

ANATOMIE DES MENSCHEN

EIN LEHRBUCH FÜR STUDIERENDE UND ÄRZTE

VON

HERMANN BRAUS

WEIL. O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT
DIREKTOR DER ANATOMIE WÜRZBURG

DRITTER BAND

CENTRALES NERVENSYSTEM

VON

CURT ELZE

O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT
DIREKTOR DER ANATOMIE ROSTOCK

MIT 126 ZUM TEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN



BERLIN · VERLAG VON JULIUS SPRINGER · 1932

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1932 BY JULIUS SPRINGER IN BERLIN.
Softcover reprint of the hard cover 1st edition 1932

ISBN-13: 978-3-642-89295-0 e-ISBN-13: 978-3-642-91151-4
DOI:10.1007/978-3-642-91151-4

Vorwort.

HERMANN BRAUS war es nicht vergönnt das Werk zu vollenden, dem er durch mehr als 10 Jahre alle Kraft gewidmet hatte. Bald nach der Niederschrift des hoffnungsfreudigen Vorwortes zum 2. Bande begann ein schweres Leiden ihn an der Arbeit mehr und mehr zu hindern. Als er am 28. November 1924 diesem Leiden erlag, hinterließ er außer einer großen Zahl druckfertiger Abbildungen zu allen Teilen des noch fehlenden Bandes nur die erste etwas überarbeitete Niederschrift über das periphere Nerven- und Gefäßsystem des Rumpfes und zum Teil der oberen Extremität, sonst weder Entwürfe noch Notizen, aus denen sich hätte Wesentliches entnehmen lassen. Auf Wunsch der Hinterbliebenen habe ich die Fortführung des Werkes übernommen im vollen Bewußtsein der Schwierigkeit solcher Aufgabe, nicht ahnend freilich, daß, außer der Durcharbeitung des Stoffes im Sinne gerade dieses Werkes, mannigfache äußere Umstände die Arbeit durch Jahre verzögern würden. Deshalb habe ich mich auch entschließen müssen, zunächst nur einen Teil des Fehlenden herauszugeben, den Teil, mit welchem ich aus innerer Notwendigkeit die Arbeit beginnen mußte: das centrale Nervensystem.

Wie BRAUS sich die lehrbuchmäßige Darstellung des centralen Nervensystems gedacht hatte, weiß ich nicht, da ich nie mit ihm darüber gesprochen habe, ich habe darüber keine anderen Vermutungen, als sich aus den hinterlassenen Abbildungen ergeben. Mangels jeglichen bestimmten Anhaltspunktes habe ich die Lösung meiner Aufgabe also auf völlig eigenem Wege gesucht und kann nur hoffen, daß es in einem Sinne geschehen ist, dem BRAUS würde zustimmen können, ohne daß er selbst gerade diese Betrachtung gewählt hätte. Alle Darstellung lebendiger Gestaltung ist ja immer nur Bild und Ausschnitt, niemals volle Wirklichkeit, wie denn auch BRAUS' Darstellung des Bewegungsapparates nur eines von vielen möglichen Bildern ist, freilich ein höchst vollendetes. Niemand kann erwarten, gleiche Vollendung nun auch hier zu finden.

Bei der Auswahl des Stoffes habe ich das entscheidende Gewicht darauf gelegt ein einheitliches, geschlossenes Bild des centralen Nervensystems zu gewinnen und durch den Verzicht auf viele Einzelheiten zu erhalten. Um so leichter habe ich mich größerer Ausführlichkeit enthalten können, als erst beim peripheren Nervensystem manches hier Fehlende seinen Ort finden kann. Denn die Einheitlichkeit des gesamten Nervensystems fordert die einheitliche Darstellung von peripherem und centralem Nervenverlaufe, wenn die Verbundenheit von Centralnervensystem und Körperperipherie zum Ausdruck kommen soll. Aus diesem Grunde — so nehme ich an — hat BRAUS die Fragen der Segmentbezüge von Haut und Muskeln in seine Schilderung des peripheren Nervensystems eingefügt und nicht für die des centralen vorbehalten.

BRAUS selbst hatte vor, das centrale Nervensystem erst nach dem peripheren abzuhandeln, wie aus seiner allgemeinen Disposition in Band I (S. 2) hervorgeht. Nach Abwägung allen Für und Widers habe ich mich für die Umstellung entschlossen, so daß nun die Darstellung des centralen Nervensystems vorangeht wie die des centralen Gefäßorgans, des Herzens. Der 4. Band wird demnach

die peripheren Leitungsbahnen (Nerven, Blut- und Lymphgefäße), die Sinnesorgane und das vegetative Nervensystem enthalten.

Soweit fertige Abbildungen vorlagen, habe ich sie übernommen. Sie stammen von den Meistern AUGUST VIERLING in Heidelberg und WILHELM FREYTAG in Würzburg. Beide haben ihre Kunst für einige weitere Bilder auch mir zur Verfügung gestellt. Einige wenige Zeichnungen, die in Würzburg von anderer Hand gefertigt waren, mußten wegen technischer und sachlicher Mängel ausgeschieden werden. Ich habe die unter der Aufsicht von BRAUS hergestellten Abbildungen durch ein „Br.“ am Schlusse der Legenden kenntlich gemacht. Die noch fehlenden Zeichnungen hat ERNST LEVIN unter meiner Leitung angefertigt. Ohne seine verständnisvolle Mitarbeit wäre es nicht möglich gewesen, den vorliegenden Band durchgehends mit Abbildungen nach dem Muster der beiden ersten Bände auszustatten. Und ganz mit Recht hat BRAUS auf nicht nur sachlich begründete, sondern auch technisch gute Abbildungen von vornherein besonderen Wert gelegt.

Die technische Anordnung des Satzes ist die gleiche wie in den beiden ersten Bänden, die Art der Abbildungshinweise und des Registers wie in der 2. Auflage des 1. Bandes. — Die Abbildungen, soweit sie nicht Schnitte oder Schemata wiedergeben, gewinnen ihre volle Plastik erst bei monokularer Betrachtung. Es sei deshalb empfohlen, sie gegebenenfalls mit nur einem Auge zu betrachten oder mit einer schwachen Lupe.

Allen denen, welche mir unmittelbar oder mittelbar hilfreich gewesen sind, sei aufrichtig gedankt, ganz besonders Herrn Privatdozenten Dr. v. HAYEK, der mir seine Erfahrung, Präparierkunst und freie Zeit bereitwilligst zur Verfügung gestellt hat. Großen Dank schulde ich dem Verleger des Werkes, Herrn Dr. FERDINAND SPRINGER, dessen Entgegenkommen und dessen Langmut ich allzusehr habe in Anspruch nehmen müssen. Auch die Geduld aller Derer, welche auf den Abschluß des Werkes warten, habe ich auf eine harte Probe stellen müssen. Ich denke aber, daß ich nunmehr die Arbeit an dem 4. Bande in etwa Jahresfrist zu Ende führen kann.

Rostock, 5. Juni 1932.

C. ELZE.

Inhaltsverzeichnis.

Centrales Nervensystem.

	Seite
I. Allgemeines	1
1. Einleitung	1
2. Allgemeine Morphologie des Centralnervensystems	2
3. Grundplan des Centralnervensystems	5
4. Bauelemente des Nervensystems	13
Nervenzellen S. 13. — Nervenfasern S. 18. — Neuron und Neurontheorie S. 21. — Nervenendigungen S. 24. — Degeneration und Regeneration S. 26. — Neuroglia und Neurilemm S. 27.	
II. Rückenmark (Medulla spinalis)	30
1. Form und Lage	30
2. Bauplan des Rückenmarks	35
3. Weiße und graue Substanz des Rückenmarks	40
Form der grauen Substanz S. 40. — Weiße Substanz S. 40.	
Feinerer Bau der grauen Substanz S. 41. — Wurzelzellen S. 41. — Strangzellen S. 42. — Fasern der grauen Substanz S. 44. — Substantia gelatinosa Rolandi S. 44. — Zona spongiosa S. 45.	
Bau der weißen Substanz S. 45. — Wurzeintrittszone S. 46. — Stränge der weißen Substanz S. 49.	
Anteil des Elementarapparates S. 49. — Grundbündel S. 49. — Fasciculus longitudinalis medialis S. 50. — Tractus vestibulo-spinalis S. 50. — Tractus tecto-spinalis S. 51.	
Anteil des Integrationsapparates S. 51. — Tractus spino-cerebellaris dorsalis et ventralis S. 51. — Tractus reticulo- et rubro-spinalis S. 52. — Tractus spino-tectalis et spino-thalamicus S. 53. — Hinterstrangbahn S. 53. — Pyramidenbahn S. 55.	
4. Das Rückenmark als Ganzes	57
5. Anteil des vegetativen Nervensystems am Rückenmark.	62
III. Gehirn (Cerebrum)	66
1. Hirnstamm	67
a) Äußere Form	67
Hinterhirn S. 68. — Medulla oblongata S. 69. — Brücke S. 70. — Ventriculus quartus S. 71. — Mittelhirn S. 74. — Zwischenhirn S. 75. — Vorderhirn S. 78. — Basalganglion S. 79.	
b) Feinerer Bau des Hirnstammes	79
Medulla oblongata S. 80. — Brücke S. 85. — Mittelhirn S. 88. — Zwischenhirn S. 91. — Basalganglion S. 95.	
c) Elementarapparat des Hirnstammes	96
Elementarapparat des Hinterhirns S. 99.	
Nucleus reticularis (Nucleus motorius tegmenti) S. 101. — Fasciculus longitudinalis medialis S. 101. — Leitungsbögen und Reflexe des Nervus trigeminus S. 102. — Schluckreflex S. 103. — Centren der Medulla oblongata S. 104. — Leitungsbögen des Nervus cochlearis et vestibularis S. 105.	
Elementarapparat des Mittelhirns S. 106.	

	Seite
d) Der Integrationsort im Mittelhirndach	106
e) Dem Integrationsapparat zugehörige Teile des Hirnstammes	108
Faserzüge des Integrationsapparates S. 108. — Kleinhirnleitungsbögen S. 109. — Leitung der protopathischen und der epikritischen Sensibilität S. 109. — Umschaltungsstellen des Integrationsapparates S. 109. — Nucleus ruber S. 109. — Thalamus S. 110. — Basalganglion S. 111.	
2. Kleinhirn (Cerebellum)	115
a) Allgemeine Morphologie	115
Urkleinhirn S. 118. — Vermis S. 118. — Formatio floccularis S. 118. — Neukleinhirn S. 119. — Hemisphären S. 119. — Tonsille S. 120. Beziehungen zwischen Körper und Kleinhirn S. 123.	
b) Feinerer Bau des Kleinhirns	124
Graue Substanz S. 124. — Weiße Substanz S. 125. — Assoziations-systeme des Kleinhirns S. 126. — Feinerer Bau der Kleinhirnrinde S. 127. — Stratum granulosum S. 127. — Stratum ganglionare S. 129. — Stratum moleculare S. 130. — Markhaltige Fasern der Rinde S. 130. — Die Kleinhirnrinde im ganzen S. 132. — Bau der Kleinhirnkerne S. 132.	
c) Leitungsbögen des Kleinhirns	133
Leitungsbögen des Urkleinhirns S. 133. — Leitungsbögen von Vestibularis und anderen Hirnnerven S. 133. — Hinterstrangbahnen zum Kleinhirn S. 136. — Seitenstrangbahnen zum Kleinhirn S. 137. Leitungsbögen des Neukleinhirns S. 138. — Brückenbahn S. 138. — Centrale Haubenbahn und Oliven S. 139.	
d) Die Kleinhirnrinde als Integrationsort	140
3. Großhirn (Cerebrum, Pallium)	143
a) Neencephalon und Archencephalon	143
b) Äußere Form und Entwicklung des Großhirns	143
Grobe Form S. 145. — Fetales Großhirn S. 148. — Schema der Großhirnoberfläche des Erwachsenen S. 148. — Furchen und Windungen am voll entwickelten Großhirn S. 150.	
c) Ventrikel des Großhirns	157
Tela und Plexus chorioideus S. 159.	
d) Feinerer Bau des Großhirns	159
a) Bau der Rinde	160
Cytoarchitektonik S. 161. — Myeloarchitektonik S. 166. — Myelogenetische Gliederung S. 167.	
β) Bau des Markes	168
Projektionssysteme S. 169. — Capsula interna S. 170. — Stabkranz des Thalamus (Corona radiata) S. 170. — Tastleitungsbogen S. 171. — Sehbahn S. 173. — Hörbahn S. 174. Assoziationssysteme S. 174. — Kurze Assoziationssysteme S. 174. — Lange Assoziationssysteme S. 175. Commissurensysteme S. 177. — Commissura anterior S. 178. — Corpus callosum S. 179.	
e) Die Großhirnrinde als Integrationsort	185
Tastcentren S. 186. — Seh- und Hörcentren S. 187. — Sprachcentren S. 187.	
4. Riechhirn.	190
a) Äußere Form	190
b) Leitungsbögen des Riechhirns	195
Tractus hippocampo-mamillaris (Fornix) S. 195. — Stria medullaris thalami S. 197. — Fornix longus S. 197. — Taenia semicircularis S. 197.	
5. Das Nervensystem als Ganzes	197

	Seite
IV. Hüllen (Meninges) und Gefäße des Centralnervensystems	201
1. Hüllen des Rückenmarks	201
2. Hüllen des Gehirns	205
3. Blutgefäße des Rückenmarks	210
4. Blutgefäße des Gehirns	212
a) Arterien des Gehirns	212
Verhalten der Arterien innerhalb der Hirnsubstanz S. 214.	
b) Venen des Gehirns	214
Sinus durae matris S. 214. — Eigentliche Hirnvenen S. 216.	
Sachverzeichnis	218

Tabellen.

<i>Tabelle der Bezeichnungen für das Rückenmark, Medulla spinalis</i>	36
<i>Tabelle der Leitungsbahnen im Rückenmark</i>	64
<i>Tabelle der Anteile des Nucleus reticularis</i>	100
<i>Tabelle der Fasersysteme des Hirnstammes</i>	108
<i>Tabelle der Faserbeziehungen des Nucleus ruber</i>	110
<i>Tabelle der Kerne und der Faserbeziehungen des Thalamus</i>	112
<i>Tabelle der Faserbeziehungen des Basalganglions</i>	114
<i>Tabelle der Bezeichnungen für das Kleinhirn</i>	121
<i>Tabelle der afferenten und efferenten Fasersysteme des Kleinhirns</i>	142
<i>Übersicht über die Leitungsbögen des Riechhirns</i>	195
<i>Übersicht über die Leitungsbögen der Großhirnrinde</i>	196

Centrales Nervensystem.

I. Allgemeines.

1. Einleitung.

Zu den elementaren und wesenbedingenden Eigenschaften der lebendigen Substanz gehört die Fähigkeit und zugleich der Zwang, auf Reize, d. h. auf Zustandsänderungen außen und innen, so zu antworten, daß der Fortgang der Lebenserscheinungen nicht unterbrochen wird, soweit dies die Größe des Reizes gestattet. Diese Irritabilität eignet auch den Bauelementen des menschlichen Körpers, ohne sie wäre kein Leben, keine Gestaltungs-, keine Betriebsfunktion möglich. Darüber hinaus ist in das Getriebe aller Tiere, mit Ausnahme der niedersten, das Nervensystem eingeschaltet, welches dank seiner besonders entwickelten Fähigkeit, Reize aufzunehmen, fortzuleiten und abzustimmen, den Verkehr des Organismus mit der Außenwelt und den seiner einzelnen Teile untereinander vermittelt. Durch das Nervensystem ist der Organismus außer der Gestalt auch dem Betriebe nach ein harmonisches Ganzes. Organe in der Peripherie nehmen die Reize auf, Kabel leiten sie fort, eine Zentrale schaltet sie um auf Kabel zur Peripherie zurück. So setzt sich das Gesamtnervensystem zusammen aus Sinnesorganen, peripheren Leitungen und Centralorgan.

Der Weg der Erregungsleitung führt von dem reizaufnehmenden, receptorischen Organ auf der „afferenten“ Nervenbahn zum Centralnervensystem und von diesem auf der „efferenten“ Bahn zum Erfolgs- oder effectorischen Organ in die Peripherie zurück. Das centrale Nervensystem ist doppelt mit der Körperperipherie verbunden, durch hin- und zurückleitende Bahnen. Das ist die morphologische Grundlage seines Getriebes, zugleich die seiner Gestaltung. Denn je zahlreichere Nervenbahnen aus einem bestimmten Abschnitt der Körperperipherie zur Centrale führen, desto größer ist die Zahl der Schaltstellen in dieser. So erhält jeder Teil der Peripherie mit seinen reizaufnehmenden Organen und Nervenbahnen seine Umschaltstellen und damit seine zugehörigen Nervenzellen im Centralorgan, und wir finden in ihm so gut die dem Gehörorgan wie die dem Zwerchfell oder dem Musculus quadriceps femoris zugehörigen Zellgruppen.

In dem segmentalen Grundplan des Wirbeltierkörpers gehört zu jedem Segment auch ein Anteil des Nervensystems: receptorische und effectorische Organe mit afferenten und efferenten Leitungen und den nötigen Schaltungen im Centralorgan. Ausdruck dieser elementaren Zusammengehörigkeit ist die Vertretung jedes Teils der Körperperipherie in ganz bestimmten Abschnitten des Centralorgans. In dieser Zugehörigkeit liegt die historische und ein großer Teil der kausalen Bedingtheit der Anordnung und des Baues des gesamten Nervensystems, zugleich die Ursache für die gestaltliche Änderung des Nervensystems bei gestaltlicher Änderung der Peripherie. Keine Änderung der Körperperipherie ohne entsprechende Änderung des Nervensystems. Es ist kein Zufall,

daß der aufrechte Gang des Menschen mit allen seinen neuen Möglichkeiten für den Organismus einhergeht mit der mächtigen Entfaltung des Großhirns. In der unausweichlichen Verknüpfung zwischen Körper und Nervensystem liegt der Schlüssel für die stammesgeschichtliche Ausgestaltung des Gesamtnervensystems. Für die des Centralorgans im besonderen kommt hinzu das Einlegen neuer Leitungen und Schaltungen, welche den ursprünglichen übergeordnet werden, neue Mannigfaltigkeit in die Verbindung der eintreffenden Reize, der Ursprungs- und der Erfolgsorgane bringen. So wirkt das centrale Nervensystem wieder zurück auf den Körper. Körper und Nervensystem stehen in ständiger Wechselwirkung funktioneller wie gestaltender Art.

Hier erhebt sich jedoch eine Schwierigkeit von grundsätzlicher Bedeutung. Bei der näheren Betrachtung der Funktionen des Nervensystems unter normalen und abnormen Bedingungen fehlt uns die Möglichkeit, die funktionellen Tatsachen mit den anatomischen ganz in Einklang zu bringen. Wir müssen uns vorläufig damit bescheiden, Bau und Funktion des Nervensystems wenigstens im groben aufeinander beziehen zu können, ohne mit den bisher gewonnenen Kenntnissen wirklich die Tiefe zu erreichen. Gibt es doch alte Versuche, z. B. mit mehrfacher halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarkes, deren Ergebnisse den anatomischen Befunden geradeswegs zuwiderzulaufen scheinen. Wir sind zwar von der gegenseitigen Abhängigkeit von Gestalt und Funktion auch im Nervensystem durchaus überzeugt, haben aber nur sehr geringen Einblick, welche von den uns aus der Gestalt ersichtlichen Verwendungsmöglichkeiten wirklich betätigt werden. Aus dem Bau auf die Funktion — und umgekehrt — zu schließen, vermögen wir nur in sehr bescheidenem Maße, keinesfalls erschöpfend, am wenigsten beim Nervensystem. Bei der schier unübersehbar großen Zahl von Leitungen, Schaltungen und Möglichkeiten ihrer Verwendung muß jede Darstellung sehr stark schematisieren und hat in ihrer notwendigen Beschränkung auf die größten Erscheinungen nur beschränkten Wirklichkeitswert.

2. Allgemeine Morphologie des Centralnervensystems.

Den peripheren nervösen Leitungsbahnen wird mit guten morphologischen und physiologischen Gründen das nervöse Centralorgan gegenübergestellt, obwohl es mit den peripheren Bahnen zusammen eine große Einheit darstellt, deren Teile vollkommen aufeinander angewiesen sind. Aber der ausgiebigen Verästelung der peripheren Nerven steht die Geschlossenheit des Centralorgans, ihrer alleinigen Aufgabe der reinen Fortleitung von Erregungen seine höhere Leistung als Organ der Umschaltung, der Verteilung, der quantitativen und qualitativen Änderung der Erregungen gegenüber. Dem Centralorgan werden alle im Gesamtkörper ständig entstehenden einfachen Erregungen auf peripheren Leitungswegen zugeführt, werden in ihnen gesammelt, verarbeitet, und als einfache, aber veränderte Impulse auf peripheren Bahnen dem Körper zurückgegeben.

Am Centralorgan unterscheidet man nach der äußeren Gestalt zwei Hauptabschnitte: Rückenmark, Medulla spinalis, und Gehirn, Cerebrum, Encephalon, — das Rückenmark von der Form eines Stabes, das Gehirn an seinem vorderen Ende wie des Stabes reich gestalteter Knauf. Das Rückenmark ist in den Kanal des Rückgrates, der Wirbelsäule, das Encephalon in die Höhle des Kopfes, des Schädels eingeschlossen. Die Grenze zwischen Rückenmark und Gehirn entspricht der Grenze zwischen Wirbelsäule und Schädel. Diese Grenzbestimmung geht von den fertigen Formen aus. Richtiger ist es, wie am Skelet, so auch am Centralnervensystem den segmentierten und den unsegmentierten Abschnitt zu unterscheiden und als Rückenmark den zum segmental gebauten,

als Gehirn den zum nicht segmental gegliederten Abschnitt des Körpers gehörigen Teil des Centralnervensystems zu bezeichnen. Wenngleich am nervösen Centralorgan selbst zu keiner Zeit der Entwicklung eine wirklich deutliche segmentale Gliederung besteht, so läßt sich dennoch in allen Phasen derjenige Teil, welcher die segmental angeordneten peripheren Nerven des segmentierten Körpergebietes trägt, abgrenzen gegen den vordersten Teil, welcher dem von vornherein unsegmentierten Körperabschnitt zugehört, dem eigentlichen Kopf und dem Kiemenbereich.

Es liegt im Wesen des Centralnervensystems als des Organs der Kombination der nervösen Erregungen begründet, daß es keine reine metamere Gliederung aufweisen kann wie die peripheren Bahnen, welche nur die Aufgabe der Fortleitung der Erregung zu erfüllen haben. Gerade die Übertragung der Erregung, welche in dem einzelnen Segment des Körpers entsteht, auf andere Segmente ist eine der wesentlichen Leistungen des Centralorgans, das Zusammenschließen der Einzelteile des Körpers zu dem lebendigen Gesamtorganismus. Durch die peripheren Nerven allein ist diese Verbindung nicht möglich. Verbindungen innerhalb des Centralorgans, „centrale“ Leitungsbahnen, führen über die Segmentgrenzen und über die Grenze zwischen segmentiertem und unsegmentiertem Abschnitt hinweg. Die wesentlichen Teile des Centralnervensystems sind übersegmental und schließen eine metamere Durchgliederung aus.

Das Grundelement des Nervensystems ist das Neuron, die Nervenzelle mit ihren Fortsätzen. Die Konstruktionsidee, welche der nachstehenden Analyse des Centralorgans untergelegt ist, ist die Bildung von Leitungsbögen durch Aneinanderschaltung von mehreren solcher Elemente.

Der einfachste Leitungsbogen besteht aus zwei Neuren. Seinen afferenten Schenkel bildet das centripetale Neuron, welches in der Peripherie mit einem receptorischen Endorgan etwa in der Haut, in einer Sehne, im Gehörorgan beginnend den Reiz dem Centralorgan übermittelt. In diesem erfolgt die Umschaltung auf den efferenten Schenkel, das centrifugale Neuron, welches die Erregung in den Körper hinausführt zu dem effectorischen, dem Erfolgsorgan, der Muskulatur. Der Reiz, der durch plötzliche Dehnung, durch Beklopfen der Patellarsehne gesetzt wird, löst auf solchem Wege eine Kontraktion des *Musc. quadriceps femoris*, eine Streckbewegung im Kniegelenk aus (Patellarreflex). Diesem einfachen Leitungsbogen sind Bögen höherer Ordnung übergeschaltet, in der Weise, daß zwischen afferentes und efferentes Neuron ein oder mehrere Schaltneuren eingelegt sind, welche die Erregung außer auf das eine zugleich auf eine größere Zahl anderer efferenter Neuren übertragen. Der Reiz wird dem Erfolgsorgan seines Angriffsortes übermittelt, zugleich aber auf größere Körperabschnitte, unter Umständen auf den ganzen Körper übertragen: der Reiz, welchen die stechende Mücke unerwartet auf der Haut setzt, führt zu einer heftigen Abwehrbewegung. Mit diesen Leitungsbögen erster und zweiter Ordnung, den direkten und indirekten Reflexbögen der Physiologie, ist das Wesen des Baues des Centralnervensystemes nicht erschöpft, sie stellen nur einen elementaren Apparat dar für die Funktion von kleineren und größeren Einzelteilen des Organismus. Dem Elementarapparat sind weitere Leitungsbögen übergeordnet, die ihn über die Leistung am Einzelteil in den Dienst für den Gesamtorganismus erheben. Diese Leitungsbögen dritter Ordnung führen die Erregungen aus der gesamten Körperperipherie zu bestimmten Punkten des Centralorgans, an denen die Impulse vereinigt, zusammengefaßt, gesichtet, geordnet werden. Nach Art, Zahl und Maß verändert, gelangen sie auf den efferenten Schenkeln dieser Bögen zur Peripherie zurück, nun nicht mehr Einzelleistung, sondern harmonische Gesamtleistung bewirkend.

Ständig fließen dem Centralnervensystem Erregungen aus allen Teilen des Körpers zu, ständig strömen sie aus dem Centralorgan zum ganzen Körper zurück. Centralnervensystem und Körper stehen in steter Wechselwirkung, unterstehen gegenseitiger Beeinflussung, halten sich gegenseitig in Spannung. Niemals herrscht Ruhe, immer Wechsel, Geschehen und Werden, nicht Sein, Stillstand. Das gilt für die Betriebsfunktionen des Nervensystems, in gleicher Weise aber auch für seine Gestaltungsfunktionen.

Die Ganglienzellen der afferenten Neuren der Leitungsbögen liegen vorwiegend außerhalb des Centralorgans (sie bilden die Spinalganglien und die ihnen entsprechenden Ganglien der Kopfnerven). Alle anderen Neuren, auch die Zellen der efferenten, liegen im Centralorgan selber. Sie machen die Hauptbestandteile des Centralorgans aus: die Zellen, in Gruppen zusammengeschlossen, stellen dessen „Kerne“, ihre Neuriten die „centralen Leitungsbahnen“ dar.

So im animalen Nervensystem. Das vegetative, das Nervensystem der Eingeweide, hat einen wesentlichen Teil seiner Umschaltungsstellen in der Peripherie. Bei der Darstellung des nervösen Centralorgans soll zunächst nur das animale System berücksichtigt werden.

Zu jedem Muskel des Bewegungsapparates zieht ein Bündel von Neuriten efferenter Neuren, deren jedes an einer Anzahl von Einzelfasern des Muskels mit motorischen Endplatten endigt. Die Zellen dieser Neuren, die motorischen Ganglienzellen des Muskels, sind innerhalb des Centralorgans zu einer säulenförmigen Gruppe vereinigt, dem „Kern“ des Muskels. Je mehr Muskelfasern den Muskel aufbauen, desto mehr Ganglienzellen muß sein „Kern“ enthalten. Je mehr Muskeln im Körper differenziert werden, desto mehr „Kerne“ werden im Centralorgan gebildet.

Das gleiche gilt für die afferenten Neuren. Je mehr ihrer vorhanden, desto mehr Neuriten treten in das Centralorgan ein, desto mehr Schaltneuren müssen gegeben sein, um die Erregungen aufzunehmen und weiterzuleiten. Dabei besteht die Gesetzmäßigkeit, daß die Zellen der ersten Schaltneuren in der Nachbarschaft der eintretenden Fasern in Gruppen beieinander liegen („Kerne“ der afferenten Nerven, z. B. Kern des N. trigeminus).

Mit anderen Worten: jedem Muskel-, jedem Sinnesgebiet des Körpers gehören bestimmte Zellgruppen und Fasern des Centralorgans zu, welche zunächst dessen Elementarapparat bilden, wobei wie im Körper so auch im Centralnervensystem die Aufeinanderfolge der cranio-caudalen Richtung gewahrt bleibt. Der Elementarapparat von Gehirn und Rückenmark ist sozusagen ein aus Nervensubstanz gebildetes Modell des Körpers. Je mächtiger ein Körperteil entwickelt ist, desto mächtiger auch der zugehörige Hirnteil, seine centrale Repräsentation, sein „Centrum“. Körper und Centralnervensystem stehen in gestaltlicher Wechselwirkung: keine gestaltliche Änderung der Peripherie ohne entsprechende Änderung des Centralorgans, ohne welche der neue Teil funktionslos bleiben müßte.

In die Gestaltungsfunktionen des Centralnervensystems ist bislang nur geringer Einblick möglich. Die Wechselbeziehungen zur Körperperipherie und ihrer Leistung stehen außer Zweifel. Aber das Wesen ihres Einflusses auf die Anordnung der Zellgruppen und der Fasern im Innern des Centralorgans und ihrer modellierenden Einwirkung auf seine Oberfläche ist noch nicht faßbar. Alle Versuche in dieser Richtung haben über die Beschreibung hinaus zur Enthüllung des Kausalzusammenhanges nicht vordringen können. Eines scheint gegenüber etwa dem Skeletsystem gewiß: das Centralnervensystem ist nicht nach dem Minimum-Maximumprinzip gebaut, sofern darunter eine Konstruktion verstanden wird, in welcher mit einem Minimum

von Material und Energie das Maximum von Leistung erzielt wird, womit implicite gesagt ist, daß kein unbeanspruchter, entbehrlicher Teil in ihr enthalten ist. Im Centralnervensystem, ganz besonders im Großhirn, liegen, wie sich aus der späteren Darstellung ergeben wird, zahlreiche Leitungen, deren Tätigkeit im Leben des Trägers niemals erkennbar ist. Es ist seinem Bau nach zu viel größerer, umfassenderer Leistung befähigt als es beim Einzelmenschen verrichtet, und nur bei dem Genius eröffnet es die ganze Fülle seiner Möglichkeiten und schafft dessen einzigartiges Gesamtbild geistiger und körperlicher Haltung. Für das gewöhnliche Geschehen mag man immerhin in diesem Überfluß eine sehr ausgiebige Sicherung gegen eintretende Schäden erblicken. Im Gegensatz zu fast allen übrigen Elementen des Körpers hat die ausgebildete, funktions-tüchtige Ganglienzelle nicht die Fähigkeit der Teilung. Ersatz zerstörter Ganglienzellen ist darum nur durch das Eintreten anderer, ungeschädigter möglich. Die Erregungen werden über andere Leitungswege geführt, so wie nach einem Eisenbahnunglück die Züge über Gleise geleitet werden, über die der gewöhnliche Verkehr nicht läuft. Doch lehrt die Erfahrung, daß trotzdem jede größere, auch rein örtliche Schädigung des Nervensystems stets auf den Gesamtorganismus zurückwirkt.

Die funktionelle Beanspruchung des Nervensystems führt zum funktionellen Zusammenschluß vorhandener Neuren zu Leitungsbögen, zur „Bahnung“, in der frühesten Jugend auch zur Ausbildung neuer leistungsfähiger Neuren, und zwar gesteigerte Inanspruchnahme zu vermehrter Ausbildung, allerdings innerhalb enger Grenzen. Die Mehrzahl der Leitungsbögen wird in der Entwicklung ohne funktionellen Reiz durch Aneinanderschließen der Neuren hergestellt. Dabei werden jedenfalls außerordentlich viel mehr Verbindungen gebildet als für den gewöhnlichen Betrieb benutzt werden. Die morphologisch durchgeführten Schaltungen werden nur zum geringen Teil zu den wirklich verwendeten Leitungsbögen gebahnt. Bei den übrigen ist, bildlich gesprochen, an der Grenze des einen Neurons gegen das andere, an der „Synapse“, ein Widerstand eingeschaltet, welcher den Erregungsstrom nicht durchgehen läßt. Er kann aufgehoben werden, z. B. durch Strychnin. Dann genügt die Reizung eines einzigen afferenten Neurons, um sämtliche Leitungsbögen in Gang zu setzen: die Berührung einer beliebigen Hautstelle führt zum Krampf der gesamten Körpermuskulatur.

3. Grundplan des Centralnervensystems.

Wie alle Wirbeltiere im Grundplan ihres Körpers übereinstimmen, so auch im Grundplan ihres centralen Nervensystems. Im einzelnen ist die Formenfülle so groß wie die Zahl der Arten. Wie nach den Knochen oder Zähnen ließe sich die Art nach dem Gehirn bestimmen. Innerhalb der Art bestehen so viele feinste Unterschiede wie Individuen. Und das phylogenetische Trägheitsmoment macht sich am Gehirn wie am Körper in rudimentären Teilen geltend, auch das Gehirn hat seine Afterklauen.

Rein äußerlich unterscheidet sich schon bei den niedersten Wirbeltieren das Gehirn vom Rückenmark: seine Beziehung zu den großen Sinnesorganen des Kopfes bedingt eine mannigfaltigere Formausgestaltung als sie das Rückenmark mit seiner gleichförmigeren, in segmentaler Abfolge sich wiederholenden Körperperipherie aufweist (Abb. S. 6). Das Rückenmark stellt ein im wesentlichen zylindrisches Gebilde dar, an welchem sich nur als leichte Anschwellungen diejenigen Abschnitte hervorheben, welche den Extremitäten zugehören. Ähnlich bedingte Anschwellungen führen durch mächtige Querschnittsentfaltung am Gehirn eine ausgesprochene Gliederung in einzelne Abschnitte herbei: die

Gehirn und
Rücken-
mark

Kiemen-, Seh- und Riechanschwellung. Rechte und linke Riechanschwellung stoßen in der Mittellinie nicht unmittelbar aneinander, sondern sind durch einen Hirnabschnitt anderer Bedeutung voneinander getrennt, das zwischen ihnen gelegene Zwischenhirn. Von vorn nach hinten folgen sich die Hirnteile in der Reihe: Riechhirn, Zwischenhirn, Sehhirn, Kiemenhirn. Man hat sie daher auch Vorder-, Zwischen-, Mittel- und Hinterhirn genannt oder Pros-, Di-, Mes- und Met-encephalon. Das Hinterhirn wird wegen seines Anschlusses an das Rückenmark, die Medulla spinalis, auch das verlängerte Mark, *Medulla oblongata*, genannt, wegen seiner kolbigen Form *Bulbus cerebri*. Am Hinterhirn und am Vorderhirn kommen durch Einlegen neuer Schaltungen neue Gehirnteile zur Ausbildung: das Kleinhirn und das Endhirn, *Cerebellum* (*Parencephalon*) und *Telencephalon*. Beide erfahren in der Stammesgeschichte eine mächtige Entwicklung, die sie zu ungefähr halbkugeliger Gestalt anschwellen

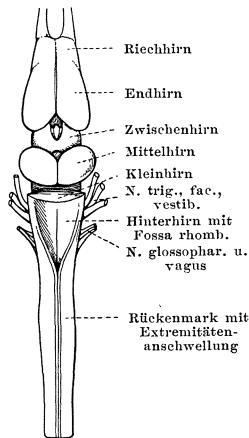


Abb. 1. Gehirn des Frosches (*Rana esculenta*). (Nach HOCHSTETTER: Vorträge des Vereins z. Verbr. nat. Kenntnisse. Wien 1912. 52. Jg., H. 11, S. 20.)

läßt: Hemisphären des Kleinhirns und des End-(Groß-)hirns. In diesen fällt der oberflächlichsten Schicht, der Rinde, *Cortex*, als Lagerstätte zahlreicher Nervenzellen und Umschaltungen eine besondere Rolle zu. Beim Gehirn des Menschen haben diese neuen Teile über die alten an Mächtigkeit so großes Übergewicht bekommen, daß das Urhirn vom Neuhirn ganz verdeckt wird und das ganze Gehirn bei oberflächlicher Betrachtung nur aus Großhirn und Kleinhirn zu bestehen scheint (Abb. S. 146).

Die verschiedene Bezeichnung der einzelnen Abschnitte des Centralnervensystems als Rückenmark und Gehirn, und weiter als Hinter-, Mittel-, Zwischen- und Vorderhirn darf uns nicht verleiten, das Ganze als aus einzelnen selbständigen, nur nachbarlich aneinandergefügten Teilen bestehend, vorzustellen. Die Grundform des Ganzen ist die eines vom Kopf bis zum Schwanz durchlaufenden hohlen Stabes. An verschiedenen Stellen ist dieser Stab deutlich und eigenartig verdickt. Sie werden mit besonderen Bezeichnungen belegt, ohne daß damit der Stab

durchsägt, die Einheitlichkeit des Ganzen zerstört werden soll und kann. Der natürlich gewachsene Knotenstock bleibt eine Einheit, auch wenn die Laune seines Besitzers an dem phantastisch gestalteten Griffende eine Gruppe verschlungener Menschen und Tiere, und an jedem Knoten den Kopf eines Fabelwesens heraus schnitzen ließe und mit Namen belegte. In dem einheitlichen Centralnervensystem und letzten Endes im gesamten Nervensystem überhaupt durchläuft der von der Haut etwa des Fußes ausgehende Erregungsvorgang das Ganze, ohne von dessen besonders benannten äußerlichen Unterteilungen berührt zu werden, so wenig wie der Eisenbahnzug durch die Landesgrenzen. Er durchläuft einen peripheren Nerven des Beins, das Rückenmark und die verschiedenen Abschnitte des Gehirns bis zum Endhirn und wieder zurück.

Das ganze Centralnervensystem wird von einem Hohlraum durchzogen, der im Rückenmark einen engen Kanal, *Canalis centralis*, darstellt, in den verschiedenen Hirnabschnitten zu charakteristisch gestalteten Hohlräumen, Hirnkammern, *Ventriculi cerebri*, erweitert ist. Eine wasserklare Flüssigkeit, *Liquor cerebro-spinalis*, erfüllt ihn. Mit Rücksicht auf den Hohlraum läßt sich an der ihn umschließenden Hirnwand Boden-, Seiten- und Deckplatte unterscheiden.

Dem Hinterhirn, der unmittelbaren Fortsetzung des Rückenmarkes (daher auch „verlängertes Mark“, *Medulla oblongata*, genannt) geben die ein- und austretenden Nerven des Kopf- und Kiemengebietes sein Gepräge. Sie bedingen durch ihre Fasern und Ganglienzellen die bauchige Anschwellung, die zur Bezeichnung *Bulbus cerebri* Anlaß gegeben hat. Diese Anschwellung betrifft jedoch nur Boden und Seitenwand des Hohlraumes, zu welchem im Hinterhirn der Centralkanal des Rückenmarks sich erweitert. In der Decke des Hohlraumes unterbleibt im Laufe der Ontogenese die Ausbildung typischer Nervelemente, sie wird vielmehr zu einer dünnen durchscheinenden Platte, zu einer *Tela chorioidea* (im Präparat der Abb. S. 6 weggenommen), umgewandelt bis auf den vordersten schmalen Abschnitt, welcher zu einer frontal gestellten Leiste verdickt wird, dem Kleinhirn, *Cerebellum*. Das Kleinhirn erfährt bei weiterer Ausgestaltung eine mächtige Entfaltung in der sagittalen Richtung und überlagert die dünne Decke des Hinterhirnhohlraumes bei vielen Wirbeltieren vollkommen.

Der Hinterhirnhohlraum, die vierte Hirnkammer, *Ventriculus quartus*, weist eine sehr charakteristische Gestalt seiner Bodenfläche auf: sie hat die Form eines verzogenen Viereckes, dessen längere Diagonale in der sagittalen Richtung steht. Man spricht deshalb von der Rautengrube, *Fossa rhomboidea*, und nennt danach die sie begrenzende Boden- und Seitenwand des Hinterhirns auch „Rautenhirn“. — Die ursprünglich fast flache, dünne Decke der vierten Hirnkammer wird bei den Vögeln und Säugetieren mit der Ausgestaltung des Kleinhirns zu einem quergestellten Satteldach erhoben.

Das Mittelhirn kennzeichnet sich durch das *Tectum opticum*, die beiden halbkugeligen Anschwellungen seiner Dorsalfläche, deren Ausgestaltung hauptsächlich durch Ganglienzellgruppen beeinflusst wird, an denen die Fasern des Sehnerven endigen. Bei den Säugetieren tritt im Anschluß an die Entwicklung des Gehörorgans ein zweites Höckerpaar caudal davon auf, so daß das Mittelhirndach als vierhöckerige Platte, *Lamina quadrigemina*, erscheint, mit den vorderen Hügeln, *Colliculi optici*, und den phylogenetisch jüngeren *Colliculi acustici*. Zugleich wird der bei niederen Wirbeltieren weite Hohlraum des Mittelhirns bei den Säugern zu einem Kanal verengt, dem *Aquaeductus cerebri* (*Sylvii*).

Liegen die die äußere Gestalt kennzeichnenden Elemente des Hinterhirns in der Boden-, die des Mittelhirns in der Deckplatte, so die des Zwischenhirns in der Seitenplatte. Hier wird die Seitenwand des Hohlraumes, der dritten Hirnkammer, im Laufe der Phylogenese zu der gewaltigen Masse von Zellgruppen verdickt, die als *Thalamus* benannt wird. Daneben zeichnen eigenartige Bildungen der Decke und des Bodens das Zwischenhirn aus. An der Grenze gegen das Mittelhirn wird das Zwischenhirndach an umschriebener Stelle zu einem unpaaren Sinnesorgan ausgebildet, das, seiner Funktion nach nicht genau bekannt, seiner Lage unter der Haut der Scheitelgegend wegen als *Parietalorgan* benannt wird, nach seinem Bau auch *Scheitelauge*. Noch ein zweites Sinnesorgan kann caudal davon entwickelt sein. Beim Säugetier sind diese Bildungen rudimentär. Mit einer der Unsicherheit der morphologischen Deutung entsprechenden Bezeichnung redet man von den dorsalen Hirnanhängen, den *Epiphysen*. Der Boden des Zwischenhirnes liefert das *Infundibulum*, das sich mit einem Abkömmling des Rachenepithels zu einem inkretorischen Apparat, *Hypophysis cerebri*, verbindet. Paarige Ausstülpungen an der Grenze von Boden und Seitenwand, in embryonaler Zeit zunächst blasen-, dann becherförmig gestaltet, liefern die lichtempfindlichen Teile der Sehorgane. Indem sie peripher verlagert werden, wird ihre Verbindung mit dem Zwischenhirn strangartig ausgezogen zum „Sehnerven“ (besser „Sehbündel“,

Fasciculus opticus), der seinem Wesen nach ein centrales Faserbündel darstellt. Einen echten afferenten peripheren Sehnerven, wie den Hörnerven, gibt es nicht: die lichtempfindlichen Elemente sind umgewandelte Ganglienzellen der Zwischenhirnwand, also centrale Zellen.

An dem stets paarigen Vorderhirn sind es, wie am Hinterhirn, die basalen Teile, welche die für alle Wirbeltiere charakteristischen Merkmale liefern. Es sind dies die außerordentlich mannigfaltig gestalteten Riechlappen (Lobi olfactorii) mit den ihnen zugehörigen basalen Hirnteilen, im ganzen das Riechhirn; außerdem jederseits eine mächtige Masse von Ganglienzellen, eine Centralstelle für die Bewegungen, die Basalganglien (Corpora striata). Seitenwand und Decke, der „Mantel“ (Pallium), des Endhirnhohlraumes, des jederseitigen Ventriculus lateralis, in welchen das Basalganglion hügelartig vorspringt, sind ursprünglich sehr dünn und von geringer funktioneller Bedeutung.

Auch am menschlichen Gehirn lassen sich Vorder-, Zwischen-, Mittel- und Hinterhirn abgrenzen, obwohl die gerade Streckung des ganzen Gehirnes durch Biegungen aufgehoben ist und es auf den ersten Blick nur aus „Großhirn“ und „Kleinhirn“ zu bestehen scheint (Abb. S. 146), die alles übrige überlagern (Abb. S. 68).

Dies zeigt sich noch deutlich in seiner embryonalen Entwicklung. Nachdem die erste Anlage des gesamten Nervensystems in Gestalt einer verdickten Platte des Ectoderms, aus der centrales wie peripheres Nervensystem einschließlich der Neuroglia hervorgehen, — nachdem diese „Medullarplatte“ sich zur Rinne erhoben und schließlich zum Rohr geschlossen hat, beginnen an dessen Hirnteil alsbald jene vier Abschnitte als Ausbuchtungen oder Anschwellungen äußerlich erkennbar zu werden: Vorder-, Zwischen-, Mittel- und Hinterhirn (Abb. S. 8). Gleichzeitig biegt sich das Rohr entsprechend dem Scheitel und Nacken des Embryo: die „Scheitelbeuge“

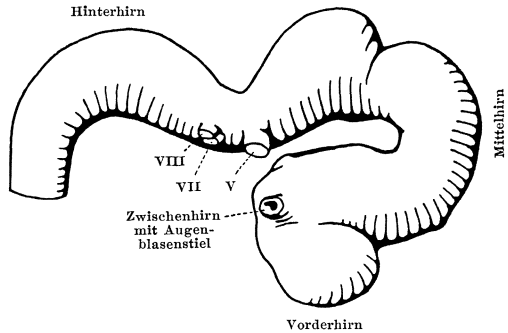


Abb. 2.

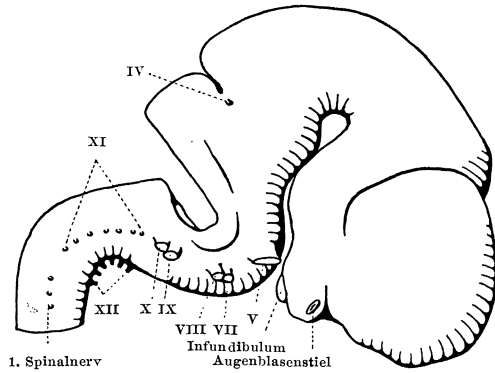


Abb. 4.

