris → A. meningea media

Hintere Schädelgrube: A. carotis externa → A. pharyngea ascendens → A. meningea posterior

### **Innervation der Hirnhäute**

Vordere Schädelgrube, Falx cerebri, oberes Tentorium cerebelli: N. ophthalmicus (V1)

Mittlere Schädelgrube: N. maxillaris (V2) und N. mandibularis (V3)

Hintere Schädelgrube: N. vagus (X) und Rami meningei der ersten drei Zervikalnerven, unteres Tentorium cerebelli

Arterielle Versorgung der Rückenmarkshäute: Rami spinales

Innervation der Rückenmarkshäute: Rami meningei der Spinalnerven

## 6. GEFÄßVERSORGUNG [15. VS]

### 6.1. ARTERIEN

Die Versorgung des Gehirns erfolgt über vier große Gefäße:

zwei Aa. carotides internae und zwei Aa. vertebrales

#### **A. carotis interna**

Pars cervicalis: steigt im Spatium parapharyngeum mit der V. jugularis und dem N. vagus zur Schädelbasis auf

Pars petrosa: durch den Canalis caroticus, im Felsenbein

Pars cavernosa: im Sinus cavernosus gelegen, beschreibt eine S-förmige Krümmung = Karotissiphon

Pars intracranialis (cerebralis): zwischen Chiasma opticum und Processus clinoideus anterior durchbohrt sie die Dura, verläuft horizontal nach hinten, spaltet sich T-förmig in ihre beiden Endäste auf: A. cerebri anterior und media

Sie gibt folgende Äste ab:

A. hypophysialis superior, A. ophthalmica, A. communicans posterior, A. choroidea anterior

A. cerebri anterior: die beiden Aa. cerebri anteriores sind durch die A. communicans anterior verbunden, verlaufen an der medialen Fläche der Hemisphären über den Balken nach hinten

A. cerebri media: zieht in die Fossa lateralis, hat das größte Versorgungsgebiet

#### **A. vertebralis**

Pars praevertebralis: gelangt aus der A. subclavia auf Höhe der 1. Rippe bis zum Tuberculum caroticum des 6. Halswirbels

Pars vertebralis: steigt durch die Foramina der Querfortsätze des 6. bis 2. Halswirbels zur Schädelbasis auf

Pars atlantis: S-förmige Krümmung auf dem ersten Halswirbel

Pars intracranialis: steigt lateral der Medulla oblongata auf

Äste: Aa. spinales posteriores, A. spinalis anterior, A. cerebelli inferior posterior (PICA im angloamerikanischen Raum)

Die Aa. vertebrales beider Seiten vereinigen sich an der Pons-Medulla-Grenze zur unpaaren A. basilaris, die folgende Äste aufweist: A. cerebelli inferior anterior (AICA), Aa. pontis, A. labyrinthi, A. cerebelli superior

Die A. basilaris teilt sich hinter dem Tuberculum sellae in ihre Endäste: Aa. cerebri posteriores (Versorgungsgebiet: Hirnstamm, Occipitallappen, basaler Temporallappen)

#### **Circulus arteriosus cerebri (Willisi)**

= geschlossener arterieller Ring an der Hirnbasis, im Subarachnoidalraum, z.T. erhebliche Variationen

Durch Anastomosen (Aa. communicantes posteriores) kommuniziert der Blutstrom der Vertebralarterien mit dem der Karotiden; mit der Verbindung der Aa. cerebri anteriores durch die A. communicans anterior ist der Kreis geschlossen; die drei großen Gefäße (A. cerebri anterior, media und posterior), die das Gehirn versorgen, sind durch den Circulus arteriosus miteinander verbunden

## Aa. und Rr. Spinales

Halsmark: A. subclavia → A. vertebralis → A. spinalis anterior und Aa. spinales posteriores

A. subclavia → A. cervicalis profunda  
A. subclavia → A. cervicalis ascendens

Brustmark: Aorta thoracica

Lumbosakralmark: Aorta abdominalis → Aa. lumbales

*Rr. spinales* treten durch das jeweilige Foramen intervertebrale

A. spinalis anterior und Aa. posterolaterales (Fortsetzung der Aa. spinales posteriores) bilden ein Gefäßnetz um das Rückenmark und werden von den Rr. spinales zusätzlich gespeist