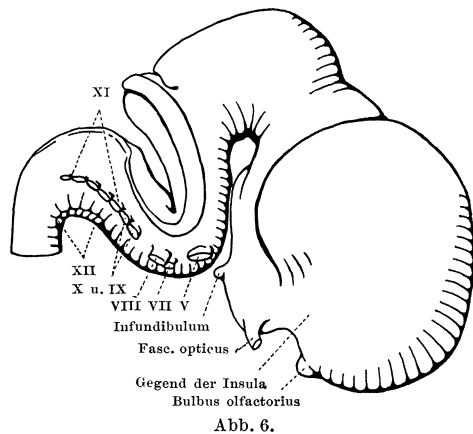


Abb. 6.

geschlossenen hat, beginnen an dessen Hirnteil alsbald jene vier Abschnitte als Ausbuchtungen oder Anschwellungen äußerlich erkennbar zu werden: Vorder-, Zwischen-, Mittel- und Hinterhirn (Abb. S. 8). Gleichzeitig biegt sich das Rohr entsprechend dem Scheitel und Nacken des Embryo: die „Scheitelbeuge“

im Bereich des Mittelhirns, die „Nackenbeuge“ am Übergang des Hinterhirns zum Rückenmark tritt auf. Ein weiter Hohlraum, im Hirnabschnitt Ventrikelraum, im Rückenmark Centralkanal genannt, wird von der noch dünnen Wand umschlossen (Abb. S. 9). Noch ist die Wand fast gleichmäßig dünn. Jedoch ist schon auf diesem frühen Stadium eine Erscheinung deutlich, die späterhin, bei zunehmender Wanddicke sehr viel ausgesprochener hervortritt: daß gewisse Abschnitte der Hirnwand außerordentlich, bis zu einem einfachen kubischen Epithel verdünnt werden. So zuerst im Bereiche des Hinterhirns, dessen verdünntes Ventrikeldach in den Abb. S. 8f. nicht gezeichnet ist. Später wird ebenso das Dach des Zwischenhirns zu einer so verdünnten Wandpartie (Abb. S. 11), ähnlich ein Teil der medialen Wand des Endhirns (Abb. S. 159). Diese verdünnten Wandteile werden weiterhin streckenweise gegen den Ventrikelraum zu eingefaltet, so daß sie zotten- und knötchenartige Einsprünge bilden: Plexus chorioidei (Abb. S. 77, 98, 90, 125). Der plexusfreie Teil der verdünnten Hirnwand führt zusamt seinem Überzug von Pia mater den Namen Tela chorioidea, die epitheliale Hirnwand selbst, ohne Pia, heißt Lamina epithelialis der Tela chorioidea. Solche Lamina epithelialis bzw. Tela chorioidea wird nach dem Gesagten gefunden im Hinter-, Zwischen- und Endhirn, nicht im Mittelhirn.

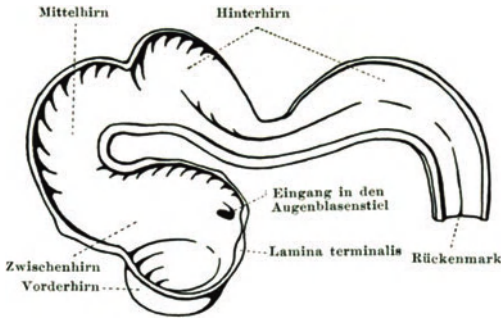


Abb. 3.

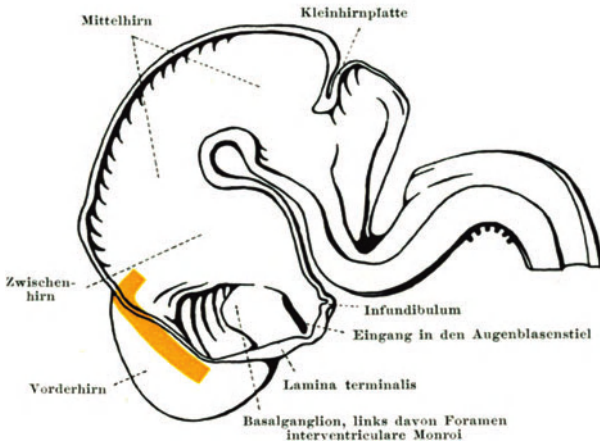


Abb. 5.

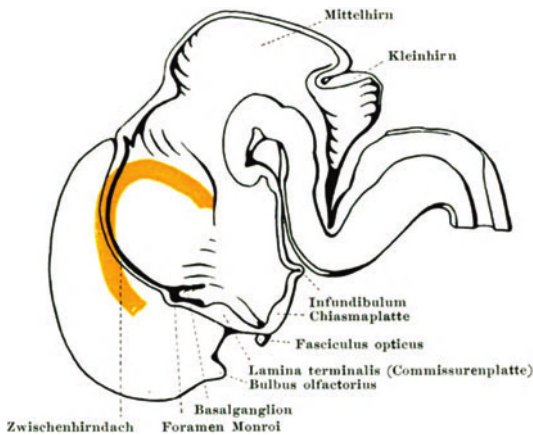


Abb. 7.

Der größte Teil der Hirnwand wird durch Vermehrung der Zellen und ihre Ausdifferenzierung in funktionstüchtige Neuren mit Neurit und Dendriten zunehmend dicker (vgl. z. B. den Hinterhirnboden in den Abb. S. 8—11, ebenso das Mittelhirndach). Zugleich tritt außer dem allmählichen Wachstum des

differenzierung in funktionstüchtige Neuren mit Neurit und Dendriten zunehmend dicker (vgl. z. B. den Hinterhirnboden in den Abb. S. 8—11, ebenso das Mittelhirndach). Zugleich tritt außer dem allmählichen Wachstum des

Ganzen die besondere Ausgestaltung der einzelnen Abschnitte auf. Das Hinterhirn beugt sich basalwärts sehr stark ein, so daß seine Achse eine Zeitlang geradezu geknickt ist (Abb. S. 9): „Brückenbeuge“, weil ihr Scheitel der späteren Brücke entspricht (Abb. S. 11).

An seinem Dach tritt mittelhirnwärts von der Tela chorioidea das Kleinhirn auf (Abb. S. 9, 10, 11). Das Mittelhirn bleibt im Wachstum verhältnismäßig zurück, die in seinem Bereich gelegene Scheitelbeuge gleicht sich mehr und mehr aus, sein Ventrikelraum wird durch die mächtige Verdickung der Wand sehr stark verengert. Am eindrucksvollsten aber ist die außerordentliche Entfaltung des Endhirns, das durch sein dorsalwärts gerichtetes Wachstum das Zwischenhirn zunehmend überragt (vgl. auch Abb. S. 159), durch seine rückwärts gerichtete Ausdehnung nach und nach Zwischen-, Mittel- und schließlich auch Kleinhirn, und durch eine nach abwärts gerichtete die basalen Teile des Zwischenhirns überwächst (Abb. S. 8f., 77).

Mit diesem kurzen Überblick ist die Herausbildung der Form des Gehirns in größten Zügen umrissen. Einzelheiten werden sich bei der späteren Darstellung des fertig gebildeten Gehirns ergeben. Noch nichts ist aber damit an Einblick in das Getriebe des Gehirns gewonnen.

Wie dem Gebäude einer Telephonzentrale von außen nicht anzusehen ist, was an Leitungen, Schaltungen und Apparaten es birgt, so ist auch an der äußeren Gestalt des Centralnervensystems sein Getriebe nicht erkennbar, das viel mannigfaltiger und verwickelter ist, als sich von außen vermuten läßt. Nur einen ersten, allgemein orientierenden Überblick gestattet die Unterteilung in Rückenmark und Gehirn. Würde man, um das Beispiel der Telephonzentrale beizubehalten, deren Einrichtungen untersuchen lediglich so wie sie an Ort und Stelle in Elektromagneten und den übrigen Apparaturen gegeben sind, ohne die „Anschlüsse“, die Leitungen von und zu den Teilnehmern, zu berücksichtigen, so bliebe der Sinn des ganzen Getriebes unverständlich. Gleich erfolglos ist das Ergebnis der Untersuchung des Centralnervensystems, sofern die Verbindung mit der Peripherie, das periphere Nervensystem, nicht einbezogen wird. Denn wie die Telephonzentrale um der Teilnehmer willen da ist, so das centrale Nervensystem um des Körpers willen. Ohne die Verbindung mit der Peripherie vermag es nichts, gar nichts zu leisten. Ständig erhält es Erregungen von allen Teilen der Peripherie, ständig gibt es der Peripherie Impulse zurück. Die anatomische Grundlage für diese Erregungsleitung sind zahllose Leitungsbögen, welche, aus zwei oder mehr hintereinander geschalteten Neuren zusammengesetzt, in

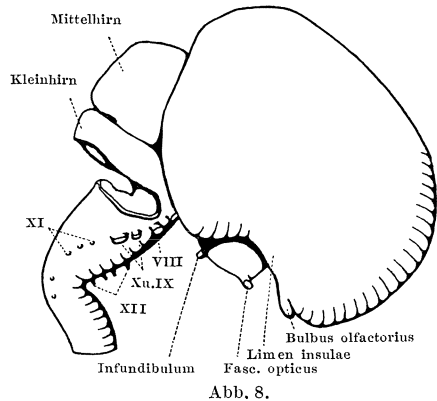


Abb. 8.

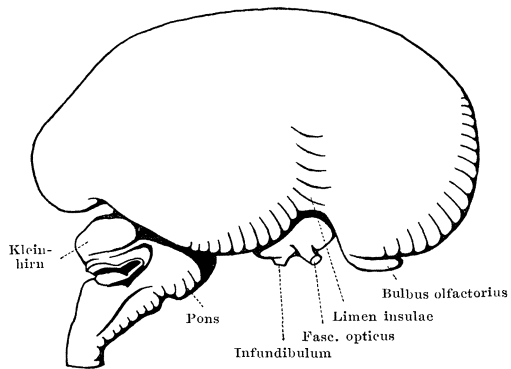


Abb. 10.

der Peripherie beginnen, zum Centralorgan führen und wieder in der Peripherie enden. Das Wesentliche im Gesamtnervensystem, das konstruktive Element seines Getriebes, ist der Leitungsbogen mit seinem in der Peripherie

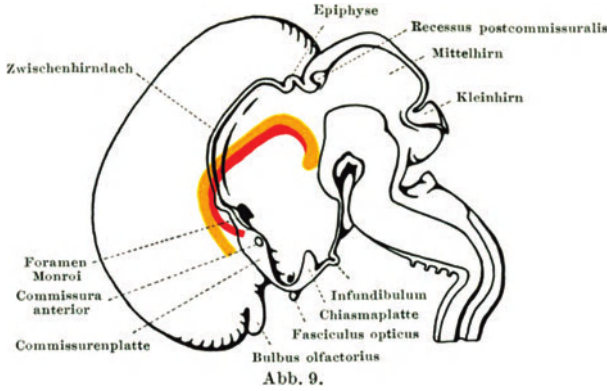


Abb. 9.

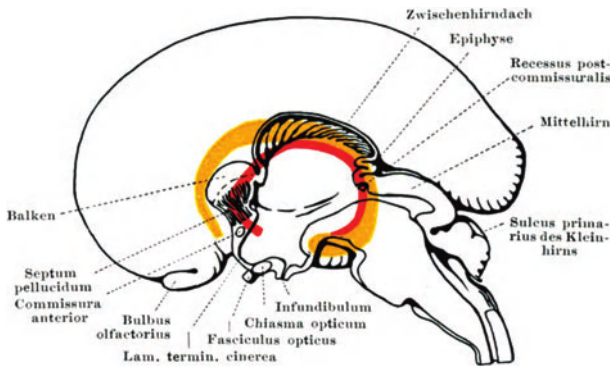


Abb. 11.

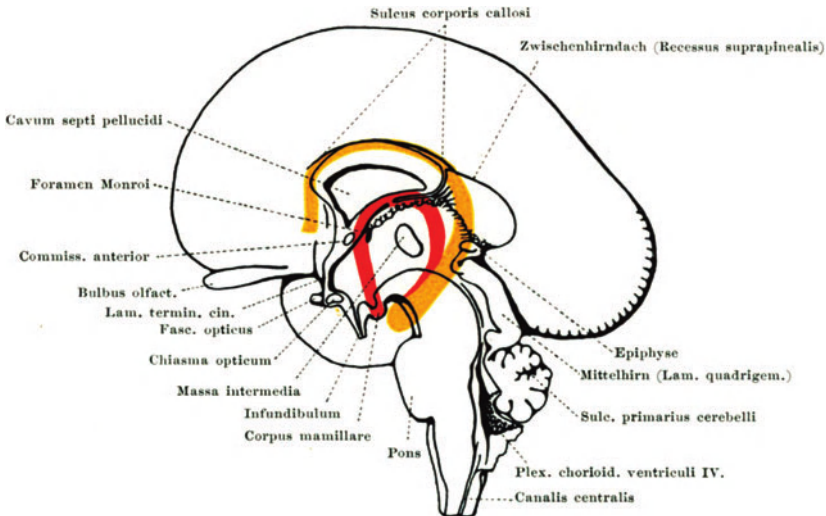


Abb. 12.

Abb. 2—12. Profilsansichten und Sagittalschnitte von Gehirnen menschlicher Embryonen. Nach Originalmodellen und Präparaten von Prof. HOCHSTETTER-Wien unter Mitbenutzung von dessen Beiträgen zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns, 1. Lfg. Wien 1919.

Gelb: Gyrus supracallosus und Hippocampus; rot: Fornix, nach den Schnittserien frei rekonstruiert.

Abb. 2 und 3. Embr. E10: 10,4 mm Steiß-Scheitellänge. Vergr. 9fach.

Abb. 4 und 5. Embr. A2: 13,8 mm Steiß-Scheitellänge. Vergr. 8,3fach.

Abb. 6 und 7. Embr. Ha3: 27 mm Steiß-Scheitellänge. Vergr. 5fach.

Abb. 8 und 9. Embr. Peh2: 46,5 mm Steiß-Scheitellänge. Vergr. 3,3fach.

Abb. 10 und 11. Embr. Ha9: 102 mm Steiß-Scheitellänge. Vergr. 2fach.

Abb. 12. Embr. Ke5: 125 mm Steiß-Scheitellänge. Vergr. 1,6fach.

IV N. trochlearis, V N. trigeminus, VII N. facialis, VIII N. acusticus, IX N. glossopharyngeus, X N. vagus, XI N. accessorius, XII N. hypoglossus.

beginnenden reizzuführenden Schenkel, dem afferenten Neuron, und dem zur Peripherie zurückleitenden Schenkel, dem efferenten Neuron. Die Umschaltstelle der beiden Neuren, der Scheitel des Leitungsbogens, sowie alle etwa noch zwischen afferentes und efferentes Neuron zwischengeschalteten liegen im Centralorgan. Nur im vegetativen Nervensystem ist die Anordnung der Leitungsbögen anders. Deshalb wie wegen mannigfacher anderer Besonderheiten soll das vegetative Nervensystem zunächst unberücksichtigt bleiben und in gesonderter Darstellung behandelt werden.

Die elementarsten Leitungsbögen sind, wie schon S. 3 dargestellt, aus nur zwei Neuren zusammengefügt, dem afferenten und efferenten. Sie vermitteln einfachste Bewegungen, die Eigenreflexe der Muskeln (Sehnenreflexe): kurzer Schlag auf die Patellarsehne führt zur Zuckung des Musculus quadriceps (Patellarreflex). Die Einfügung eines dritten Neurons (innerhalb des Centralorgans) zwischen afferentes und mehrere efferente Neuren ergibt den Leitungsweg für die Betätigung mehrerer Muskeln auf einen Reiz hin (Lidschluß und Zurückwerfen des Kopfes bei Berührung der Hornhaut des Auges; Abwehr-, Flucht-, Stell- usw. -reflexe). Der lebendige Organismus kontrahiert ja nicht einzelne Muskeln, sondern macht Bewegungen. Von den zahllosen Leitungsbögen, die mit den afferenten Nervenfasern aus der gesamten Körperperipherie beginnen, wird zunächst ein Grundstock des Nervensystems gebildet, durch dessen Vermittlung alle elementaren Bewegungen erfolgen, ein Elementarapparat.

Diesem Elementarapparat sind Leitungsbögen, im Anschluß an die gleichen afferenten Fasern aus vielgliedrigen Ketten von Neuren bestehend, übergeordnet, deren Scheitel, der Übergang vom afferenten auf das efferente Neuron, im Gehirn liegen, und zwar an wenigen ganz bestimmten Stellen des Gehirns. In diesen treffen ständig Erregungen aus der gesamten Körperperipherie zusammen (Abb. S. 107), werden hier vereinigt, zusammengefaßt und nach Art und Maß verändert auf den zahlenmäßig geringeren absteigenden Schenkeln der Leitungsbögen an die Peripherie gegeben. Es wird aus allen eintreffenden Erregungen gleichsam eine Summe gezogen, diese Stellen sind „Integrationsorte“, und die über sie geführten Leitungsbögen bilden einen dem Elementarapparat übergeordneten Integrationsapparat. Elementar- und Integrationsapparat machen das Gesamtgetriebe des ganzen Nervensystems aus: kein Teil des Nervensystems, des peripheren wie des centralen, der nicht in einen dieser Apparate und seine Leitungsbögen eingefügt wäre, oder, wie die Neuren der peripheren Nerven, in beide. Und kein Erregungsvorgang, der nicht beide Apparate miteinander in Tätigkeit setzte.

Der Integrationsorte sind zunächst nur zwei: das Dach des Mittelhirns, wegen der äußerlich sichtbaren Einstrahlung der Sehfasern unzulänglich Tectum opticum genannt, und das Kleinhirn am Dach des Hinterhirns. Diese beiden Integrationsorte mit ihren zugehörigen Leitungsbögen, dem Integrationsapparat, sowie dem Elementarapparat sind allen Wirbeltieren einschließlich des Menschen gemeinsam. Bei den Säugetieren jedoch, und in anderer Ausgestaltung auch bei Reptilien und Vögeln, ist ein dritter Integrationsort entwickelt mit neuen Leitungsbögen, die Großhirnrinde (bei den Säuropsiden das Striatum). Dieser neue Integrationsort ist an den Elementarapparat und den alten Integrationsapparat angefügt und ihnen übergeordnet, und macht in seiner höchsten Ausbildung beim Menschen die Hauptmasse des ganzen Gehirnes aus. Da dieser Integrationsort den niederen Wirbeltieren fehlt und ein stammesgeschichtlicher Neuerwerb ist, wird er mitsamt seinen ebenfalls neuen Leitungsbögen und ihren Umschaltstellen als Neuhirn, Neencephalon, bezeichnet und dem Urhirn, Paläencephalon, gegenübergestellt, das den

Elementarapparat und die beiden Integrationsorte Mittelhirndach und Kleinhirn mit ihren Leitungsbögen umfaßt. So innig sind Neuhirn und Urhirn zu einer Einheit verbunden, daß eines ohne das andere nicht tätig sein kann, und daß Störungen des einen stets die Tätigkeit des anderen beeinträchtigen.

Die Unterscheidung von Elementar- und Integrationsapparat gründet sich in erster Linie auf die morphologischen Gegebenheiten. Im Elementarapparat sind die Zellen zu Gruppen, „Kernen“, vereinigt (Abb. S. 97), in den Integrationsorten in Schichten angeordnet (Abb. S. 89). Der Elementarapparat erhält seine afferenten Leitungen von einzelnen Stellen der Körperperipherie aus, in den Integrationsorten strömen Leitungen aus der gesamten Peripherie zusammen. Der Elementarapparat übersieht sozusagen jeweils nur die einzelnen Teile der Peripherie, der Integrationsapparat die Peripherie in ihrer Gesamtheit; für den Elementarapparat ist die Peripherie ein Mosaik von Einzelteilen, für den Integrationsapparat ein einheitliches Ganzes.

Man nehme die Einteilung in Elementar- und Integrationsapparat nur als didaktisches Prinzip, als einen Versuch, in die schier unübersehbare Mannigfaltigkeit von centralen Leitungen und Schaltungen eine Art Rangordnung zu bringen. Mehr soll auch mit den beiden Bezeichnungen nicht gesagt sein. Beide Apparate bilden anatomisch und physiologisch die untrennbare Einheit „Nervensystem“. Wie vollkommen diese Einheit ist, geht vielleicht am deutlichsten aus der Betrachtung des Getriebes einer motorischen Wurzelzelle hervor, welches von Elementar- wie Integrationsapparat gebildet wird (vgl. S. 57).

4. Bauelemente des Nervensystems.

Hier sei zunächst Einiges über die Bauelemente des Nervensystems eingefügt, wobei die aus didaktischen Gründen geübte Unterteilung des einheitlichen ganzen Nervensystems in ein peripheres und centrales unterbleiben kann.

Das Bauelement des Nervensystems ist das Neuron: die Nerven- oder Nervenzelle
Ganglienzelle mit ihren Fortsätzen. Um ihre Form und ihren Bau im mikroskopischen Bilde vollkommen darzustellen, bedarf es verschiedener histologischer Methoden, keine von ihnen liefert für sich ein vollständiges, sondern immer nur ein Teilbild. Die folgende Darstellung ist demnach eine Kombination solcher Teilbilder.

Vor anderen Zellen des Körpers sind die Ganglienzellen ausgezeichnet durch ihre Größe, welche in Einzelfällen, wenn auch nicht beim Menschen, die Grenze der Sichtbarkeit mit bloßem Auge erreichen und überschreiten kann. Der Größe der Zelle entspricht die Größe des Kernes, der infolge seiner Chromatinarmut bei den gewöhnlichen Färbungen hell erscheint. Er pflegt ein großes Kernkörperchen zu enthalten (Abb. S. 14, 15, 16). In dem Plasmaleib sind zwei für die Nervenzellen charakteristische Elemente eingelagert: die chromophilen oder Tigroidschollen, nach ihrem Entdecker NISSLSche Schollen genannt, und die Neurofibrillen. Die NISSL-Schollen (Abb. S. 14), intensiv färbare, unregelmäßig geformte, ihrer Herkunft nach unbekannte Gebilde, geben durch ihre Größe und Anordnung den verschiedenen Formen von Ganglienzellen ein sehr verschiedenartiges Bild. Immer ist dieses Bild für die betreffende Zellart charakteristisch, so charakteristisch, daß aus diesem Bilde mit großer Sicherheit geschlossen werden kann, daß die Zelle im Augenblick der Konservierung normal oder irgendwie verändert war. Denn jede Schädigung der Zelle, sei sie auch nur kurz vorübergehend infolge überstarker Inanspruchnahme, führt zu der Veränderung, die man als „staubförmigen Zerfall“ der NISSLSchen Schollen (Tigrolyse) bezeichnet hat. So eigenartig und unabhängig von individuellen Schwankungen ist das Bild der NISSL-Schollen in der

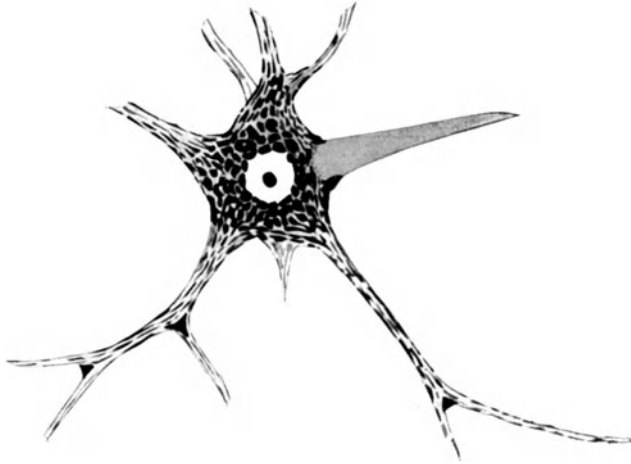


Abb. 13. Motorische Vordersäulenzelle aus der Sacralanschwellung des menschlichen Rückenmarks. NISSI-Färbung. (Nach BIELSCHOWSKY in MÖLLENDORFFS Handbuch, Bd. 4/1, S. 30. Abb. 10.)

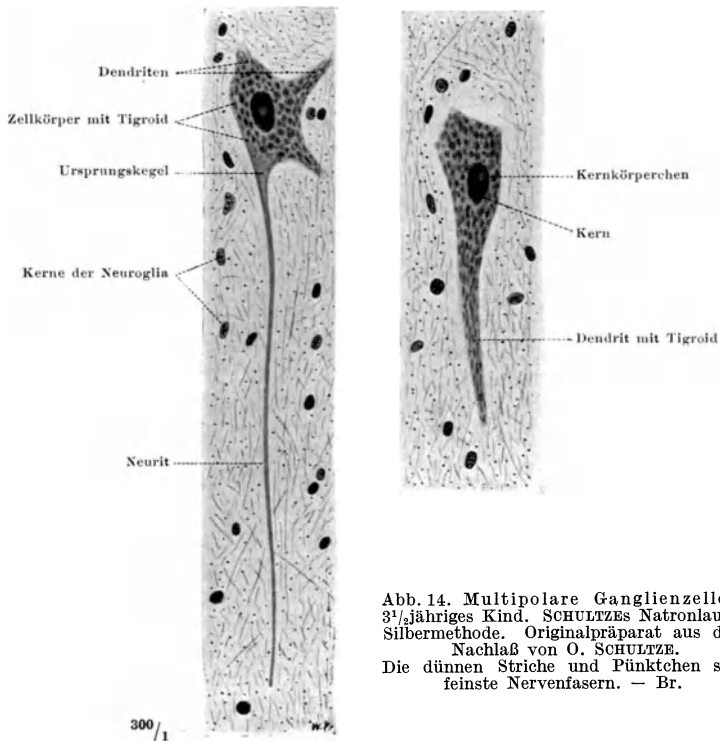


Abb. 14. Multipolare Ganglienzellen, 3 $\frac{1}{2}$ -jähriges Kind. SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode. Originalpräparat aus dem Nachlaß von O. SCHULTZE. Die dünnen Striche und Pünktchen sind feinste Nervenfasern. — Br.

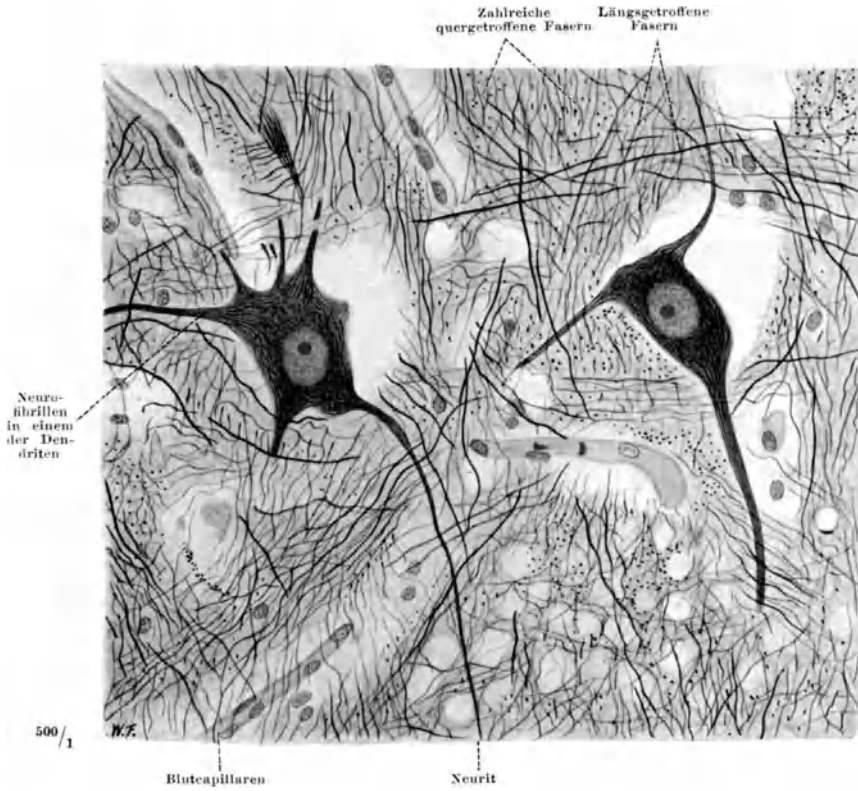


Abb. 15. Vordersäulenzellen, Mensch, vom Rückenmark eines Anencephalus. Zellen etwas geschrumpft. Präparat von Dr. KADANOFF (Silbermethode). — Neurofibrillen in den Ganglienzellen. Reiches Gewirr von Nervenfasern zwischen den Ganglienzellen. — Vgl. Abb. 18. — Br.

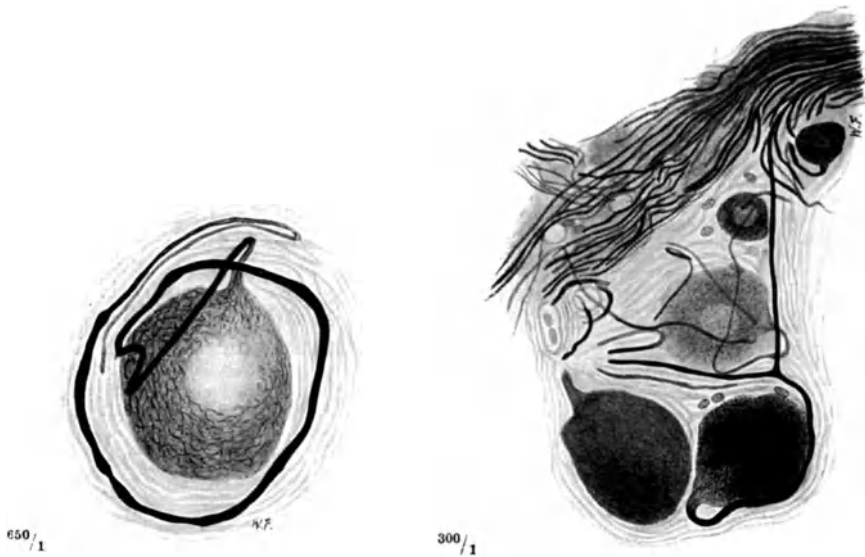


Abb. 16 und 17. Spinalganglienzellen aus dem Ganglion Gasseri des N. trigeminus, Mensch. Präparat von Prof. STÖHR jr., SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode. — Abb. 16 stark gebogener und gewundener Neurit. — Abb. 17 wenig gebogener Neurit mit T-förmiger Teilung. — Br.

im gesunden, funktionstüchtigen Zustande konservierten Zelle, daß es für die Abweichungen von der Norm als „Äquivalentbild“ auch dann gültig ist, wenn in dem untersuchten Objekt nur krankhaft veränderte Zellen vorhanden sind und keine gesunde mehr zu finden ist, welche zum Vergleich herangezogen werden könnte.

Die Neurofibrillen (Abb. S. 15) durchziehen als feinste oder auch gröbere, nur mit besonderen Methoden darstellbare Fasern die Straßen, welche im Plasma von den NISSL-Schollen begrenzt werden. In manchen Ganglienzellen sind sie unverzweigt, in anderen bilden sie ein feines Gitterwerk (Abb. S. 15). Die Frage, ob sie die erregungsleitenden Elemente darstellen, ist nicht sicher entschieden.

Vielfach findet sich im Körper der Ganglienzellen ein umschriebener Haufen gelber

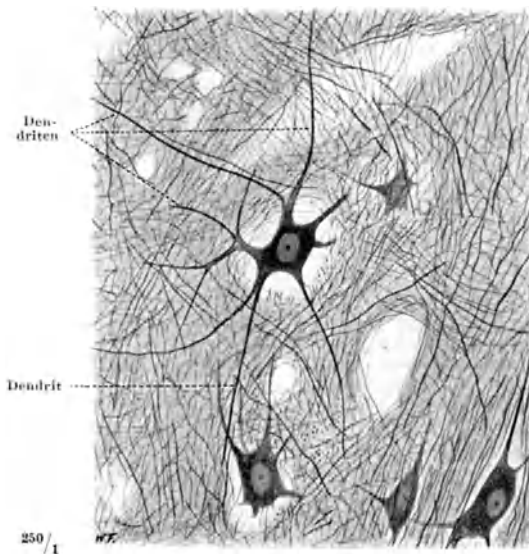


Abb. 18.

Abb. 18. Vordersäulenzellen, Mensch. Aus dem gleichen Präparat wie Abb. 15, aber nur halb so stark vergrößert. — Der Neurit der Zelle, deren Dendriten bezeichnet sind, ist der nach rechts abwärts ziehende Fortsatz. — Br.

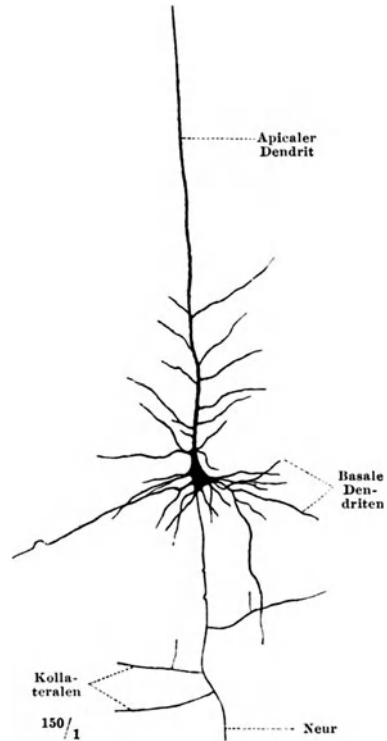


Abb. 19.

Abb. 19. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des Menschen. GOLGI-Präparat. — Br.

Pigmentkörner, besonders im höheren Alter. Es wird deshalb als ein „Abnutzungspigment“ angesprochen. Für einige Stellen des Gehirns ist die Einlagerung von dunklem Pigment in die Ganglienzellen die Regel (Substantia nigra, Locus caeruleus).

Alle Ganglienzellen weisen Fortsätze auf, welche von dem Plasmakörper ausgehen. Nach der Zahl dieser Fortsätze unterscheidet man multipolare, bipolare und unipolare Ganglienzellen (Abb. S. 16, 43, 14, 15, 131). Bipolare kommen in der Netzhaut des Auges und in den Ganglien des Nervus cochlearis und vestibularis vor, unipolare als Riechzellen in der Riechschleimhaut und als Stäbchen- und Zapfenzellen in der Netzhaut. Eine besondere Form stellen die Nervenzellen dar, welche die Ganglien an den Hinterwurzelfasern der Rückenmarksnerven und an den sensiblen Hirnnerven bilden. In

embryonaler Zeit sind sie zunächst bipolar, doch verschmelzen allmählich die beiden Fortsätze auf kürzere oder längere Strecke zu einem einheitlichen Fortsatz, der sich, nachdem er die Zellen ein- oder mehrmals umwunden hat, T-förmig teilt (Abb. S. 15, 43). Die Zellen werden deshalb pseudo-unipolare genannt oder nach ihrem besonderen Vorkommen in den Ganglien der Kiemen- und der Spinalnerven, Spinalganglienzellen.

Die meisten Nervenzellen sind multipolar, mit verschieden großer Zahl der Fortsätze. Unter diesen Fortsätzen nimmt jeweils einer gegenüber den anderen untereinander gleichwertigen eine Sonderstellung ein. Er wird als Neurit den Dendriten gegenübergestellt (Abb. S. 14, 16). Die Dendriten sind baumförmig verästelt (Abb. S. 16, 43), sie enthalten Neurofibrillen (Abb. S. 15) und, wenigstens in ihrem Anfangsstück, Nisslschollen (Abb. S. 14). Sie können außerordentlich lang sein. Ihre Bedeutung ist unbekannt wie ihre Endigungsweise. Sie verzüngen sich allmählich, aber ob sie mit freien Spitzen enden oder in ein allgemeines Glianetz (S. 27) übergehen, ist nicht entschieden. Vielleicht kommt beides vor. Der Neurit unterscheidet sich von den Dendriten schon durch die Form

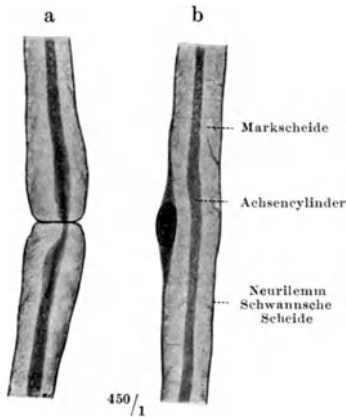


Abb. 20. Aus dem N. ischiadicus, Kaninchen. a RANVIERSche Einschnürung. Achsenzylinder an deren Stelle geschrumpft; b Neurilemmkern. — Br.

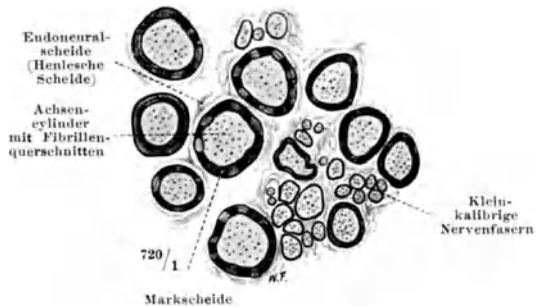


Abb. 21. Aus dem N. ischiadicus, Frosch. Osmiumpräparat. Markscheiden geschwärzt, teilweise zerfallen (dunkle und helle Stellen). Neurofibrillen quer. Groß- und kleinkalibrige Nervenfasern. — Br.

seines Ursprunges aus dem Zellkörper. Er geht aus einem kurzen, scharfen, von Nisslkörpern freien „Ursprungskegel“ hervor (Abb. Nr. 13, 14a, S. 14), in welchem die Neurofibrillen zusammenströmen, die sich in den Neuriten fortsetzen (Abb. S. 15). Der Neurit ist dünner als die Dendriten und gibt, meist schon nahe der Zelle, einen oder mehrere Seitenzweige, Kollateralen, ab (Abb. S. 16, 43), und zwar stets unter einem rechten Winkel. Wegen seiner großen Bedeutung als erregungsleitender Fortsatz, als Element der peripheren Nerven, als Bildner der vielfältigen „Nervenendigungen“ und wegen der Hüllen, mit denen er umgeben ist, bedarf er einer näheren Darstellung. Zuvor sei nur noch berichtet, daß man nach seiner Länge und Verzweigungsart die multipolaren Ganglienzellen in zwei Typen einteilt. Beim ersten Typus, dem die weitaus größte Zahl der multipolaren Ganglienzellen angehört, ist der Neurit lang (beim Menschen bis fast zu einem Meter, z. B. in der Pyramidenbahn, im Nervus ischiadicus) und, von den Kollateralen abgesehen, zunächst unverzweigt: DEITERSche Zellen oder Zellen des I. Typs von GOLGI. Bei den anderen ist er nur kurz und verästelt sich nahe dem Zellkörper außerordentlich reich: Zellen des II. Typs von GOLGI (Abb. S. 131, „große Körnerzelle“). Die DEITERSchen Zellen sind die größeren: als allgemeine, wenn auch nicht ausnahmslose Regel läßt sich sagen: je länger der Neurit, desto größer der Zellkörper.

Nerven-
fasern
Abb. S. 17,
19, 20, 21,
29

Die Neuriten von DEITERSschen Zellen sind es, welche als Nervenfasern die weiße Substanz in Hirn und Rückenmark und die peripheren Nerven bilden. Kurz nach seinem Ursprung aus dem Zellkörper wird der Neurit mit einer Hülle umgeben, der Markscheide oder Myelinscheide (Abb. S. 17, 19), welche die gelbweiße Farbe der „weißen Substanz“ wie der peripheren Nerven bedingt. Im lebenden Zustande untersucht, erscheint die Markscheide homogen und, wegen ihres Gehaltes an fettähnlicher Substanz, stark lichtbrechend. Mit dem Beginn des Absterbens oder bei Untersuchung in anisotonischem Medium ändert sich das Aussehen sehr eindrucksvoll: das sehr labile kolloidale System entmischt sich, und die optische Homogenität wird, je nachdem, wodurch die Entmischung erzeugt wird, in die mannigfaltigsten Bilder verwandelt. Was an fixierten Markscheiden als „Myelinfiguren“, als „Radspeichenstruktur“ (Abb. S. 19), als „Marktrichter“ (Abb. S. 19c), als „Einkerbungen“ (Abb. S. 19), als „Neurokeratengerüst“ (Abb. S. 19a) usw. bezeichnet wird, ist Produkt dieser Entmischung, wobei die Möglichkeit nicht geleugnet werden soll, daß in der lebenden Markscheide optisch nicht erkennbare Strukturen vorhanden sein mögen, welche irgendwie die Entmischungsbilder bedingen. — Von diesen Kunstprodukten unabhängig sind die als RANVIERSche Einschnürungen (Abb. S. 17, 19) bezeichneten Unterbrechungen der Markscheide: die Markscheide umkleidet den Neuriten nicht in seiner ganzen Länge als einheitlicher cylindrischer Mantel, sondern besteht aus kürzeren Cylindern (Abb. S. 17), welche nicht unmittelbar aneinanderstoßen und einen geringen Zwischenraum zwischen sich lassen. Diese Stellen, wo die Markscheide unterbrochen ist, bilden die RANVIERSchen Einschnürungen. Sie finden sich in den peripheren Nerven konstant in kurzen und einigermaßen regelmäßigen Abständen (Abb. S. 19), in der weißen Substanz des Gehirns und Rückenmarks fast noch häufiger. Die Bedeutung der Unterteilung in Markscheiden-„Segmente“ ist so wenig wie die der Markscheide selber bekannt trotz der Beobachtung, daß Höllensteinlösung, in welche man eine markhaltige Nervenfasern einlegt, nur von den Stellen der Einschnürungen aus in den Neuriten eindringt. — Die Markscheide ist ein Abscheidungsprodukt des Neuriten und in ihrem Bestande abhängig von der Integrität des Neuriten, wie die Erscheinungen der Degeneration lehren (S. 26). In der Entwicklung wird sie sehr viel später gebildet als der Neurit. Noch längere Zeit nach der Geburt sind viele später markhaltige Neuriten im centralen Nervensystem marklos, während die des peripheren Nervensystems schon zur Zeit der Geburt durchweg markhaltig sind. Die Bildung der Markscheiden, die Markreifung oder Myelogenese, setzt nicht im ganzen Nervensystem zu gleicher Zeit ein, sondern unterliegt örtlichen und zeitlichen Gesetzmäßigkeiten. Sie beginnt im peripheren Nervensystem im 4. Monat der Entwicklung zur Zeit der ersten spürbaren Bewegungen der Frucht, und zwar im ganzen peripheren Nervensystem etwa gleichzeitig. Innerhalb der peripheren Nerven erhalten die afferenten Fasern zu gleicher Zeit ihre Markscheiden, die efferenten unter sich ebenfalls zu gleicher Zeit, aber zu anderer als die afferenten und die Fasern des vegetativen Systems. Im Centralnervensystem werden zuerst die Neuriten des Elementarapparates und des Urhirns markreif, zuletzt die des Neuhirns. Und auch innerhalb dieser Anteile nicht gleichzeitig: die als „Bahnen“ des Gehirns und Rückenmarks bezeichneten Fasersysteme erhalten ihre Markscheiden zu verschiedenen Zeiten, so daß sie außer durch Ursprung, Lagerung und Funktion auch durch den Beginn und den zeitlichen Ablauf ihrer Myelogenese unterschieden sind. Die Myelogenese dauert bis etwa zum 20. Lebensjahr, wie auch noch neue Ganglienzellen in geringem Umfange ausdifferenziert werden können, wahrscheinlich etwa ebenso lange, mindestens noch in den ersten Jahren nach der Geburt. Die Ummarkung des Neuriten beginnt nahe seiner Ursprungszelle



Abb. 22. Nervenfasern mit 2 Neurilemmkernen, 3 RANVIERSchen Einschnürungen (bei x): 2 „interannuläre Segmente“. Zahlreiche SCHMIDT-LANTERMANNsche Einkerbungen. Zupfpräparat von Dr. TRAUM, mit Neutralcarmin gefärbt. Aus dem Plexus brachialis (Achselhöhle), Mensch. — Br.

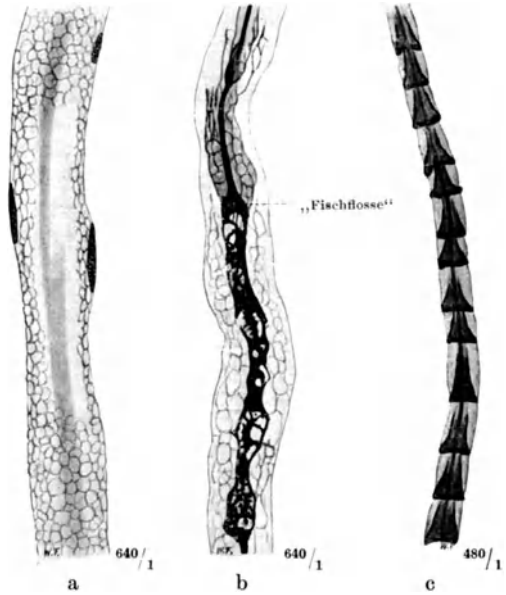


Abb. 23. „Markstrukturen“. a feinstes Netz auf der Oberfläche der Markscheide (Spongiosa des Neurilemms); b Mark-spongiosa (spongiose Struktur der „Fischflossen“ usw.); c GOLGISCHE Trichter. Großkalibrige Nervenfasern. a aus Interkostalnerv, Mensch, Osmium-Kal. bichrom.-Hämätein; b aus Ganglion coeliacum, Mensch; c aus Ganglion Gasseri; b und c versilbert nach BIELSCHOWSKY. Präparate von Prof. STÖHR jr. — Br.

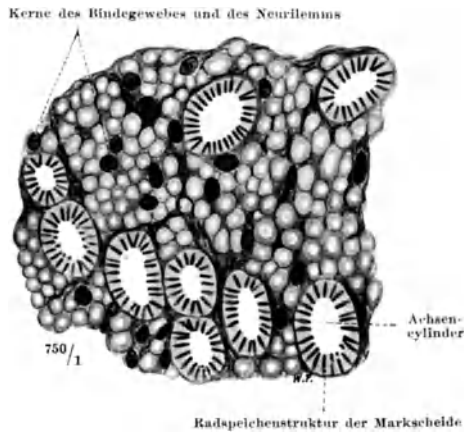


Abb. 24. Peripherer Nerv (aus Lendensymphaticus, Mensch), Querschnitt. Osmium-Kal. bichrom.-Hämätein. 15mal stärker vergrößert als Abb. 25. — Br.

und schreitet gegen die Peripherie fort, vielleicht in Abhängigkeit von der funktionellen Inanspruchnahme des Neuriten. Jedenfalls aber ist der Neurit auch ohne Markscheide schon funktionstüchtig, wie denn auch bei niederen Wirbeltieren viele Neuriten zeitlebens marklos bleiben ebenso wie große Teile des vegetativen Nervensystems auch beim Menschen. Fast stets bleibt mindestens ein kurzes Anfangs- und Endstück jedes Neuriten marklos wie auch seine Kollateralen.

Der Neurit selbst, innerhalb der Markscheide auch Achsencylinder, Axon, genannt, erleidet bis zu seinem Ende keinerlei Unterbrechung. Als Fortsatz der Zelle besteht er, mag er von einer Markscheide umgeben sein oder nicht,

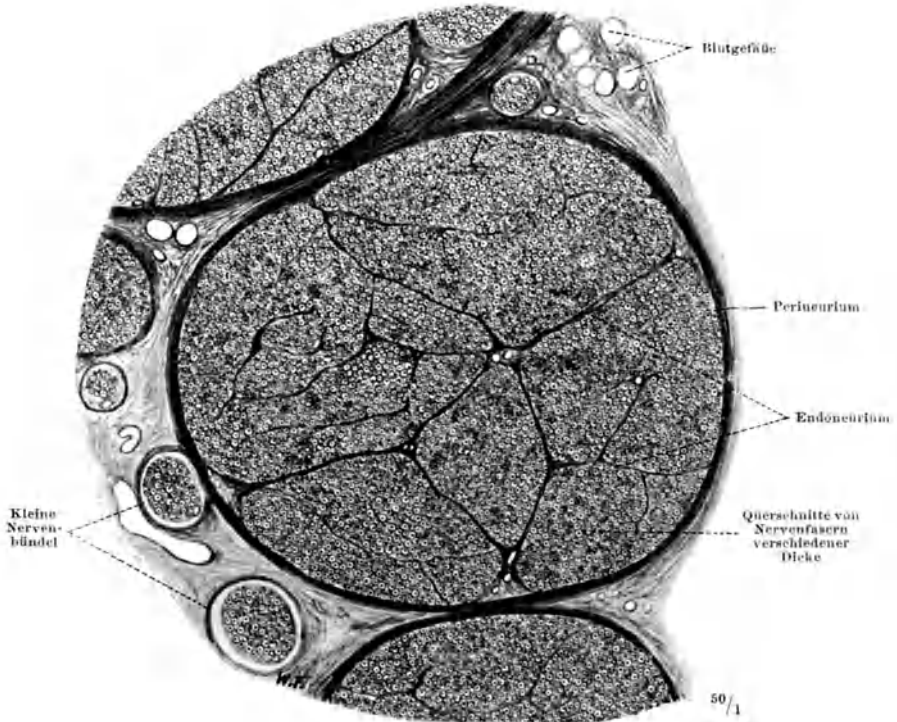


Abb. 25. Bündel eines peripheren Nervs, Mensch, Querschnitt. Fuchsin. Präparat von Prof. STÖHR jr. Vgl. Abb. 38. — Br.

aus Protoplasma („Axoplasma“), das die Neurofibrillen enthält (Abb. S. 15, 17, 26), welche aus dem Zellkörper in ihn eingetreten sind und ihn seiner ganzen Länge nach durchziehen. Sie sind verhältnismäßig wenig an Zahl und liegen sehr verstreut im Querschnitt. Bei der Verzweigung der Neuriten treten sie, ohne sich mit zu verzweigen, in die Teiläste ein. Bei der Umwandlung der noch undifferenzierten embryonalen Anlage der Nervenzelle, des „Neuroblasten“, in eine funktionstüchtige Ganglienzelle, welche mit der Bildung von Neurofibrillen innerhalb des Zellkörpers beginnt, dringen die Neurofibrillen in den plasmatischen Neuriten hinein in dem Maße, wie der Neurit peripherwärts vorwächst. Das gleiche geschieht bei der Regeneration (S. 27). Dabei sind sie im Neuriten zunächst nicht als einzelne zarte Fäden nachweisbar, sondern bilden einen einzigen dicken Faden. Wie aus oder in ihm die endgültigen Fibrillen entstehen, ist nicht bekannt. — An seinem Ende teilt sich der Neurit in ein „Endbäumchen“ oder bildet komplizierte „Nervenendigungen“. (Näheres

siehe S. 24.) Die Neuriten bilden innerhalb des centralen Nervensystems dessen „weiße Substanz“, in der Peripherie die „Nerven“.

Ihrem Bau nach sind die peripheren Nerven dickere oder dünnere Bündel dichtgedrängter Neuriten (Abb. S. 20, 21), welche von einer Bindegewebshülle, Perineurium, umschlossen sind. Innerhalb eines dickeren Bündels sind wieder feinere Bündel durch gefäßführendes Bindegewebe, Endoneurium, abgegrenzt (Abb. S. 20, 21, 29). Die Unterteilung kann bis zu ganz kleinen Bündeln, „Primärbündeln“, gehen (Abb. S. 21). Schließlich ist jeder einzelne Neurit von einer zarten Bindegewebshülle umgeben (HENLEsche Scheide, Abb. S. 17). — Fast in jedem Nerven findet man Nervenfasern sehr verschiedenen Kalibers (Abb. S. 17, 29), ohne daß aus der Dicke des Achsencylinders oder der Markscheide ein sicherer Schluß auf die Zugehörigkeit des betreffenden Neuriten möglich wäre. Im allgemeinen aber läßt sich sagen, daß die großkalibrigen Nervenfasern den eigentlichen Hirn- und Rückenmarksnerven, die kleinkalibrigen dem vegetativen System zugehören. Mit Bestimmtheit läßt sich das letztere freilich weder sagen für die marklosen Fasern (Abb. S. 21) noch für diejenigen, welche nur eine ganz dünne Markscheide aufweisen (Abb. S. 17).

Die Nervenzelle samt ihren Dendriten und ihrem Neuriten mit seinen Kollateralen und seiner Endverästelung bildet eine Einheit, ein „Neuron“. Das

Neuron ist das Bauelement des Nervensystems: dadurch, daß mehrere Neuren aneinandergeschlossen sind, werden die Leitungswege gebildet. Wie dieser Zusammenschluß bewerkstelligt ist, ob nur eine innige Berührung der Endverästelung des Neuriten des einen Neurons mit dem Zellkörper und den Dendriten des anderen statthat (contiguitas) oder ob eine durchlaufende Verbindung besteht (continuitas), ist noch immer unentschieden. Wahrscheinlich kommt beides vor, doch scheint die Form der Kontinuität zu überwiegen. Ist bei dem kontinuierlichen Zusammenhang, auch der Neufibrillen, das Neuron im anatomischen Sinne nicht wirklich abgegrenzt, so bildet es dennoch unter allen Umständen, wenn auch keine anatomische Einheit im strengen Sinne, so doch eine trophische Einheit: das Neuron ist stets als Ganzes gesund und funktionstüchtig, oder als Ganzes krank, jede Schädigung des Neuriten schädigt auch den Zellkörper, und beim Tode des Zellkörpers gehen Dendriten wie Neurit zugrunde. Die Schädigung bleibt in ihrem vollen Umfange auf das betroffene Neuron beschränkt und greift nur in geringerem Grade auf die übrigen Neuren über, die mit ihm zur funktionellen Einheit des Leitungsweges zusammen-

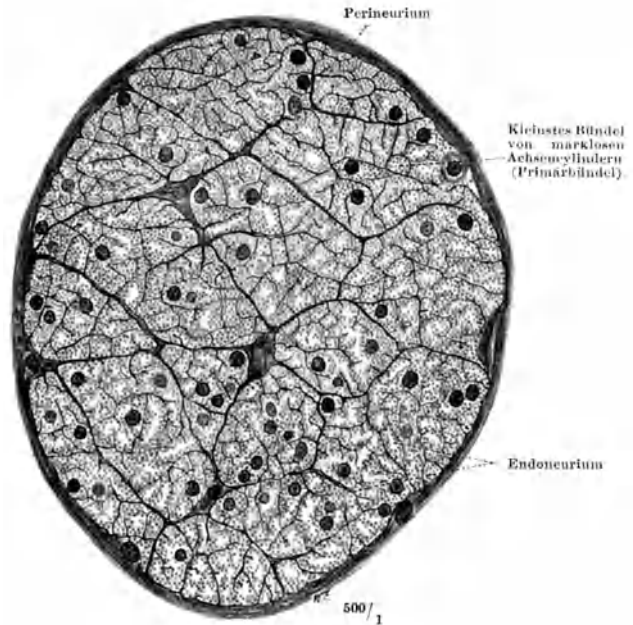


Abb. 26. Milznerv, 1 1/2-jähriges Kind, Querschnitt. Osmium-Kal. bichrom.-Hämatein. — Br.

geschlossen sind. Insofern besteht die Lehre vom Aufbau des Nervensystems aus Neuren, die Neurontheorie, noch immer zu Recht, obwohl die mit dem

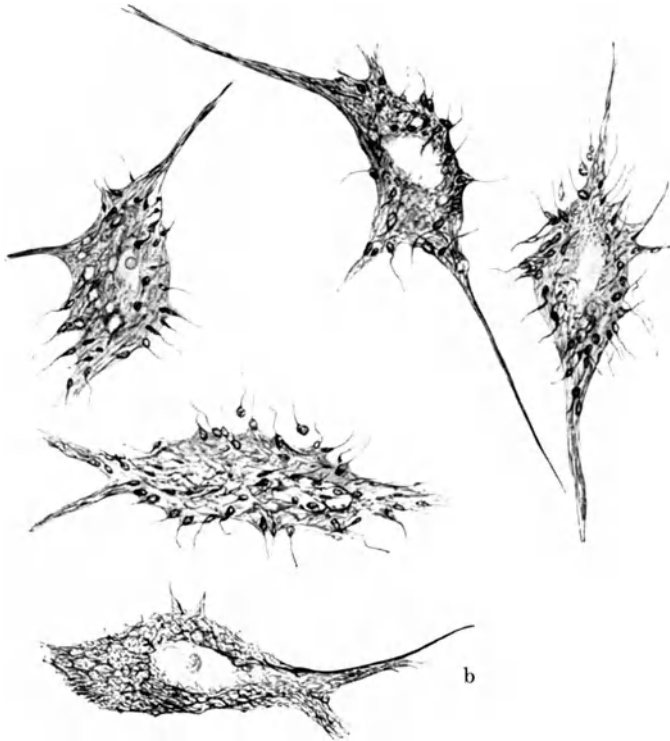


Abb. 27. Zellen aus dem Cochleariskern mit Übergang von Endreticularen in Zellfibrillen.
b Eintritt der Endkörperfibrillen in ein superfizielles Netz.
(Aus BIELSCHOWSKY in MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, S. 109, Abb. 58.)



Abb. 28. Faserkorb, welcher der Ganglienzelle dicht aufliegt. Aus einem Spinalganglion, Mensch. SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode. Präparat von Prof. STÖHR jr. — Br.

Silberimprägnationsverfahren von GOLGI gewonnenen histologischen Bilder, auf welche sie gegründet wurde, als unvollkommen und irreführend erkannt worden sind. Man verlange nicht mehr von ihr als von anderen Theorien. Im Wesen des lebendigen Geschehens liegt es begründet, daß jede Theorie, welche über Lebenserscheinungen, welche auch immer, etwas aussagt, und sei sie noch so gut begründet, sich früher oder später als unzulänglich erweisen muß, wenn sie in ihre Konsequenzen verfolgt wird; sie bleibt berechtigt, so lange sie gestattet, eine Anzahl von Erscheinungen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zu umfassen. Insofern behält die Neurontheorie als eine auf anatomische Beobachtungen gegründete Lehre ihre Berechtigung. Abwegig aber ist es und verständnishemmend, sie der Betrachtung des funktionellen Baues des Nervensystems zugrunde zu legen. Das konstruktive Element im funktionellen Getriebe ist nicht, wie allzuoft angenommen, das Neuron, sondern der aus

mehreren Neuren gebildete Leitungsbogen (S. 3), mag die Aneinanderfügung durch Kontinuität oder durch Kontiguität geschehen.

Das anatomische Bild dieser Aneinanderfügung ist sehr mannigfaltig. Um nur zwei Beispiele zu geben, sei auf die Abbildungen S. 22 hingewiesen. Im ersten Falle endigen die Neuritenverzweigungen des einen Neurons am Zellkörper (und den Dendriten) des anderen mit feinen Ringen, von denen aus wahrscheinlich die Neurofibrillen in die Zelle selbst eindringen und sich mit deren Neurofibrillen verbinden. Im anderen Falle wird um den Zellkörper ein dichter Knäuel von den Neuritenenden gebildet, in welchem kein Anfang und kein Ende zu erkennen ist, weder an Flächenbildern (Abb. S. 22, 130), noch an Durchschnitten (Abb. S. 29). Meist verbinden sich mit einer Zelle die Neuriten mehrerer oder auch vieler anderer Neuren, wie in den eben besprochenen Fällen. Diese anatomischen Bilder funktionell im einzelnen auszuweisen, ist völlig unmöglich. Die Beobachtungen über das Durchlaufen der Erregungen durch die Leitungsbögen zwingen zu der Annahme, daß an der Stelle des Zusammenschlusses zweier Neuren, an der Synapse, mag sie anatomisch gestaltet sein wie immer, ein Etwas sich findet, das eine Verlangsamung des Erregungsablaufes bedingt und zugleich „polarisiert“ ist, womit ausgedrückt werden soll, daß durch dieses Etwas die Erregung nur in der einen Richtung zur Zelle des zweiten Neurons hingeleitet werden kann, niemals aber in der entgegengesetzten Richtung. Der einzelne Neurit leitet cellulipetal wie cellulifugal, hat „doppelsinniges Leitungsvermögen“, der Leitungsbogen leitet dank der polarisierten Synapsen nur in einer einzigen Richtung, hat nur einsinniges Leitungsvermögen.

So wie beim Anschluß des einen Neurons an das andere innerhalb des Leitungsbogens bieten die Neuritenenden auch an Anfang und Ende jedes

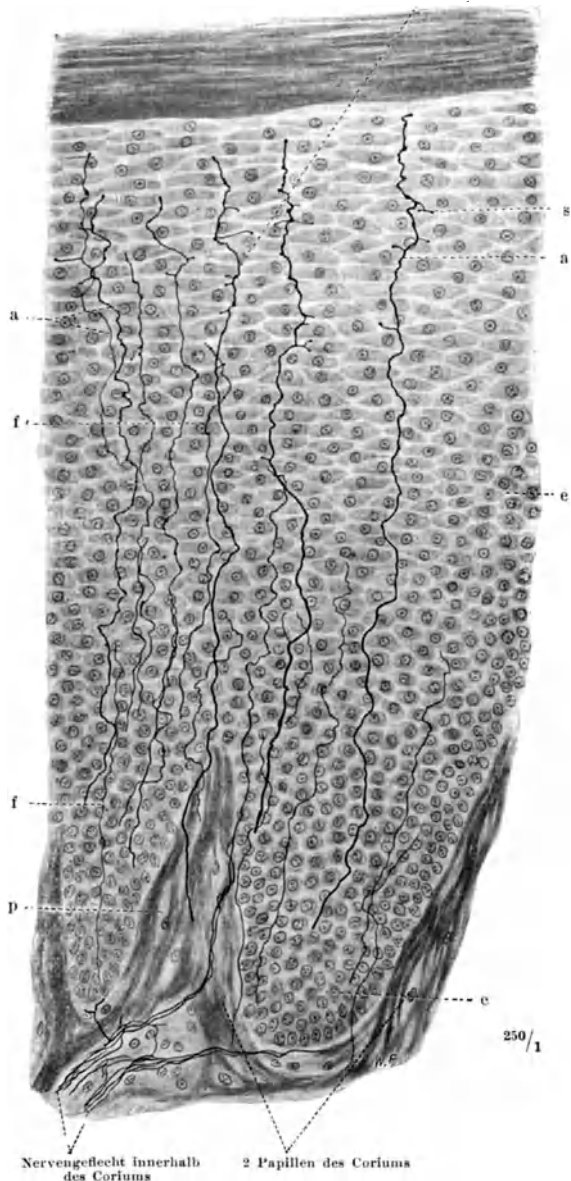


Abb. 29. Intraepitheliale Nerven. Haut, Flotzmaul (Nasenspiegel), Kalb. Gelatine-Silbermethode. — Br. a Dicke, f feine Nervenfasern, s Seitenästchen, e Epithel, p Papille. (Aus KADANOFF: Z. Anat. u. Entw., Bd. 73, 1924, S. 434.)

Leitungsbogens in der Peripherie ein sehr vielgestaltiges Bild. Auch hier besteht zwischen den Endverästelungen des Neuriten einerseits und dem Plasma der



Abb. 30. Nervenkörbchen mit „Tastzellen“ in der äußeren Wurzelscheide eines Sinushaars, Schwein (Rüssel). BIELSCHOWSKYS Silbermethode.—Br. (Aus KADANOFF: Z. Anat. u. Entw., Bd. 73, 1924, S. 445.)

reizaufnehmenden Zelle wie der reizempfangenden Skelettmuskelfaser oder glatten Muskelzelle andererseits eine kontinuierliche Verbindung. „Freie“, nicht unmittelbar in das Plasma übergehende Nervenenden kommen, wenn überhaupt, so nur in einigen wenigen Organen vor. Auch diese Verbindungen, Synapsen, der Neuriten mit Aufnahme- und Erfolgsorganen in der Peripherie sind polarisiert.

Von den reizaufnehmenden Nervenendigungen am Beginn der Leitungsbögen, in den Re-

ceptionsorganen, wird im besonderen bei den Sinnesorganen zu handeln sein. Hier mögen einige Beispiele genügen, um das Prinzip zu zeigen, wie solche

„sensible Endigungen“ gestaltet sein können.

Als einfachster Typus der sensiblen Nervenendigungen kann die „intraepitheliale“ gelten (Abb. S. 23); die Nervenfasern steigen, marklos geworden, in dem Epithel auf, geben feine Seitenäste ab und endigen wie diese Äste mit feinen Knöpfchen. So wenigstens stellen sich die Bilder nach Behandlung mit Silberimprägnationsverfahren dar. Die Knöpfchen liegen im Plasma der Epithelzellen, doch scheint es nicht ausgeschlossen, daß sich wenige auch intercellulär finden. Wirklich einwandfreie Bilder zu bekommen ist in erster Linie Frage einer sehr subtilen Technik. Aus deren Verschiedenheit und vielfachen Unzulänglichkeit erklären sich manche Widersprüche in den Angaben der Untersucher.

Eine etwas kompliziertere Form der sensiblen Nervenendigungen stellen die feinen Netze in besonders gestalteten Zellen dar, wie sie

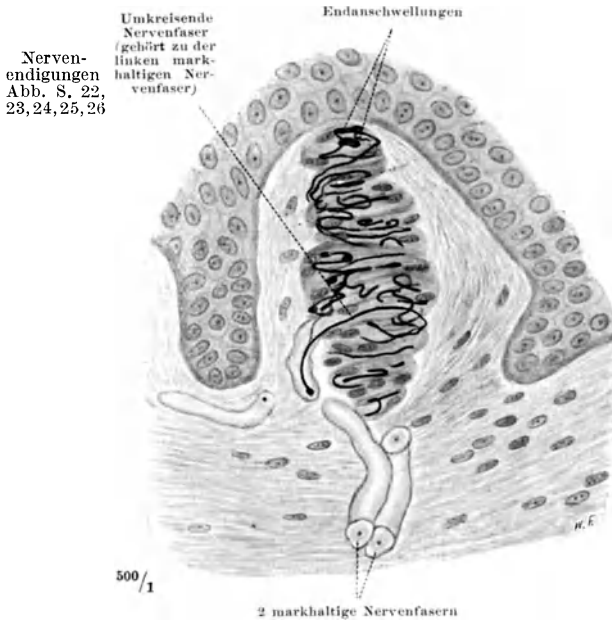


Abb. 31. MEISSNERSCHES Körperchen, Haut der Fußsohle, Mensch. BIELSCHOWSKYS Silbermethode. Präparat von Dr. KADANOFF. — Br.

in Abb. Nr. 30, S. 24 wiedergegeben sind.

Von den zahlreichen Formen zum Teil sehr verwickelt gebauter sensibler Endapparate sei hier nur das Beispiel des MEISSNERSchen Tastkörperchens der menschlichen Haut gegeben (Abb. S. 24): in einem eiförmigen Gebilde, das aus äußeren ringförmig gelagerten und inneren längsgestellten Zellen („Innenkolben“) besteht, verlaufen in zahlreichen Windungen eine oder mehrere Nervenfasern, nachdem sie ihre Markscheide verloren haben. Sie endigen, wie die technisch bisher vollkommensten Untersuchungen gelehrt haben, im Plasma der Innenkolbenzellen mit ausgedehnten Netzwerken (Abb. S. 25), die ihrerseits kontinuierlich in ein plasmatisches Netzwerk („periterminales Netzwerk“) übergehen, das nicht mehr das Verhalten von Nervenfasern zeigt. Die ganze Art der Verbindung zwischen Plasma und Nervenfasern ist außerordentlich innig, beide gehen unmittelbar ineinander über, irgendwelche anatomische Grenze besteht nicht.

Gleich innig sind die Verbindungen der motorischen Nervenfasern mit den contractilen Elementen. Bei der glatten Muskulatur treten die Nervenfasern in die Zellen ein und lösen sich in ihnen in eine Endverzweigung auf (Abb. S. 25). An den quergestreiften Muskelfasern werden sehr reiche „Endplatten“ gebildet. Die marklos gewordene Nervenfasern tritt in eine verdickte kernreiche Partie des Sarcoplasmas („Sohlenplatte“) ein, wobei SCHWANNsche Scheide und Axoplasma sich in das Sarcoplasma ohne Grenze fortsetzen (Abb. S. 26). Das Neurofibrillenbündel der Nervenfasern verzweigt sich, an den Enden der Zweige werden kleine Ringe oder Ösen gebildet. Vor allem aber schließt sich allenthalben an die Neurofibrillen ein Netzwerk im Sarcoplasma an, das nicht mehr den Charakter von Neurofibrillen zeigt (periterminales Netzwerk) und weder gegen die Neurofibrillen noch gegen das Sarcoplasma irgendwie abgegrenzt ist, sondern in beide kontinuierlich übergeht. Bei den motorischen Endigungen besteht also wie bei den sensiblen keine strukturelle Grenze zwischen nervösen Elementen und Plasma.

Bei solcher eigenartigen Form von sensiblen und motorischen Nervenendigungen erhebt sich die Frage, von wo aus ihre Ausgestaltung bedingt wird: wird sie bestimmt vom Neuron oder vom peripheren Organ, liegt hier Selbstdifferenzierung des Neurons vor oder aber abhängige Differenzierung? Experimentelle Untersuchungen haben das letztere erwiesen. Zunächst: verpflanzt man einer Unkenlarve eine frühe, noch völlig nervenlose Extremitätenanlage auf den Kopf in das Gebiet des Nervus trigeminus, so entwickelt sie sich hier



Abb. 32. Horizontalschnitt durch ein MEISSNERSches Tastkörperchen. Neurofibrillennetz im Protoplasma einer Innenkolbenzelle, Mensch. Bielschowskymethode. Vergr. 2100fach. (Nach BOEKE aus STÖHR in MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, S. 235, Abb. 43.)



Abb. 33. Motorische Endigung innerhalb einer glatten Muskelfaser. Harnblase, Mensch. Bielschowskymethode. Vergr. 1500fach. (Aus STÖHR in MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, S. 244, Abb. 55.)

zu einer regelrechten Extremität mit den typischen Nervenplexus und Nervenstämmen, die nun aber nicht vom Spinalnerven, sondern vom Trigeminus gebildet

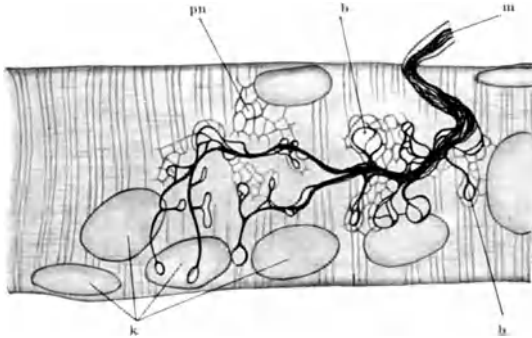


Abb. 34. Motorische Endplatte mit Schlingenbildung und periternalem Netzwerk, Zunge der Fledermaus. Bielschowskymethode. Vergr. 2100fach. k Kerne; m Nervenfasern; b Endöse; pn periternales Netzwerk.

(Nach BOEKE aus STÖHR in MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, S. 248, Abb. 60.)

nerven der Zunge, den rein motorischen Nervus hypoglossus und den rein sensiblen Nervus lingualis, und bringt die Schnittenden wechselseitig zur Vereinigung, d. h. den centralen Stumpf des motorischen Hypoglossus mit dem peripheren Stumpf des sensiblen Lingualis, und umgekehrt, so wachsen bei der Regeneration die motorischen Hypoglossusfasern in die peripheren Zweige des sensiblen Lingualis, und die sensiblen Lingualisfasern in die Zweige des motorischen Hypoglossus.

So gelangen schließlich die Hypoglossusfasern zur Schleimhaut, die Lingualisfasern zur Muskulatur. Und nun bildet der Hypoglossus sensible Schleimhautendigungen, der Lingualis motorische Endplatten. Die Ausgestaltung der Nervenendigung wird also vom Endorgan bestimmt, ist abhängige Differenzierung.

Diese Experimente sind nur möglich dank der Fähigkeit des Neurons, den durchschnittenen Neuriten wieder zu ersetzen, dank des Vermögens der Regeneration. Wenn der Neurit durchtrennt wird, so verfällt der vom Zusammenhang mit der Ganglienzelle abgetrennte Teil dem Untergange, der Degeneration, und zwar sowohl der Neurit selber mit den Neurofibrillen und den Endapparaten wie die Markscheide, während das Neurilemm (s. S. 30) erhalten bleibt. Die Zelle erleidet dabei eine Schädigung, die sich im „staubförmigen Zerfall“ der Nissl'schen Körner kundgibt. Dieser Vorgang wird im Gegensatz zur „absteigenden Degeneration“ des abgetrennten Stückes des Neuriten als „aufsteigende“ oder „retrograde Degeneration“ benannt. Diese Bezeichnung

Abb. 35. Motorische Endplatte aus dem M. obliquus sup. der Katze mit periternalem Netzwerk. Bielschowskymethode. Nachfärbung mit Hämatoxylin. Vergr. 1800fach. (Nach BOEKE aus STÖHR in MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, S. 248, Abb. 61.)

als „aufsteigende“ oder „retrograde Degeneration“ benannt. Diese Bezeichnung

De-
generation,
Re-
generation

ist insoferne irreführend, als die Zelle nicht zugrunde geht, sondern sich nach einiger Zeit von der Schädigung erholt. Sie beginnt dann, das verlorene Stück des Neuriten zu ersetzen, wobei von dem noch erhaltenen Stumpf aus der Neurit vorwächst ähnlich wie bei seiner embryonalen Entwicklung aus dem Neuroblasten. — Ist also ein peripherer Nerv durchschnitten worden, so verfällt sein peripheres, von den Zellen abgetrenntes Stück der Degeneration, es wird aber von den Zellen her regeneriert. Enthält der Nerv motorische wie sensible Fasern, so wachsen stets die regenerierenden motorischen Neuriten in die motorischen Bahnen des peripheren Stumpfes, die sensiblen Fasern in die sensiblen Bahnen. Der Erfolg ist also stets ein richtig leitender Nerv, es findet eine „biologische“ Heilung statt. Und nur durch besondere Kunstgriffe ist es bei den erwähnten Hypoglossus-Lingualisexperimenten gelungen, das unbiologische paradoxe Ergebnis zu erzielen. Woran freilich die regenerierenden Neuriten die alten motorischen bzw. sensiblen Bahnen erkennen, ist völlig rätselhaft. Sie erkennen auch nur, ob motorisch oder sensibel, nicht aber finden sie den alten Weg zu einem bestimmten Muskel: bei Regeneration des durchtrennten Nervus radialis z. B. finden die dem Musculus brachioradialis zugehörigen Neuriten wohl motorische, und nicht sensible Bahnen, aber etwa die zum Musculus extensor carpi ulnaris, nicht zum Brachioradialis. Trotzdem ist der Erfolg ein funktionstüchtiger Nervus radialis, die Lähmung ist behoben, und die alte Betätigung der Muskeln kehrt zurück, da das centrale Nervensystem lernt, die Erregungen umzuleiten und in die neuen Nerven die richtigen Impulse zu senden. Vielleicht sind auch die Muskeln auf die centrifugalen Erregungen des Centralnervensystems so abgestimmt, daß überhaupt nur das Vorhandensein einer intakten Leitung zu ihnen erforderlich ist (Resonanztheorie).

Die Regeneration des Neuriten hat die Funktionstüchtigkeit der zugehörigen Ganglienzelle zur Voraussetzung. Geht die Zelle zugrunde, dann das ganze Neuron. Ein Ersatz durch Teilung benachbarter Zellen wie etwa im Epithel erfolgt nicht: die ausdifferenzierte Ganglienzelle ist nicht mehr teilungsfähig. Der Funktionsausfall kann nur „kompensiert“ werden dadurch, daß andere Leitungsbögen die Funktion übernehmen oder wenigstens ausgleichend eintreten.

Die Fähigkeit der Regeneration kommt nur den Neuriten der peripheren Nerven zu. Die Neuriten der weißen Substanz des Zentralorgans besitzen sie nicht. Die Zerfallsprodukte des zugrunde gegangenen Neurons werden abtransportiert durch bewegliche Elemente der Neuroglia und der frei gewordene Raum wird ausgefüllt durch die Wucherung anderer Elemente der Neuroglia.

Diese Neuroglia, kurz auch Glia genannt, ist ein integrierender Bestandteil des Nervensystems, des centralen wie des peripheren. Sie entsteht aus Zellen der Medullarplatte, ist also ectodermalen Ursprungs. Soweit sie die peripheren Nervenfasern und Zellen umschließt, wandert sie längs der hinteren Wurzeln aus dem Medullarrohr aus. Mit der älteren Bezeichnung als spezifisches Stützgewebe des Nervensystems ist die Bedeutung der Neuroglia nur ganz unvollkommen gekennzeichnet. Sie lebt mit dem Nervengewebe in einer innigen Symbiose, in welcher kein Partner den andern entbehren kann, im normalen wie im pathologischen Geschehen, wie schon angedeutet wurde. Ob nicht sogar ein unmittelbarer anatomischer Zusammenhang zwischen den nervösen Elementen, z. B. den Dendritenenden der Ganglienzellen, mit ihr besteht, ist noch nicht entschieden. Jedenfalls ist sie z. B. in der Großhirnrinde zugleich mit den Dendriten um so mächtiger entwickelt, je höher diese differenziert ist.

Die Neuroglia des zentralen Nervensystems ist im frischen Zustande klebrig. Sie bildet ein das ganze Gehirn und Rückenmark durchsetzendes

ununterbrochenes plasmatisches syncytiales Gitterwerk, in welches teilweise, und zwar regionär sehr verschieden, Fasern, „Gliafasern“, eingelagert sind (Abb. S. 28). In der Umgebung der Kerne ist das Plasma gehäuft, so daß das Bild sternförmiger Zellen, Astrocyten, vorgetäuscht wird. In Golgipräparaten erscheinen diese Astrocyten als Zellen mit kürzeren oder längeren Fortsätzen, als „Kurz“- bzw. „Langstrahler“. Dies Syncytium umschließt die nervösen Elemente ganz unmittelbar, es schließt zugleich das ganze zentrale Nervensystem gegen fremde Gewebe, das Mesoderm der Pia und der Gefäße ab, bildet mit seinen Grenzmembranen eine Barriere im anatomischen wie im funktionellen Sinne. Diese Grenzmembranen werden auf der Oberfläche von Gehirn und Rückenmark aus einem dichten faserreichen Plasmanetz gebildet („marginale Glia“). Um die Gefäße wird aus plattenartig verbreiterten Anteilen des Glia-

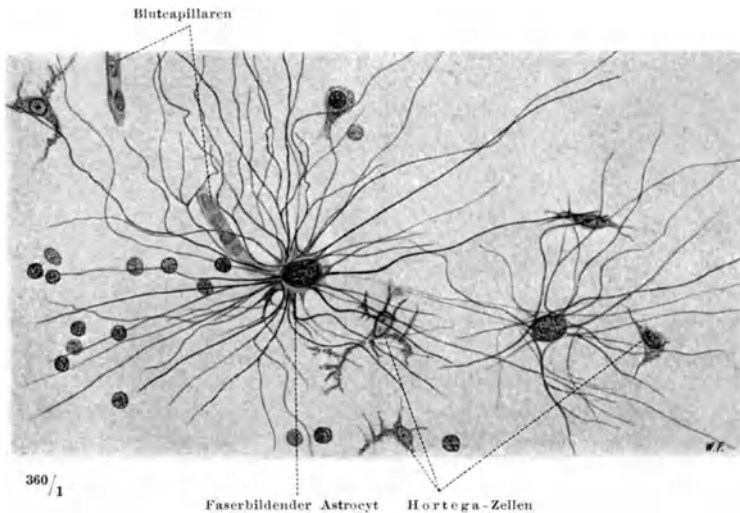


Abb. 36. Zellen der Neuroglia, Mensch. Ammonshorn, senile Demenz. HORTEGA-Färbung. Präparat von Prof. SPATZ. — Br.

syncytiums eine Grenzhaut erzeugt, welche jedoch den Gefäßen nicht unmittelbar anliegt, sondern einen perivaskulären Lymphraum (VIRCHOW-ROBINScher Raum) abschließt, der mit dem Subarachnoidalraum in Verbindung steht.

Außer dieser syncytialen, plasmatischen und teilweise faserhaltigen Neuroglia, der Makroglia, sind noch wahrscheinlich zellige Elemente vorhanden, die Mikroglia, von denen freilich nicht näher bekannt ist, in welcher Beziehung sie zu der Makroglia stehen, ob sie wie die sog. Astrocyten Teile des Syncytium, oder ob sie stets selbständige Zellen sind. Sie sind der Ortsbewegung und der Speicherung bzw. Phagocytose fähig. Doch können sich auch Astrocyten aus dem syncytialen Verbände lösen und frei werden. Man unterscheidet in der Mikroglia zwei Elemente, die Oligodendroglia und die HORTEGA-Glia. Die Oligodendroglia wird von Elementen gebildet, deren Kern denen der Lymphocyten ähnlich ist (Abb. S. 28 links im Bilde), und deren Protoplasma wenige kurze, sparsam verästelte Fortsätze aussendet. Sie werden mit dem Neurilemm der peripheren Nervenfasern verglichen. Die HORTEGAschen Zellen, welche die HORTEGA-Glia darstellen, besitzen einen länglichen Kern und einen schmalen Protoplasmakörper mit schmalen, bizarr verzweigten Ausläufern (Abb. S. 28). Sie werden von manchen Autoren für Abkömmlinge des Mesoderms gehalten, daher auch „Mesoglia“ genannt.

Krankhafte Stoffwechselprodukte oder Trümmer abgestorbener Ganglienzellen und Reste degenerierender Markscheiden werden von Gliazellen aufgenommen, die sich aus dem Gliaverbande losgelöst haben und beweglich

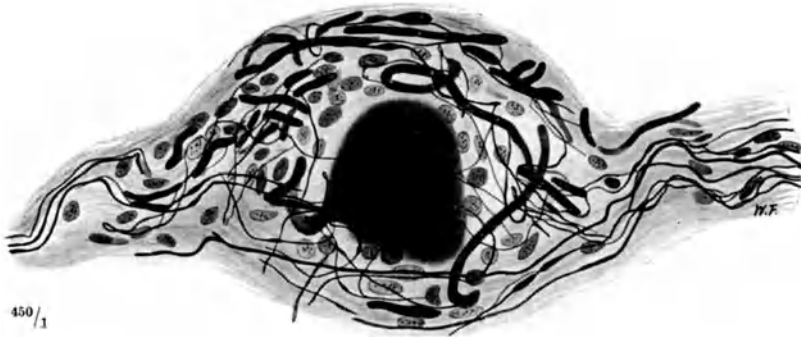


Abb. 37. Spinalganglienzelle, Ganglion trigemini, Mensch. Der dicke Neurit stark gewunden, vielfach durchschnitten. Die dünnen Fasern sind zutretend (vgl. Abb. 28). Die Kerne in der Umgebung der Ganglienzelle sind Kerne der Mantel-(Kapsel-)zellen. SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode. Präparat von Prof. STÖHR jr. — Br.

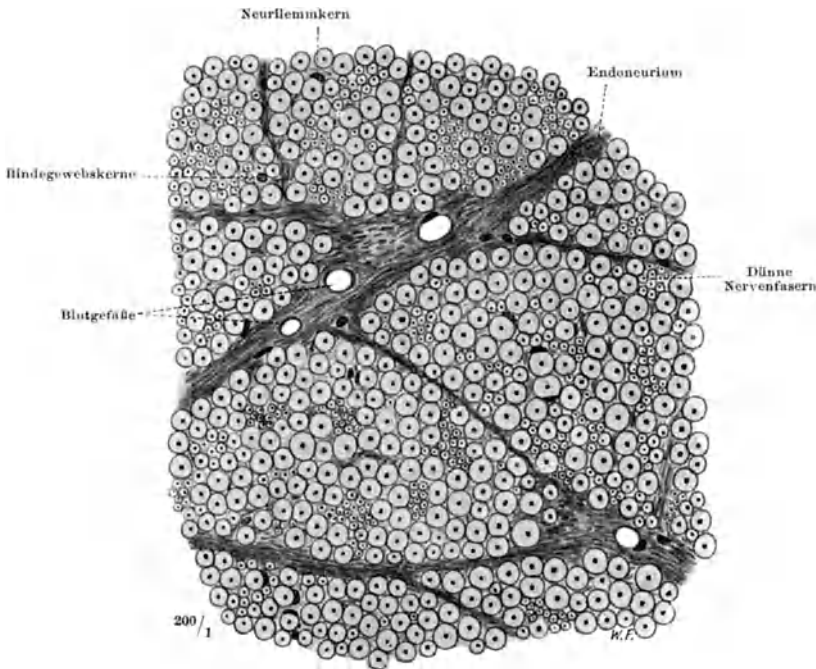


Abb. 38. Bündel eines peripheren Nervis, aus dem gleichen Präparat wie Abb. 25, aber 4mal stärker vergrößert. — Br.

geworden sind. Wegen der Plasma-Einschlüsse werden sie „Körnchenzellen“ genannt. Vor allem die HORTEGA-Zellen zeigen sehr frühzeitig solche Speicherung. — An die Stelle zugrunde gegangener nervöser Elemente tritt wuchernde Glia, wie es überhaupt keine Veränderung der nervösen Elemente gibt ohne Mitbeteiligung der Neuroglia.

Der Neuroglia kann zugerechnet werden die epitheliale Auskleidung der Hohlräume von Rückenmark und Gehirn, des Zentralkanals und der Ventrikel, das Ependym (Abb. S. 89). Es besteht aus einer einfachen Lage palisadenartiger Zellen, die einen basalen Fortsatz tragen, der in embryonaler Zeit bis zur äußeren Oberfläche reicht (Ependymfasern).

Im Bereiche des peripheren Nervensystems zeigt die Neuroglia völlig andersartige Verhältnisse als im Centralnervensystem. Man unterscheidet deshalb geradezu centrale und periphere Neuroglia. Die periphere Neuroglia, gleichen Ursprungs wie die centrale, aber in embryonaler Zeit aus dem Nervenrohr längs der afferenten (hinteren) Wurzeln ausgewandert, bildet die zelligen bzw. syncytialen Hüllen der peripheren Ganglienzellen und der Neuriten. Jede Ganglienzelle in den Ganglien der peripheren Nerven und des vegetativen Nervensystems ist von einem Mantel von Zellen umgeben, den Mantel- oder Kapselzellen, Satelliten (Abb. S. 29). Sie setzen sich auf den Neuriten fort. Jeder Neurit, ob markhaltig oder nicht, ist von einer zarten syncytialen Plasmahaut umschlossen, der SCHWANNschen Scheide oder dem Neurilemm (Abb. S. 17, 19). Sie enthält wenige Kerne (Abb. S. 19, Nr. 22), welche sich bei den markhaltigen Neuriten der Markscheide als flache Schalen anschmiegen (Abb. S. 19a, 29), — an den marklosen Neuriten runden Querschnitt zeigen (Abb. S. 21). Sie ist der Markscheide außen angelagert — bei marklosen Neuriten dem Axoplasma — und bildet einen ununterbrochenen zarten Schlauch, der am Endorgan in dessen Plasma übergeht. Auch an den Grenzen der Marksegmente, den RANVIERSchen Einschnürungen, findet keine Unterbrechung des Neurilemms statt, es senkt sich hier etwas verdickt bis an den Achsencylinder ein, läuft aber kontinuierlich weiter. Das Neurilemm spielt bei der Regeneration eine besondere Rolle. Als ein kernhaltiges Syncytium ist es nach der Durchtrennung des Neuriten auch in dem peripheren Abschnitt lebensfähig, in welchem Achsencylinder und Markscheide der Degeneration anheimfallen. In diesem peripheren Stumpf bilden sich die SCHWANNschen Scheiden zu plasmatischen Leitsträngen für die regenerierenden Neuriten um, den „BÜNGNERSchen Bändern“. Den in die centrale Neuroglia eingelagerten Neuriten in der Substanz von Hirn und Rückenmark fehlt das Neurilemm.

II. Das Rückenmark (Medulla spinalis).

1. Form und Lage.

Abb. S. 31, 34, 6, 66
Tab. S. 36

Das Rückenmark ist ein strangförmiges Gebilde (Abb. S. 31) von fast weißer Farbe. In der Mittellinie schneidet an der Ventralfläche eine tiefe, an der dorsalen eine flache Furche ein (Fissura ventralis, Sulcus dorsalis, Abb. S. 41). Von seinem Beginn am Austritt des ersten Spinalnerven an hält es bis gegen sein Ende einen mittleren Durchmesser von etwa 1 cm, verjüngt sich dann unter kegelförmiger Zuspitzung zum Conus medullaris und setzt sich fadenförmig bis zum Ende des Wirbelkanals fort (Filum terminale, Abb. S. 31 und 34). Nach der Zugehörigkeit zu den großen Abschnitten des Körpers unterscheidet man einen Hals-, Brust-, Lenden- und Kreuzabschnitt, ein Cervical-, Thoracal-, Lumbal- und Sacralmark. Die Beziehung zur Körperperipherie kommt nicht nur in der Abnahme des Querschnitts im Conus terminalis zum Ausdruck, sondern besonders in den spindeligen Anschwellungen, welche dem Zu- und Abgang der Extremitätennerven entsprechen. Die den vorderen Extremitäten zugehörige kraniale Anschwellung liegt vorwiegend im Bereiche des Halsabschnitts und wird daher Intumescencia cervicalis (Abb. S. 31) genannt. Sie hat ihre größte Mächtigkeit in Höhe des 5. und 6. Halsnerven.

Die caudale, zu den unteren Extremitäten gehörige Anschwellung, das Lendenmark betreffend, daher *Intumescencia lumbalis*, ist am mächtigsten in Höhe etwa des 3. Lumbalnerven. Die Dickenzunahme erfolgt fast ausschließlich im frontalen Durchmesser, der in der Hals- und Lendenanschwellung auf 13–14 bzw. 11–13 mm ansteigt im Gegensatz zu dem 10 mm breiten Brustmark. Der sagittale Durchmesser der Anschwellungen übertrifft den des Brustmarks (8 mm) nur um 1 mm.

Zu jedem Segment des Rückenmarks, mit ihm zusammen das Neurotom bildend, gehört ein Nervenpaar, welches das entsprechende Körpersegment mit dem Rückenmark in Verbindung hält (Abb. S. 32). Die Rückenmarksnerven, *Nervi spinales*, sind paarig gemäß dem bilateral-symmetrischen Grundplan des Wirbeltierkörpers. Im einzelnen werden sie benannt nach den Abschnitten der Wirbelsäule, an welcher sie durch die Zwischenwirbellocher, die ursprünglichen Segmentgrenzen, aus dem Wirbelkanal austretend sichtbar werden. Der zwischen 1. und 2. Brustwirbel austretende Nerv wird als 1. Brustnerv, der zwischen 1. und 2. Lendenwirbel als 1. Lendennerv bezeichnet und so fort. Folgerichtig würden sich danach ergeben 7 Cervical-, 12 Thoracal- (Dorsal-), 5 Lumbal-, 5 Sacral-, dazu 1–2 Coccygealnerven, wobei als 1. Cervicalnerv derjenige zählt, welcher zwischen 1. und 2. Halswirbel austritt. Es ist jedoch üblich, auch den vor ihm zwischen *Os occipitale* und Atlas hervortretenden 1. Spinalnerven als Cervical- statt richtig als Occipitalnerven zu bezeichnen, so daß statt 7 Cervicalnerven, wie es der Wirbelzahl entspricht, 8 gezählt werden. Die abgekürzten Bezeichnungen für die segmentalen Nerven und die zugehörigen Segmente des Rückenmarkes sind entsprechend: C 1–8, Th (D) 1–12, L 1–5, S 1–5, Co 1–2.