## 6.2. VENÖSE ABFLUßWEGE

### Oberflächliche Hirnvenen, Brückenvenen, Mündungen

Vv. cerebri superiores (10–15 pro Hemisphäre): sammeln das Blut von Frontal- und Parietallappen und leiten es in den Sinus sagittalis superior

Vv. cerebri inferiores: sammeln Blut aus dem Temporal- und Occipitallappen, münden in den Sinus transversus und Sinus petrosus superior

Brückenvenen: oberflächliche Venen, verlaufen von der Gehirnoberfläche in den Subarachnoidalraum, durchbohren dann die Arachnoidea und anschließend die Dura, an der sie fixiert sind

Die Arachnoidea ist gegen die Dura verschieblich; bei einem Schädeltrauma reißen die Brückenvenen → Blutung im subduralen Spalt, Kompression des Gehirns

### Tiefe Hirnvenen, V. cerebri magna: Lage und Mündung

Tiefe Hirnvenen → V. cerebri magna → Sinus rectus

V. basalis: Balken, Insel, Putamen, Pallidum

V. cerebri interna: Thalamus, Ncl. caudatus

### Sinus durae matris und Abflusswege

Befinden sich in einem Spaltraum der Dura

sammeln Blut aus Gehirn, Hirnhäuten und Orbita

leiten es in die V. jugularis interna (beginnt im Foramen jugulare)

haben keine Muskulatur und keine Klappen

Sinus sagittalis superior: im Oberrand der Falx cerebri

Sinus sagittalis inferior: im Unterrand der Falx cerebri

Confluens sinuum: hier münden Sinus sagittalis superior und inferior

Sinus transversus: zu beiden Seiten des Confluens sinuum

Sinus sigmoideus: setzt Sinus transversus fort, rahmt S-förmig die hintere Schädelgrube ein, endet im Foramen jugulare

Sinus sphenoparietalis: liegt am kleinen Keilbeinflügel zwischen vorderer und mittlerer Schädelgrube, mündet in den Sinus cavernosus

Sinus cavernosus: gekammertes Hohlraumssystem zu beiden Seiten der Hypophyse, mündet in den Sinus petrosus superior und inferior

Sinus petrosus superior: liegt an der oberen Kante des Felsenbeins → Sinus sigmoideus → V. jugularis int.

Sinus petrosus inferior: liegt in der unteren Kante des Felsenbeins → Sinus sigmoideus → V. jugularis int.

### **Vv. emissariae**

Vv. emissariae parietalis, mastoidea, condylaris und occipitalis

Klappenlose Venen; verbinden durch Öffnungen im Schädelknochen Sinus mit Diplovenen sowie äußeren Kopfvenen

Funktion: sie können intrakranielle Druckschwankungen ausgleichen, da das Blut in beide Richtungen fließen kann (intra ↔ extrakraniell)

Gefahr: Infektionen der Kopfweichteile können auf die Hirnhäute übertragen werden

### **Vv. diploicae**

Liegen im Inneren des Schädelknochens, haben Verbindung zu den Sinus und zu den Venen der Kopfschwarte

## **6.3. KLINISCHE ANATOMIE**

Epidurale Blutung

Subdurale Blutung

Subarachnoidale Blutung

Sinusthrombose

Hirnvenenthrombose

Projektion der Hirngefäße im Angiogramm

## 7. SEHORGAN

### 7.1. ORBITA

#### 7.1.1. Form, Lage

Wandungen, Nachbarschaftsbeziehungen, Aditus orbitae, Periorbita

#### 7.1.2. Peri- und retrobulbärer Bindegewebsraum

Verlauf und Versorgungsgebiete der A. ophthalmica, des N. ophthalmicus und der Augenmuskelnerven

Ganglion ciliare: Lage, zu- und wegführende Nerven

#### 7.1.3. Bulbus oculi

### 7.2. ENTWICKLUNG

Augenbläschen, Augenbecher, Augenbecherspalte, Entstehung der vorderen Augenkammer, A. hyaloidea