Keiner der Rückenmarksnerven tritt, entgegen dem Verhalten fast aller Gehirn-

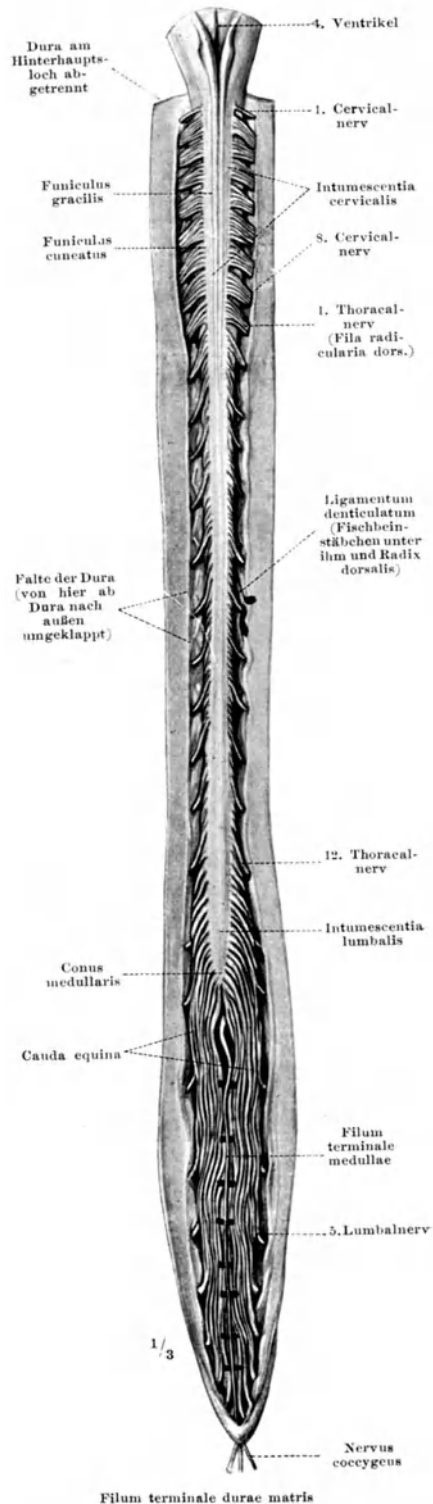


Abb. 39. Rückenmark und Dura mater von dorsal. Arachnoidea weggenommen. Ligamentum denticulatum an verschiedenen Stellen sichtbar (an einer Stelle unterlegt). Filum terminale durch Unterlagen herausgehoben, liegt sonst verborgen in der Cauda equina. Nur die dorsalen Wurzeln der Spinalnerven sind sichtbar, die untersten zur Seite gedrängt, um den Conus medullaris frei zu machen. — Br.

nerven, als einheitlicher Nervenstrang aus der Oberfläche des Rückenmarks heraus. Vielmehr wird er als solcher erst im Zwischenwirbelkanal gebildet aus einer Anzahl dünner Nervenfasern, welche zu zwei flachen Bündeln geordnet seitlich von der Mittellinie an der ventralen und dorsalen Fläche in das Rückenmark eingepflanzt sind, so daß durch sie der Stamm des Nerven gleichsam im Rückenmark wurzelt. Diese Bündel heißen „vordere“ und „hintere Wurzel“, *Radix ventralis et dorsalis*, ihre Einzelstränge „Wurzelfäden“, *Fila radicularia*, des Spinalnerven (Abb. S. 31, 66, 201). Kurz vor der Vereinigung der beiden Wurzeln zum Stamm des Spinalnerven findet sich im *Canalis intervertebralis* an der dorsalen Wurzel eine von Nervenzellen gebildete

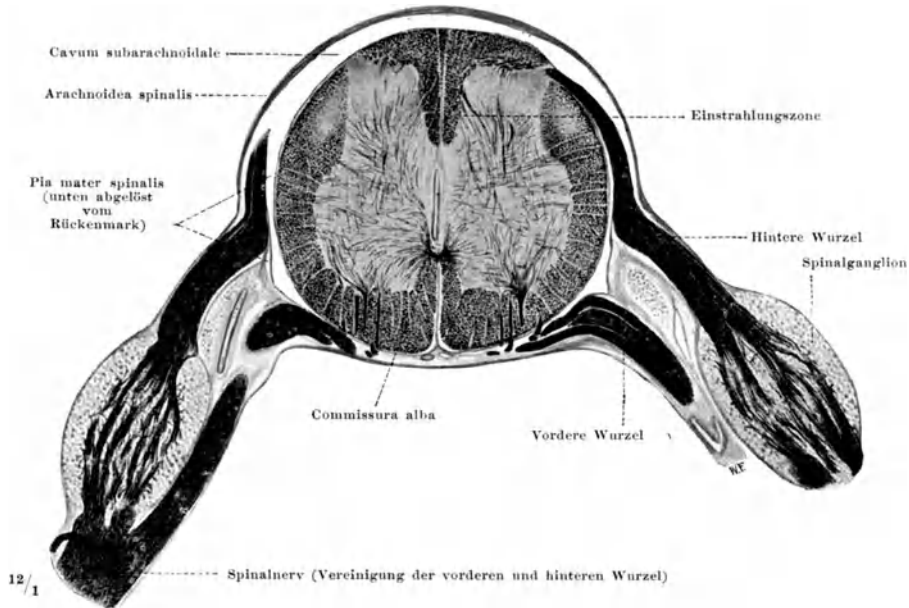


Abb. 40. Querschnitt durch Rückenmark, vordere und hintere Wurzeln, Spinalganglien. Sacralmark, Hund. WEIGERTS Markscheidenfärbung. — Br.

eiförmige Anschwellung, das Hinterwurzelganglion, Ganglion spinale, Ggl. intervertebrale (Abb. S. 32, 34, 202).

Der feinere Bau der Spinalganglien ist noch immer nicht vollkommen aufgeklärt. Die Zahl der Zellen, wechselnd nach der Zahl der in das Ganglion ein- und aus ihm austretenden Hinterwurzelfasern, ist immer nicht unbeträchtlich größer als die Zahl der Nervenfasern. Außer den typischen „Spinalganglienzellen“ (Abb. S. 15) mit T-förmig verzweigtem Fortsatz, dessen Teiläste zum Rückenmark bzw. zur Peripherie ziehen, kommen multipolare Zellen mit mehreren Dendriten und einem Neuriten vor, welcher in das Rückenmark zieht; weiterhin Zellen, die mit ihren Fortsätzen innerhalb des Ganglions an anderen Zellen endigen; andere mit Kollateralen am Neuriten, die zwischen den Zellen oder in der hinteren Wurzel mit Endverzweigungen endigen, und noch mehr. Ein großer Teil der Zellen gehört dem sympathischen Nervensystem an, manche sind wohl Schaltzellen, welche innerhalb des Spinalganglions Leitungsbögen für Gefäßreflexe schließen. — Da alle Zellen ursprünglich aus der Medullarplatte, der Anlage des Rückenmarkes, stammen, können die Spinalganglien als peripher verlagerte graue Substanz des Rückenmarkes betrachtet werden.

Die dorsalen Wurzelfäden aller Nerven sind in einer Reihe auf der Dorsalfläche des Rückenmarks angeordnet, längs einer Furche, welche beim Ausreißen der Wurzelfäden sichtbar wird: *Sulcus lateralis dorsalis* (Abb. S. 35

und 41). Die Austrittsstellen der ventralen Wurzelfäden im Sulcus lateralis ventralis liegen in 2—3 Längsreihen. Die Wurzelfäden benachbarter Nerven schließen am Rückenmark fast unmittelbar aneinander an, besonders am Lenden- und Kreuzmark. Am Rückenmark selbst ist daher die Zugehörigkeit der Wurzelfäden zu den einzelnen Nerven mitunter kaum bestimmbar, eher noch an den ventralen als an den dorsalen Wurzeln. Dorsale und ventrale Wurzelbündel schmiegen sich der Seitenfläche des Rückenmarks dicht an, die dorsalen eine längere Strecke als die ventralen. Im Bereiche des Conus terminalis legen sich die hinteren Wurzeln der caudalsten Nerven beider Seiten in der Mittellinie unmittelbar aneinander und verdecken den Conus terminalis, so daß er von dorsal her erst nach Auseinanderdrängen der hinteren Wurzeln sichtbar wird.

Von den oberen Brustnerven caudalwärts vereinigen sich die Fila radicularia der ventralen Wurzeln kurz nach dem Austritt aus dem Rückenmark zu einem einheitlichen drehrunden Stamm; an den Halsnerven verhalten sie sich ähnlich wie die Wurzelfäden aller hinteren Wurzeln; sie treten zu mehreren Stämmchen zusammen, welche sich zu einem platten Strang aneinanderlegen. Es mag dies damit zusammenhängen, daß die Zahl der dorsalen Wurzelfäden beträchtlich größer ist als die der ventralen.

Fast an jedem Rückenmark, besonders im Gebiete der Extremitäten, findet sich ein und der andere Hinterwurzelfaden, welcher sich gabelig teilt und seine Fasern in die beiden benachbarten Segmente des Rückenmarkes eintreten läßt, die streng segmentale Anordnung der Rückenmarksnerven aufhebend. Diese wie manche andere Beobachtung macht es wahrscheinlich, daß die Grenzen der Rückenmarkssegmente anders anzunehmen sind als es hier der üblichen Darstellung entsprechend vorgetragen wurde. Es ist wahrscheinlich richtiger, die Grenzen nicht zwischen den Wurzelbündeln zweier benachbarter Nerven zu ziehen, und das die Wurzelfäden jedes Nervenpaares tragende Rückenmarkstück als Segment anzusprechen, sondern mitten durch die Wurzelbündel hindurch: jedes Segment trüge dann die caudale Hälfte der Wurzelfäden des kranialen zweier benachbarter Nerven und die kraniale Hälfte des caudalen. Die Segmentgrenzen würden danach ähnlich liegen wie an der Wirbelsäule, wo sie mitten durch die Wirbelkörper laufend zu denken sind und jede Wirbelhälfte eine halbe Gelenkfläche für die Rippe trägt. Die Nerven würden danach nicht innerhalb der Segmente, sondern zwischen ihnen, intersegmental, verlaufen wie die Rippen. Da diese Frage aber noch strittig ist, wird hier an der alten Darstellung festgehalten, zumal sie allen klinischen Daten und Tabellen zugrunde liegt.

Das Rückenmark ist in den Wirbelkanal eingelagert, füllt ihn jedoch keineswegs vollständig aus (siehe S. 201), und folgt den Krümmungen der Wirbelsäule in der Sagittalebene nur unvollkommen. Doch weist auch das Rückenmark im Halsteil eine nach dorsal konkave, im Brustteil eine nach dorsal konvexe Biegung auf (Abb. S. 34). Sein unteres Ende, die Spitze des Conus terminalis, steht in Höhe des 12. Brust- bis 3. Lendenwirbels, am häufigsten an der Grenze von 1. und 2. Lendenwirbel, beim Neugeborenen in Höhe des 3. Lendenwirbels, in fetaler Zeit noch tiefer: im Laufe der Entwicklung verschiebt sich das Rückenmarksende gegenüber der stärker wachsenden Wirbelsäule. Hoher Stand des Conus terminalis (12. Brust- oder 1. Lendenwirbel) wird fast nur bei Männern beobachtet. Ausnahmsweise kann das Rückenmark noch über den Lendenbereich hinausgehen: bei einer 69jährigen Frau fand ich den Conus terminalis an der Grenze von 1. und 2. Sacralwirbel.

Die Wachstumsverschiebung des Rückenmarks gegen die Wirbelsäule wirkt auch auf den Verlauf der Nerven innerhalb des Wirbelkanals zurück. In früher Fetalzeit liegen der Austritt aus dem Rückenmark und aus dem Wirbelkanal in gleicher Höhe: die ventralen und dorsalen Wurzeln verlaufen senkrecht zur Achse des Rückenmarks, haben also quere Richtung und werden im Querschnitt in ganzer Ausdehnung getroffen (Abb. S. 46). In späteren

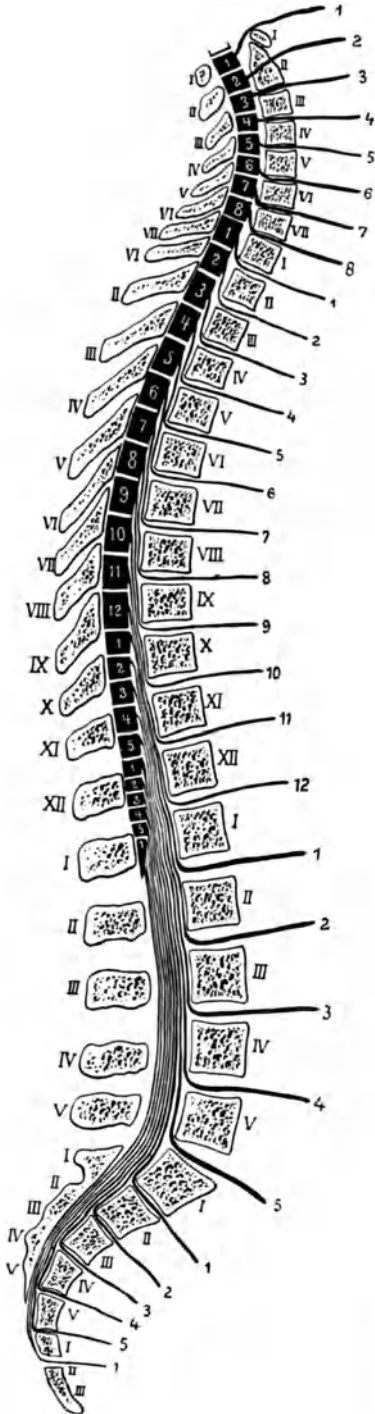


Abb. 41.

Abb. 41. Schema der Rückenmarkssegmente. Ihre Lagebeziehungen zu den entsprechenden Wirbeln. Topographie der Wurzelaustrittsstellen aus dem Rückenmark und der Nervenaustrittsstellen aus den Foramina intervertebralia. (Nach TANDLER und RANZI, aus MARBURG-RANZI in Lehrbuch der Chirurgie von CLAIRMONT, DENK, HABERLE, RANZI, Bd. 1, S. 248.

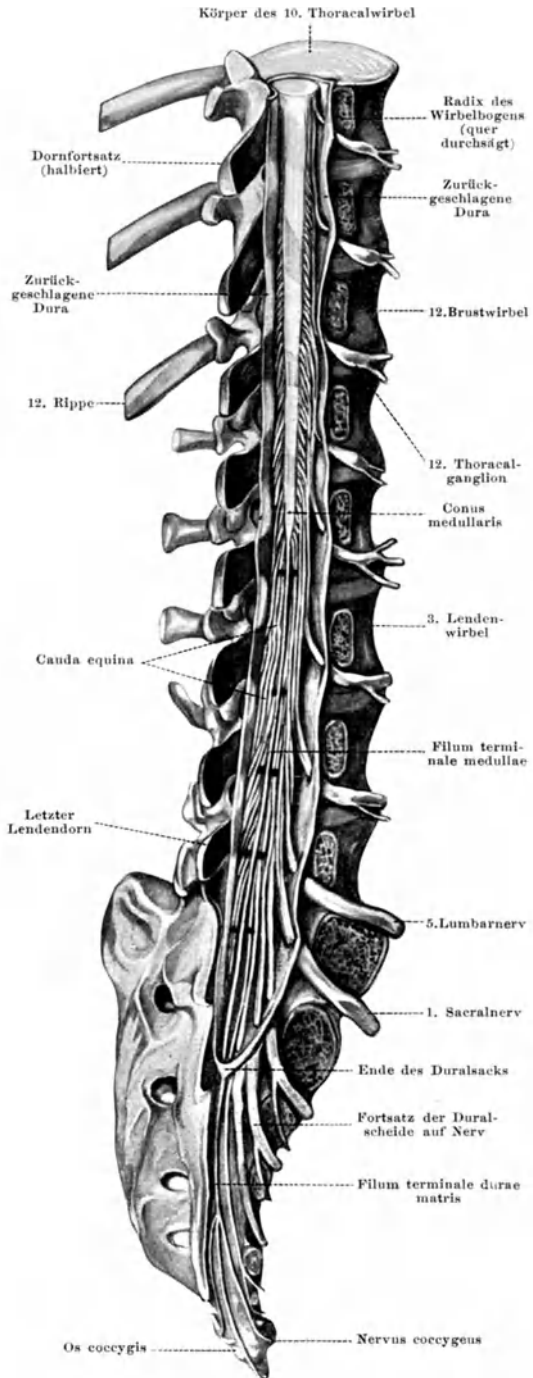


Abb. 42.

Abb. 42. Conus medullaris und Cauda equina in situ. Wirbelbögen zur Hälfte abgetragen, Bogenwurzeln rechts durchsägt, Dornfortsätze halb durchgesägt. Arachnoidea nicht gezeichnet. Die Nerven außerhalb der Dura dicker, weil mit Duralscheide umhüllt. Filum terminale unterlegt. Schäffner praep. — Br.

Fetalzeiten jedoch und besonders beim Erwachsenen erfahren infolge des bedeutenderen Wachsens der Wirbelsäule gegenüber dem Rückenmark die Nervenaustrittsstellen am Wirbelkanal (Foramina intervertebralia) gegenüber den Wurzelaustrittsstellen am Rückenmark eine Verschiebung, die gegen das caudale Ende der Wirbelsäule zunehmend größer wird, da das vordere Ende in der Gegend des Foramen occipitale magnum an Ort und Stelle verbleibt. Die Spinalganglien und also auch die Vereinigungspunkte von ventralen und dorsalen Wurzeln bleiben in den Foramina intervertebralia liegen. Die Nervenwurzeln sind dadurch gezwungen, einen immer längeren Weg unter immer spitzerem Winkel vom Rückenmark zum Zwischenwirbelloch zu nehmen, so daß im Bereich der Lenden- und Kreuzwirbelsäule außer Conus terminalis und

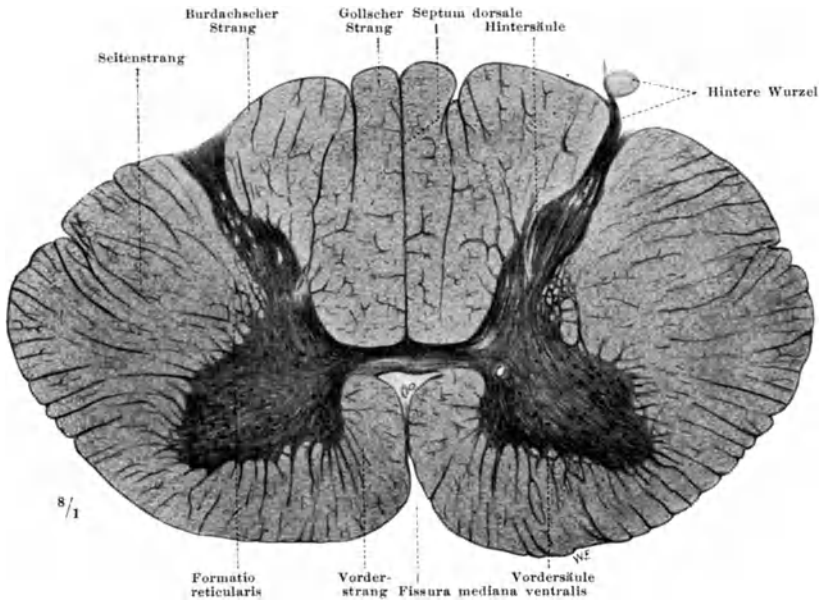


Abb. 43. Querschnitt durch das Rückenmark, Mensch, Halsmark. Carmin. — Br.

Filum terminale die dicht aneinandergedrängten Vorder- und Hinterwurzeln „caudae equinae ad instar“ zu liegen kommen, weshalb der aus Filum terminale, sowie Vorder- und Hinterwurzeln bestehende Inhalt des Wirbelkanals im Bereiche der unteren Lenden- und der Kreuzgegend kurzweg *Cauda equina* genannt wird (Abb. S. 31, 34).

Da die Zwischenwirbelkanäle nicht schräg nach abwärts, sondern quer verlaufen, erfahren die Nervenwurzeln bei ihrem Eintritt in den Zwischenwirbelkanal eine winklige Abbiegung. Diese Erscheinung ist schon an den unteren Halsnerven deutlich.

Über die gegenseitigen Lagebeziehungen von Rückenmarkssegmenten, Wirbelkörpern und -dornen, Nervenwurzeln, Wirbelkanal und Zwischenwirbellöchern unterrichtet Abb. S. 34 links.

2. Bauplan des Rückenmarkes.

Über den inneren Bau des Rückenmarkes geben Querschnitte eine erste Aufklärung: bei der Betrachtung der frischen Schnittfläche mit bloßem Auge zeigt sich in einen gelblich weißen Mantel gehüllt eine graubraune Masse von eigentümlicher H-förmiger Gestalt (Abb. S. 35). Man hat sich gewöhnt, nach

diesem Querschnittsbild von der „weißen“ und „grauen“ Substanz des Rückenmarkes (*Substantia alba*, *Substantia grisea*) zu sprechen. Die weißgelbe Farbe der *Substantia alba* ist durch die Markscheiden der hier verlaufenden Nervenfasern bedingt, die graubraune der *Substantia grisea* durch das Fehlen der Markscheiden oder wenigstens durch die Markarmut. Die graue Substanz wird gebildet von Ganglienzellen mit ihren Fortsätzen und den markarmen und marklosen Enden der an sie herantretenden und von ihnen ausgehenden Nervenfasern. Sie ist das eigentliche Umschaltorgan im Rückenmark — die weiße Substanz enthält die zu- und abführenden Leitungs- und Verbindungsdrähte — und erstreckt sich durch die ganze Länge des Rückenmarkes, allenthalben von einem in kranialer Richtung allmählich dicker werdenden Mantel von weißer Substanz umgeben. Nach ihren wesentlichen morphologischen Bestandteilen könnte man die graue und weiße Substanz einander gegenüberstellen als nervenzellhaltigen und nervenfaserhaltigen Teil, als *Substantia neurocellulosa* und *neurofibrosa*, nach ihren wesentlichen Leistungen als Umschaltorgan und Verbindungs- oder Leitungsorgan. Immerhin machen in der grauen Substanz die zarten markhaltigen Fasern mit ihren vielfachen Durchkreuzungen und Überschneidungen mindestens die Hälfte von deren Masse aus (Abb. S. 16, 32).

Tabelle der Bezeichnungen für das Rückenmark, *Medulla spinalis*.

A. Graue Substanz, *Substantia grisea* (*neurocellulosa*):

1. Vorder- und Hintersäule, *Columna ventralis et dorsalis*: die Schenkel der H-Figur des Querschnittes der grauen Substanz; *Pars centralis*, die quere Verbindung der Schenkel.
2. Seitensäule, *Columna lateralis*, eine im unteren Hals- und oberen Brustabschnitt an der Vordersäule dorso-lateral vorspringende Leiste.
3. Mittelfeld, das Zwischengebiet zwischen Vorder- und Hintersäule.
4. *Formatio* (*Processus*) *reticularis*, lateral am Winkel zwischen Vorder- und Hintersäule, graue Substanz, durch Einlagerung von Bündeln der weißen Substanz zu netzartigen Platten durchbrochen (auf Hals- und oberes Brustmark beschränkt).
5. *Substantia gelatinosa* (Rolandi), der dorsalen Kante der Hintersäule anliegende nervenzell- und faserarme, gliareiche Leiste.
6. *Zona spongiosa*, dorsal der *Substantia gelatinosa* angelagerter ganglienzellhaltiger Teil grobmaschiger Neuroglia.
7. *Canalis centralis*, der das ganze Rückenmark in der Fortsetzung der 4. Hirnkammer durchziehende, in embryonaler Zeit weite Hohlraum, der in der *Pars centralis* der grauen Substanz gelegen ist. Beim Kinde mit durchgehender Lichtung, beim Erwachsenen streckenweise oder ganz verödet.
8. *Substantia gelatinosa centralis*, die nur aus Neuroglia bestehende Umgebung des *Canalis centralis*.
9. *Ventriculus terminalis*, erweiterter Abschnitt des Centralkanal am Übergang des *Conus medullaris* in das *Filum terminale*. In einer Längenausdehnung von etwa 6–8 mm ist hier der Centralkanal auf 1 mm verbreitert und dicht an die dorsale Oberfläche gerückt, so daß seine dorsale Wand nur von einer dünnen Membran gebildet wird.
10. *Commissura grisea ventralis et dorsalis*, die ventral bzw. dorsal vom Centralkanal gelegenen Teile der *Pars centralis* der grauen Substanz, durch welche Fasern von einer Seite zur anderen hinüberkreuzen. (Besser: *Decussatio intracentralis ventralis et dorsalis*.)

B. Weiße Substanz, *Substantia alba* (*neurofibrosa*).

1. *Fissura mediana ventralis*, tiefe Spalte an der Ventralfläche des ganzen Rückenmarks, *Sulcus medianus dorsalis*, flache Rinne an der Dorsalfläche. Von ihr aus dringt in die Tiefe
2. das *Septum medianum dorsale* (*Septum posterius*), eine Gliaplatte.
3. Vorderstrang, *Funiculus ventralis*, der Teil der weißen Substanz zwischen *Fissura mediana ventralis* und Vorderwurzelfasern.
4. Seitenstrang, *Funiculus lateralis*, zwischen Vorderwurzelfasern und Hintersäule.
5. Hinterstrang, *Funiculus dorsalis*, zwischen Hintersäule und *Septum dorsale*.

6. Zona terminalis, der zwischen Zona spongiosa (A. 6) und Oberfläche gelegene Bezirk der weißen Substanz, gliereich und sehr dünne Markfasern enthaltend. Auch Markbrücke genannt, mit der Zona spongiosa zusammen die „Lissauersche Randzone“ bildend.
7. Decussatio (Commissura) alba, Kreuzung markhaltiger Fasern ventral von der Pars centralis der grauen Substanz.
8. Marginale Glia, gliöse Randschicht, der Filz von Gliafasern, welcher als dünne nervenfaserfreie Schicht die Oberfläche des Rückenmarkes bildet. Im Bereich der Wurzeintrittszone verdichtet.

Den Grundstock der grauen und weißen Substanz bildet bei allen Wirbeltieren ein System von Schaltungen und zugehörigen Verbindungen, welche in jedem einzelnen Rückenmarkssegment enthalten sind, außerdem die benachbarten Segmente und die rechte und linke Rückenmarkshälfte miteinander verbinden, ihrer Natur nach aber die Grenzen des Rückenmarks nicht überschreiten. Dieses System bildet den Eigenapparat oder Elementarapparat des Rückenmarks, welcher ergänzt wird durch den Integrationsapparat, Zellen und Fasern, welche im Dienste von Schaltungen stehen, die über bestimmte Teile des Gehirns geführt sind (Integrationsorte, S. 12).

Die Bausteine des Elementarapparates sind in erster Linie die reiz- und ableitenden Nervenfasern der hinteren und vorderen Wurzeln mit ihren Ganglienzellen. Die aus der Haut und aus den Sehnen und Muskeln stammenden afferenten Fasern erreichen das Rückenmark durch die hinteren Wurzeln, ihre Ganglienzellen sind in den Spinalganglien enthalten. Die für die Skelettmuskelfasern bestimmten efferenten Fasern verlassen das Rückenmark durch die vorderen Wurzeln, ihre Ganglienzellen liegen in den Vordersäulen der grauen Substanz. Indem sich das afferente, sensible Neuron in der grauen Substanz mit der Zelle des efferenten, motorischen Neurons in Verbindung setzt, wird ein Leitungsbogen gebildet, welcher den Reiz etwa von der beklopften Sehne des Musculus quadriceps femoris durch das afferente Hinterwurzelneuron auf das efferente vordere Wurzelneuron und dadurch auf die Muskelfasern des Quadriceps überträgt. Auf das Beklopfen der Sehne erfolgt zwangsmäßig eine Kontraktion des Muskels, eine „reflectorische“ Kontraktion, sofern nicht Erregungen von anderen Leitungsbögen her hemmend eingreifen. Diese elementarste Verbindung von afferentem und efferentem Neuron, der Leitungsbogen 1. Ordnung, wird deshalb ein „Reflexbogen“ genannt, und zwar ein „direkter Reflexbogen“, weil er die unmittelbarste Verbindung zwischen den beiden Neuren darstellt. Er wird erweitert zum Leitungsbogen 2. Ordnung, zum „indirekten“ Reflexbogen, durch Zwischenschaltung eines 3. Neurons, durch dessen Vermittlung der Reiz von einer afferenten Faser auf eine Anzahl efferenter Neuren in verschiedenen Querschnittshöhen der gleichen und der anderen Seite des Rückenmarks übertragen wird.

Über die Anordnung der zu- und ableitenden Fasern der Leitungsbögen besagt das von dem Physiologen JOHANNES MÜLLER näher begründete BELL-MAGENDIEsche Gesetz: die afferenten Fasern laufen in den hinteren, die efferenten in den vorderen Wurzeln. Man spricht deshalb kurz, aber nicht ganz folgerichtig, von den hinteren Wurzeln als den afferenten, centripetalen, sensiblen, und von den vorderen als den efferenten, centrifugalen, motorischen Wurzeln. Für die Hauptmasse der Fasern trifft diese Beschreibung sicherlich zu, doch erstreckt sie sich nur auf die der Funktion nach genauer bekannten Faserarten. Höchstwahrscheinlich verlassen aber in geringer Zahl auch efferente Fasern das Rückenmark durch die Hinterwurzeln. Vielleicht treten auch afferente durch die Vorderwurzeln ein. Genaue Einzelheiten über Vorkommen, Anordnung und Bedeutung solcher Fasern sind nicht bekannt, zum Teil gehören sie dem vegetativen Nervensystem zu. Das BELL-MAGENDIEsche Gesetz hat Gültigkeit für die Bewegungsfasern der Skelettmuskulatur und die zuleitenden Fasern aus der Haut und aus Sehnen und Muskeln. Bei allen Wirbeltieren findet sich das gleiche Verhalten, und nur ausnahmsweise sind bei physiologischen Experimenten z. B. am Frosch motorische Fasern für Skelettmuskeln

Bausteine
des
Elementar-
apparates
Abb. S. 59,
60, 61

durch die Hinterwurzeln verlaufend gefunden worden. Die Gesetzlichkeit kann demnach nicht bezweifelt werden. Aber sie gilt nur für das Gebiet des segmentierten Körperabschnittes und somit der Rückenmarksnerven. Die Verallgemeinerung auch auf den unsegmentierten Abschnitt und die Gehirnnerven ist unzulässig, obwohl sie immer wieder durchgeführt worden ist. Sie wäre, wengleich mit dem Verhalten der Gehirnnerven nur gewaltsam vereinbar, zulässig und notwendig, wenn ein Grundplan wie die bilaterale Symmetrie vorläge, wenn die Funktionen der Zu- und Ableitung der Erregungen und die gestaltliche Ausbildung der zugehörigen nervösen Elemente ausschließlich an ventral und dorsal im Centralnervensystem gebunden wären. Für solche Annahme fehlt der zwingende Beweis, und gewichtige Tatsachen sprechen gegen sie. So das schon erwähnte Austreten visceromotorischer Fasern durch die hinteren Wurzeln, die Einlagerung der motorischen Pyramidenbahnen ventral und lateral, bei manchen Säugern dorsal im Rückenmarksquerschnitt. In der Verteilung der efferenten Abschnitte der Leitungsbögen vorwiegend auf ventrale Gebiete des Centralnervensystems und der afferenten auf dorsale kann vorerst nur eine „Regel des Vorkommens“ erblickt werden, nicht aber ein „Gesetz des Wirkens“.

Das Rückenmark als der zum segmental gegliederten Abschnitt des Körpers gehörige Teil des nervösen Centralorgans wird von den Scheiteln der elementaren Leitungsbögen (siehe S. 12) gebildet. Die zuleitenden Schenkel bilden die afferenten, die ableitenden die efferenten Neuren, welche in ihrer Gesamtheit die peripheren Nerven darstellen. Die zugehörigen Zellen liegen ursprünglich sämtlich im Rückenmark. Die periphere Lage der Ganglienzellen der afferenten Neuren in den Spinalganglien ist ein phylogenetisch jüngerer Zustand ebenso wie die Markumhüllung der Neuriten. Bei Fischen und bei den Embryonen der Amphibien und Reptilien liegen sie teils extra-, teils intramedullär. Die Grundmasse der grauen Substanz des Rückenmarks wird von diesen Zellen und ihren Dendriten gebildet. Dazu kommt als weiterer wesentlicher Bestandteil des Elementarapparates die Strangzelle, welche, zwischen afferentes und efferentes Neuron eingeschaltet, durch ihren T-förmig geteilten Neuriten die Erregung von einem afferenten Neuron auf mehrere efferente Neuren der gleichen Seite und der Gegenseite überträgt, über die Bereiche der Segmente hinweg (Abb. S. 43, 60, 61). Die Strangzellen sind die eigentliche morphologische Grundlage für die harmonisch ordnende Tätigkeit des Centralorgans. Indem ihre Neuriten sich aneinander lagern, bilden sie die „Stränge“ des Rückenmarks, den Mantel längsverlaufender Fasern, welcher die central gelagerten Zellen umhüllt. Die Neuriten der Strangzellen besitzen Markscheiden und verleihen den „Strängen“ die gelbweiße Farbe, wie sie die markhaltigen peripheren Nerven aufweisen. Als „weiße Substanz“ umgeben sie wie ein Mantel (Abb. S. 41) die Ganglienzellen und ihre Dendriten, die in ihrer Zusammenlagerung die „graue Substanz“ bilden.

Die Zellen der afferenten und efferenten Neuren zusammen mit den Strangzellen und ihre Neuriten sind die typischen Bestandteile des Elementar- oder Eigenapparates des Rückenmarks, welcher für den segmentierten Körperabschnitt die Zusammenarbeit der Körperperipherie bewirkt. Grundsätzlich gleichen Bau weist der an das Rückenmark anschließende Gehirnabschnitt, das verlängerte Mark, auf. Die Neuriten seiner Strangzellen überschreiten die Grenze gegen das Rückenmark und die Grenzen von dessen ersten Segmenten und ermöglichen das unmittelbare Zusammenwirken von Kopf und anschließendem Körperabschnitt.

Der Grundstock des Rückenmarks erfährt eine Bereicherung dadurch, daß die Strangzellen des Gehirns, welche die Reize von Nerven des unsegmentierten Körperabschnittes, des Kopfes und des Kiemenapparates bzw. seiner stammesgeschichtlichen Umformungen, aufnehmen, ihre Neuriten in das Rückenmark vorschieben, über das vorderste Gebiet im Bereiche der Kopf-Rumpfgrenze, in welches sie sich von vornherein erstrecken, caudalwärts hinaus bis

schließlich zum Ende des Rückenmarks (Abb. S. 59). Eines der phylogenetisch ältesten dieser Bündel von Neuriten im Gehirn gelegener Strangzellen entwickelt sich im Anschluß an den Nerven des Gleichgewichtsorgans, den N. vestibularis, und zieht als Tractus vestibulo-spinalis jederseits im Rückenmark nach abwärts. Die Fasern enden an den Ganglienzellen der efferenten Wurzelneuren wie die Fasern des Eigenapparates. Ihre Menge und damit der Umfang des Bündels wird infolge der Endigung an den motorischen Zellen in cranio-caudaler Richtung immer geringer. — Indem sich weitere solche Bündel von Strangzellneuriten, z. B. im Anschluß an das Sehorgan, aus dem Gehirn in das Rückenmark erstrecken, werden den kurzen Bahnen des Eigenapparates, welche nur die Segmentgrenzen überschreiten, neue „lange“ Faserzüge hinzugefügt und die „Stränge“, die weiße Substanz, wächst an Umfang. Erregungen, welche die Kopfnerven treffen, werden auf diesen Wegen auf die Zellen der efferenten Neuren des Rumpfes übertragen: Rückenmark und Gehirn, Rumpf und Kopf werden zu einem funktionell einheitlichen Ganzen vereinigt.

In umgekehrter Richtung dringen Strangzellneuriten, nachdem sie als „Bogenfasern“ die Mittellinie überschritten haben, bis in das Gehirn vor, ursprünglich bis ins Mittelhirn, stammesgeschichtlich später bis in das Zwischenhirn. In ihrer Gesamtheit bilden sie im Anschluß an die afferenten Hinterwurzel-fasern einen „langen“ Faserzug im Seitenstrang, den Tractus spino-mesencephalicus, bzw. in phylogenetisch jüngeren Stadien Tractus spino-thalamicus. Diese Fasern sind die Vermittler der elementaren Berührungs-, Temperatur- und Schmerzreize, der „protopathischen Sensibilität“, welche auf diesem Wege über die beschränkten Bereiche der Leitungsbögen des Eigenapparates hinaus geführt werden zu einer gemeinsamen Endigungstätte. Efferente Bahnen führen dann von hier aus zu den Zellen der motorischen Wurzeln und zurück zur Peripherie durch Vermittlung eines großen Strangzellsystemes, das in seiner Gesamtheit das System des motorischen Haubenkernes bildet (siehe S. 101) und seine Zellen im Mittel- und Hinterhirn aufweist. Ihre Neuriten begeben sich zu den Zellen der motorischen Wurzeln der Hirn- und Rückenmarksnerven als Tractus tegmento- (reticulo-) bulbaris et -spinalis.

Als weiteres aufsteigendes Bündel wird in Fortsetzung von afferenten Fasern aus Muskeln und Gelenken ein im gleichseitigen Seitenstrang aufsteigendes Bündel von Strangzellneuriten gebildet, das im Kleinhirn endigt (Abb. S. 59, rot): Tractus spino-cerebellaris. Es führt dem Kleinhirn, dem Organ der feinen Abstufung der Bewegungen größerer Muskelgruppen, die Erregungen zu, welche bei den Bewegungen in Muskeln und Gelenken entstehen. Im Gegensatz zum Tractus spino-thalamicus, welcher von außen kommende „exterozeptive“ Reize zum Gehirn führt, dient er der Leitung von im Organismus selbst entstehenden „propriozeptiven“ Reizen. Im Kleinhirn erfolgt die Umschaltung auf den efferenten Schenkel des Leitungsbogens, der zu den Vorderwurzelneuren zurückführt, auch hier unter Zwischenschaltung des motorischen Haubenkernes.

Als phylogenetisch jüngste Erwerbung kommen im Zusammenhang mit der Ausbildung der gesamten Haut und ihrer Anhangsgebilde (z. B. Haare) zu einem großen spezifischen Sinnesorgan afferente Neuren hinzu, deren in den Spinalganglien gelegene Zellen ihren centralen Fortsatz als Hinterwurzel-fasern in das Rückenmark und ohne Umschaltung auf Strangzellen ununterbrochen vorwärts senden bis in das verlängerte Mark. Diese langen aufsteigenden Fasern lagern sich dorsal von der grauen Substanz beiderseits der Mittellinie und erzeugen den den Fischen wie zunächst auch den Embryonen der Säugetiere (Abb. S. 46) fehlenden Hinterstrang der weißen Substanz. Von ihrer Endigungstätte, den Hinterstrangkernen, aus, werden sie teils zum Kleinhirn, teils zum Zwischen- und zum Großhirn weitergeführt (Abb. S. 59, gelb).

Der hier an dem Beispiel einiger Fasersysteme geschilderte Grundplan des Rückenmarkes findet sich auch beim Menschen: der Eigenapparat mit den „kurzen“ Bahnen der Strangzellen, und der Integrationsapparat mit den „langen“ Bahnen, welche zum Gehirn auf- und absteigen. Je mehr dieser Integrationsapparat entwickelt wird, ein Prozeß, der mit der weiteren Ausgestaltung des Gehirns Hand in Hand geht, desto mehr engt er die selbständige Funktion des Elementarapparates ein, „übertönt“ sie, so daß bei den Säugetieren und besonders beim Menschen, der Elementarapparat des Rückenmarkes zu eigener, vom Gehirn unabhängiger Leistung nicht mehr befähigt ist. Das geköpfte Huhn läuft noch der Küchenmagd davon, der Stier hingegen stürzt unter dem Nackenstich des Stierkämpfers augenblicklich zusammen, und beim Menschen genügt die Zerstörung der vom Großhirn zum Rückenmark absteigenden Pyramidenbahn durch einen „Schlaganfall“ zur schlagartigen, zunächst vollständigen Lähmung.

3. Graue und weiße Substanz des Rückenmarkes.

Im Rückenmark des Menschen sind wie in dem aller Wirbeltiere die Ganglienzellen, Wurzelzellen der Vorderwurzelfasern wie Strangzellen, zur central gelegenen grauen Substanz zusammen geordnet, um welche sich die Faserbündel als weiße Substanz peripher herumlagern.

Form der
grauen
Substanz
Abb. S. 41,
63, 32, 35,
54, 201,
Tab. S. 36

Die graue Substanz hat etwa die Form wie die H-Träger unserer Technik (Abb. S. 41). Die Flanschen stehen in dorso-ventraler Richtung und werden als Vorder- und Hintersäulen (Columnae ventrales et dorsales) benannt. Streckenweise, besonders im Brustmark, aber nicht durchgehends, erhebt sich im dorsalen Teil der Vordersäule eine lateral vorspringende Leiste, die Seitensäule, Columna lateralis. Innerhalb des querstehenden Mittelstückes liegt der enge Canalis centralis. Nach Zahl und Anordnung der Ganglienzellen haben Vorder- und Hintersäulen in verschiedenen Querschnittshöhen des Rückenmarks verschiedene Mächtigkeit und Gestalt. Im Brustmark, dessen peripheres Körpergebiet, die Rumpfwand, arm an Muskeln ist, sind sie schwächlich (Abb. S. 201), im Bereiche der Extremitätennerven in Hals- und Lendenmark bauchig (Abb. S. 32, 54), besonders die Vordersäulen, welche die motorischen Wurzelzellen enthalten, während die Strangzellen ihrer Mehrzahl nach in den mittleren Teilen zwischen Vorder- und Hintersäulen und in den Hintersäulen liegen. Über ihre Anordnung im einzelnen siehe S. 42 f.

Der Kante jeder Hintersäule ist eine gehöhlte Leiste aufgesetzt, welche im Querschnittsbilde durch ihre abweichende Farbe und Konsistenz auffällt (Abb. S. 43, 32). Sie wird als Substantia gelatinosa Rolandi bezeichnet und ist ein Teil der grauen Substanz, dessen Neuroglia sehr reich entwickelt ist, und der in dorso-ventraler Richtung von vielen markhaltigen Fasern durchzogen wird. Die Substantia gelatinosa enthält außerdem in geringer Zahl sehr kleine spindelige Ganglienzellen (GIERKESche Zellen). An die Substantia gelatinosa schließt sich nach außen die Zona spongiosa an, welche in weitmaschiger Glia zahlreiche Ganglienzellen enthält.

Weißer
Substanz
Abb. S. 32,
35, 54, 201,
211, 41
Tab. S. 36

Die weiße Substanz wird von den markhaltigen Fasern des Elementar- und des Integrationsapparates gebildet, welche letzterer beim Menschen weit überwiegt. Die Grenze gegen die graue Substanz ist im allgemeinen glatt, wenn auch kleine Zacken der grauen Substanz an ihrer Ventralfläche in allen Querschnittshöhen in die weiße Substanz vorragen. An der lateralen Fläche der grauen Substanz, am Übergang von Vorder- und Hintersäule im Winkel zwischen Hinter- und Seitensäule, laufen einzelne kleine Bündel der weißen Substanz innerhalb der grauen, so daß diese im Querschnittsbild netzartig

durchbrochen erscheint. Ein ähnliches Bild bietet sich vielfach auch an der Medialfläche der Basis des Hinterhorns. Man nennt diese besonders im Halsmark ausgeprägten Teile der grauen Substanz, denen keine grundsätzliche Bedeutung zuzukommen scheint, *Processus reticularis* oder *Formatio reticularis substantiae griseae* (Abb. S. 35, 54).

Innerhalb der weißen Substanz halten die Fasern des Elementarapparates und ein Teil der Bündel des Integrationsapparates ganz typische Querschnittsfelder besetzt, andere Fasern verlaufen zerstreut in der weißen Substanz. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß Fasern gleichen Ursprungs oder Endigungs-ortes, wie *Tractus vestibulo-spinalis*, *Tractus spino-cerebellaris*, einigermaßen geschlossene, wenn auch niemals irgendwie abgegrenzte Bündel, *Tractus*, bilden, deren Lage bei ein und derselben Tierform sehr konstant ist, von Tierform zu Tierform aber sehr wechseln kann. Innerhalb dieser Bündel und verstreut zwischen ihnen laufen die Fasern derjenigen Systeme, welche nicht zu geschlossenen Strängen vereinigt sind (Abb. S. 49). Die Bündel und die zerstreuten Fasern sind im allgemeinen so geordnet, daß die aufsteigenden vorwiegend dorsal, die absteigenden vorwiegend ventral im Querschnitt verlaufen. Jedoch ist dies, vergleichend-anatomisch betrachtet, nur die Regel von der es mancherlei Ausnahmen gibt, nicht ein Gesetz (vgl. S. 38).

Die weiße Substanz wird von zahlreichen radiären schmalen Bindegewebsplatten durchzogen, welche von der Peripherie her eindringen und die größeren Blutgefäße führen, aber auch Nervenfasern enthalten (Abb. S. 35, 54, 211). Sie erzeugen nicht selten eine Unterteilung des Querschnittsbildes in Sektoren, die mit der Anordnung der Faserstränge nichts zu tun haben.

Die graue Substanz enthält, in Neuroglia eingebettet, die Ganglienzellen des Rückenmarks mit ihren Dendriten und Teilen der Neuriten, sowie die markarmen bzw. marklosen Enden der Fasern, welche mit ihren Endbäumchen und Eindringen an die Zellen herantreten. Während in dem Verlaufe dieser Fasern innerhalb der grauen Substanz eine bestimmte Richtung nicht zu erkennen ist, die Fasern vielmehr ein dichtes unentwirrbares Gitter bilden, weist ein Teil der Ganglienzellen außer deutlichen Größenunterschieden eine Anordnung in Gruppen bzw. Säulen auf, die einigermaßen abgrenzbar sind.

Eine besondere Stellung nehmen die Zellen in den Vordersäulen ein. Es sind die Zellen, deren Neuriten als Vorderwurzelfasern das Rückenmark verlassen („Wurzelzellen“) und ununterbrochen bis zu den zugehörigen Muskelfasern ziehen, an welchen sie mit Endplatten endigen (Abb. S. 26). Sie werden deshalb als die motorischen Vordersäulenzellen bezeichnet. Es sind große, ausgesprochen multipolare Zellen (Abb. S. 14, 15), deren Zellkörper sich unter allmählicher Verjüngung in die Dendriten fortsetzt, so daß, im Gegensatz z. B. zu

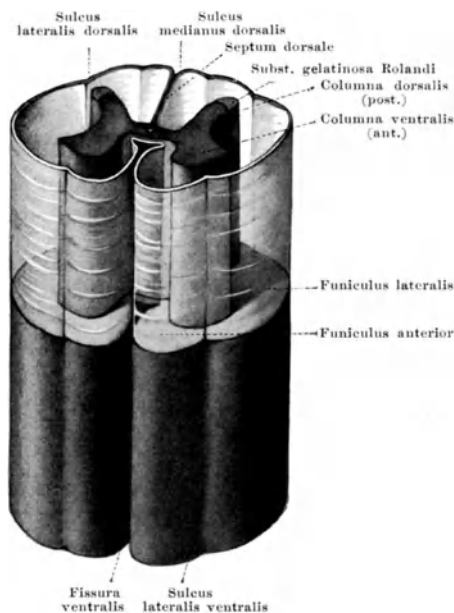


Abb. 44. Ein Stück Rückenmark des Menschen, halbschematisch. In der oberen Hälfte ist die weiße Substanz herausgenommen, die marginale Glia erhalten und durchsichtig gedacht, um die Form der grauen Substanz darzustellen.

Feinerer Bau der grauen Substanz

Wurzelzellen
Abb. S. 59,
14, 15, 16

den visceromotorischen Zellen des Sympathicus, die Grenze zwischen Zellkörper und Fortsatz nicht ausgesprochen ist. Die Dendriten verzweigen sich innerhalb der grauen Substanz bis an die Basis der Hintersäule, in der Längsrichtung des Rückenmarkes weiter als in der queren, wie auch der Körper der Zellen mit seiner längeren Achse längs gestellt ist. Die Dendriten der am Rande der grauen Substanz liegenden Zellen erstrecken sich mitunter weit in die weiße Substanz hinein, vielleicht eine Reminiszenz an phylogenetisch ältere Zustände, wie heute noch bei den niederen Wirbeltieren die Dendriten der motorischen Vorder säulenzellen die ganze weiße Substanz bis zur äußeren Oberfläche durchsetzen. Der Neurit entspringt mit kurzem, sich scharf zuspitzenden Kegel aus dem Zellkörper, gibt nahe dem Ursprung eine oder mehrere sich bald in Endbäumchen verzweigenden Kollateralen ab, umhüllt sich noch innerhalb der grauen Substanz mit der Markscheide und verläßt das Rückenmark stets als Wurzelfaser der gleichen Seite, niemals der anderen Seite. Der Zellkörper enthält den großen fast chromatinfreien Kern mit einem großen Nucleolus, im Protoplasma sehr deutliche Nisslkörper, die bis in die Dendritenursprünge hineinreichen, während sie den Ursprungskegel des Neuriten frei lassen, und, besonders im höheren Lebensalter, häufig einen rundlichen Haufen gelben Pigments. Die Neuriten verlaufen innerhalb des Rückenmarkes schräg nach abwärts, die Wurzelzellen liegen also höher als der Wurzelaustritt.

Die Zahl der motorischen Vorderwurzelzellen ist in den verschiedenen Abschnitten verschieden groß je nach der zugehörigen Muskulatur. In einem der Segmente des muskelarmen Thoracalabschnittes hat man in rechter und linker Vordersäule etwa 1500, zusammen also etwa 3000 motorische Zellen gezählt. Im ganzen Rückenmark finden sich jederseits schätzungsweise über 100000 motorische Wurzelzellen.

Nach der Anordnung dieser motorischen Zellen im Querschnitt unterscheidet man 5 Gruppen: je eine ventro-mediale und ventro-laterale und eine dorso-mediale und dorso-laterale, sowie eine centrale Gruppe (Abb. S. 35, 43). Die beiden lateralen Gruppen finden sich besonders ausgesprochen in den Extremitätenanschwellungen. Über die Zugehörigkeit dieser Zellgruppen zur Muskulatur siehe S. 62 und Abb. S. 63.

Die motorischen Wurzelzellen sind durchaus auf die Vordersäulen der grauen Substanz beschränkt. Ihnen zugeteilt werden die zum vegetativen Nervensystem gehörigen Zellen, welche dorso-lateral in den Vordersäulen bzw. in den Seitensäulen liegen und ihren Neuriten ebenfalls als Vorderwurzelfasern aus dem Rückenmark entlassen: präganglionäre Neuren des Sympathicus.

Strangzellen
Abb. S. 43

Den musculo- und visceromotorischen Wurzelzellen gegenüber stellen alle anderen Zellen der grauen Substanz Strangzellen dar, Zellen also, deren Neuriten in die weiße Substanz eintreten und die Stränge der weißen Substanz bilden helfen (S. 49 unten). Nach ihrer Bedeutung können sie in Strangzellen des Elementarapparates und in die des Integrationsapparates gegliedert werden (Abb. Nr. 46, S. 43).

Die Strangzellen des Elementarapparates, multipolare Zellen (Abb. S. 43), finden sich allenthalben in der grauen Substanz, auch in den Vordersäulen. In ihrer Anordnung ist nicht überall Regelmäßigkeit festzustellen. Als „Mittelzellen“ liegen sie in dem mittleren Teil der grauen Substanz zwischen Vorder- und Hintersäule, im Mittelfeld, verstreut oder auch in kleinen Gruppen wie z. B. ventro-lateral von dem gleich zu erwähnenden Nucleus dorsalis. Ihren Neuriten senden die Mittelzellen in Vorder-, Seiten- oder Hinterstrang der weißen Substanz vorwiegend der gleichen, aber auch der Gegenseite.

Langgestreckte Strangzellen umsäumen in lockerer einfacher Schicht die ganze Hintersäule. Nur in der Substantia spongiosa, am dorsalen Rande der

Substantia gelatinosa Rolandi, stehen die weniger gestreckten Zellkörper dichter. Die Neuriten treten in Hinter- und Seitenstrang der gleichen Seite ein. Auch

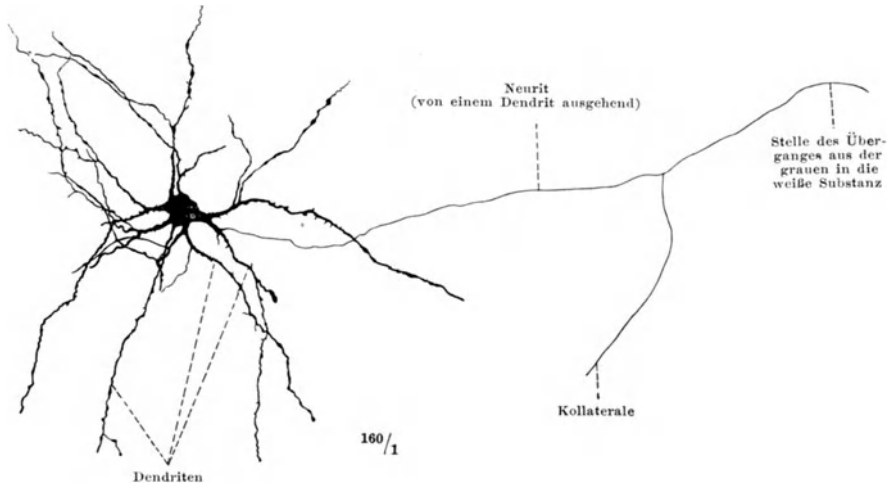


Abb. 45. Strangzelle, Mittelfeld des Lendenmarkes, menschlicher Fetus. Der Neurit tritt in das Seitenstrang-Grundbündel ein. Golgipräparat. Zeichnung von W. FREYTAG. — Br.

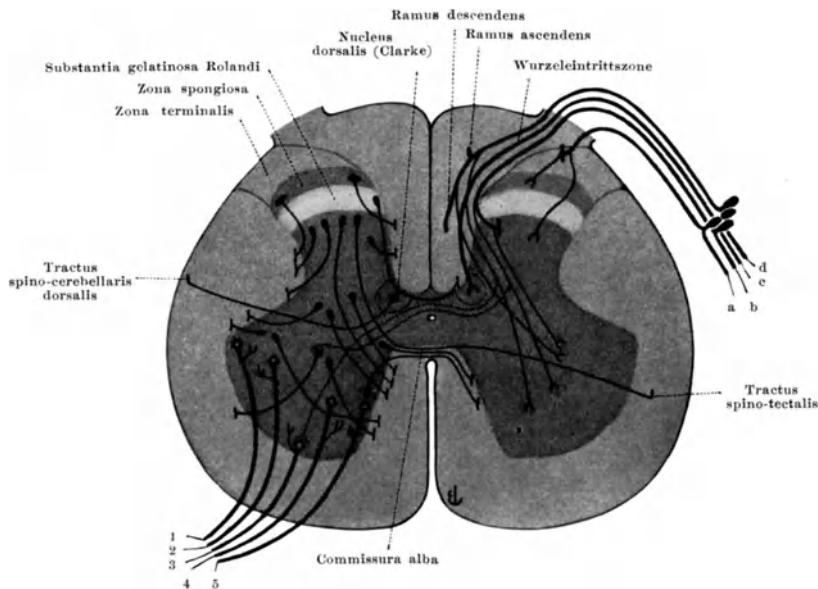


Abb. 46. Schema der Verteilung der eintretenden Hinterwurzelfasern mit ihren Kollateralen und der Ganglienzellen der grauen Substanz in der Gegend der Lendenanschwellung. Hinterwurzelfasern: a zum Bündel der Zona terminalis; b zum Längsbündel der Hintersäule; c zum Nucl. dorsalis (CLARKE); d zum Hinterstrang (GOLLSCHEN Strang). Mit Ausnahme von c teilen sich die Fasern in einen auf- und einen absteigenden Ast und geben Kollateralen ab. Vorderwurzelzellen: 1 ventro-laterale, 2 dorso-laterale, 3 ventro-mediale, 4 centrale, 5 ventro-mediale Gruppe.

innerhalb der Hintersäule liegen Strangzellen, ein Teil von ihnen von eigenartiger Gestalt, mit 2 langen bis zur Zona spongiosa reichenden unverästelten Dendriten.

Gleiche Form und Größe wie die Zellen aller dieser vorwiegend in der gleichen Rückenmarksseite verbleibenden Neuren, der „Assoziationsneuren“, weisen die Zellen auf, die ihren Neuriten durch die vordere Commissur in Vorder- und Seitenstrang der anderen Seite schicken. Die Zellen dieser „Commissurenneuren“ liegen in den medialen Teilen der grauen Substanz, vorwiegend am Übergang der grauen Commissur in die übrige graue Substanz. Doch senden auch Hintersäulenzellen ihren Neuriten zur Gegenseite hinüber.

Außer den Strangzellen sollen auch Zellen mit kurzen, alsbald sich verzweigendem Neuriten vorkommen (Zellen vom II. Typus GOLGIS), welcher die Grenzen der grauen Substanz nicht überschreitet.

Von den Strangzellen des Eigenapparates nach Größe und Form verschieden sind die Strangzellen des Integrationsapparates. Die T-förmig geteilten Neuriten der Eigenapparatzellen laufen als „kurze Bahnen“ in der weißen Substanz nur durch etwa 3 Segmente kopf- und durch 1—2 Segmente beckenwärts (Abb. S. 60, 61), die der Zellen des Integrationsapparates als „lange Bahnen“ bis zum Gehirn (Abb. S. 59). Die letzteren Zellen sind ganz oder fast so groß und dendritenreich wie die motorischen Vordersäulenzellen. Sie liegen zu einem Teile verstreut zwischen den Mittelzellen. Ein anderer, größerer Teil bildet fast im ganzen Brustmark eine medial an der Basis der Hintersäule gelegene wohl umschriebene Zellsäule, den Nucleus dorsalis, die CLARKESche Säule (Abb. S. 43). Die mit kurzen, dicken, reichverzweigten Dendriten besetzten Zellen sind zu kleinen Gruppen zusammengelagert, so daß die Säule perlchnurartige Form erhält. Die Neuriten dieser Zellen ziehen zur Außenfläche des gleichseitigen Seitenstranges und bilden hier die Kleinhirnseitenstrangbahn, den Tractus spino-cerebellaris (FLECHSIGsches Bündel). Im Halsmark findet sich eine entsprechende, jedoch viel weniger mächtige Zellsäule, der STILLINGSche Kern. Auch im Lenden- und Kreuzmark ist sie nur gering entwickelt.

Die im mittleren Bereich der grauen Substanz verstreuten Zellen des Integrationsapparates bilden mit ihren Neuriten den auf der gekreuzten und gleichen Seite aufsteigenden Tractus spino-cerebellaris ventralis (GOWERSsches Bündel) und den nach Überkreuzung in der vorderen Commissur auf der Gegenseite aufwärts verlaufenden Tractus spino-thalamicus (EDINGERSches Bündel).

Zusammen mit den Dendriten der Zellen bilden die Nervenfasern innerhalb der grauen Substanz durch ihren sich vielfach überkreuzenden Verlauf ein unauflösbares Gewirr (Abb. S. 32, 15, 16). Anders im Bereiche der grauen Commissuren, in denen wie in der weißen Commissur die bogenförmigen Fasern sich einfach überschneiden, — und in der Hintersäule: an deren medialer Fläche ziehen mehrere dicke Bündel in leichtem Bogen von dorsal nach ventral zu Mittelfeld und Basis der Hintersäule, besonders zum Nucleus dorsalis (Abb. S. 32, „Einstrahlungszone“). Innerhalb der Hintersäule selbst laufen die zarten Fasern in der Längsrichtung des Rückenmarks (siehe S. 48). Nur wenige Bündelchen, die schon die Substantia gelatinosa Rolandi durchsetzt haben, ziehen von dorsal nach ventral durch die Hintersäule fort, soweit sie nicht innerhalb der Hintersäule selbst endigen.

Der Hintersäule dorsal angelagert verläuft durch die ganze Länge des Rückenmarks die Substantia gelatinosa Rolandi (Abb. S. 41). Sehr mächtig ist sie im Lumbal- und Sacralmark (Abb. S. 32), am stärksten im obersten Halsmark (Abb. S. 80) entwickelt. Dieser bei Betrachtung des frischen Schnittes mit unbewaffnetem Auge einheitlich hellbraun und glasig erscheinende Teil des Querschnittfeldes erweist sich bei mikroskopischer Untersuchung als aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt. Der in seinem Bau abweichendste und kennzeichnendste centrale Teil besteht im wesentlichen aus sehr plasma-

Fasern der
grauen
Substanz

Substantia
gelatinosa
Rolandi
Abb. S. 41,
43, 49, 80,
32

reicher und faserarmer Glia, enthält kleine Zellen (GIERKESche Zellen), welche als kleine Ganglienzellen angesprochen werden, und so wenige sehr zarte in der Längsrichtung des Rückenmarks verlaufende Nervenfasern, daß man ihn als längsfaserfrei bezeichnen kann. Nur in der dorso-ventralen Richtung durchsetzen ihn dünne Faserbündelchen (siehe S. 47). Dieser centrale, wirklich „gelatinöse“ Teil wird umsäumt von einem schmalen, ventral etwas mächtigeren Mantel feinsten Markfasern, welche die Längsrichtung des Rückenmarks innehalten und zum Längsbündel des Hinterstranges (S. 48) gehören. Sie gehören dem Eigenapparat an und sind in den Extremitätenanschwellungen am zahlreichsten, besonders in der Lendenanschwellung. In einfacher lockerer Lage umstellen diesen Mantel kleine platte Ganglienzellen, deren Neuriten in den Seiten- bzw. Hinterstrang eintreten. Dichter liegen die Ganglienzellen, hier mit ausgesprochen polyedrischen Zellkörpern, am dorsalen Umfang. Sie sind eingebettet in eine sehr faserarme, eigenartig weitmaschig erscheinende gliöse Grundsubstanz, welche zu Recht ihren Namen Zona spongiosa trägt. Ihre Neuriten senden die Zellen in Hinter- und Seitenstrang. Anschließend an die Substantia spongiosa zieht sich bis zur Oberfläche eine schmale Leiste, aus längsverlaufenden dünnen Markfasern in gliareichem Grundgewebe gebildet, die Zona terminalis. Sie gehört entgegen der Zona spongiosa der weißen Substanz an (siehe S. 47), obwohl sie mit ihr unter dem gemeinsamen Namen der LISSAUER- oder WALDEYERSchen Randzone zusammengefaßt wurde.

Zona
spongiosa
Abb. S. 43,
49, 60, 61

Die Substantia gelatinosa Rolandi kann, obwohl sie bei den Vögeln im oberen Halsmark andeutungsweise vorhanden ist, als dem Säugetierrückenmark eigentümlich betrachtet werden. Sie fehlt fast völlig den Waltieren, was die auf vergleichend-anatomische Überlegungen gegründete Annahme bestärkt, daß sie mit dem Sinnesapparat der Haut und der Haare in Verbindung steht. Sie ist mächtig entwickelt auch längs der centralen Fasern des Hautnerven des Gesichts, des N. trigeminus, und erstreckt sich dadurch ohne Unterbrechung bis hoch in das Hinterhirn hinein (Abb. S. 84).

Die weiße Substanz ist gekennzeichnet durch ihren ausschließlichen Gehalt an Nervenfasern, die in Neuroglia eingebettet sind. Nur in der Umgebung der grauen Substanz erstrecken sich Dendriten von Ganglienzellen in sie hinein, mitunter sehr weit, und gelegentlich birgt sie einzelne aus der grauen Substanz versprengte Ganglienzellen. Ihre Nervenfasern verlaufen im wesentlichen in der Längsrichtung des Rückenmarks (Abb. S. 32), wenn auch nicht sämtlich rein parallel, sondern zum Teil sich in sehr spitzen Winkeln überkreuzend. Erst die Enden der Nervenfasern biegen in schräger Richtung ab zur grauen Substanz hin, in welcher sie sich an den Wurzelzellen der Vordersäulen aufsplitteln. Ähnlich verhalten sich die aus den Zellen der grauen Substanz entspringenden und in die weiße Substanz eintretenden und in ihr weiterziehenden Fasern. Nur ventral von der vorderen grauen Commissur nehmen die Fasern auch der weißen Substanz annähernd queren Verlauf, in welchem sie die Mittellinie überkreuzen: weiße Commissur, Commissura alba (Abb. S. 32). Schrägen oder fast queren Verlauf haben auch die Fasern der vorderen Wurzeln, sowie Teile der Hinterwurzelfasern, die Anfangstrecken der Strangzellneuriten und die Kollateralen der Längsfasern der weißen Substanz.

Bau der
weißen
Substanz
Abb. S. 49,
32, 35, 54

Die Fasern der weißen Substanz haben sehr verschiedene Durchmesser. Sehr feine und sehr starke Fasern liegen nebeneinander. Auch die Markscheiden, denen die weiße Substanz ihre weißgelbe Farbe verdankt, sind sehr verschieden dick, im allgemeinen der Dicke der Achsencylinder entsprechend. Jedoch kommen auch marklose oder mindestens außerordentlich markarme Fasern vor. Die stärksten Markfasern liegen am Seitenrand, im Bezirk des Tractus spino-cerebellaris dorsalis.

Die Lagerung der Fasern im Querschnitt ist nicht regellos. Abgesehen von den Wurzelfasern laufen sie, soweit sie gleichen Ursprungs und gleicher funktioneller Bedeutung sind, größtenteils in Strängen zusammen. Jedoch nicht so, daß die einzelnen Stränge scharf gegeneinander abgesetzt wären wie die Einzelbündel eines peripheren Nerven, sondern derart, daß ihre Grenzen ineinanderfließen. Auch ziehen in diesen Bündeln allenthalben noch die verstreuten Fasern anderer Zugehörigkeit. Trotzdem darf man sagen, daß ein großer Teil der Fasern der weißen Substanz zu Bündeln oder Strängen, Fasciculi,

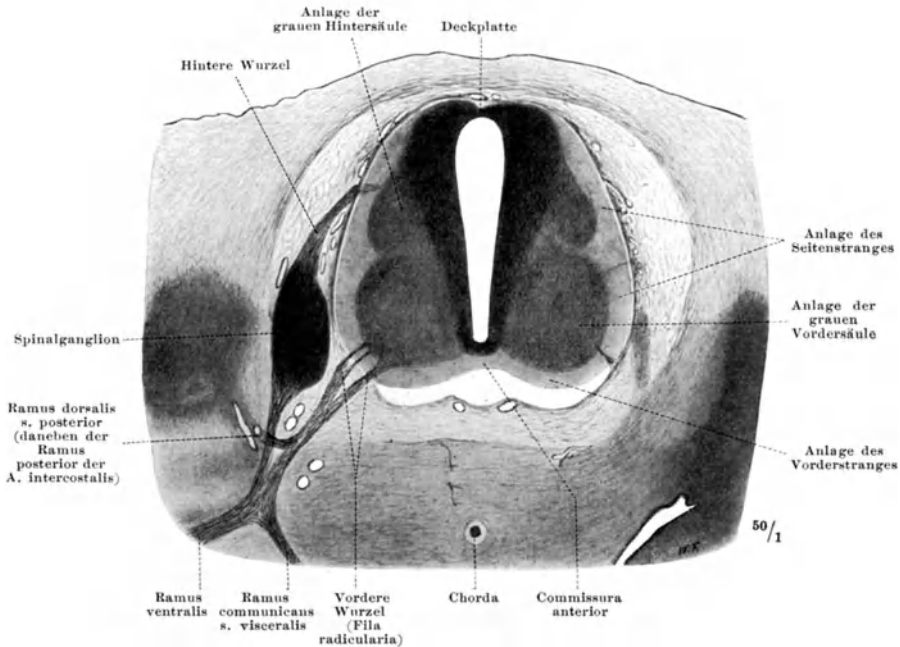


Abb. 47. Querschnitt durch Rückenmark und Spinalnerv. Rindsfetus. Durchtritt des Spinalnerven durch das Foramen intervertebrale zwischen den Anlagen von Wirbelkörper und -bogen. — Br.

Tractus, zusammengeslossen ist, welche im Querschnitt bestimmte Bezirke besetzen (Abb. S. 49).

Zum Zweck der Beschreibung teilt man die weiße Substanz im groben ein in Vorder-, Seiten- und Hinterstrang: Hinterstrang zwischen Septum posterius und Hintersäule mit ROLANDOScher Substanz, Seitenstrang zwischen Hintersäule und Vorderwurzelfasern, Vorderstrang zwischen diesen und der Fissura ventralis. Oft wird auch der ventral von der ganzen Vordersäule gelegene Abschnitt als Vorder-Seitenstrang benannt.

In der Verteilung der Fasersysteme, der Bahnen, im Querschnitt der weißen Substanz zeigt sich eine erste Regelmäßigkeit darin, daß die Anteile des Elementarapparates unmittelbar die graue Substanz umlagern, entsprechend ihrer frühen Bildung in embryonaler Zeit (Abb. S. 46), die des Integrationsapparates die übrige weiße Substanz bis zur Oberfläche hin bilden. Die graue Substanz wird also umgeben von dem inneren Mantel der kurzen Bahnen des Elementarapparates und dem äußeren der langen des Integrationsapparates (Abb. S. 49).

Ein besonderes Feld der weißen Substanz wird von den eintretenden Fasern der hinteren Wurzeln eingenommen. Diese „Wurzeleintrittszone“ liegt

dorso-medial von Hintersäule und Substantia gelatinosa Rolandi und erscheint auf den Querschnitten als kompaktes Bündel schräg getroffener Fasern (Abb. S. 43, 49). Von hier aus findet die Verteilung der Hinterwurzelfasern statt. Nach ihrem Eintritt in das Rückenmark teilen sich diese, wenn auch wohl nicht alle, so doch die meisten T-förmig in einen auf- und absteigenden Ast (Abb. S. 47), von deren jedem in verschiedenen Höhen Kollateralen in die graue Substanz eindringen. Von vielen Fasern gehen 1–3 Kollateralen schon vor der Teilung,

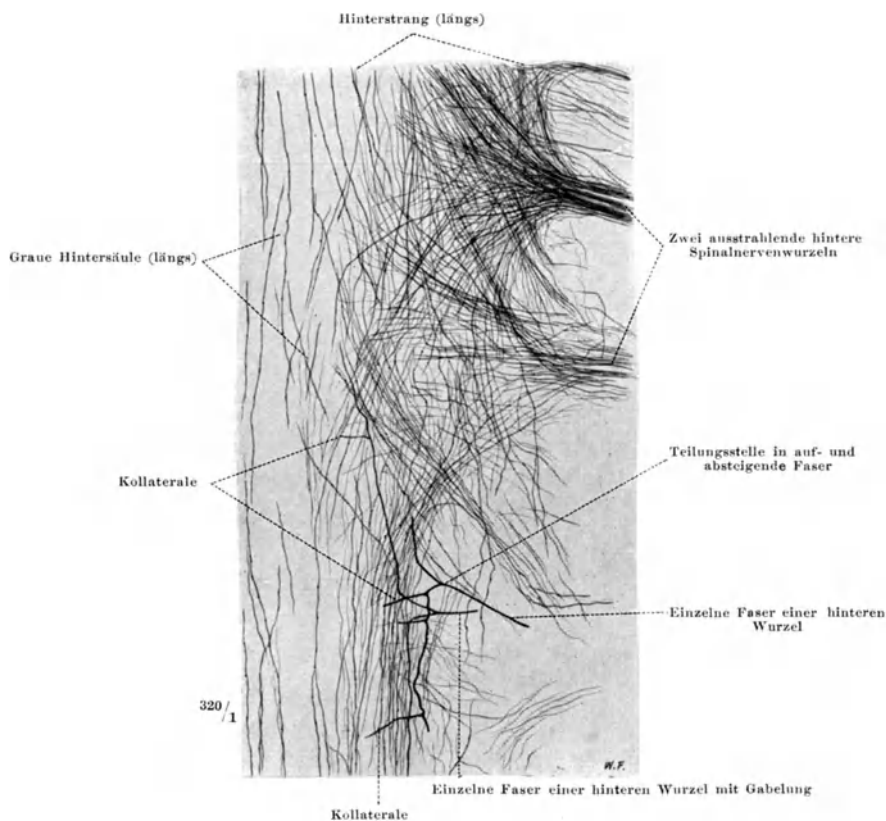


Abb. 48. Einstrahlende hintere Wurzeln, Rückenmark, menschlicher Fetus. 6. Monat. Golgipräparat. — Br.

also von der „Stammfaser“ ab. Von der Wurzeintrittszone aus werden die Fasern im wesentlichen in drei Richtungen verteilt: nach lateral, nach ventral und nach medial (Abb. S. 43).

Die sich lateral wendenden Hinterwurzelfasern treten in die schmale Zone ein, welche sich der Wurzeintrittszone unmittelbar benachbart und streckenweise von ihr durchschnitten, von der Substantia Rolandi bis zum Rande des Rückenmarks erstreckt: in die Zona terminalis. An Markscheidenpräparaten zeichnet sie sich vor der übrigen weißen markarmen Substanz durch ihre lichtere Farbe aus, da die sehr dünnen markarmen Fasern weniger dicht als in anderen Abschnitten in die feinmaschige Glia eingelagert sind. In der Zona terminalis laufen die auf- und absteigenden Äste der lateralen Wurzelfasern über etwa 2 Segmente kranial- und 1 Segment caudalwärts, indem sie Kollateralen abgeben, welche wie die Enden der Fasern selbst an Zellen der Zona spongiosa oder, nachdem sie die Substantia Rolandi in dorso-ventraler Richtung durchsetzt

haben, an Hintersäulenzellen endigen. Diese Fasern der Zona terminalis sind also Teile des Elementarapparates, welche den Erregungsvorgang auf eine Anzahl Strangzellen der Hintersäulen und damit auch eine entsprechend vergrößerte Zahl von Vorderwurzelzellen der gleichen und auch der Gegenseite über eine größere Zahl von Segmenten hin übertragen (Abb. S. 60). Ihre Fasern scheinen ausschließlich aus der Haut zu stammen und also exterozeptive Reize zu leiten. Kollateralen enden auch an Zellen, deren Neuriten im Seitenstrang der Gegenseite als Tractus spino-thalamicus aufsteigen und Schmerz- und Temperaturreize dem Gehirn zuleiten.

In ventraler Richtung ziehen Hinterwurzelfasern in die graue Substanz an der Grenze von Hintersäule und Substantia gelatinosa ein und teilen sich hier in einen auf- und einen absteigenden Ast, welche in der Längsrichtung des Rückenmarks verlaufend ein Bündel dünner markarmer Fasern längs der Substantia gelatinosa und innerhalb der grauen Substanz bilden, das in den Extremitätenanschwellungen sehr faserreich ist (Längsbündel der Hintersäule, Abb. S. 61). Die einzelnen Fasern erstrecken sich ähnlich denen der Zona terminalis nur über wenige Segmente. Ihre zahlreichen Kollateralen endigen an Strangzellen der Vordersäule und des mittleren Teils der grauen Substanz. Zum Teil gabeln sich die Kollateralen innerhalb der grauen Substanz und senden den einen Ast durch die hintere graue Commissur zu gleichen Strangzellen der Gegenseite (Abb. S. 61). Dieses Bündel gehört gleichfalls dem Elementarapparat an wie das der Zona terminalis und überträgt vermutlich propriozeptive Reize aus der Muskulatur, dient der Abfolge elementarer Bewegungen (Kratzreflex, Laufreflex des Hundes).

In ventraler Richtung zieht außerdem aus der Wurzeintrittszone ein mächtiges Faserbündel, welches in der Hauptsache in die graue Substanz der Basis der Hintersäule eindringt, die Substantia Rolandi bogenförmig umgreifend (Abb. S. 43, 32 „Einstrahlungszone“). Es wird gebildet von Kollateralen von Hinterwurzelfasern, vielleicht auch unmittelbar selbst durchlaufenden Wurzelfasern, welche mit reichen Endbäumchen an den motorischen Zellen der Vorderwurzeln endigen und als „Reflexkollateralen“ den kürzesten, nur aus 2 Neuren gebildeten elementaren Leitungsbogen I. Ordnung, den „direkten Reflexbogen“ bilden, auf welchem der Reiz kürzesten Weges von der Peripherie wieder zur Peripherie geleitet wird (Abb. S. 59, schwarz). Ein anderer Teil der Kollateralen dieses Bündels zieht zu den Strangzellen in den mittleren Teilen der grauen Substanz, den Mittelzellen, und zu den Strangzellen der Vordersäulen, deren Neuriten mit ihren Kollateralen an Vorderwurzelzellen verschiedener Querschnittshöhe endigen. Sie bilden also Leitungsbögen II. Ordnung des Elementarapparates, „indirekte Reflexbögen“. Da einige Kollateralen sich gabelig teilen und einen Ast durch die hintere graue Commissur auch zu Strangzellen der Gegenseite senden, wird der Reiz außer auf der gleichen Seite auch auf der Gegenseite, wenngleich im geringeren Umfange, ausgebreitet.

Die medialsten der ventral gerichteten Fasern, im unteren Brustmark besonders zahlreich, endigen an den Zellen der CLARKESchen und STILLINGSchen Säule, sowie an den einzelnen größeren Mittelzellen. Die Neuriten aller dieser Zellen ziehen als Anteile des Integrationsapparates in den Kleinhirnseitenstrangbahnen (Abb. S. 59, rot) gehirnwärts.

Die aus der Wurzeintrittszone nach medial ziehenden Fasern bilden mit ihren auf- und absteigenden Ästen den Hinterstrang (Abb. S. 59, gelb). Stammfasern wie Teiläste geben Kollateralen ab, welche größtenteils in das eben geschilderte Bündel von Reflexkollateralen eintreten. Andere Kollateralen ziehen weiter medial und verlaufen durch die Commissura alba zur Vordersäule

der Gegenseite. Die Hinterstrangfasern selbst endigen im Gehirn. Aber ihre Kollateralen treten in den Elementarapparat des Rückenmarks ein.

Es wurde bereits erwähnt, daß die die weiße Substanz zusammensetzenden Fasern nicht regellos gelagert sind, sondern eine gewisse Ordnung einhalten, zunächst im groben derart, daß die Fasern des Elementarapparates in der unmittelbaren Umgebung der grauen Substanz, die des Integrationsapparates nach außen davon verlaufen (Abb. S. 49).

Der Anteil des Elementarapparates an der weißen Substanz besteht zum geringeren Teile aus unmittelbaren Fortsetzungen von Hinterwurzelfasern (siehe S. 47), zum größeren aus den Neuriten der Strangzellen. Insgesamt bilden

Stränge der
weißen
Substanz
Abb. S. 49

Anteil des
Elementar-
apparates
Abb. S. 49,
60, 61

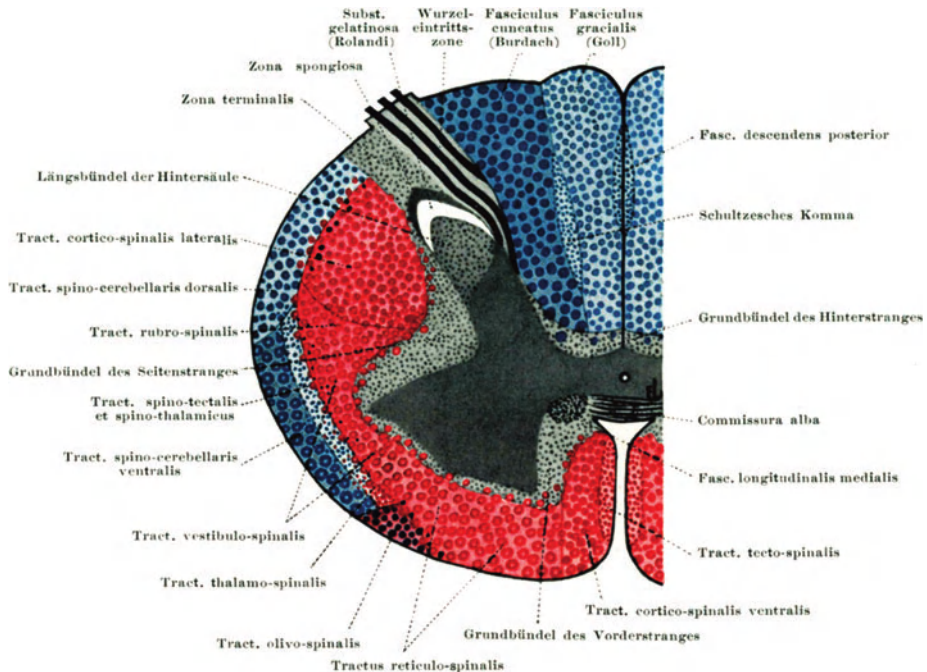


Abb. 49. Anordnung der Fasersysteme in der weißen Substanz. Halsmark. Halbschematisch. Grau: Anteile des Elementarapparates; blau: cerebropetale (aufsteigende); rot: cerebrotropic (absteigende) Systeme. — Die Größe der Punkte besagt nichts über die Dicke der Fasern!

seine Fasern einen Mantel, welcher die graue Substanz vollständig einhüllt außer an der medialen Fläche der Hintersäule, dort wo die ventral ziehenden Teile der Hinterwurzelfasern in die graue Substanz eintreten. Die Fasern des Elementarapparates sind also an der Bildung aller drei großen Stränge beteiligt, in welche man die weiße Substanz zu unterteilen pflegt, des Vorder-, Seiten- und Hinterstranges. Sie bilden die „Binnenbündel“ dieser Stränge oder die „Grundbündel“ im stammesgeschichtlichen und funktionellen Sinne, Fasciculus proprius ventralis, lateralis, dorsalis. (Wegen anderer Bezeichnungen siehe Tab. S. 64.) Diese Grundbündel werden von den Neuriten von Strangzellen gebildet, welche T-förmig geteilt sich durch etwa 3 Segmente kranial- und 1–2 Segmente caudalwärts erstrecken und zahlreiche Kollateralen abgeben (Abb. S. 60, 61). Die Grundbündel finden sich in der ganzen Länge des Rückenmarks, aber entsprechend der Kürze ihrer Neuriten, mit ständig wechselnden Fasern, indem die einen endigen, neue hinzutreten. Am faserreichsten

werden sie beim Eintritt der Extremitätennerven und bedingen zusammen mit der erhöhten Zahl der Zellen in der grauen Substanz die *Intumescencia lumbalis et cervicalis*. Gegen die außen anschließenden Fasern des Integrationsapparates sind sie nicht scharf begrenzt, die Querschnittsbezirke greifen ineinander über. Auch die Dicke ihrer Fasern unterscheidet sie nicht von anderen Systemen, so daß am Querschnitt des gesunden Rückenmarks der Mantel der Grundbündel nicht näher abgrenzbar ist.

Zu den Grundbündeln kommt als Teil des Eigenapparatmantels die *Zona terminalis* hinzu. Sie enthält die unmittelbaren Fortsetzungen von Hinterwurzelfasern mit ihren Kollateralen, welche im Dienste des Elementarapparates stehen (siehe S. 48). Andere solche Wurzelfasern verlaufen nicht in der weißen, sondern in der grauen Substanz, zwischen Hintersäule und *Substantia gelatinosa* (Längsbündel der Hintersäule, S. 48). Die Fasern des Elementarapparates sind also nicht auf den Markmantel der grauen Substanz beschränkt.

Auch außerhalb der Grundbündel verlaufende Fasern der weißen Substanz gehören dem Elementarapparat zu. Dieses gilt von absteigenden Ästen der Hinterstrangfasern, welche sich zu dem kommaförmigen Bündel und zu dem *Tractus descendens posterior* (siehe S. 54) aneinander schließen. Weiterhin ist hier zuzurechnen der an der Peripherie des Vorderstranges gelegene *Fasciculus sulco-marginalis*, gebildet aus Neuriten von Hintersäulenzellen, welche jeweils durch 6—7 Segmente aufsteigen (Abb. S. 60).

Auf dem Wege der Leitungsbögen, welche den Elementarapparat aufbauen, werden Reize, welche die Körperperipherie treffen, über die Grenzen der Einzelsegmente der betroffenen Hinterwurzelfasern hinaus ausgebreitet und größere Muskelgebiete zu gemeinsamer Tätigkeit zusammengeschlossen. In gleicher Art werden Reize auch von den Sinnesflächen des Kopfes auf den Körper übertragen durch den Elementarapparat des Gehirnes, welcher im Anschluß an die afferenten Kopfnerven ähnlich wie der des Rückenmarks aufgebaut ist (siehe S. 96) und in das Rückenmark sich erstreckt, zum Teil sogar bis zum Ende des Rückenmarks durchläuft. Vom Gesichtspunkt des Ganzen betrachtet gibt es nur einen einheitlichen großen Elementarapparat des ganzen Centralnervensystems, dessen Leitungsbögen jede Eintrittspforte eines Reizes, am Rumpf wie am Kopf, mit der Körpermuskulatur (und den vegetativen Organen) verbinden.

In der Fortsetzung des Elementarapparates des Rückenmarks gegen das Gehirn hin treten demnach Wurzelfasern oder anschließende Strangzellen von afferenten Gehirnnerven in ihn ein, worüber des Näheren S. 96f. berichtet wird. Hier sei nur angeführt, daß im oberen Halsmark die *Zona terminalis* vorwiegend die absteigenden Fasern des *N. trigeminus* enthält, daß bis in das obere Brustmark hinab in das Vorderstranggrundbündel nahe der Medianebene sich der *Fasciculus longitudinalis medialis* erstreckt (Abb. S. 49), ein Bündel von Strangzellneuriten, welches im Anschluß an den Gleichgewichtsnerven hauptsächlich Augen- und Nacken-, aber auch die übrige Körpermuskulatur zu gemeinsamer Tätigkeit verbindet („*Stellreflex*“).

Lagern sich die beiden genannten Systeme in die Grundbündel der weißen Substanz ein, so bilden andere Strangzellneuriten des Gehirns Bestandteile der übrigen weißen Substanz.

Eines der elementarsten und stammesgeschichtlich ältesten solcher Bündel zieht im Anschluß an den Nerven des Gleichgewichtorgans, den *N. vestibularis*, in das Rückenmark: *Tractus vestibulo-spinalis* (HELD'sches Bündel, Abb. S. 49, 59). Seine Ganglienzellen liegen im DEITER'schen Kern der *Medulla oblongata* (siehe S. 105), welcher als ein Teil des motorischen Haubenkerns

angesprochen werden kann. Die Neuriten ziehen auf der gleichen Seite ungekreuzt zu einem schmalen frontal gestellten Bündel vereinigt caudalwärts im Seitenstrang der weißen Substanz bis in das Sacralmark hinab. Seine große Bedeutung kommt in den „Stellreflexen“ eindringlich zum Ausdruck, die zum großen Teil durch dieses Bündel vermittelt werden.

Im Anschluß an Fasern der Sehbahn, welche im Colliculus superior der Lamina quadrigemina, dem alten Tectum opticum (siehe S. 88) enden, ziehen die Neuriten dort gelegener Zellen nach Überschreiten der Mittellinie in der MEYNERTSchen Kreuzung (siehe S. 106) als Tractus tecto-spinalis (im LÖWENTHALSchen Bündel) in das Rückenmark hinab, zur Peripherie des Vorderstranges an der Fissura ventralis (Abb. S. 49, 59), wahrscheinlich bis in das Sacralmark. Sie dürfen als Teil eines optischen Leitungsbogens angesprochen werden, auf welchem optische Reflexe, Abwehrbewegungen auf optische Eindrücke, auch der „Fluchtreflex“, geleitet werden. Vielleicht stehen sie auch im Dienste der meist unbewußten optischen Kontrolle und Regulierung der Bewegungen und des optischen Anteils an der Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes.

Über Bündel, welche im Anschluß an die übrigen spezifischen Sinnesorgane des Kopfes, Geruchs-, Geschmacks-, Gehörorgan, nach der täglichen Erfahrung in das Rückenmark führen müssen, ist nichts Näheres bekannt.

Ebenso ist nicht näher bekannt, wie umgekehrt der Elementarapparat des Rückenmarks in den des Gehirnes übergreift, auf welchem Wege etwa propriozeptive Reize aus den Nackenmuskeln auf die Augenmuskeln übertragen werden. Zum großen Teile werden diese Verbindungen wahrscheinlich durch den Fasciculus longitudinalis medialis vermittelt.

Die zuletzt genannten Fasersysteme bilden die efferenten Schenkel von Leitungsbögen, deren afferente Schenkel in das Gehirn eintreten, und die im Dienste der Zusammenarbeit der Sinnesporten des Kopfes mit Rumpf und Extremitäten stehen. Sie sind nichts anderes als indirekte Reflexbögen, Anteile des Elementarapparates.

Diesem Elementarapparat sind übergeordnet Leitungsbögen, deren Scheitel in bestimmten Teilen des Gehirns liegen, in denen die anlangenden Erregungsvorgänge einer qualitativen und quantitativen Änderung, einer Zusammenordnung unterworfen werden (Integrationsorte, S. 12), so daß die efferenten Schenkel der Peripherie Impulse zuführen, welche die harmonische Gesamtwirkung der Muskulatur bedingen. Deshalb kann die Summe dieser Leitungsbögen dem Elementarapparat als Integrationsapparat gegenübergestellt werden. Ein optischer Reiz führt auf dem Wege des Elementarapparates zu einer Abwehrbewegung, bei welcher der Mensch wegen der Störung des Gleichgewichtes umsinken würde, träte nicht sofort der Integrationsapparat in Tätigkeit und veranlaßte geordnete Gesamtbewegungen, welche das Gleichgewicht wieder herstellen. Ebenso laufen die Impulse für die willkürliche Bewegung auf Grund einer bewußten Wahrnehmung, eines bewußten Entschlusses auf Leitungsbögen des Integrationsapparates.

Es sind Leitungsbögen höherer Ordnung, gebildet aus einer größeren Zahl hintereinander geschalteter Neuren, und dadurch anatomisch von den direkten und indirekten Reflexbögen des Elementarapparates unterschieden, abgesehen von der Lage ihrer Scheitel an umschriebenen Stellen des Gehirns, den Integrationsorten. Solche Orte sind: das Kleinhirn, der vordere Vierhügel, die Großhirnrinde. Ihr Verlauf innerhalb des Gehirns kann erst später im einzelnen geschildert werden. Ihre im Rückenmark gelegenen Anteile bilden die nach außen von dem Markmantel des Elementarapparates gelegene weiße Substanz.

Der über das Kleinhirn führende Leitungsbogen des Integrationsapparates (Abb. S. 59, rot) beginnt mit den Zellen des Nucleus dorsalis, der CLARKESchen

Anteil des
Integrations-
apparates
Abb. S. 49,
59

Tractus
spino-

cerebellaris dorsalis
Abb. S. 49,
59, 134
Tab. S. 65

und STILLINGSchen Säule, an welche eigene Bündel von Hinterwurzelkollateralen herantreten (siehe S. 48). Die Neuriten begeben sich zu Bündeln zusammengeschlossen in bogenförmigem Verlaufe (FLECHSIGs „horizontale Kleinhirnbündel“) zur Peripherie des Seitenstranges der weißen Substanz, wo sie als Tractus spino-cerebellaris dorsalis (FLECHSIGsche Kleinhirnseitenstrangbahn) ein schmales Feld von der Zona terminalis bis etwa zur Mitte des Seitenrandes besetzen (Abb. S. 49). Durch besondere Größe des Faserdurchmessers ausgezeichnet, zieht dieses Bündel in seiner oberflächlichen Lage bis zur Medulla oblongata, in der es, von Olivenfasern umschlossen, als centraler Teil des Corpus restiforme zur Rinde des Urkleinhirns verläuft (siehe S. 137 u. Abb. S. 134). Entsprechend der Ausdehnung ihrer Ursprungszellen durch das ganze Rückenmark (siehe S. 44) beginnt die Kleinhirnseitenstrangbahn im Sacralmark und wird durch Zutritt immer neuer Fasern, der im obersten Lenden- und unteren Brustmark der Zahl der Zellen gemäß am stärksten ist, gehirnwärts zunehmend stärker. Noch im Halsmark treten aus dem STILLINGSchen Kern Fasern hinzu.