Retina, Iris, Ciliarkörper

Linse

Choroidea, Sclera, Cornea

Fehlbildungen: Anophthalmie, Kolobom, Katarakt

### 7.3. GESTALT, GLIEDERUNG, FORM

Wandschichten

Iris, Pupille

Glaskörper

Linse: Form, Lage, Befestigung

Augenkammern, Augenkammerwasser

### 7.4. BAU UND MIKROSKOPISCHE ANATOMIE

Schichten der Retina und ihr Feinbau, neuronale Gliederung, regionale Unterschiede

Histophysiologie des Sehorgans

Linse

Ciliarkörper, Iris

Akkommodationsapparat mit Innervation und Funktion

Glaskörper

Choroidea, Cornea, Sclera

Blutversorgung

Augenhintergrund: Macula, Papille

## 7.5. N. OPTICUS UND SEHBAHN

Verlauf

Beziehungen zu den Hirnhäuten

A. centralis retinae

Sehbahn

Optische Reflexbahn

## 7.6. BEWEGUNGSAPPARAT DES BULBUS OCULI

Äußere Augenmuskeln: Ursprung, Ansatz, Wirkungsweise, Innervation

Vagina bulbi, Spatium episclerale

## 7.7. SCHUTZEINRICHTUNGEN

### 7.7.1. Augenlid

Oberflächenbedeckung, Wimpern

Muskeln mit Innervation

Tarsus

Drüsen

### 7.7.2. Bindehaut

Tunicae conjunctivae bulbi et palpebrarum

Konjunktivalsack

sensible Innervation, Kornealreflex

### 7.7.3. Tränendrüse, Tränenwege

Lage, sekretorische Innervation

Drüsenausführungsgänge, Verlauf und Mündung

Tränenableitene Organe

Ductus nasolacrimalis: Zuflüsse, Verlauf, Mündung

Tränenflüssigkeit, Lidschlag

Histophysiologie

## 7.8. KLINISCHE ANATOMIE

Hemianopsien

Ausfallerscheinungen bei Lähmungen der Augenmuskelnerven

Hornersches Syndrom

## 8. HÖR- UND GLEICHGEWICHTSORGAN

### 8.1. GRUNDKENNTNISSE DER ENTWICKLUNG DES HÖR- UND GLEICHGEWICHTSORGANS

Ohrplakode, -bläschen

Bildung von Bogengängen und Schnecke

Beziehung des Innenohres zum Kopfdarm

Herkunft von Gehörknöchelchen, Mittelohr, Tube und Trommelfell

Viszeralbögen und -taschen

Grundvorstellungen über die Entstehung und Lageentwicklung des äußeren Ohres

### 8.2. ÄUßERES OHR

#### 8.2.1. Ohrmuschel, äußerer Gehörgang, Trommelfell

Aufbau

Drüsen

Trommelfell mit Nachbarschaftsbeziehungen

Innervation

### 8.3. MITTELOHR

#### 8.3.1. Paukenhöhle

Wandungen und Nachbarschaftsbeziehungen

Etageneinteilung

Antrum mastoideum, Cellulae mastoideae

Regionäre Lymphknoten

Sensible Innervation

Tuba auditiva: Verlauf, Mündung, Wandbau

Ventilation der Paukenhöhle

Nerven im Bereich der Paukenhöhle: N. facialis, Chorda tympani, N. petrosus minor

#### 8.3.2. Gehörknöchelchen

Form, Verbindungen, funktionelle Bedeutung

Muskeln

## 8.4. INNENOHR

### 8.4.1. Labyrinth

Lage und Gliederung des knöchernen und membranösen Labyrinths

Perilymph- und Endolymphräume

Lage von Porus und Meatus acusticus internus

Inhalt des Meatus acusticus internus

### 8.4.2. Gleichgewichtsorgan

Bestandteile und deren Bau

Orientierung der Bogengänge

Rezeptoren: Lage, Feinbau

Histophysiologie

Gleichgewichtsbahn

### 8.4.3. Hörorgan und Hörbahn

Anordnung, Verlauf und Wandungen von Scala vestibuli, Scala tympani und Ductus cochlearis

Fenestra vestibuli, Fenestra cochleae, Membrana tympani secundaria

Mikroskopische Anatomie und Histophysiologie des Cortischen Organs

Lage von Ganglion vestibulare und Ganglion cochleare

Hörbahn

## 8.5. KLINISCHE ANATOMIE

Zugänglichkeit des Trommelfells

Unterschiedliche Stellung des Trommelfells beim Kleinkind und Erwachsenen