Tractus spino-cerebellaris ventralis
Abb. S. 49,
69, 73, 84,
85, 86
Tab. S. 65

Nach ventral zu schließt sich der FLECHSIGschen Bahn in gleicher oberflächlicher Lagerung ein weiteres zum Kleinhirn aufsteigendes Bündel an, der Tractus spino-cerebellaris ventralis (GOWERSSches Bündel, Abb. S. 49). Es wird gebildet von den Neuriten gleichseitiger und wohl auch gegenseitiger Ganglienzellen, welche im ganzen Rückenmark in dem Gebiet zwischen Vorder- und Hinter säule der grauen Substanz gelegen sind. Das GOWERSSche Bündel zieht ventral vom FLECHSIGschen bis an die Grenze des verlängerten Markes, trennt sich dort von ihm, indem es weiterhin zunächst seine ventrale Lage im Querschnitt beibehält, schlägt erst am vorderen Ende des Hinterhirns einen dorsal gerichteten Verlauf ein, biegt um das Brachium conjunctivum herum in das Velum medullare anterius (Abb. S. 86) dorsal- und medialwärts und endigt ebenfalls in der Rinde des Urkleinhirns. Auf dem Brachium conjunctivum sind die Fasern meist mit bloßem Auge nach Entfernung der Pia als dünner plattenartiger Belag erkennbar (Abb. S. 73, 69).

Tractus reticulo- und rubro-spinalis
Abb. S. 49,
59, 84, 85,
86, 134
Tab. S. 64

Im Anschluß an die FLECHSIGsche und GOWERSSche Bahn führt der ableitende Schenkel aus dem Kleinhirn in das Rückenmark (siehe Kleinhirn, S. 137 u. Abb. S. 59). Hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, sind es Fasern aus dem motorischen Haubenkern, welche diese Fortsetzung bilden. Das Vorhandensein eines unmittelbar vom Kleinhirn absteigenden Bündels — seine Zellen könnten nur in den Kernen des Kleinhirns, besonders im Nucleus fastigii gelegen sein — ist oft behauptet, aber noch öfter bestritten worden. Die in Frage kommenden Anteile des motorischen Haubenkernes sind der DEITERSsche Kern des N. vestibularis, die verstreuten Ganglienzellen der Substantia reticularis des Hinterhirns, welche als Nucleus reticularis zusammengefaßt werden, und der Nucleus ruber im Mittelhirn. Über die Fasern aus dem DEITERSschen Kern, den Tractus vestibulo-spinalis, ist bereits S. 50 berichtet worden. Die Neuriten des Nucleus reticularis, als Tractus reticulo-spinalis benannt, finden sich bis in das Sacralmark, ohne aber ein geschlossenes Bündel zu bilden, mit dem Tractus vestibulo-spinalis im Vorder- und Seitenstrang (Abb. S. 49). Im ganzen verlaufen die Fasern der ab- wie der aufsteigenden Schenkel der Kleinhirnleitungsbögen im Rückenmark in der Peripherie der weißen Substanz, die aufsteigenden am lateralen, die absteigenden am ventralen Umfang. Die Fasern aus dem Nucleus ruber, der Tractus rubro-spinalis, MONAKOWSches Bündel, nehmen ihren Ursprung aus dem großzelligen Anteil des roten Kerns, überkreuzen in der FORELSchen Kreuzung (Abb. S. 113) die Mittellinie und verlaufen im Seitenstrang des Rückenmarks ventral von der Pyramidenseitenstrangbahn bis in das Lumbal- und Sacralmark. Beim Menschen ist dieses

Bündel geringer entwickelt als bei den Säugetieren, wohl im Zusammenhang mit der Ausbildung des neuen Leitungsbogens über die Großhirnrinde. Doch hat auch beim Menschen dieses Bündel große Bedeutung: es ist außer in den Kleinhirnleitungsbogen eingefügt in einen über Thalamus und Basalganglien führenden Bogen (siehe S. 112). Es leitet Impulse aus dem Nucleus ruber, welche für die regelrechte Tätigkeit der Muskulatur unentbehrlich sind (siehe S. 110).

Aus Zellen gleicher Gestalt und Lage wie denen des GOWERSSchen Bündels entstehen die 2. Neuren eines weiteren über das Gehirn geführten Leitungsbogens, welcher bis in das Mittel- und Zwischenhirn reicht und der protopathischen Sensibilität dient, der Leitung von Schmerz-, Temperatur- und Berührungsempfindungen. Sie bilden den Tractus spino-tectalis bzw. spino-thalamicus (EDINGERSches Bündel) (Abb. S. 59, blau). Die Neuriten der Zellen überschreiten die Mittelebene in der weißen Commissur und verlaufen als Bündel medial von der GOWERSSchen Bahn im gegenseitigen Seitenstrang ohne Unterbrechung bis zum Mittelhirndach und zum Thalamus aufwärts, von der Medulla oblongata an zusammen mit dem Tractus bulbo-thalamicus (Lemniscus medialis, siehe S. 82). Mit ihm endigt ein Teil in ventrolateralen Kernen des Thalamus; Anschlußneuren führen zur Großhirnrinde (siehe S. 112). Der andere Teil zieht zum Colliculus superior der Lamina quadrigemina.

Tractus
spino-
tectalis und
spino-
thalamicus
Abb. S. 49,
59, 69, 86, 87
Tab. S. 65

Vom vorderen Vierhügel zieht der Tractus tecto-spinalis in das Rückenmark (S. 51). Auch vom Thalamus geht ein gekreuztes Bündel abwärts (Abb. S. 59). Im Rückenmark liegt es im Seitenstrang neben dem zum Thalamus aufsteigenden Tractus spino-thalamicus (Abb. S. 49).

Abb. S. 49,
59, 84, 85
Tab. S. 64

Die bisher geschilderten Bahnen und Leitungsbögen sind Gemeingut aller Wirbeltiere, sie gehören zur allgemeinen Organisation des Centralnervensystems. Mit der Entwicklung eines Großhirns bei den Säugetieren geht die Ausbildung eines neuen Leitungsbogens einher, der beim Menschen in der höchsten Entfaltung getroffen wird. Seine im Rückenmark gelegene Anfangs- und Endstrecke wird von der Hinterstrangbahn (afferenter Schenkel) und der Pyramidenbahn (efferenter Schenkel) gebildet (Abb. S. 59, gelb). Die Fasern seines afferenten Schenkels, die centralen Fortsätze der Spinalganglienzellen, lagern sich im Rückenmark dorsal neben der Mittellinie und bedingen die für das Rückenmark der Säugetiere charakteristische bedeutende Entfaltung der Hinterstränge der weißen Substanz. Ihre Entwicklung geht parallel mit der Ausbildung der spezifischen Sinnesorgane der Haut. Sind diese rudimentär wie bei den Walen, so sind auch die Hinterstränge faserärmer und schmaler.

Hinter-
strangbahn
und
Pyramiden-
bahn
Abb. S. 59

Innerhalb des Hinterstranges halten die zu einem jeden Spinalnerven gehörigen Hinterwurzelfasern eine bestimmte Ordnung ein. Die Fasern, welche als Fila radicularia dorsalia eines Nerven in das Rückenmark eintreten, ordnen sich, soweit sie im Hinterstrang weiterziehen, zu einem schmalen radiär gestellten Bündel (Abb. S. 54). Diesem lagert sich das Bündel des nächsthöheren Nerven lateral an, diesem wieder das nächste und so fort (KAHLERSches Gesetz). In dieser Art baut sich der ganze Hinterstrang in kranial zunehmender Dicke aus schmalen radiären Lamellen auf, von denen die medialste dem caudalsten Spinalnerven zugehört, die lateralste dem jeweils kranialsten, im 12. Brustsegment also dem 1. Lenden- bzw. 12. Brustnerven, im 2. Halssegment dem 3. bzw. 2. Halsnerven. Diese Lamellen sind im Präparat vom gesunden Rückenmark nicht erkennbar, sie treten erst bei Degeneration infolge isolierter Schädigung der zugehörigen Hinterwurzel in Erscheinung. Hingegen zeigt der Hinterstrang im Halsmark eine grobe Unterteilung in einem medialen und lateralen Abschnitt durch eine feine Furche an der Außenfläche und ein stärkeres Glia-

Hinter-
strangbahn
Abb. S. 49,
54, 59, 80, 81
Tab. S. 65

septum im Innern. Die mediale Abteilung wird als Fasciculus gracilis oder GOLLScher Strang, die laterale als Fasciculus cuneatus, BURDACHScher Strang, bezeichnet (Abb. S. 35, 54). Die Unterteilung wird weiter gerechtfertigt

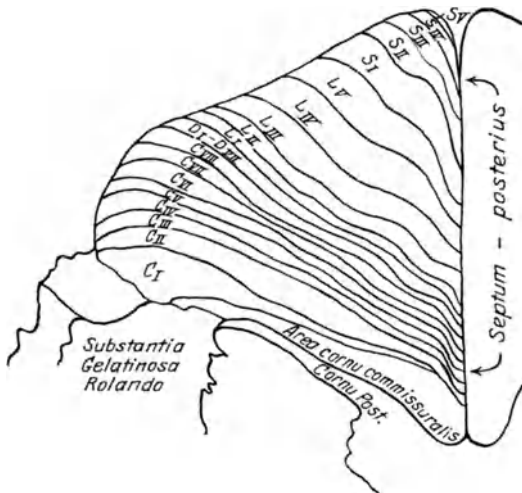


Abb. 50. Anordnung der im Hinterstrang aufsteigenden Hinterwurzelfasern der einzelnen segmentalen Nerven. 1. Cervicalsegment. Schema. (Nach WINKLER aus BOK in MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, Abb. 53, S. 553.

durch die Umschaltung auf das 2. Neuron in zwei getrennten Hinterstrangkernen der Medulla oblongata (Kern des GOLLSchen und des BURDACHSchen Stranges). Der GOLLSche Strang umfaßt die Faserlamellen aus Steiß-, Kreuz-, Lenden- und Brustnerven (bis zum 5. einschließlich), der BURDACHSche Strang die aus den 4 obersten Brust- und den Halsnerven.

Nach ihrem Eintritt in den Hinterstrang gibt jede Faser einen caudalwärts absteigenden dünnen Ast (Ramus descendens) ab, der wie seine Kollateralen an Hintersäulenzellen endigt und dem Eigenapparat des Rückenmarks zugehört. Alle diese absteigenden Äste verlaufen in einem schmalen

radiär gestellten Areal des Hinterstrangquerschnittes, das als kommaförmiges Bündel oder SCHULTZESches Komma benannt wird (Abb. S. 49). Bei

isolierter Schädigung der Hinterwurzeln des 6. Halssegments sind diese Rami descendentes durch 10 Segmente degeneriert gefunden worden, ebenso vom 7. Halsnerven aus. Bei den Fasern des 6. Brustnerven hingegen ist überhaupt keine Degeneration absteigender Äste beobachtet worden. Die Fasern der verschiedenen Hinterwurzeln verhalten sich also sehr verschieden. Die zu den oberen Extremitäten gehörigen haben die längsten absteigenden Äste.

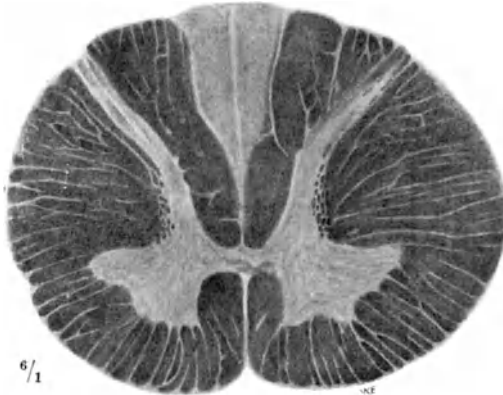


Abb. 51. Halsmark, Mensch. Degeneration des GOLLSchen Stranges. WEIGERTS Markscheidenfärbung. — Br.

Andere absteigende Äste bilden den Fasciculus descendens posterior (seine verschiedenen Bezeichnungen siehe Tabelle S. 65, Nr. 4b), welcher vom unteren Halsmark bis zum Ende des Sacralmarks gefunden wird (Abb. S. 49). Wie das Komma bündel sendet er zahlreiche Kollateralen und seine Faserendigungen zu den Strangzellen. Beide Bündel bilden dadurch Anteile des Elementarapparates, wovon bereits S. 50 gesprochen wurde.

Der kranial aufsteigende Hauptast jeder Hinterstrangfaser durchzieht ohne Unterbrechung den kranial von ihrem Eintritt gelegenen Teil des Rückenmarks

bis zur Medulla oblongata. Während dieses Verlaufes geben die Fasern in den ersten durchlaufenen Segmenten Kollateralen zu den Hintersäulenzellen der grauen Substanz ab. Dadurch werden sie allmählich dünner. Deshalb verlieren die radiären Areale der zu den einzelnen Wurzeln gehörigen Fasern gehirnwärts an Umfang (bis zu 50%). Deshalb auch sind im Halsmark die Fasern des GOLLschen Stranges, da sie schon die Kollateralen abgegeben haben, dünner als die des BURDACHschen Stranges.

Wie durch ihre absteigenden Äste treten auch durch diese von ihrem Anfangsteil abgehenden Kollateralen die Hinterstrangfasern in den Elementarapparat ein. Die Impulse, die sie von den stammesgeschichtlich jungen Hautsinnesorganen führen, werden auf indirekten Reflexbogen kurzen Weges der Muskulatur zugeleitet. So bieten die Hinterstrangfasern, welche bis zum Großhirn geführt werden, durch ihre absteigenden Äste (Komma-bündel und Fasciculus descendens posterior) und ihre Kollateralen ein typisches Bild für den innigen Zusammenhang zwischen Integrations- und Elementarapparat und die Überordnung des ersteren über den letzteren, ein Bild zugleich für die Einheitlichkeit des gesamten Centralnervensystems, welche bei Zergliederung und Beschreibung der Einzelheiten allzu leicht dem Blick entschwindet.

Im caudalen Abschnitt des Hinterhirns, der Medulla oblongata, endigen alle Fasern des GOLLschen und des BURDACHschen Stranges an den Zellen des Nucleus funiculi gracilis bzw. Nucleus funiculi cuneati. Erst in diesen Hinterstrangkernen beginnt das 2. Neuron. Die Neuriten dieser zweiten Neuren schlagen weiterhin zwei verschiedene Wege ein. Ein Teil gesellt sich der FLECHSIGschen Kleinhirnseitenstrangbahn zu und verläuft wie diese zur Rinde des Kleinhirnwurmes (siehe S. 137 u. Abb. S. 134, blau), der andere zieht nach Überschreitung der Mittelebene als geschlossenes Bündel unter Aufnahme von zweiten Neuren der afferenten Hirnnerven zum Zwischenhirn (Tractus bulbo-thalamicus sive Lemniscus medialis, Abb. S. 59, gelb), und nach Umschaltung als 3. Neuron in der Corona radiata des Thalamus zur Großhirnrinde, vorwiegend der Regio retro-centralis. Von dort führen Anschlußneuren u. a. zu den Riesenpyramidenzellen der vorderen Centralwindung (siehe S. 164), deren Neuriten als absteigender Schenkel dieses über die Großhirnrinde geführten Leitungsbogens ohne Unterbrechung abwärtsziehen und an den Zellen der motorischen Hirnnervenkerne und an den motorischen Vordersäulenzellen des Rückenmarks endigen. Sie sind also die präradikulären Neuren des Großhirnleitungsbogens.

Diese unmittelbare Großhirnrückenmarksbahn, der Tractus cortico-Pyramiden-
spinalis oder Pyramidenbahn durchzieht das Centrum semiovale, die ^{bahn} Abb. S. 49,
Capsula interna (siehe Abb. S. 59), das ganze Uhirn und das ganze Rücken- 59, 80-87,
mark. Durch Abgabe von Fasern an alle motorischen Wurzelzellen der Hirn- 169
und Rückenmarksnerven erschöpft sie sich vom Mittelhirn (N. oculomotorius) Tab. S. 64/65
beginnend immer mehr, ist daher im Sacralmark am faserärmsten.

Nach dem Ausscheiden der für die Hirnnerven bestimmten Fasern (Tractus cortico-bulbaris) trennt sich der verbleibende Tractus cortico-spinalis an der Grenze von Gehirn und Rückenmark in zwei Bündel, deren stärkeres die Mittellinie überschreitet (Pyramidenkreuzung, Decussatio pyramidum, Abb. S. 80) und im Seitenstrang des Rückenmarks abwärtszieht, während das bedeutend schwächere im Vorderstrang der gleichen Seite nahe der Fissura ventralis weiter verläuft, von wo aus ein Teil der Fasern erst jeweils kurz vor ihrer Endigung an den motorischen Vordersäulenzellen durch die Commissura alba zur Gegenseite tritt, während die Mehrzahl ungekreuzt in der gleichseitigen Vordersäule endigt. Danach unterscheidet man Tractus cortico-spinalis lateralis und

ventralis, Pyramidenseitenstrang- und -vorderstrangbahn (Abb. S. 49). Der Verlauf durch das Gehirn wird später näher beschrieben (siehe S. 172).

Wenngleich alle Säugetiere eine cortico-spinale Bahn besitzen — allen übrigen Wirbeltieren muß sie fehlen, da die Großhirnrinde nicht entwickelt ist —, so erlangt sie doch erst bei den höheren Affen und besonders beim Menschen eine mächtige Ausbildung und überragende Bedeutung, welche am eindringlichsten bei der plötzlichen Unterbrechung zum Ausdruck kommt, welche schlagartig zu einer vollständigen Lähmung führt („Schlaganfall“). Obwohl keiner der übrigen Teile des Integrationsapparates für den regelrechten Ablauf der Bewegungen ganz entbehrlich ist, die Ausschaltung keines einzigen (mit Ausnahme des Tractus rubro-spinalis) führt zu so vollkommener Störung des ganzen Getriebes. Auch die allmähliche Zerstörung nur ihres Seitenstrangteiles („amyotrophische Lateralsklerose“) beeinträchtigt schwerer als die der anderen Rückenmarksbahnen die gesamten Bewegungen.

Diese große Bedeutung der Pyramidenbahn beruht auf einer doppelten Funktion: Auf der Pyramidenbahn werden der Körpermuskulatur die willkürlichen Bewegungsimpulse zugeleitet. Für das Gesamtgetriebe der Bewegungen fast noch wichtiger aber ist ihre Funktion der Hemmung. Wie ein Dämpfer wirkt sie auf die motorischen Vordersäulenzellen, denen ständig Erregungen auf zahlreichen Wegen zufließen (siehe S. 57 u. Abb. S. 59). Fällt dieser Dämpfer weg, so hört die regelrechte Tätigkeit der Vordersäulenzellen auf, die nunmehr der Einwirkung der zahlreichen Reize ungehemmt ausgeliefert sind, sich daher in abnorm hohem Erregungszustande befinden und den Muskeln abnorm starke Impulse zusenden. Die Muskeln stehen deshalb dauernd in abnorm hoher Spannung, von der aus Bewegungen kaum mehr möglich sind („spastische Lähmung“), und alle Reflexe sind gesteigert.

Bei der Teilung der Pyramidenbahn an der Gehirn-Rückenmarksgrenze treten 80—90% der Fasern durch die Decussatio pyramidum in den Seitenstrang der Gegenseite, 10—20% ziehen als ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn weiter. Ganz ausnahmsweise können alle Fasern gekreuzt werden, so daß die Vorderstrangbahn fehlt. Noch seltener ist das einseitige Ausbleiben der Kreuzung und entsprechendes Fehlen der Seitenstrangbahn.

Die Seitenstrangbahn erstreckt sich bis zum Ende des Rückenmarks, die Vorderstrangbahn erschöpft sich vor der Lendenanschwellung. Innerhalb der weißen Substanz geben die Pyramidenfasern Kollateralen zu motorischen Vordersäulenzellen ab, sie selbst wenden sich an ihrem Ende einzeln, nicht in Bündeln, mit kurzen Bögen aus der Längsrichtung abbiegend, zur grauen Substanz, meist längs der Gliasepten, und endigen jede an einer motorischen Vordersäulenzelle.

Die Fasern, deren Gesamtzahl im oberen Halsmark jederseits erheblich mehr als 100 000 beträgt, haben sehr verschiedenes Kaliber, wobei freilich zu berücksichtigen ist, daß im Pyramidenareal nicht nur Pyramiden-, sondern auch andere Fasern verlaufen. Die Verschiedenheit des Kalibers wird erst nach der Geburt deutlich. Die Entwicklung von Markscheiden in der Pyramidenbahn beginnt kurz vor dem 10. Schwangerschaftsmonat. Noch im 4. Lebensjahr sollen sich Pyramidenfasern mit Mark umhüllen. Gegenüber den Säugetieren eilt der Mensch in der Markscheidenbildung der Pyramidenfasern voraus: im allgemeinen sind bei der Geburt die Pyramidenfasern nur markhaltig bei denjenigen Säugern, deren Neugeborene sofort locomotionsfähig sind, bei den übrigen noch nicht. So beginnt die Markscheidenbildung beim Hund und bei der Katze erst in der zweiten Woche nach der Geburt, bei der Maus erst in der dritten, während das neugeborene Kalb und Füllen schon markhaltige Pyramidenbahnen aufweisen.

Der Anteil der Pyramidenbahnen am Gesamtquerschnitt der weißen Substanz beträgt bei erwachsenen Individuen:

von der Beutelratte (<i>Didelphys</i>)	3,6 %
vom Elefanten	4,8 „
„ Hund	6,7 „
„ Seehund	19,4 „
„ Affen (<i>Cebus fatuellus</i>)	20,1 „
„ Menschen	30 „

Die Zahlen geben insofern kein ganz richtiges Bild, als bei Mensch und Affe die Hinterstränge erheblich mächtiger sind als bei den übrigen Formen, wodurch die Werte bei Affe und Mensch für die Pyramidenbahnen zu klein werden. Bei den meisten Säugetieren verlaufen die Pyramidenfasern nur gekreuzt im Seitenstrang, bei einer Anzahl, z. B. Maus, Meerschweinchen, im ventralen Teil des Hinterstranges. Am geringsten entwickelt sind sie bei den Insectivoren, geringer als bei den niedersten Säugern, den Monotremen.

Zusammen mit den Hinterstrangbahnen bilden die Pyramidenbahnen einen über die Großhirnrinde geführten Leitungsbogen. Dessen Bedeutung wird klar an dem Beispiel etwa der Stereognose. Ich greife in die Tasche und fühle das Schlüsselbund. Die Summe der Reize, welche die Haut meiner Finger treffen und auf den Hinterstrangbahnen zur Großhirnrinde geleitet werden, ermöglicht das Urteil „Schlüsselbund“ („epikritische“ Sensibilität). Durch folgerichtiges Abtasten finde ich aus der Zahl der Schlüssel den Hausschlüssel heraus: im Anschluß an die erste Tastempfindung mache ich eine Tastbewegung, der sich ergebenden neuen Empfindung folgt eine neue Bewegung, bis aus der Folge von Empfindungen und Bewegungen der eine Schlüssel nach den Einzelheiten seiner Form als Hausschlüssel erkannt ist („Stereognose“) und mit der abschließenden Bewegung ergriffen wird. Auf den Hinterstrangbahnen sind die Reize der Großhirnrinde zugeführt, auf die Pyramidenzellen übertragen und auf dem ableitenden Schenkel, der Pyramidenbahn, den motorischen Vorder säulenzellen und durch sie den Muskeln zugeleitet worden, und ich habe ausgeführt, was als „willkürliche“ Bewegung bezeichnet wird.

4. Das Rückenmark als Ganzes.

Bei solcher Betätigung des Leitungsweges über das Großhirn treten zugleich die anderen Leitungsbögen des Rückenmarks, besonders der Elementarapparat in Tätigkeit, wie schon die Selbstbeobachtung bei solch einfachem Versuch erfüllen läßt. Stets wirkt das Gesamtgetriebe, niemals nur ein einzelner Leitungsbogen als Teil, und es ist nur eine von vielen Arten der Betrachtung dieses Gesamtgetriebes, die zur Unterscheidung einzelner Leitungsbögen von Elementar- und Integrationsapparat führt. Eine andere Ansicht ist zu gewinnen von der Betrachtung der einzelnen motorischen Vorderwurzelzelle oder von der einzelnen zuführenden Hinterwurzelfaser aus.

Die Vorderwurzelzelle mit ihrem zur Muskulatur führenden Neuriten ist die gemeinsame Endstrecke für alle an ihr endigenden Leitungsbögen des Elementar- und des Integrationsapparates. An jedem Vorderwurzelneuron endigt eine große Zahl von Neuren und Neurenketten, die ihm die verschiedensten Reize zuführen (Abb. S. 59). Die Neuren, welche sich mit dem Wurzelneuron oder radikulärem Neuron als gemeinsamer Endstrecke der Leitungsbögen verbinden, werden als präradikuläre Neuren benannt. Der Tractus reticulo-spinalis ist das präradikuläre Neuron des Kleinhirnleitungsbogens, die Pyramidenbahn das des Großhirnleitungsbogens. Jedes radikuläre Neuron erhält ständig Impulse

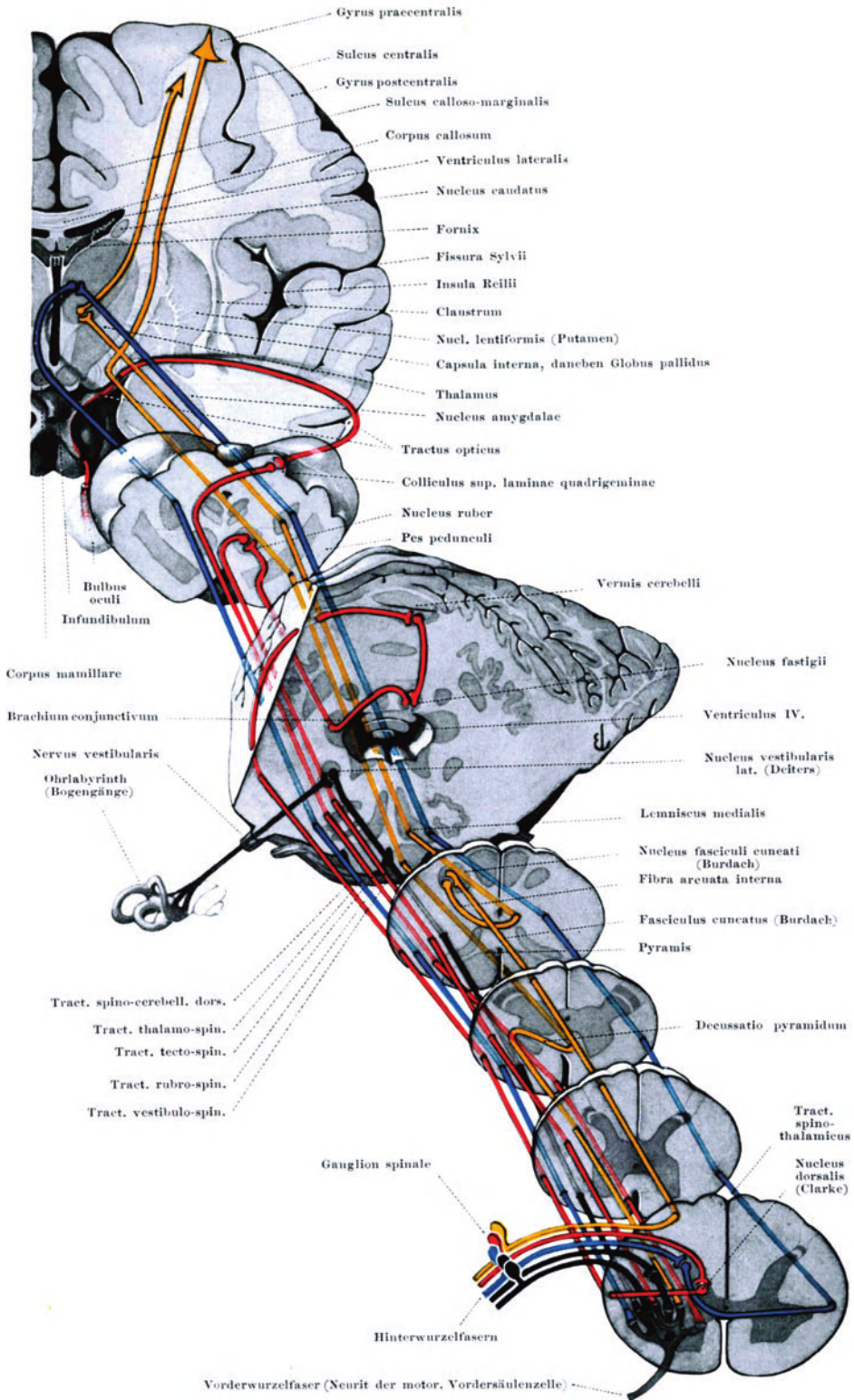
Die Vorder-
wurzelzellen
als gemein-
same End-
strecke

aus der gesamten Peripherie des Körpers, und aus den Integrationsorten des Gehirns. Jede motorische Vordersäulenzelle ist ein Teilgetriebe, unentbehrlich für das Gesamtgetriebe, ähnlich dem Stellwerk des Bahnhofes. Jede Unterbrechung eines der am Wurzelneuron endigenden Leitungsbögen stört als Ausfall an Impulsen das Teilgetriebe und damit das Gesamtgetriebe. Und es ist nur eine Frage der Zahl der ausgefallenen Leitungsbögen und der besonderen Bedeutung des einen oder anderen, ob die Störung geringfügig und kaum bemerkbar oder schwerwiegend ist. Die Unterbrechung des Großhirnleitungsbogens greift sehr viel tiefer in das Teilgetriebe ein als die eines kurzen Leitungsbogens des Elementarapparates. Jede Rückenmarkshälfte enthält, der Zahl der motorischen Wurzelzellen entsprechend, etwa 100 000 solcher Teilgetriebe. Die Störung eines einzelnen wird also für das Gesamtgetriebe belanglos sein. Aber mit guten Gründen beginnt der Nervenarzt die Untersuchung seines Kranken mit der Untersuchung der Teilgetriebe, über welche ihm die Prüfung der Reflexe Auskunft gibt.

Gibt die eben durchgeführte Betrachtung ein Bild von der Konzentration der Leitungsbögen und damit der Erregungsimpulse auf die motorischen Neuren der vorderen Wurzeln, so lehrt die Verfolgung einer Faser der hinteren Wurzel die Verzweigung des Leitungsweges und die Ausbreitung des Impulses. Wahrscheinlich geschieht die Zuleitung für extero- und propriozeptive Reize bzw. für Oberflächen- und Tiefensensibilität auf verschiedenen, nicht auf den gleichen Hinterwurzelfasern. Wahrscheinlich hat auch der Eigenapparat seine eigenen zuführenden Fasern für extero- und propriozeptive Reize, während die des Integrationsapparates mindestens zum Teil zugleich mit dem Elementarapparat verbunden sind (vgl. Großhirnleitungsbogen S. 54). In den Abb. S. 60 u. 61 ist nur für den Elementarapparat die Verzweigung der Leitungswege der proprio- und exterozeptiven Reize dargestellt, und zwar jeweils von einer einzigen Hinterwurzelfaser aus. Diese teilt sich (vgl. S. 47) innerhalb des Rückenmarks in einen auf- und einen absteigenden Ast, die beide ebenso wie ihre Kollateralen an Strangzellen des Eigenapparates endigen. Deren Neuriten, wieder in auf- und absteigenden Ast sich teilend, führen zu motorischen Wurzelzellen der gleichen wie der anderen Seite. Von einer einzigen Hinterwurzelfaser aus kann also die Erregung auf eine größere Zahl von motorischen Zellen und Muskeln höherer und tieferer Segmente übertragen werden. Wie die zuführenden Hinterwurzelfasern für extero- und propriozeptive Reize wahrscheinlich verschieden sind, so auch die den Weg fortsetzenden Strangzellen des Eigenapparates. In den Abb. S. 60 u. 61 ist die Verschiedenheit der Wege in der Art zum Ausdruck gebracht, wie sie nach dem Urteil der Neurologen die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat. Nun sind in den Fila radicularia jedes Rückenmarkssegmentes Tausende von afferenten Fasern statt nur je einer wie in den Abbildungen enthalten. Man hat z. B. beim Menschen gezählt in den hinteren Wurzeln von C₈ 15 044, D₇ 4171, L₁ 7477, L₂ 7843 markhaltige Fasern. Damit steigt die Zahl der anschließenden Wege ins völlig Unübersehbare, besonders wenn man berücksichtigt, daß schon jede der dargestellten Hinterwurzelfasern und Strangfasern sicherlich sehr viel mehr Kollateralen entsendet als im Schema gezeichnet sind, und die Erregung also auch auf sehr viel mehr Vorderwurzelzellen überträgt. De facto kann jedenfalls, wie die Versuche an strychnin-

Erklärung zu der Abbildung auf S. 59.

Abb. 52. Schematische Darstellung einiger von den Leitungsbögen, auf denen der motorischen Vordersäulenzelle ständig gleichzeitig Erregungen von der Körperperipherie zuströmen. Das motorische Wurzelneuron stellt den für alle Leitungsbögen gemeinsamen peripheren Weg dar. — Schwarz: Leitung aus Sehnen und Haut (direkter und indirekter Reflexbogen) und aus dem Gleichgewichtsorgan (Statotonus); blau: Leitung aus der Haut (Schmerz); rot: aus den Muskeln (Kleinhirnbogen, Bewegungskoordination), aus dem Sehorgan; gelb: aus der Haut (Großhirnleitungsbogen, centrale Hemmung).



vergifteten Tieren zeigen, von einer einzigen afferenten Faser, wenigstens der Haut aus, der Reiz auf sämtliche motorischen Zellen der gleichen und der anderen Seite des Rückenmarkes übertragen werden. Anatomisch scheinen alle diese Verbindungen gegeben zu sein, ohne deshalb stets benutzt zu werden. Nicht also rein anatomische, sondern besonders funktionelle Gegebenheiten regeln das normale Getriebe.

In der bisherigen Darstellung sind die Beziehungen zwischen Rückenmark

Beziehungen
zwischen
Körper-
peripherie
und
Rücken-
mark
Tab. S. 62

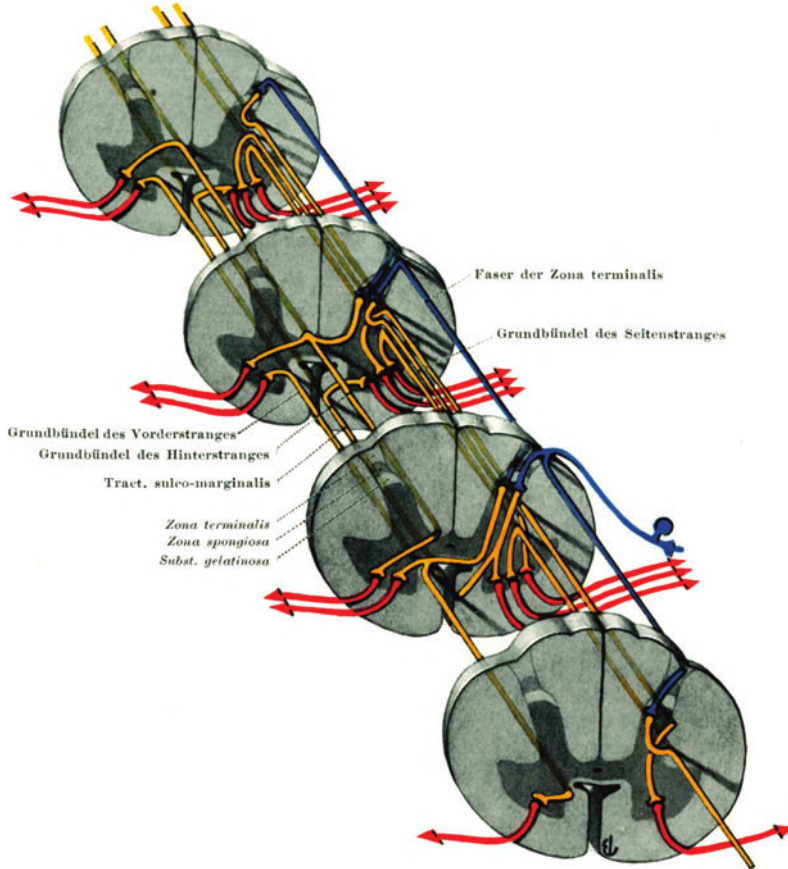


Abb. 53. Schema des Elementarapparates des Rückenmarkes für exterozeptive (Haut-) Reize. Blau: Hinterwurzelneuron der Zona terminalis mit Kollateralen; gelb: zweite Neuron („Strangzellen“) der Leitungsbögen; rot: Vorderwurzelneuron (dritte Neuron der Leitungsbögen).

und Körperperipherie nur ganz im allgemeinen berücksichtigt worden, insofern als Anfang und Ende der Leitungsbögen, deren Scheitel im Rückenmark enthalten sind, in der Körperperipherie liegen: der afferente Schenkel beginnt in der Peripherie, oberflächlich in der Haut oder tief in den Bestandteilen des Bewegungsapparates, und der efferente Schenkel führt zur Peripherie zurück zu den Skelettmuskeln. Es erhebt sich die Frage, ob bei dem segmentalen Aufbau von Körperwand wie Rückenmark nicht nähere Beziehungen bestehen, ob nicht die Körperperipherie irgendwie, etwa in den Ganglienzellen, im Rückenmark, ihre besondere Repräsentation im einzelnen hat. Nach dem, was über die Ausbreitung der einzelnen Hinterwurzelfaser gesagt worden ist, ist allerdings

eine solche Repräsentation für die Ursprungsgebiete der afferenten Fasern nicht wahrscheinlich, um so weniger, als die unmittelbar zugehörigen Zellen außerhalb des Rückenmarks, in den Spinalganglien, liegen. Die Spinalganglien geben in ihrer segmentalen Anordnung mitsamt den Hinterwurzeln ein Abbild des segmentalen Baues des Ursprungsgebietes der afferenten Fasern. Für die Haut hat die Zugehörigkeit zu den einzelnen Hinterwurzeln und ihren Ganglien festgestellt werden können (Dermatome, HEADSche Zonen). Näheres beim

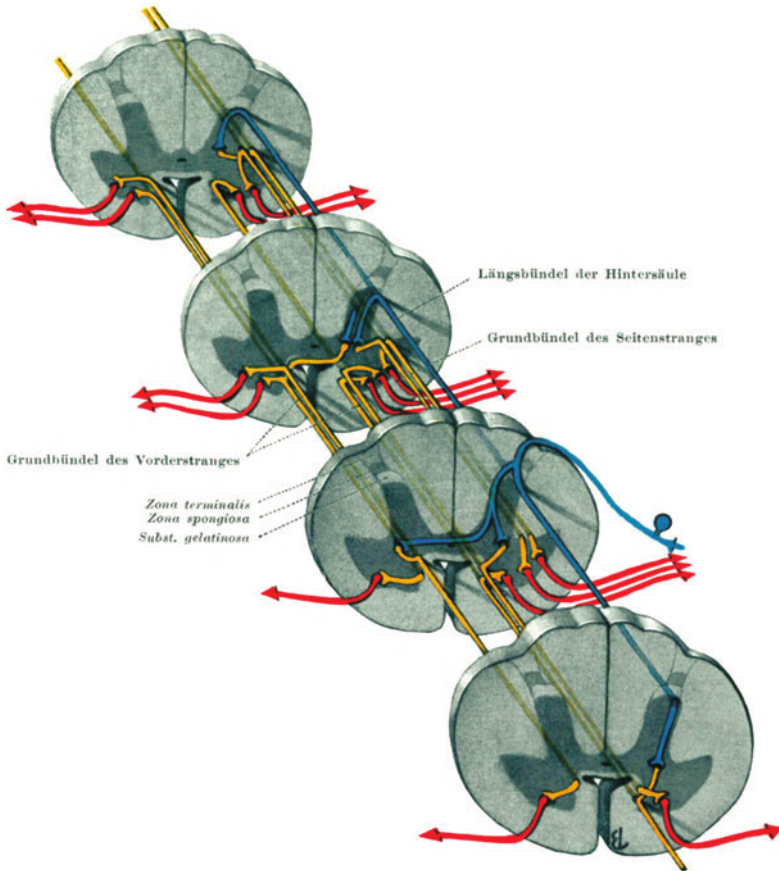


Abb. 54. Schema des Elementarapparates des Rückenmarkes für propriozeptive Reize (Reize aus Muskeln). Blau: Hinterwurzelneuron des Längsbündels der Hintersäule; gelb: „Strangzellen“ (zweite Neuren der Leitungsbögen); rot: Vorderwurzelneuron (dritte Neuren der Leitungsbögen).

peripheren Nervensystem. Auch von dem Zusammenhang zwischen Sehnen der Skelettmuskeln und Rückenmarkssegmenten, d. h. über die Lage der Scheitel der entsprechenden elementaren Leitungsbögen im Rückenmark, ist aus den Erfahrungen der Kliniker und Pathologen mancherlei bekannt (Tab. S. 62). Aber über die etwaige Zugehörigkeit bestimmter Strangzellen des Rückenmarks zu bestimmten Körpergebieten ist bisher nichts ermittelt worden. Sie sind ja gerade ausgesprochen übersegmentaler Natur, ihr Wesen kann darin erblickt werden, daß sie den von einer umschriebenen Stelle der Peripherie ausgehenden Reiz auf einen mehrere Körpersegmente umfassenden Bereich des Rückenmarks und dadurch der Muskulatur ausdehnen.

Tabelle der Segmenthöhen einiger Reflexe.

Sehnenreflexe	Hautreflexe	Vegetative Reflexe	Segmenthöhe
Biceps	—	—	C 5—6
Triceps	—	—	C 6—7
—	Palma	—	C 8—D 1
—	—	Pupille	C 8—D 2
—	—	Herz	C 8—D 4
—	—	Magen bis Jejunum	D 6—8
—	Ober-Bauch	—	D 8—9
—	Unter-Bauch	—	D 10—11
—	—	Gallenblase	D 9—10
—	—	Colon	D 11—12
—	—	Harnblase	L 1
—	Cremasterreflex	—	L 1—2
Patellarsehne	—	—	L 2—4
Achillessehne	—	—	L 5—S 2
—	Planta	—	S 1—2
—	—	Ejaculation, Miktion,	—
—	—	Defäkation	S 1—5
—	Analreflex	—	S 5

„Kerne“
der Muskeln
Abb. S. 35,
63

Anders steht es um die Beziehungen zwischen Skelettmuskulatur und Rückenmark. Jeder einzelne Skelettmuskel ist in der grauen Substanz durch bestimmte Vordersäulenzellen repräsentiert, die seinen „Kern“ bilden. An der Tatsache dieser Repräsentation ist nicht zu zweifeln, wenn auch die Meinungen der Autoren über die Einzelheiten noch auseinandergehen. Das Prinzip ist schematisch für je einen ein-, zwei- und dreisegmentigen Muskel in Abb. S. 63 dargestellt. Je nachdem, aus dem Material wie vieler Ursegmente die Bildungszellen für den einzelnen Muskel bei der Entwicklung entnommen worden sind, erstreckt sich der Kern des Muskels, seine centrale Repräsentation, durch ein oder mehrere Segmente des Rückenmarks und treten die Neuriten durch eine oder mehrere Vorderwurzeln aus, um sich erst in der Peripherie zu dem einheitlichen Muskelast des peripheren Nerven zusammenzufinden.

Die „Kerne“ der einzelnen Muskeln sind enthalten in den fünf Zellsäulen, zu welchen die motorischen Zellen der Vordersäulen angeordnet sind, und welche im Querschnitt als Zellgruppen erscheinen (S. 42). Die Einlagerung der Kerne in diese Säulen unterliegt offenbar einer Gesetzlichkeit, über welche freilich noch keine völlige Sicherheit erreicht ist, einer Gesetzlichkeit der Art, daß jede der Zellsäulen die Kerne der großen Muskelgruppen enthält: die dorsomediale Säule die Kerne des Erector trunci, die ventromediale die seiner Antagonisten, der ventralen Rumpfmuskulatur, die dorsolaterale der Beuger, die ventrolaterale der Strecker der Extremitäten. Die centrale Gruppe enthält wahrscheinlich die Kerne des Zwerchfells und des Beckenbodens und von Muskeln der Extremitätengürtel.

5. Anteil des vegetativen Nervensystems am Rückenmark.

Die im vorstehenden gegebene Darstellung des Rückenmarks hat sich auf die der Empfindung und Bewegung dienenden Leitungswege beschränkt: alle Leitungsbögen endeten mit dem motorischen Vorderwurzelneuron, das die Skelettmuskulatur in Tätigkeit setzt. Außer diesen Leitungswegen der animalen Funktionen enthält das Rückenmark aber auch solche für die vegetativen Funktionen. Der die Haut treffende Kältereiz führt nicht nur zu einer Abwehr-

bewegung der Skelettmuskulatur, sondern zugleich zur Kontraktion der Hautgefäße und der Haarmuskeln (Gänsehaut). Man sieht sofort, daß die Zahl der Schaltungen im Anschluß an die Hinterwurzelneuren noch sehr viel größer ist, als es die bisherige Schilderung dargestellt hat. Auch bei der Abhandlung des Gehirnes wird aber von dem Anteil des vegetativen Nervensystems Abstand genommen worden, aus den gleichen Gründen: das vegetative System, stammesgeschichtlich in seiner besonderen Ausbildung beim Säugetier jünger als das animale, ist einerseits anatomisch so abweichend gebaut in der peripheren Lagerung seiner Umschaltstellen, daß es eine besondere Darstellung erfordert, andererseits so eigenartig und innig an das animale Nervensystem angeschlossen und eingelagert, daß seine Darstellung die Kenntnis des animalen Systems voraussetzen muß. Auch seine Rückenmarksanteile werden also erst im Zusammenhang des ganzen vegetativen Systems behandelt werden.

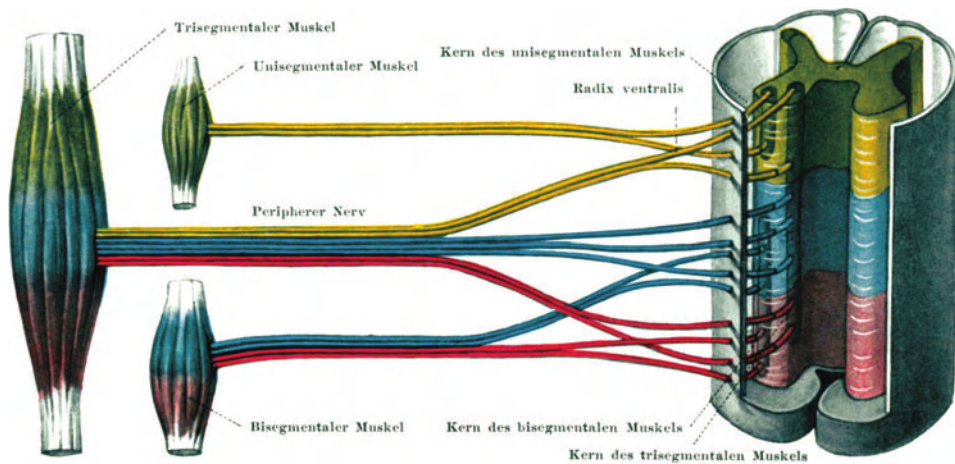







Abb. 55. Schema der „radikulären“ (segmentalen) und „peripheren“ Innervation der Muskulatur. Entsprechend dem Aufbau eines Muskels aus Material eines oder mehrerer Ursegmente erstreckt sich die zugehörige Ganglienzellsäule („Kern“) in der grauen Substanz des Rückenmarks durch die gleiche Zahl von Segmenten. Die Neuriten treten durch die zugehörigen Wurzelfäden aus und vereinigen sich peripher unter Geflechtbildung zu den Muskelästen der Nerven.

Die im vorstehenden gegebene Darstellung vereinfacht den ungemein verwickelten Bau des Rückenmarks sehr stark. Gehen schon die Meinungen der Beobachter über die Querschnittslage des einen und anderen der erörterten Fasersysteme noch auseinander, so liegt über manchen Einzelheiten noch völliges Dunkel, wie über den centralen Verbindungen des vegetativen Nervensystems. Die Physiologie lehrt, daß sie vorhanden sein müssen, aber die Anatomie hat sie noch nicht entdecken können. Ähnliches gilt für die absteigenden langen Bahnen, die an den Vordersäulenzellen enden. Die Anatomie hat nur nachweisen können, daß sie an Vorderwurzelzellen der gleichen Seite endigen, auf welcher sie verlaufen, die Physiologie zeigt, daß sie auch zur anderen Seite Erregungen zu leiten vermögen. Im ganzen leistet das Rückenmark im lebenden Organismus sehr viel mehr, als aus dem anatomischen Bau ersichtlich ist oder geschlossen werden kann. Nicht einmal die hier zugrunde gelegten Leitungsbögen sind in solcher Anordnung anatomisch erweisbar. Nur das Bedürfnis, die Beobachtungen bei Experimenten und an Kranken verstehbar zu machen, fügt die einzelnen anatomischen Bausteine zu durchlaufenden Verbindungen aneinander.

Tabelle der Leitungsbahnen im Rückenmark
nach ihrer Lage in der weißen Substanz.

(Vgl. besonders Abb. S. 49 und 59—61.)

VWZ = Vorderwurzelzellen;

-  auf der gleichen Seite aufsteigend;
 gekreuzt auf der Gegenseite aufsteigend;
 auf der gleichen Seite absteigend;
 gekreuzt auf der Gegenseite absteigend;
 gekreuzt auf der Gegenseite auf- und absteigend.

I. Vorderstrang, Funiculus anterior (ventralis).

1. Fasciculus proprius anterior, Vorderstrang-Grundbündel, Binnenbündel des Vorderstranges, Tractus marginalis ventralis: Neuriten von Strangzellen der Vorder säule $\uparrow\downarrow$, des Mittelfeldes $\uparrow\downarrow$, der Hintersäule $\uparrow\downarrow$. \uparrow je 2—3, \downarrow je 1 bis 2 Segmente. Endigung, auch der Kollateralen: VWZ.
2. Fasciculus longitudinalis medialis (posterior), hinteres Längsbündel: Neuriten von Strangzellen des Hinter- und Mittelhirns im Nucleus motorius tegmenti (Nucl. reticularis) mit seinen Einzelzellen und -kernen, besonders DEITERS-Kern, $\uparrow\downarrow$. Erstreckt sich vom Mittelhirn bis zum unteren Brustmark, vielleicht bis in die Intumescentia lumbalis. Endigung, auch der Kollateralen, im Rückenmark an VWZ, im Gehirn an den Wurzelzellen der Hirnnerven (s. a. Tab. S. 108).
3. Tractus sulco-marginalis: Neuriten von Strangzellen der Hintersäule, $\uparrow\downarrow$, kein geschlossenes Bündel, sondern über das Gebiet zwischen Fissura ventralis und Vordersäule zerstreut, \uparrow 6—7, \downarrow ? Segmente. Endigung: VWZ.
4. Tractus tecto-spinalis, Tr. quadrigemino-spinalis, absteigende Vierhügelbahn. Ursprung: Colliculus superior laminae quadrigeminae (Tectum opticum), \downarrow und \downarrow . Endigung: VWZ.
5. Tractus reticulo-spinalis, Tr. tegmento-spinalis. Neuriten von Strangzellen des Hinter- und Mittelhirns (Nucleus reticularis, motorischer Haubenkern, mit seinen Einzelzellen und -kernen, s. Tab. S. 100), \downarrow und \downarrow . Mächtiges Fasersystem, den Hauptteil des Vorder- und des Seitenstranges bildend. Endigung: VWZ. — Verschiedene Anteile mit besonderen Namen belegt:
 - a) Tractus vestibulo-spinalis s. II 2a.
 - b) Tractus rubro-spinalis s. II 2b.
 - c) Tractus commissuro-(mesencephalo-)spinalis, \downarrow Neuriten des Nucl. commissurae posterioris (DARKSCHEWITSCH), vgl. Abb. S. 113.
 - d) Tractus interstitio-spinalis, \downarrow , Neuriten des Nucl. interstitialis (CAJAL), vgl. Abb. S. 113.

Nr. 4, (3), 5c, (5d) bilden zusammen den Tractus marginalis anterior, LÖWENTHALSches Bündel, neben der Fissura ventralis.

6. Tractus cortico-spinalis ventralis, Pyramiden-Vorderstrangbahn (vgl. II 7): Neuriten von Riesenpyramiden- (BETZschen) Zellen des Gyrus praecentralis, \downarrow . Endigung: VWZ der gleichen und der Gegenseite (via Commissura alba).
7. Tractus spino-olivaris, HELWEGSches Bündel, Dreikantenbahn. Nur im Halsmark, ein dreieckiges Feld am ventralen Umfang einnehmend. Ursprung, Endigung, Leitungsrichtung umstritten.

II. Seitenstrang, Funiculus lateralis.

1. Fasciculus proprius lateralis, Seitenstrang-Grundbündel, Binnenbündel des Seitenstranges, Zona cornu-marginalis: Neuriten von Strangzellen des Mittel-

feldes $\uparrow\downarrow$, der Hintersäule $\uparrow\downarrow$ und der Zona spongiosa („Marginalzellen der Subst. gelatinosa Rolandi“), $\uparrow\downarrow$. \uparrow je 2—3, \downarrow je 1—2 Segmente. Endigung, auch der Kollateralen: VWZ.

2. Tractus reticulo-spinalis, vgl. I 5. Im Seitenstrang im Besonderen:
 - a) Tractus vestibulo-spinalis, HELDSches Bündel: Neuriten von Zellen des Nucleus vestibularis lateralis (DETTERS) \downarrow . Endigung: VWZ.
 - b) Tractus rubro-spinalis, MONAKOWSches Bündel: Neuriten von Zellen des Nucleus ruber tegmenti magno-cellularis, $\begin{array}{c} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{array}$ (FORELSche Kreuzung). Endigung: VWZ.
3. Tractus thalamo-spinalis: aus dem Thalamus $\begin{array}{c} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{array}$ zu VWZ.
4. Tractus spino-tectalis (spino-mesencephalicus) et spino-thalamicus, EDINGERSches Bündel: Neuriten von Zellen des Mittelfeldes und der Hintersäule, $\begin{array}{c} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{array}$ (Commissura alba). Endigung: Colliculus superior laminae quadrigeminae bzw. ventrale Kerne des Thalamus.
5. Tractus spino-cerebellaris ventralis, GOWERSSches Bündel: Neuriten von Zellen des Mittelfeldes, \uparrow und $\begin{array}{c} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{array}$, zur Rinde des Vermis cerebelli.
6. Tractus spino-cerebellaris dorsalis, FLECHSIGs Kleinhirnseitenstrangbahn: Neuriten der Zellen des Nucleus dorsalis (CLARKE-STILLINGSche Säule), \uparrow , zur Rinde des Vermis cerebelli.
7. Tractus cortico-spinalis lateralis, Pyramiden-Seitenstrangbahn. Ursprung wie I 6, $\begin{array}{c} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{array}$ (Decussatio pyramidum). Endigung: VWZ.

III. Hinterstrang, Funiculus posterior (dorsalis).

1. Fasciculus proprius posterior, Grund-, Binnenbündel des Hinterstranges, ventrales Hinterstrangsfeld, Zona cornu-commissuralis: Neuriten von Strangzellen der Hintersäule $\uparrow\downarrow$, der Substantia spongiosa $\uparrow\downarrow$, Randzellen der Hintersäule, $\uparrow\downarrow$ und $\begin{array}{c} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{array}$. \uparrow je 2—3, \downarrow je 1—2 Segmente. Endigung, auch der Kollateralen: VWZ.
2. Längsbündel der Hintersäule, an der Grenze von Subst. gelatinosa Rolandi und innerhalb der Hintersäule der grauen Substanz. Unmittelbare Fortsetzungen von Hinterwurzelfasern, wahrscheinlich aus Sinnesorganen des Bewegungsapparates, am stärksten in der Intumescentia cervic. et lumb., $\uparrow\downarrow$ (wenige Segmente). Endigung, auch der Kollateralen (zum Teil zur Gegenseite kreuzend): Strangzellen der Hintersäule.
3. Zona terminalis, Markbrücke: unmittelbare Fortsetzungen von Hinterwurzelfasern, wahrscheinlich aus der Haut, $\uparrow\downarrow$, \uparrow je 2, \downarrow je 1 Segment. Endigung, auch der Kollateralen: Strangzellen der Zona spongiosa und der Hintersäule.
4. Fasciculus gracilis et cuneatus, Fasc. dorso-medialis et dorso-lateralis, GOLLScher und BURDACHScher Strang, Hinterstrangsbahn: unmittelbare Fortsetzungen von Hinterwurzelfasern aus den Sinnesorganen der Haut (ausschließlich?), \uparrow . Endigung: Zellen des Nucleus fasciculi gracilis et cuneati in der Medulla oblongata. Fortsetzung zu Thalamus und Großhirn (Schleifenbahn, Lemniscus medialis) und zum Kleinhirn. Der GOLLSche Strang enthält die Hinterwurzelfasern von C_2 — Th_5 , der BURDACHSche Strang von Th_4 — C_1 . — Die absteigenden Teilläste (Rami descendentes) der Fasern des GOLLSchen und BURDACHSchen Stranges bilden:
 - a) Komma-Bündel, SCHULTZESches Komma: vielleicht nur Rami descendentes von Fasern aus den Extremitäten, jedenfalls am stärksten in Intumescentia cervic. et lumb., \downarrow bis 10 Segmente (von Intumescentia cervicalis aus). Endigung, auch der Kollateralen: VWZ (und Strangzellen?).
 - b) Fasciculus descendens posterior (HOCHÉ), im Lendenmark: ovales Hinterstrangsfeld (FLECHSIG), im Sacralmark: Fasc. postero-medialis (OBERSTEINER), Triangle médian (GOMBAULT-PHILIPPE); vom unteren Hals- bis zum Ende des Sacralmarkes, vielleicht nur Rami descendentes von Fasern aus der oberen Extremität, \downarrow zu Wurzelzellen für untere Extremität (und Strangzellen?).

III. Gehirn, Cerebrum.

Im Gegensatz zum Rückenmark ist das Gehirn der zum nichtsegmentierten Abschnitt des Körpers gehörige Teil des Centralnervensystems. Und so verschieden in ihrem Bau Kopf und Rumpf sind, so verschieden auch Gehirn und Rückenmark.

An dem Gehirn jedes Wirbeltieres ist in der Verlängerung des Rückenmarks eine durch die Kiemenerven bedingte Anschwellung kenntlich, die *Medulla oblongata* (*Bulbus cerebri*), nach vorn davon die an der Dorsalfläche jederseits

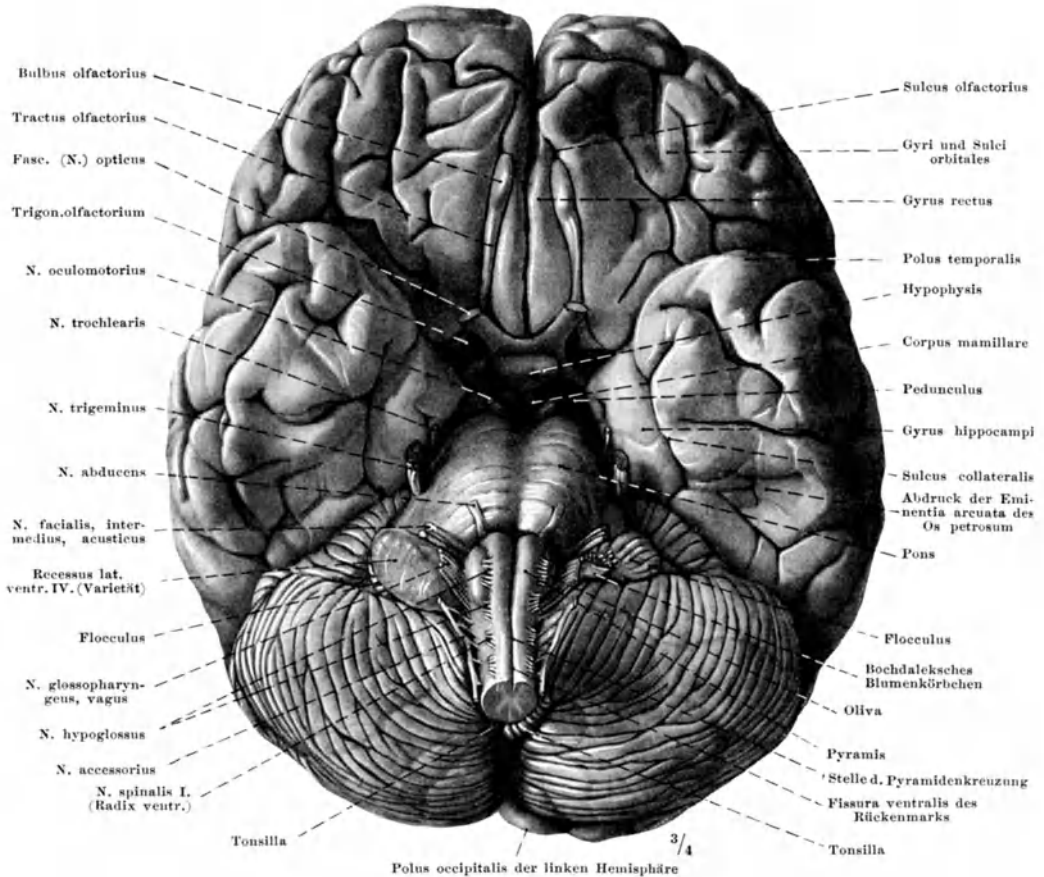


Abb. 56. Gehirnbasis. Das Gehirn war in situ mit Chlorzink-Formol fixiert worden (gleiches Objekt wie Abb. 146 u. 151).

als halbkugelige Vorwölbung erscheinende Endigungsstätte von Sehbahnen, das Tectum opticum, und am rostralen Ende das im einzelnen sehr verschieden gestaltete, immer aber nicht bloß symmetrische, sondern ausgesprochen paarige Riechhirn, das Rhinencephalon, das jederseits an den vor dem Sehhirnanteil gelegenen unpaaren Abschnitt anschließt. Der paarige Teil enthält außer dem Riechhirn je eine mächtige basal gelegene Ganglienzellmasse, welche hügelartig in den Ventrikelhohlraum vorspringt, das Basal- oder Stammganglion.

Danach wäre es gerechtfertigt, das Urhirn zu unterteilen in Kiemenhirn, Sehhirn, Riechhirn und Stammganglion. Aber vom Säugergehirn, besonders von seiner Entwicklung ausgehend, hat man, wie bereits S. 6 erwähnt wurde, die Unterteilung in Hinterhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn und Vorderhirn

vorgenommen. Das Hinterhirn entspricht ungefähr dem Kiemehirn, Mittel- und Zwischenhirn etwa dem Sehirn, dem Vorderhirn gehören Stammganglien und Riechhirn an. Da diese Bezeichnungen allgemein üblich geworden sind, wenn auch manchmal eine noch weitergehende Unterteilung vorgenommen wird, so mögen sie hier beibehalten werden. Jedoch sei stets bedacht, daß in dieser Einteilung des Gehirns keinerlei wesentliche morphologische Beziehung zum Ausdruck kommt, daß die Grenzen willkürlich gezogen sind. So wird z. B. der Gehirnteil des Sehorgans, Netzhaut und Sehbündel, dem Zwischenhirn, die Endigung im Urhirn, das Tectum opticum, dem Mittelhirn zugeteilt. Es ist deshalb müßig, darüber zu streiten, ob irgendeine Ganglienzellgruppe z. B. dem Zwischen- oder dem Endhirn angehört. Die Grenzziehung ist äußerlich und morphologisch unwesentlich. Sie läßt sich nur rechtfertigen durch den Wunsch, für die Beschreibung die Orientierung zu erleichtern. Im Grunde hat sie nur die gleiche Bedeutung wie die Unterteilung der Arterie der oberen Extremität in Arteria subclavia, axillaris, brachialis. Auch dort hat es keinen Sinn, zu streiten, ob die Arterie bis zum caudalen Rande der Clavicula oder bis zum kranialen Rande des M. pectoralis minor als Subclavia zu bezeichnen ist, und ob man das Stück der Brachialis zwischen Abgang der Radialis und Teilung in Ulnaris und Interossea mit der besonderen Bezeichnung Cubitalis belegen müsse.

Wenn wir am menschlichen Gehirn Neuhirn und Urhirn unterscheiden (S. 12), so tun wir seiner Form eine gewisse Gewalt an und müssen von vornherein im klaren sein, daß eine scharfe Scheidung nicht möglich ist. Die stammesgeschichtliche Fortentwicklung des Gehirns beruht nicht auf einfacher Anlage neuer Anteile an die schon vorhandenen, geht nicht durch Apposition vor sich, sondern vorwiegend durch starke Ausbildung noch unentwickelter oder weiterer Ausgestaltung fähiger Abschnitte, also hauptsächlich durch inneres Wachstum, sozusagen durch Intussuszeption. Wird also das Großhirn als Neuhirn angesprochen, so soll damit nur gesagt sein, daß es in der vorliegenden besonderen Form ein Neuerwerb ist, aber es soll damit nicht etwa geleugnet werden, daß auch die übrigen Wirbeltiere diesen Hirnteil schon besitzen, nur in einer Ausbildung, welche gegenüber der beim Säugetier sehr primitiv erscheint. Das Neuhirn ist Neuerwerb des Säugetieres gegenüber den übrigen Wirbeltieren im gleichen Sinne wie der geschlossene Gaumen. Und aus der Unmöglichkeit, das menschliche Kinn gegenüber dem übrigen Unterkiefer scharf abzugrenzen, wird man nicht die Berechtigung herleiten können, sein Wesen als spezifisch neue Bildung des menschlichen Unterkiefers zu bestreiten.

1. Hirnstamm.

a) Äußere Form.

Wird am Gehirn des Menschen oder des Säugetieres das Neuhirn ganz im groben in Gestalt von Großhirn und Kleinhirn abgetragen, so bleibt der „Hirnstamm“ übrig (Abb. S. 68, 69), der das Urhirn enthält und die ihm ein- oder aufgelagerten Neuhirnteile wie etwa die Pyramidenbahn. Der Hirnstamm enthält also in allen Querschnittshöhen irgendwie auch Neuhirn, verhält sich darin nicht anders als das Rückenmark, dem im GOLL-BURDACHSchen Strang und in der Pyramidenbahn ebenfalls ein Neuhirnteil eingelagert ist. Doch sind im allgemeinen im Hirnstamm die Faseranteile des Neuhirns nur außen, und zwar basal, dem Urhirnteil aufgelagert. Ohne an stammesgeschichtliche Beziehungen zu denken, haben seit über 100 Jahren die Hirnanatomen für Mittel- und Hinterhirn die Unterscheidung rein nach der Querschnittsanordnung durchgeführt. Was sie Haubenregion, Tegmentum, und Fußregion, Pes, des Mittel- und Hinterhirnquerschnitts nannten, entspricht dem Urhirn- bzw. Neuhirnteil.

Abb. S. 66,
68, 69, 70,
71, 73, 77,
119, 191

Hinterhirn,
Met-,
Opisth-
encephalon

Mit seinem Hinterhirnabschnitt (Metencephalon, Opisthencephalon) bildet der Hirnstamm die Fortsetzung des Rückenmarks. Dieser an das Rückenmark anschließende Teil wird deshalb auch verlängertes Mark, *Medulla oblongata*, genannt oder, wegen seiner durch die Kiemennerven bedingten Anschwellung *Bulbus cerebri*. Beide Bezeichnungen umfassen nur einen Teil des Hinterhirns. An der Basis kommt rostralwärts eine mächtige Masse von Neuhirnfasern hinzu, die wie ein querer Riegel über die im übrigen längs-

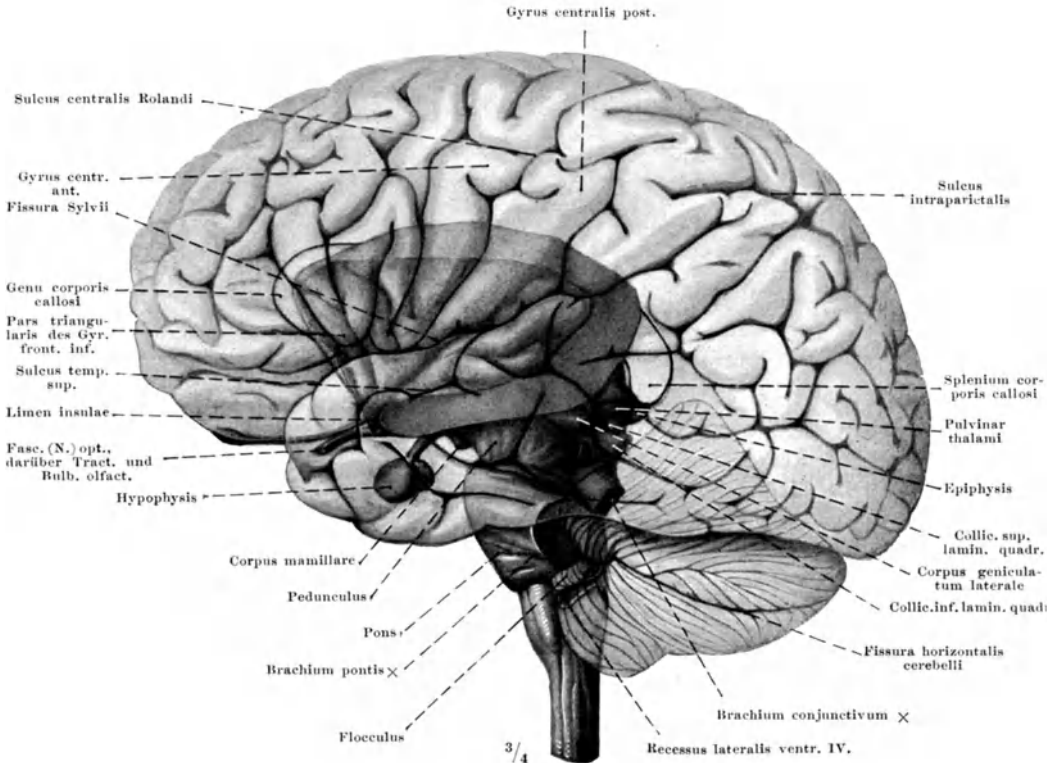


Abb. 57. Lage des Hirnstammes zu Groß- und Kleinhirn. Gehirn in situ mit Formol-Chlorzink gehärtet (gleiches Objekt wie Abb. S. 77). Die Lagebeziehungen sind durch Übereinanderpausen von photographischen Aufnahmen der schrittweise vorgenommenen Präparation gewonnen. — Der Hirnstamm ist in der üblichen Weise von Groß- und Kleinhirn abgetrennt worden, daß so auch die gewöhnlichen Schnittflächen ihrer Lage nach zu erkennen sind.

gerichteten basalen Hirnstammteile gelegt ist, die Brücke, Pons. Auch das Kleinhirn ist dem Hinterhirn als ein mächtig entwickelter Teil des Daches seines Hohlraumes zuzurechnen. Dieser Hohlraum des Hinterhirns ist die 4. Hirnkammer, der *Ventriculus quartus*. Wird er durch Wegnahme der Dachpartien eröffnet, so zeigt sein Boden rautenförmige Gestalt, wird daher als Rautengrube, *Fossa rhomboides*, benannt (Abb. S. 73, 77). Danach heißt der ganze Hirnteil ohne Kleinhirn auch Rautenhirn, *Rhombencephalon*.

Vergleichend-anatomisch betrachtet ist das Hinterhirn gekennzeichnet durch die Wurzeln des spino-occipitalen N. hypoglossus (vgl. S. 100) und der Kiemennerven, die an ihm ein- und austreten, Vago-accessorius, Glossopharyngeus, Facialis und Trigeminus (Abb. S. 66). In ihre Reihe schiebt sich ein der Nerv des Gleichgewichtsorgans, N. vestibularis, und der des Gehörorgans, N. cochlearis, beide vereinigt zum N. acusticus. Der Trigeminusursprung wird basal überlagert

von der Brückenformation, so daß dieser Nerv beim Säugetier und Menschen im Brückenbereich eintritt, wodurch das alte Bild des Kiemenhirns verwischt wird. Auch der Facialisaustritt wird in das Brückenbereich einbezogen. Mit der Auflagerung der Brückenfasern hängt es auch zusammen, daß beim Säuger Trigeminus- und Facialisursprung weit voneinander getrennt sind, während bei den Fischen und Amphibien beide Nerven unmittelbar nebeneinander entspringen (Abb. S. 6). Bis zum caudalen Rande der Brücke wird das Hinterhirn als Medulla

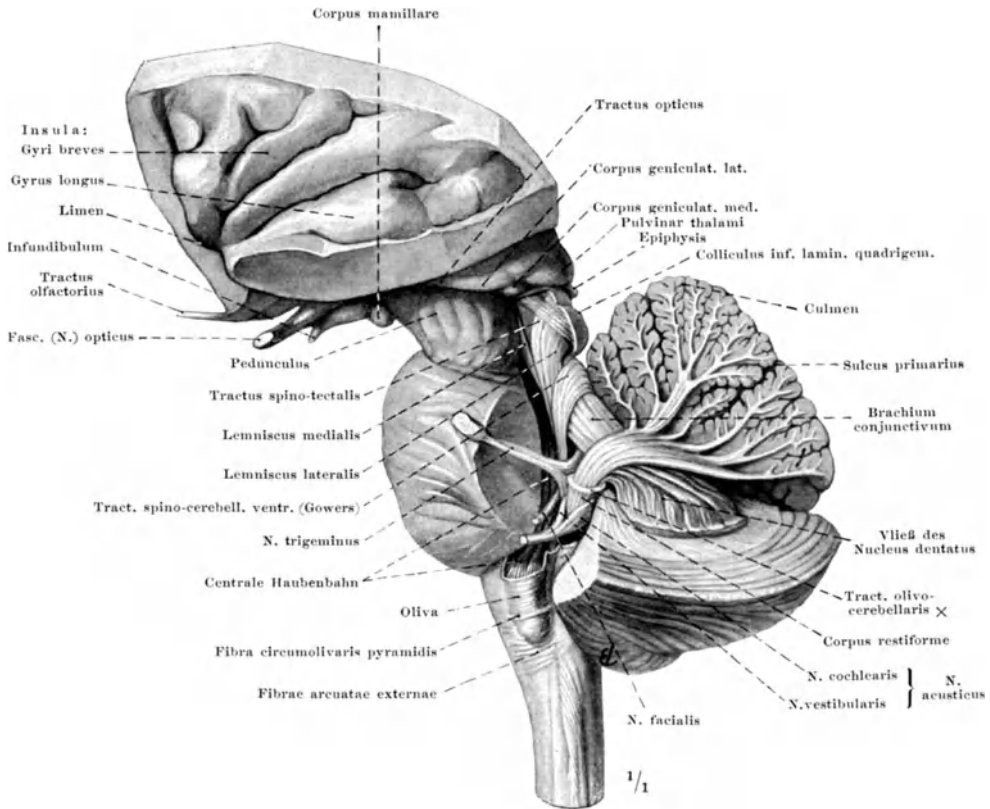


Abb. 58. Hirnstamm. Die Faserzüge aus mehreren Abfaserungspräparaten von Dr. W. BÜTTNER zusammengestellt. (Aus BÜTTNER in: Z. Anat. u. Entw., Bd. 84, 1927, S. 536.)

oblongata benannt, ihr gehören also Hypoglossus, Vago-accessorius, Glosso-pharyngeus und Acusticus zu.

An der basalen Fläche der Medulla oblongata (Abb. S. 66) setzt sich die Fissura ventralis des Rückenmarks bis zum caudalen Rande der Brücke fort, dort zum Foramen caecum vertieft. Am Übergang des Rückenmarks zum Gehirn ist sie durch schräg sich überschneidende Faserbündel eine kurze Strecke weit gewöhnlich vollkommen unterbrochen. Es sind die Fasern der Pyramidenbahn, welche hier die Mittellinie überschreiten und aus der basalen Lage in den Seitenstrang eintreten: Decussatio pyramidum. Brückenwärts von dieser Pyramidenkreuzung erscheint in der Verlängerung der Vorderstränge des Rückenmarks zu seiten der Fissura ventralis der gegen die Brücke zu verbreiterte und erhöhte Wulst der Pyramidenfasern, Pyramide genannt (Abb. S. 66). Die Fortsetzung des Sulcus lateralis ventralis grenzt sie gegen einen ovalen Körper ab, der durch die längsverlaufenden Züge wie halb durch

Medulla oblongata
Abb. S. 66,
68-71, 73,
77, 6, 8-11

ein Knopfloch durchgesteckt erscheint, die Olive. Auf deren spinalem Pol und noch ein Stück spinalwärts sind oberflächliche bogenförmig verlaufende Fasern erkennbar, *Fibrae arcuatae externae* (Abb. S. 69, 70), die vordersten auch *Fibrae circumolivares pyramidis* genannt. Basal von der Olive finden sich die Wurzelfäden des *N. hypoglossus*, dorsal von ihr die des *Vago-accessorius* und *Glossopharyngeus*.

An der Seitenfläche schließt an den *Sulcus lateralis posterior* des Rückenmarks in der Fortsetzung der *Zona terminalis* ein schmal beginnendes und brückenwärts verbreitertes Feld an, das beim Neugeborenen deutlicher als beim Erwachsenen weniger weiß gefärbt erscheint als die Umgebung: *Tuberculum cinereum* (Rolandi), Abb. S. 71, nicht bezeichnet, S. 73; vgl. auch S. 82.

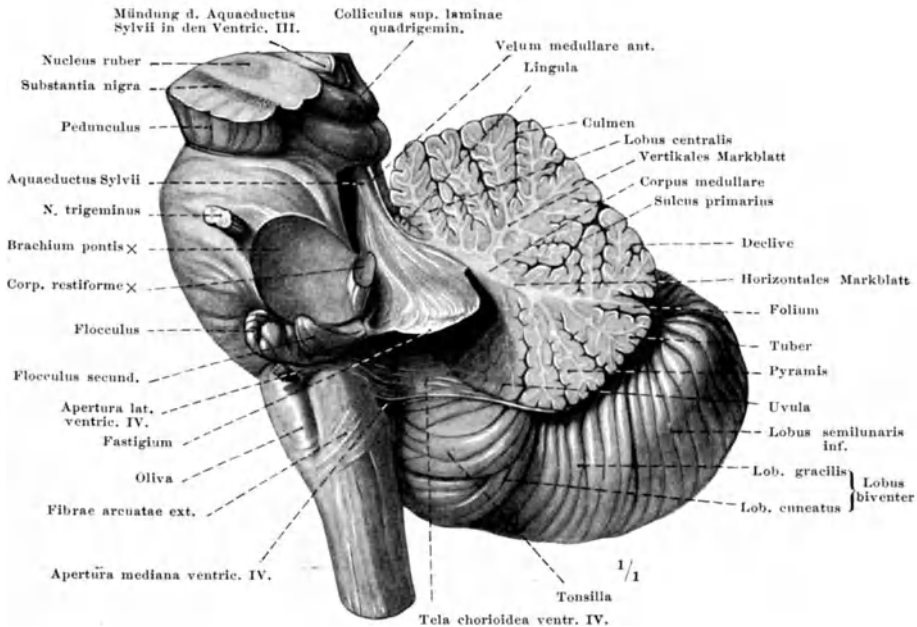


Abb. 59. Vorderwand und Fastigium des vierten Ventrikels, durch Abtragen der linken Kleinhirnhälfte und des linken Brachium conjunctivum freigelegt.

Auf der Dorsalfläche erscheinen deutlich die Fortsetzungen des GOLLschen und BURDACHschen Stranges neben dem *Sulcus posterior*. Gegen das untere Ende der Rautengrube hin verbreitern sie sich und wölben sich durch die Einlagerung der Hinterstrangkern stärker vor als *Clava* und *Tuberculum cuneatum* (Abb. S. 73), besonders deutlich am Gehirn des Neugeborenen oder älteren Fetus.

Dorsal von der Olive ist die Seitenfläche wulstig verdickt. Das vordere Ende des *Tuberculum cuneatum* und *cinereum* scheinen in die Bildung dieses Wulstes einzugehen. In seiner Fortsetzung führt dieser Wulst in das Kleinhirn und wird deshalb *Crus medullae oblongatae ad cerebellum* genannt, hinterer Kleinhirnstiel oder *Corpus restiforme* (Abb. S. 69, 73, 70). Es wird quer überlagert von dem später zu beschreibenden *Recessus lateralis ventriculi IV.*

Pyramide wie Olive sind Anteile, die dem Neuhirn zugehören und dem Urhirnteil der *Medulla oblongata* basal aufgelagert sind. Das gleiche gilt von der mächtigen Faser- und Ganglienzellmasse der Brücke, *Pons*, deren Ausbildung in der Säugetierreihe mit der des Großhirns einhergeht. Ihre stärkste

Entwicklung zeigt sie demgemäß am Gehirn des Menschen. Äußerlich erscheint sie als aus vorwiegend quer gerichteten Fasern bestehend. Jedoch werden seitlich die queren Fasern von schrägen überlagert (Fasciculus obliquus pontis, Abb. S. 191), welche hinter dem vorderen Brückenrande beginnend nach rückwärts zum Crus pontis ad cerebellum, dem Brückenarm, ziehen, in welchen die Brückenfasern übergehen, um in die Hemisphären des Kleinhirns zu gelangen (mittlerer Kleinhirnstiel). — Unter den oberflächlichen Brückenfasern verlaufen die Pyramidenbündel, so daß sie jederseits einen leichten Wulst und dazwischen eine mediane Rinne der Brücke erzeugen, Sulcus medianus pontis, den man früher als durch die Arteria basilaris bedingt ansah und deshalb Sulcus basilaris nannte. — Die Betrachtung der Brücke von der Seite her lehrt, daß sich vom oberen Brückenrande häufig ein oder mehrere Faserbündel loslösen und getrennt von der Hauptmasse des Brückenarms zum Kleinhirn ziehen: Fila lateralia pontis, Taeniae pontis (Abb. S. 73). — Die

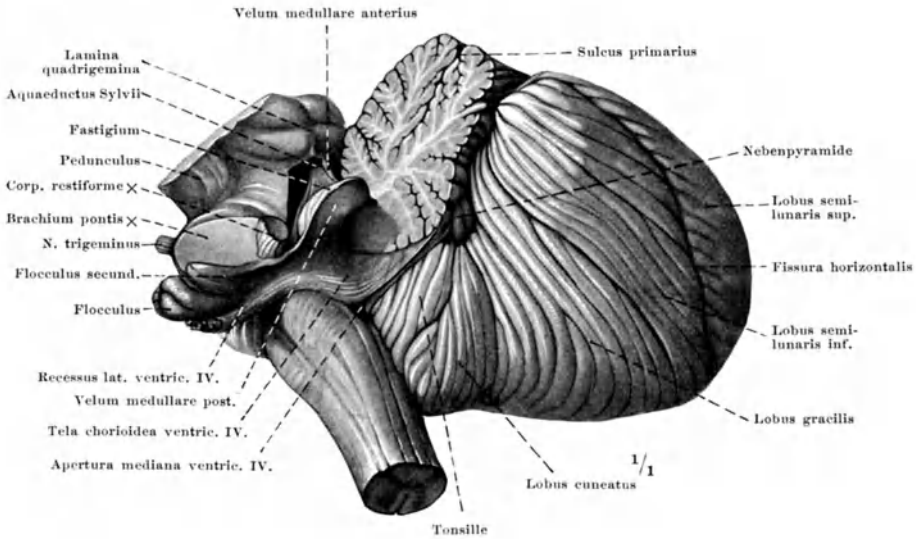


Abb. 60. Hinterwand, Fastigium und Tela chorioidea des vierten Ventrikels. Das gleiche Präparat wie Abb. 59, schräg von caudal gesehen.

Brücke wird vom N. trigeminus durchsetzt (Abb. S. 69), nahe ihrem hinteren Rande vom N. facialis. — Das vom hinteren Brückenrande, Kleinhirn und Olive begrenzte Dreieck, aus welchem der N. acusticus hervortritt, wird als „Kleinhirn-Brückenwinkel“ bezeichnet.

Im Bereiche der Clava nähert sich der Centralkanal des Rückenmarks mehr und mehr der dorsalen Oberfläche. Wo er sich zum Hohlraum des Hinterhirns, zur 4. Hirnkammer, Ventriculus quartus, erweitert, wird die dorsale Hinterhirnwand unvermittelt sehr dünn: Lamina epithelialis der Tela chorioidea ventriculi quarti. Wird diese dünne Decke bei der Abtragung des Kleinhirns abgerissen, so bleibt als Begrenzung der 4. Hirnkammer ein zarter Saum erhalten, Taenia ventriculi quarti, auch Ponticulus genannt (Abb. S. 73).

Die Tela chorioidea bildet nur im rückwärtigen Abschnitte die Decke der 4. Hirnkammer. Im vorderen Teile ist diese Decke ungemein verdickt und sehr stark umgebildet: aus diesem vorderen Teile ist das Kleinhirn entstanden. Durch diese Umbildung erhält das in seiner ersten embryonalen Ablage nur

Ventriculus quartus
Abb. S. 70 bis 73, 77, 117, 158, 181, 192, 84–86, 98, 125, 6, 8–11

leicht gewölbte Dach eine außerordentlich verwickelte Gestalt, welche noch dadurch kompliziert wird, daß sich am hinteren Rande der Kleinhirnanlage jederseits eine seitliche Ausbuchtung der Seitenwand des Rautenhirns bildet, welche nach ventral um das Corpus restiforme herumgreift: Recessus lateralis ventriculi IV.

Die Abb. S. 70, 71 u. 117, zusammen mit dem Bilde des Ventrikelausgusses (Abb. S. 158) und des Sagittalschnittes (Abb. S. 77, 98) mögen eine Vorstellung von der Gestalt der Rautenhirndecke geben. Etwa in der Mitte ihrer Längsausdehnung ist sie durch die Entwicklung des Kleinhirns zu einem quergestellten schmalen Dach erhoben, dessen First man als Fastigium bezeichnet. Der Dachfirst verläuft nicht in einer geraden Linie von rechts nach links: in der Medianebene ist er am niedersten, erhebt sich nach den Seiten bogenförmig und sinkt steil gegen die Flocke des Kleinhirns zu ab. Die vordere Dachfläche ist konvex, gehört dem Kleinhirn an und kann nur künstlich durch Abtragen des Kleinhirns bis auf eine dünne den Ventrikelhohlraum begrenzende Schicht zur Anschauung gebracht werden. Die hintere Fläche ist konkav und ebenfalls ein Teil des Kleinhirns in einem schmalen mittleren Bezirk, welcher dem niedersten Teil des Fastigium entspricht. Seitlich, im Bereiche der dorsalen Ausschwingung des Fastigium, wird die Hinterfläche von einer dünnen, markfaserhaltigen Membran gebildet, dem Velum medullare posterius, einem rudimentären Teil des Kleinhirns. Durch die Tonsille des Kleinhirns wird es tief eingebuchtet (Abb. S. 125). Das hintere Marksegel setzt sich in die Lamina epithelialis der Tela chorioidea fort, welche dünner und frei von Markfasern ist. Die Grenze zwischen markhaltigem Velum medullare und markloser Lamina epithelialis ist als leicht gebogene Linie erkenntlich (Abb. S. 117).

Die Lamina epithelialis ist in fetaler Zeit blasenförmig gestaltet. Mit der Unterfläche des Kleinhirnwurms ist sie durch Bindegewebe verbunden. Durch die basal- und medianwärts vordringenden Hemisphären des Kleinhirns, besonders die Tonsillen, wird die Blase zu einem sagittal gestellten schmalen Spalt zusammengedrückt (Abb. S. 70 u. 71). Außerdem wird sie durch Schwund eines Teiles ihrer Wand eröffnet, so daß beim Erwachsenen eine hohe, schlitzförmige Öffnung besteht, welche gegen den Boden des Ventrikels hin, nach dem Übergang der dünnen Lamina epithelialis in die dicke Wand der Medulla oblongata zu, sich etwas verbreitert (Abb. S. 70 u. 71). Dieser Spalt ist die Apertura mediana ventriculi quarti (MAGENDIE). Je weiter die embryonale Rückbildung der Wand geht, desto breiter wird der Spalt. Er kann andererseits auch auf eine kleine Öffnung vor den beiden Clavae beschränkt sein. Angeblich kann in etwa 2% der Fälle die Bildung einer Öffnung überhaupt ausbleiben. Ich selbst habe dies nie beobachten können. Bei manchen Säugetieren fehlt die Öffnung regelmäßig, obwohl eine blasenförmige, beim erwachsenen Tier durch den Kleinhirnwurm plattgedrückte Ausbuchtung der Tela vorhanden sein kann (Pferd).

Es wurde schon erwähnt, daß die 4. Hirnkammer jederseits eine seitliche Ausbuchtung aufweist, den Recessus lateralis. Er findet sich längs des Stiels der Kleinhirnflocke und reicht wie die Flocke bis zur basalen Fläche des Hinterhirns, wo sein Ende nach Aufhebung der Wurzelfäden des N. glossopharyngeus und Vagus sichtbar wird. Nur die vordere Wand wird vom Flockenstiel gebildet, die untere vom Corpus restiforme bzw. dem ihm aufgelagerten Nucleus nervi cochlearis, die übrige von der Tela chorioidea. Im ganzen hat der Recessus lateralis zylindrische, handschuhfingerartige Gestalt (Abb. S. 70, 71, 68, 117). Sein Ende unterliegt in fetaler Zeit der Rückbildung, so daß auch hier eine Eröffnung der Ventrikelwand erfolgt: Apertura lateralis ventriculi quarti (LUSCHKA). Sie ist individuell, auch rechts und links sehr verschieden

groß. In nicht gar zu seltenen Fällen kann der Recessus lateralis ein- oder beidseitig geschlossen bleiben, gelegentlich auch zu einer die ganze Flocke bedeckenden Blase erweitert sein (Abb. S. 66).

Ist, wie gewöhnlich, die Apertura lateralis vorhanden, so liegt eine Bildung frei zutage, welche an sich nur in den Hohlraum des Ventrikels hineinragt, der Plexus chorioideus ventriculi IV. (Abb. S. 77, 98). Dieser besteht aus kleinen knötchenförmigen Ausbuchtungen der Tela chorioidea, welche Gefäßschlingen enthalten und deshalb am frischen Präparat rosa gefärbt erscheinen. Er erstreckt sich in den Recessus lateralis und wird vor seinem Ende vom Rande der Apertura lateralis umgriffen wie der Blumenstrauß vom Rande des Glases. Man hat deshalb den ganzen Recessus lateralis zusammen mit dem Plexus

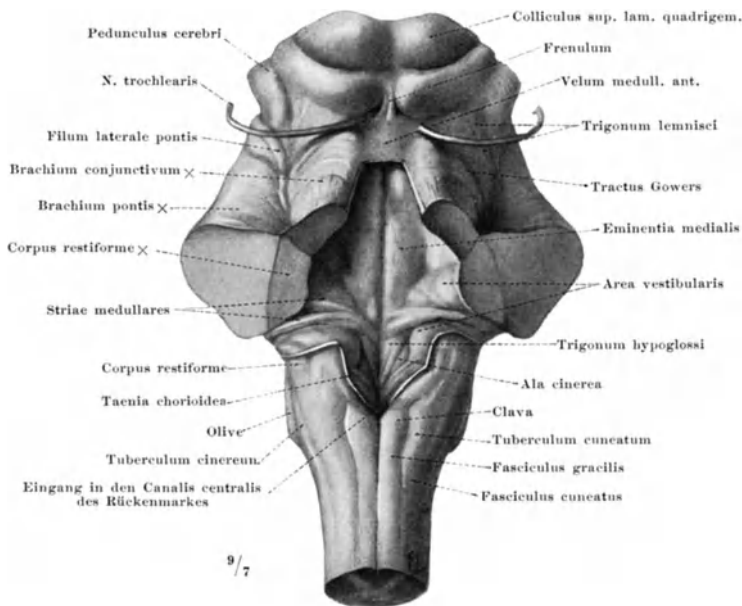


Abb. 61. Boden der Rautengrube, durch Abtragen des Kleinhirns und der Tela chorioidea sichtbar gemacht.

einem Füllhorn verglichen (BOCHDALEK) und „BOCHDALEKSches Blumenkörbchen“ genannt (Abb. S. 66, 117). — Der Plexus chorioideus findet sich aber auch an den mittleren Teilen des Daches der 4. Hirnkammer. In Gestalt von zwei schmalen Streifen, welche dicht neben der Mittellinie verlaufen, erstreckt er sich nach rückwärts längs der Unterfläche des Kleinhirnwurmes bis zur Apertura mediana (Abb. S. 98, 181) und ist in dieser sichtbar, dem Wurm des Kleinhirns angelagert. Von jedem der beiden Streifen geht annähernd unter rechtem Winkel der Streifen seitlich in den Recessus lateralis hinein. An der Abgangstelle der Querstreifen können die Längsstreifen miteinander verbunden sein, wie überhaupt mancherlei individuelle Variationen und auch Verschiedenheiten zwischen rechts und links vorkommen.

Die Seitenwand der 4. Hirnkammer (Abb. S. 73) ist im vorderen Abschnitt mächtig verdickt durch die großen Fasermassen, welche das Kleinhirn mit dem übrigen Gehirn verbinden und 3 wulstförmige Stränge bilden: das schon S. 70 erwähnte Crus medullae oblongatae ad cerebellum sive Corpus restiforme, das Crus pontis ad cerebellum (S. 71), und das Crus cerebelli ad mesencephalon sive

Brachium conjunctivum. Die drei Stränge werden auch als hinterer, mittlerer und vorderer Kleinhirnstiel benannt, der letztere auch oberer, weil er zu seiten des Velum medullare anterius an der Bildung des Ventrikeldaches beteiligt ist.

Wird die genannte Decke der 4. Hirnkammer entfernt, so liegt ihr Boden frei, die Rautengrube, Fossa rhomboides (Abb. S. 73). Ihre Ventrikelfläche ist durch Furchen und Wülste in individuell sehr wechselndem Maße modelliert. Regelmäßig wird sie in der Mittellinie von einer tiefen, streckenweise spaltförmigen Furche der ganzen Länge nach durchzogen: Sulcus longitudinalis fossae rhomboidis. Sie hat dem gegen das Rückenmark zu gelegenen spitzen Winkel der Rautengrube die Bezeichnung des Schreibkieses, Calamus scriptorius, eingetragen. Die Längsfurche wird jederseits von einem hinten schmalen, nach vorn sich verbreiternden Wulst begleitet, der Eminentia medialis, welche sich seitlich durch den Sulcus limitans abgrenzt. Die Eminentia medialis hat an den verschiedenen Stellen sehr verschiedene Wertigkeit. Im Bereiche des Calamus scriptorius liegt unter ihr der vorderste Teil des Kernes des N. hypoglossus (Trigonum hypoglossi), in der Höhe des Crus pontis ad cerebellum erhält sie gewöhnlich durch die horizontale Verlaufsstrecke des Facialisknies zusammen mit dem Kern des N. abducens die Form einer rundlichen Erhabenheit: Colliculus facialis (Eminentia teres). Neben dem Trigonum hypoglossi liegt ein dreieckiges Feld von weniger intensiv weißgrauer Farbe, die Ala cinerea. Sie wird nach rückwärts begrenzt von einem aus der Öffnung des Centralkanals schräg nach vorn verlaufenden weißen Streifen, dem Funiculus separans, der eine reine Gliabildung zu sein scheint. Er trennt die Ala cinerea und die Area postrema voneinander. Sein vorderes Ende läuft auf dem breiten Hügel aus, zu dem sich der Rautengrubenboden vom Sulcus limitans aus gegen den Recessus lateralis hin und in diesen hinein erhebt. Da unter ihm die Kerne des N. acusticus liegen, nennt man ihn Area acustica. Richtiger wäre für den den Boden des Recessus lateralis bildenden Teil die Bezeichnung Area cochlearis, für den größeren übrigen Area vestibularis. In ihrem Bereiche verlaufen in sehr wechselnder Form und Zahl weiße Markstreifen quer oder schräg, von der Eminentia medialis gegen oder in den Recessus lateralis: Striae medullares (Picolhomini). — Wird der vordere Kleinhirnstiel (Brachium conjunctivum) ein wenig zur Seite abgehoben, so zeigt sich neben der Eminentia medialis ein vertieftes Feld, in welchem dunkel pigmentierte Ganglienzellen des Trigeminuskerns bläulich durchschimmern: Locus caeruleus.

In diesem vordersten Abschnitt der Rautengrube wird, rostralwärts vom Kleinhirn, ihr Dach gebildet von den beiden vorderen Kleinhirnstielen, den Brachia conjunctiva, Faserbündeln, welche vom Kleinhirn zum Mittelhirn ziehen, und einer dünnen, zwischen ihnen ausgespannten Platte, dem vorderen Marksegel, Velum medullare anterius, das nach rückwärts in den Kleinhirnwurm, nach vorwärts in die Vierhügelplatte des Mittelhirns übergeht (Abb. S. 73, 98, 86).

Diese Vierhügelplatte, Lamina quadrigemina, ist die charakteristischste Bildung am Mittelhirn, ein Doppelpaar rundlicher Erhabenheiten: jederseits ein Colliculus superior s. opticus und ein Colliculus inferior s. acusticus. Von jedem der Hügel führt ein rundlicher Strang nach vorn und seitwärts zu je einem ovalen Höcker, dem Corpus geniculatum laterale s. opticum und dem Corpus geniculatum mediale s. acusticum (Abb. S. 69). Während der mediale Kniehöcker stets deutlich sich abhebt, ist der laterale oft nur unscharf begrenzt, doch immer an der Stelle der scharfen Umbiegung des Sehbündels von der basalen Fläche zur dorsalen erkennbar: von dieser knieartigen Biegung des Sehbündels leitet sich der Name Kniehöcker her.

Die Vierhügelplatte bildet das Dach des Mittelhirns und enthält im Colliculus superior den einen Integrationsort des Urhirns, das stammesgeschichtlich alte „Tectum opticum“, das durch den Hinzutritt des Colliculus inferior s. acusticus die für die Säugetiere charakteristische Umbildung erfahren hat. Auch der Boden des Mittelhirns hat neuen Zuwachs erhalten durch die basale Auflagerung mächtiger, dem Großhirn entstammender Fasermassen, die in der Längsrichtung das Mittelhirn durchziehen. Sie erscheinen an der basalen Fläche als zwei mächtige Wülste: die Hirnschenkel, *Pedunculi cerebri* (Abb. S. 69, 191). Die Längsrichtung ihrer Fasern ist schon äußerlich im groben erkennbar, nur die dorsalen Fasern haben leicht gebogenen Verlauf (Abb. S. 69, 70). Der ursprüngliche Boden des Mittelhirns liegt in der tiefen Grube zwischen ihnen, in der *Fossa interpeduncularis*, und ist von zahlreichen Arterien durchbohrt, die hier in die Substanz des Mittelhirns eintreten. Zieht man die Arterien heraus, so erscheint die Hirnsubstanz durchlöchert: *Substantia perforata posterior*. Als alter Mittelhirnboden ist diese Gegend noch kenntlich daran, daß hier der *N. oculomotorius* austritt, so wie der caudale Rand der Vierhügelplatte als zum Mittelhirn gehörig gekennzeichnet wird durch den Austritt des anderen Mittelhirnnerven, des *N. trochlearis* (Abb. S. 73).

An der Seitenwand wird durch dorsalen Rand des Hirnschenkels, caudalen Rand der Vierhügelplatte und lateralen Rand des *Brachium conjunctivum* ein dreieckiges Feld begrenzt, das *Trigonum lemnisci* (Abb. S. 73), so genannt nach den unter seiner Oberfläche durchziehenden Faserbündeln, den Schleifenbahnen, *Lemniscus medialis et lateralis* (Abb. S. 69).

Der Hohlraum des Mittelhirns, beim menschlichen Embryo wie bei niederen Wirbeltieren ein weiter Ventrikel (Abb. S. 9 u. f.), ist bei den Säugetieren zu einem Kanal verengt: *Aquaeductus cerebri* (*Sylvii*) (Abb. S. 77, 158).

Das Mittelhirn ist der wenigst umfängliche Abschnitt des ganzen Gehirns. Man spricht deshalb von ihm als dem *Isthmus cerebri*.

Mehr noch als Hinter- und Mittelhirn ist das Zwischenhirn durch stammesgeschichtliche Umwandlungen in seiner Gestalt beeinflusst worden. Vor allem ist es vom Großhirn so überlagert worden, daß von seiner ganzen ursprünglichen Oberfläche nur die Basis, der Boden, unverdeckt geblieben ist (Abb. S. 66, 191). Erst wenn das Großhirn abgetragen wird, wird die Oberfläche wieder sichtbar. — Eine weitere Umbildung, welche die Orientierung über das Zwischenhirn sehr erschwert, ist in der ganz außerordentlich mächtigen Entfaltung der Seitenwand gegeben, von welcher Decke und Boden nicht betroffen sind. Durch Einlagerung einer großen Zahl von Ganglienzellgruppen, welche in ihrer Gesamtheit als *Thalamus* bezeichnet werden, ist die Seitenwand so verdickt, daß der dorsale Abschnitt ihrer ursprünglich lateralen äußeren Fläche zu einer dorsalen Fläche geworden ist (Abb. S. 159), ja zu einer dorso-medialen (Abb. S. 92).

Den Boden des Zwischenhirns kennzeichnen an der Hirnbasis die *Corpora mamillaria*, das *Infundibulum* mit der *Hypophyse* und das *Chiasma opticum*. Vor der *Substantia perforata posterior* erheben sich die *Corpora mamillaria* als ein Paar runder Höcker von der leuchtenden Farbe der weißen Substanz, daher auch *Corpora candicantia* genannt (Abb. S. 191). Nach vorn von ihnen ist der Zwischenhirnboden trichterförmig ausgezogen: *Infundibulum* (Abb. S. 69, 77, 92). An dem Trichterrohr hängt der walzenförmige Körper des unteren Hirnanhanges, der *Hypophysis cerebri* (Abb. S. 66, 77), weshalb das Rohr des Trichters auch als *Hypophysenstiel* bezeichnet wird. Der Kegel des Trichters, wie das Rohr von grauer Farbe, ist an seiner Hinterwand nach außen vorgebuchtet: *Tuber cinereum*. Nach vorn vom *Infundibulum* folgt als vorderste Bildung des Zwischenhirnbodens das *Chiasma*

Zwischenhirn
Abb. S. 66,
69, 119, 191,
59, 77, 92,
94, 113, 147,
171, 6, 8-11,
159

opticum, die Kreuzung der Sehbündel. Von den Augen her treten die runden Fasciculi (Nervi) optici unter stumpfen Winkel zu der Platte des Chiasma zusammen (Abb. S. 66, 179), aus der nach rückwärts die Tractus optici hervorgehen.

Fasciculi und Tractus optici mit dem Chiasma sind, so sehr sie äußerlich das Aussehen von peripheren Nerven zeigen, weshalb man von alters her die Fasciculi optici irreführend als „Nervi“ optici bezeichnet hat, ihrer Entwicklung wie ihrem mikroskopischen Bau nach centrale weiße Substanz, und die Sinnesfläche des Auges, die Netzhaut, modifizierte graue Substanz. Der Sinnesapparat des Auges ist peripher vorgetriebene Zwischenhirnwand wie Bulbi und Tractus olfactorii peripher vorgetriebene Endhirnwand. Folgerichtig muß die Netzhaut des Auges mit den Sehbündeln dem Zwischenhirn zugerechnet werden, so wenig sie auch äußerlich den Eindruck eines echten Hirnteiles machen.

Die Tractus optici, also oberflächliche Bündel der weißen Substanz des Zwischenhirns, die über dessen Oberfläche vorspringen und ihr aufgelagert erscheinen ähnlich den Hirnschenkeln und den Pyramiden am Mittel- und Hinterhirn, ziehen um den vorderen Teil des Hirnschenkels herum dorsalwärts, alsbald vom Gyrus hippocampi des Großhirns überlagert (Abb. S. 92, 191). An der Stelle der schärfsten Umbiegung, in der Gegend des dorsalen Hirnschenkelrandes, verliert jeder Tractus opticus seine scharfe Begrenzung, verbreitert sich und wird durch Einlagerung grauer Substanz zu einem länglichen Höcker umgestaltet, dem lateralen Kniehöcker, Corpus geniculatum laterale, das sich äußerlich in den Colliculus superior der Lamina quadrigemina und in das nach hinten und lateral ausgezogene Ende des Thalamus, das Pulvinar thalami, fortsetzt (Abb. S. 69, 119). Damit erreicht er jenen Teil der ursprünglichen Seitenwand des Zwischenhirns, der bei der Ausbildung des Thalamus zur dorsalen Fläche geworden ist. Diese neue dorsale Fläche ist konvex, nach lateral hin am höchsten erhoben, und sinkt erst allmählich, dann stärker gegen das alte Dach des Zwischenhirns ab, das, zur Lamina epithelialis einer Tela chorioidea verdünnt, als schmaler Streifen zwischen den abwärts gesenkten Oberflächen der Thalami erscheint. Daß hier Außenfläche des Zwischenhirns vorliegt, ist kenntlich an dem bindegewebigen Piabelag (Abb. S. 119, 90, §2). Allerdings ist diese Außenfläche ganz und gar versteckt durch die Überlagerung durch Teile des Großhirns, besonders den Balken, und ein vom Großhirn zum Zwischenhirn ziehendes Faserbündel, den Tractus hippocampo-mamillaris oder Fornix.

Die Decke des Zwischenhirns ist, wie schon erwähnt, in die dünne Lamina epithelialis der Tela chorioidea des Zwischenhirnventrikels umgewandelt (Abb. S. 90, 92, 113, Pall.). Sie trägt an der Innenfläche die 2 schmalen Streifen des Plexus chorioideus, die sich auch in den kleinen Blindsack fortsetzen, zu welchem die dünne Decke des Zwischenhirns nach rückwärts ausgezogen ist. Dieser in seiner Form und Größe sehr wechselnde, aber stets vorhandene Blindsack liegt flachgedrückt zwischen dem Hinterende des Balkens und der Epiphyse s. Corpus pineale (Abb. S. 77, 158 119, 90), mit der Oberfläche des letzteren innig verbunden, daher Recessus suprapinealis genannt. Lage und Form erklären sich aus der Entwicklung des Balkens (Abb. S. 11). Das dünne Zwischenhirndach geht sehr unvermittelt in die zum Thalamus mächtig verdickte Seitenwand über (Abb. S. 92, 113). Reißt man sie ab, so bleibt als Kunstprodukt auf dem Thalamus ein zarter Saum stehen, die Taenia thalami (Abb. S. 171, nicht bezeichnet), längs deren der grauen Substanz des Thalamus ein dünnes Bündel markhaltiger Fasern aufgelagert ist, das als Stria medullaris thalami wie eine schmale Leiste vorspringt (Abb. S. 113, 119). Die Taenia und Striae medullares der beiden Seiten gehen nach rückwärts verbreitert in einem kurzen Bogen ineinander über (Abb. S. 119). Die Striae heißen hier Habenulae, ihre

seitliche Verbreiterung Trigonum habenulae, ihre Verbindung Commissura habenularum. Sie bilden, nach der Beschreibung der alten Autoren, die „Zügel“ des dorsalen Hirnanhangs, der Epiphysis cerebri, welche sich hier als zapfenartige Bildung des Zwischenhirndaches an der Grenze zum Mittelhirn findet (Abb. S. 77, 119, 192). In der Aufsicht ungefähr wie ein Dreieck mit abgerundeten Ecken, die Basis dem Zwischenhirn verbunden, die Spitze frei, liegt sie dem

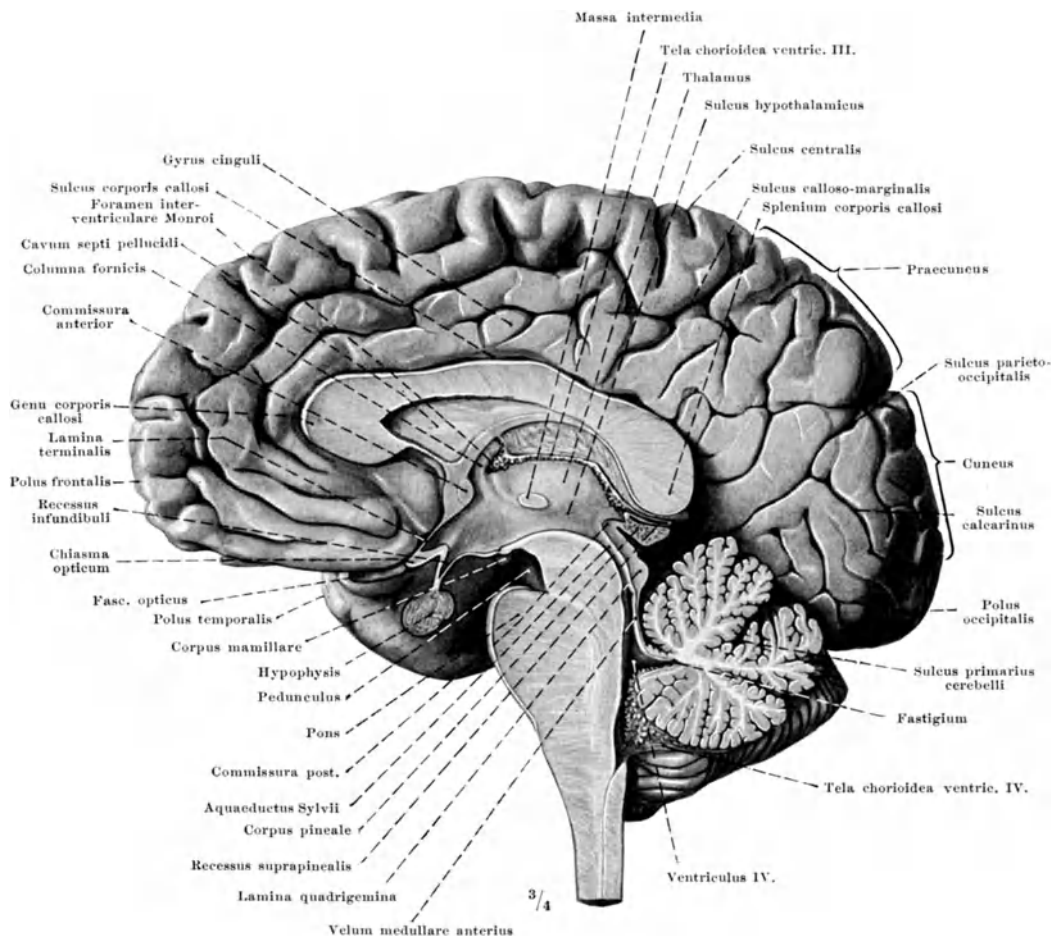


Abb. 62. Sagittalschnitt durch ein in situ mit Chlorzink-Formol gehärtetes Gehirn. Die der Hemisphärenkante nahen Stirn- und Scheitelwindungen sind leicht atrophisch, die Furchen daher abnorm breit. (Das gleiche Objekt wie Abb. S. 68.)

vorderen Abschnitt der Vierhügelplatte auf. Die alten Anatomen verglichen sie mit einem Zirbel- oder Pinienzapfen, wie er das Stadtwappen von Augsburg bildet, und nannten sie Corpus pineale, Conarium, Zirbel(drüse). Sie fehlt am Gehirn des Elefanten. Beim Menschen ist sie in ihrer Größe sehr variabel. Im höheren Alter enthält sie meist körnchenartige Konkremente, den Hirnsand, Acerculus. Ihr feinerer Bau ist noch wenig geklärt. DESCARTES sah in ihr das Organ der Seele, eine spätere Zeit ein rudimentäres Scheitelauge, heute gilt sie als Drüse mit innerer Sekretion. — Sie ist in das derbe Bindegewebe, das den Raum zwischen Kleinhirnoberfläche und hinterem Balkenende ausfüllt (Abb. S. 77),

fest eingebettet und wird bei unachtsamer Präparation mit diesem herausgerissen, wobei auch der Recessus suprapinealis des Zwischenhirnventrikels eröffnet wird. — An der Stelle, wo das Dach des Zwischenhirns von der Epiphyse auf das Dach des Mittelhirns (Lamina quadrigemina) übergeht, ist eine Faserkreuzung eingelagert, welche wie ein querer Riegel gegen den Hohlraum des 3. Ventrikels vorspringt, die Commissura posterior (Abb. S. 77, 90). Die Zugehörigkeit des größten Teiles ihrer Fasern ist aus Abb. S. 113 (unterer Schnitt) ersichtlich. Sie treten in der Entwicklung schon sehr frühzeitig auf (vgl. Abb. S. 11).

Das Zwischenhirn bildet das vordere Ende des Hirnrohres. Was als Endhirn bezeichnet wird, stellt paarige Ausbuchtungen seiner Seitenwand dar. Dementsprechend weist das Zwischenhirn außer Boden, Dach und Seitenwänden auch eine Vorderwand auf. Sie schließt sich als die dünne Lamina terminalis an das Chiasma opticum dorsal an (Abb. S. 77, 191). Ihr dorsaler, dickerer Abschnitt hat als Commissurenplatte durch Einlagerung des mächtigen Großhirncommissurensystems, der Commissura anterior und des Balkens, eine Umbildung erfahren (S. 179), die ihn kaum mehr als ursprüngliche Vorderwand des Zwischenhirns erkennen läßt. Die Kontinuität der Zwischenhirnwand bleibt aber gewahrt. Der schroffe Übergang der umgebildeten Vorderwand in das dünne Dach ist auf Abb. S. 77 ersichtlich.

Der Hohlraum des Zwischenhirns, die 3. Hirnkammer, Ventriculus tertius, ist ein hoher schmaler Spalt (Abb. S. 92, 113). Oft haben sich seine Seitenwände, die Thalami, in fetaler Zeit einander so genähert, daß ihre Ventrikelflächen in größerer oder geringerer Ausdehnung miteinander verschmolzen sind. Dadurch entsteht eine quere, im allgemeinen ganglienzell- und nervenfaserfreie Substanzbrücke, die Massa intermedia (Commissura mollis, Abb. S. 11, 77) von sehr wechselnder Dicke. Häufig fehlt sie gänzlich. Stets buchten sich die Thalami mit leicht gewölbter glatter Oberfläche gegen den Hohlraum vor, durch eine seichte Rinne, die mit dorsal konkavem Bogen von vorn nach rückwärts verläuft, gegen die basal von ihnen gelegenen Seitenwandteile abgesetzt (Abb. S. 77 u. 92). Diese Rinne, Sulcus hypothalamicus, bildet die Grenze zwischen den beiden Abschnitten der Seitenwand des Zwischenhirns, Thalamus und Hypothalamus. Zum Hypothalamus pflegt auch der Boden des Zwischenhirns mit Corpora mamillaria, Infundibulum und Tuberculum cinereum gerechnet zu werden. Hier weist der Hohlraum der 3. Hirnkammer Ausbuchtungen auf, die nach ihren nachbarlichen Beziehungen Recessus mammillaris, Recessus infundibuli und, oberhalb des Chiasma opticum, Recessus chiasmatis (R. opticus) benannt werden (Abb. S. 77, 158). An der Vorderwand springt die Commissura anterior als querer Riegel gegen den Hohlraum vor, neben ihr, in der Seitenwand, die beiden Fornixsäulen (Abb. S. 77, 179). Am Dach ragen die beiden niedrigen Leisten der Plexus chorioidei gegen den Hohlraum hinein, der sich nach rückwärts in den Recessus suprapinealis fortsetzt.

Nach rück- und abwärts geht die 3. Hirnkammer in den Hohlraum des Mittelhirns, den Aquaeductus Sylvii über. Die Verbindungen mit den beiden Endhirnkammern, die oft sehr engen Foramina interventricularia (Monroi), finden sich nahe dem vorderen Ende des Zwischenhirndaches, rückwärts von den Columnae fornicis (Abb. S. 77, 158, 179).

Vorderhirn Das Zwischenhirn setzt sich nach vorn seitlich in das paarige Endhirn fort, dessen elementare Urhirnanteile am menschlichen Gehirn durch die gewaltige Entfaltung des Hirnmantels zum Großhirn dem Blick zunächst ganz entzogen sind (Abb. S. 68). Diese Urhirnanteile sind Basalganglion und Riechhirn. Über das Riechhirn wird später in seinem ganzen Zusammenhang gehandelt werden (S. 190). Hier sei nur das Basalganglion kurz geschildert.

Wie am Gehirn des niederen Wirbeltieres ist auch am menschlichen Gehirn das Basalganglion nur vom Endhirnhohlräum, vom Ventriculus lateralis her sichtbar. Was hier lateral vom Thalamus, durch den Sulcus terminalis von ihm getrennt, als längliche Vorbuchtung erscheint, ist der geringste Teil dieser gewaltigen Masse grauer Substanz. Die Hauptmasse ist nur auf Schnitten erkennbar. Es zeigt sich dabei, daß das Basalganglion durch eine breite Lage von Markfasern, also von weißer Substanz (Capsula interna), im groben in zwei Teile zerlegt wird, die man Nucleus caudatus und Nucleus lentiformis genannt hat (Abb. S. 181, 92). Die Aufteilung ist im vorderen Abschnitt, aber auch am caudalen Ende des Basalganglions nur unvollkommen (Abb. S. 181). Wegen des streifigen Aussehens, das die durchziehenden Fasermassen weißer Substanz dem Basalganglion geben, hat man es auch als Streifenhügel, Corpus striatum, bezeichnet (Abb. S. 92, 180).

Basalganglion
Abb. S. 119,
170, 181, 92,
94, 179, 180,
159

Die vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche, die histologische und die funktionelle Untersuchung lehren, daß das Basalganglion aus mehreren Teilen verschiedener Wertigkeit zusammengesetzt ist. Die trennenden Fasern weißer Substanz zerlegen nur den einen Teil, das Striatum im engeren Sinne, in 2 Abschnitte, in den Nucleus caudatus und in den äußeren Teil, die Schale, Putamen, des Linsenkerns (Abb. S. 92). Der Linsenkern ist also nur im groben eine Einheit, in Wirklichkeit enthält er zwei verschiedenwertige Anteile, das Putamen und den Globus pallidus. Nur der Globus pallidus, zusammen mit anderen Teilen der grauen Substanz, ist der Urhirnanteil des Basalganglions. Putamen und Nucleus caudatus gehören dem Neuhirn zu. Bis zu einem gewissen Grade kommt dies in der Form dieser Kerne zum Ausdruck. Der dem Urhirn angehörige Globus pallidus hat die Gestalt eines Keiles, dessen Basis lateral, dessen Schneide medial liegt (Abb. S. 92). Der Basis liegt das Putamen außen auf. Es setzt sich nach vorn teils kontinuierlich, teils von weißen Fasermassen unterbrochen, in den Nucleus caudatus fort (Abb. S. 181, 180), der die typische Bogenform der Anteile der medialen Großhirnwindung aufweist wie Hippocampus, Fornix, Plexus chorioideus des Großhirnventrikels. Man bezeichnet den vorderen mächtigen Abschnitt als Caput, den schwächlichen gebogenen als Cauda nuclei caudati. In seiner ganzen Erstreckung nimmt der Nucleus caudatus an der Begrenzung des Großhirnventrikels teil.

b) Feinerer Bau des Hirnstammes.

Das einigermaßen einförmige Bild, welches der Querschnitt des Rückenmarks in allen Höhen mit Rücksicht auf die Anordnung von grauer und weißer Substanz zeigt, ändert sich im Hirnstamm von Grund aus und wechselt von Querschnitt zu Querschnitt. An die Stelle der Einförmigkeit tritt große Mannigfaltigkeit. Die graue Substanz erscheint nicht mehr in der geschlossenen Form der central gelegenen H-Figur, sondern ist über den ganzen Querschnitt verstreut in Ganglienzellgruppen verschiedenster Form. Die weiße Substanz umgibt nicht als einheitlicher Mantel längsverlaufender Fasern die graue Substanz — nur wenige geschlossene Längsbündel sind noch gegeben, quer und schräg getroffene Fasern kennzeichnen das Bild.

Ein kurzes Übergangsgebiet zwischen dem Austritt des ersten Cervicalnerven und des Nervus hypoglossus, beherrscht von der Kreuzung der Pyramidenbahnen, vermittelt die Gegensätze in den Querschnittsbildern. Hier sind noch die kranialen Enden der Vordersäulen zu erkennen, die Substantia gelatinosa Rolandi mit der Zona terminalis, der GOLLsche und BURDACHsche Strang (Abb. S. 80). In Höhe der caudalsten Hypoglossuswurzeln ist die Umordnung von grauer und weißer Substanz schon im wesentlichen erfolgt.

Bei aller Vielgestaltigkeit der grauen und weißen Substanz, bei aller durch sie bedingten Formenfülle der Querschnittsbilder lassen sich doch einige Gesetzmäßigkeiten der Lagerung im ganzen Hirnstamm erkennen: die zum Neuhirn auf- und von ihm absteigenden Fasersysteme liegen vorwiegend basal, die Urhirnanteile dorsal; die Schaltzellen, soweit sie zum Eigenapparat gehören und der Übermittlung der Reize von den afferenten auf die efferenten Nerven dienen, also im Dienste der Motilität stehen (z. B. Nucleus reticularis), liegen in mittleren Teilen des Querschnittes; soweit sie der Fortleitung zum Großhirn dienen, unmittelbar an den centralen Abschnitten der eintretenden sensiblen Nerven

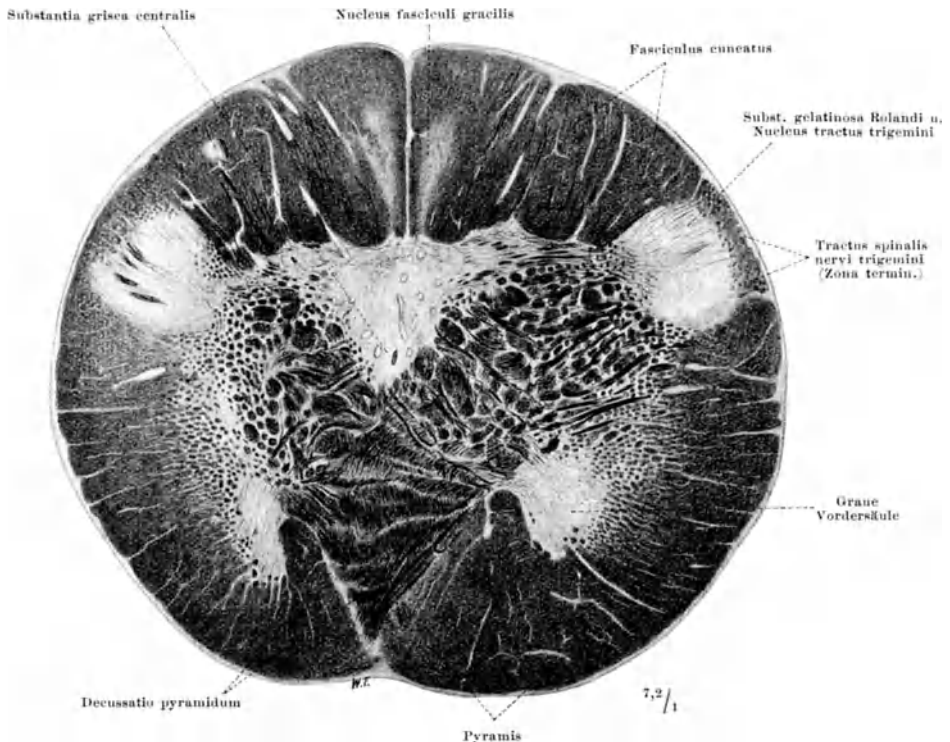


Abb. 63. Querschnitt durch die Medulla oblongata in Höhe der Pyramidenkreuzung. WEIGERTS Markscheidenfärbung. Präparat des Anat. Inst. Würzburg. — Br.

(z. B. Nucleus tractus spinalis nervi trigemini). Der Ventrikelraum ist allenthalben wie der Centralkanal des Rückenmarks von Ependym ausgekleidet und von einer dünnen Lage gelatinöser Substanz umgeben (Substantia grisea centralis), die zusammen das „centrale Höhlengrau“ bilden.

Es ist unmöglich, hier alle Querschnittsbilder durch den Hirnstamm zu betrachten. An Hand der Abbildungen S. 80—87 seien die genannten Gesetzmäßigkeiten dargestellt und eine Übersicht über den feineren Bau des Hirnstammes gegeben. Auf die Zusammenhänge der Zellgruppen und Faserzüge und auf manche Einzelheit wird später näher einzugehen sein.

Abb. S. 80 gibt das Bild des Übergangsgebietes zwischen Rückenmark und Gehirn wieder. Noch ist der einheitliche Mantel weißer Substanz, in der Abbildung der Markscheidenfärbung wegen dunkel, ganz erhalten. Substantia gelatinosa centralis mit Centralkanal und die Vordersäulen sind noch kenntlich, die Einheitlichkeit der grauen Substanz aber ist unterbrochen durch die

Pyramidenbahnen, welche hier aus der basalen Lage, die sie im Hirnstamm einnehmen, nach dorsal zur anderen Seite in den Seitenstrang hinüberkreuzen (*Decussatio pyramidum*). — Die *Substantia gelatinosa Rolandi* ist mächtig entwickelt, von der Oberfläche durch die *Zona terminalis* getrennt, welche nicht mehr Fasern von Rückenmarksnerven, sondern absteigende Fasern des *Nervus trigeminus* enthält. Daher werden hier und in weiter kranial gelegenen Querschnitten die *Zona terminalis* und die Zellen der *Zona spongiosa* und die *Substantia gelatinosa* als *Tractus spinalis* und *Nucleus tractus spinalis*

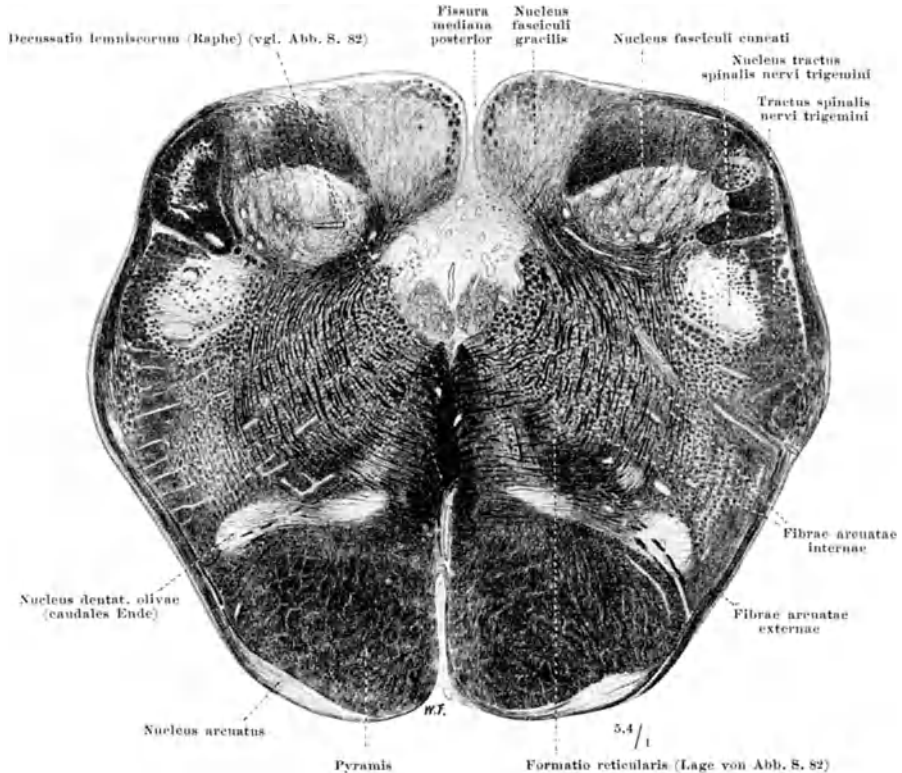


Abb. 64. Querschnitt durch die Medulla oblongata unmittelbar caudal von den Oliven. WEIGERTS Markscheidenfärbung. Präparat des Anat. Inst. Würzburg. — Br.

trigemini bezeichnet (vgl. Abb. S. 81 f.). — Der Mantel weißer Substanz enthält in Vorder- und Seitenstrang noch die gleichen Fasersysteme wie im Rückenmark, ebenso im Hinterstrang. Doch ist im Bereiche der GOLLschen Stränge schon die graue Substanz getroffen, welche, von den Zellen der zweiten Neuren der Hinterstrangsbahnen gebildet, als Hinterstrangskerne bezeichnet werden.

Diese sehr ausgedehnten Zellmassen, GOLLscher und BURDACHScher Kern, *Nucleus fasciculi gracilis et cuneati*, sind auf Abb. S. 81 beide zu erkennen. Der BURDACHSche Strang ist noch als mächtige Fasermasse dorsal und lateral vom BURDACHSchen Kern erhalten, der GOLLsche Strang ist bis auf einen schmalen Saum um den GOLLschen Kern erschöpft: fast alle seine Fasern haben im Gebiet zwischen den Querschnitten 80 und 81 an Zellen des GOLLschen Kernes geendigt. Statt ihrer sind neue Fasern aufgetreten, die bogenförmig die *Substantia gelatinosa centralis* umziehen als *Fibræ arcuatae*

(interna) nach basal verlaufen und die Mittellinie überkreuzen, durch ihre Überkreuzung die mediane Raphe bildend. Es sind die Neuriten der Ganglienzellen des GOLLschen und BURDACHschen Kernes, der zweiten Neuren der

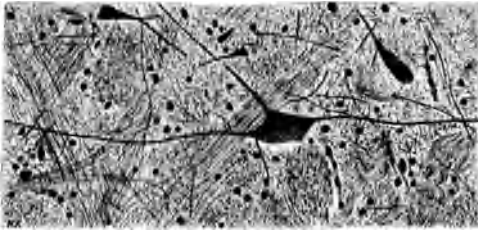


Abb. 65. Zell- und Faserbild der Formatio reticularis (betr. der Lage s. Abb. S. 81). SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode. Präparat von Prof. STÖHR jr. — Br. $\frac{150}{1}$

Hinterstrangbahnen, die in ihrer Gesamtheit als Tractus bulbo-thalamicus oder als Schleifenbahn (Lemniscus medialis) bezeichnet nach Überkreuzung der Mittellinie zum Thalamus im Zwischenhirn ziehen. Daher wird diese Überkreuzung in der Raphe auch Schleifenkreuzung, Decussatio lemniscorum genannt (Abb. S. 82). Die bogenförmigen

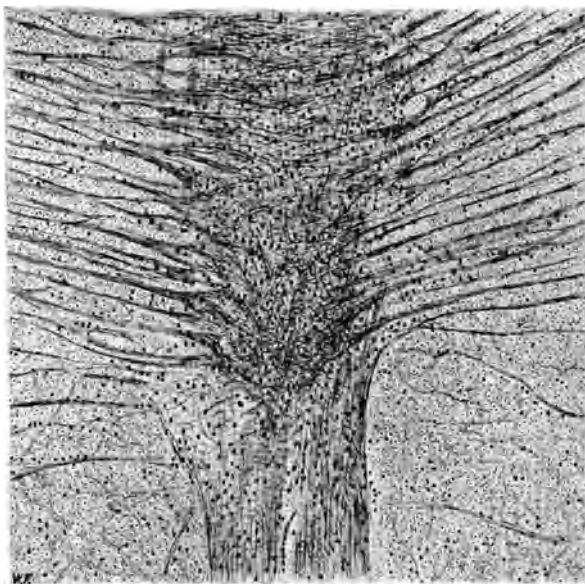


Abb. 66. Decussatio lemniscorum. Wie Abb. 65. — Br. $\frac{64}{1}$

Anteile verlaufen zwischen locker geordneten Längszügen, so daß sich in diesem Gebiet Quer- und Längsbündel netzartig durchflechten. Man nennt deshalb dieses sich bis ins Mittelhirn erstreckende Gebiet „Formatio reticularis“. In ihrer ganzen Ausdehnung finden sich große multipolare Ganglienzellen einzeln eingestreut (Abb. S. 82). Sie entsprechen den Strangzellen des Rückenmarks und bilden insgesamt den Nucleus reticularis, ihre Neuriten den Tractus reticulospinalis. — Nicht alle Neuriten des GOLLschen und BURDACHschen Kernes gehen in den Tractus bulbo-thalamicus über: ein Teil zieht zum Kleinhirn. Diese Fasern (Tractus bulbo-cerebellaris) laufen längs der Oberfläche als Fibrae arcuatae externae und schließen sich der schon im Rückenmark oberflächlich gelagerten FLECHSIGschen Kleinhirn-Seitenstrangbahn an. Vom GOLLschen und BURDACHschen Kern aus ziehen solche Fasern als Fibrae arcuatae externae posteriores unmittelbar zur seitlichen Oberfläche der gleichen Seite,

andere zunächst als Fibrae arcuatae interna nach basal, dann über die Mittellinie hinweg und längs der Oberfläche als Fibrae arcuatae externae anteriores zur Gegenseite (vgl. Abb. S. 70 u. 81). Durch die Fibrae arcuatae externae ist die Zona terminalis (bzw. Tractus spinalis trigemini) und die Substantia gelatinosa Rolandi von der Oberfläche abgetrennt. Trotzdem scheint bei der Betrachtung des frischen Präparates von außen auch hier noch beim Neugeborenen die Substantia gelatinosa wegen der Markarmut der sie überlagernden Fasern mit bräunlicher Farbe durch (Tuberculum cinereum Rolandi, vgl. S. 70). Der Tractus spinalis trigemini ist faserreicher als auf dem vorigen Querschnitt und wird um so

faserreicher gefunden, je näher dem Eintritt des Nervus trigeminus ins Gehirn der Schnitt gelegt wird. Denn vom Eintritt an finden mehr und mehr Fasern ihr Ende an den Zellen des Nucleus tractus spinalis trigemini, so daß gegen das Rückenmark hin ihre Zahl ständig abnimmt. Doch enthält die Zona terminalis mindestens der beiden ersten Halssegmente immer noch Trigeminafasern. Die Neuriten der Zellen des Trigeminskerns verhalten sich wie die Zellen der Hinterstrangkern: als *Fibrae arcuatae internae* ziehen sie basalwärts und treten in die Schleifenbahn, den *Tractus bulbo-thalamicus*, der Gegenseite ein. Die lateralsten Bogenfasern auf Abb. S. 81 sind solche zweite Neuren der Trigeminabahn, Teile der „Trigeminusschleife“.

Den basalen Teil des Querschnittes beherrschen die mächtigen Pyramidenbahnen, mit den ihnen dorsal zur Seite der Mittellinie angelagerten Schleifenbahnen dem Großhirn-Leitungsbogen zugehörig, dessen Anteile also in dieser Querschnittshöhe schon basal gelagert sind. Am basalen Umfang der Pyramiden liegt jederseits der *Nucleus arcuatus* s. *arciformis* (auch in Abb. S. 84 noch getroffen), in welchem *Fibrae arcuatae internae* von der Gegenseite kommend endigen, während die Neuriten seiner Zellen als *Fibrae arcuatae externae* dorsalwärts zum Gebiet der Kleinhirnseitenstrangbahn ziehen und mit dieser ins Kleinhirn eintreten. — Dorsal von den Pyramiden sind graue Massen in Bandform aufgetreten, welche auf dem nächsten Bilde in ganzer Entfaltung zu erkennen sind: sie gehören zum System des Olivenkernes, *Nucleus olivaris*.

Die Abb. S. 84 zeigt den charakteristischsten Schnitt durch die *Medulla oblongata*. Die Verfolgung seines äußeren Umrisses lehrt, daß er durch die drei mächtigen Wülste an der Außenfläche (Abb. S. 181, 66) Pyramide, Olive, *Corpus restiforme*, und dorsal durch die Rautengrube geht. Die auffallendste Bildung ist das gewundene Band des Olivenkernes, der *Nucleus dentatus olivae* (*Nucleus olivaris inferior*), das dem Schnitt durch den gefalteten Beutel der Olive (Abb. S. 98) entspricht. Seinem Hilus vorgelagert ist die mediale Nebenolive, dorsal die dorsale Nebenolive (*Nucleus olivaris medialis et dorsalis*). Die Olivenkerne gehören zu Kleinhirnbahnen, und zwar steht der *Nucleus dentatus olivae* mit dem Neukleinhirn, die Nebenoliven mit dem Urkleinhirn in Beziehung. An den Zellen des *Nucleus dentatus* endigt die centrale Haubenbahn, die ihn von kranial und von lateral wie ein Vließ umgibt (Abb. S. 84 links, vgl. auch Abb. S. 69). Die Neuriten der Zellen des *Nucleus dentatus* (*Tractus olivo-cerebellaris*) füllen den Hohlraum des gefalteten Beutels, treten durch den Hilus aus, überschreiten in der Raphe die Mittellinie, durchsetzen Olive und Nebenolive der Gegenseite und ziehen als laterale *Fibrae arcuatae* gegen das *Corpus restiforme* hin. — Das Gebiet zwischen den Oliven und noch weiter dorsalwärts, beiderseits der Mittellinie, wird von den quergetroffenen Schleifenbahnen, *Tractus bulbo-thalamicus*, besetzt, dem noch immer zweite Neuren von Rückenmarks- und Hirnnerven als *Fibrae arcuatae internae* zuströmen. Auf dem vorliegenden Schnitt ist das Schleifenfeld seitlich begrenzt durch die Wurzelfäden des Nervus hypoglossus, welche vom *Nucleus hypoglossi* am Boden der vierten Hirnkammer basalwärts ziehen und zwischen Olive und Pyramide austreten. Lateral vom Schleifenfeld liegt die aus grauer und weißer Substanz gemischte *Formatio reticularis*, an seiner dorsalen Kante das hintere Längsbündel, *Fasciculus longitudinalis medialis*, wie die *Formatio reticularis* dem Elementarapparat des Hinterhirns zugehörig. Den dorsolateralen Teil des Schnittes nimmt größtenteils das *Corpus restiforme* ein, gebildet von den zum Kleinhirn ziehenden Fasern: dorsale FLECHSIGSche Kleinhirnseitenstrangbahn, Oliven-Kleinhirnbahn, *Fibrae arcuatae externae anteriores et posteriores* (aus den Hinterstrangkernen und den *Nuclei arcuati*). An das *Corpus restiforme* schließen sich basalwärts am äußeren

Umfang des Schnittes, zusammengedrängt in den Winkel zwischen Corpus restiforme und Olive, die ab- und aufsteigenden Schenkel von Urhirnleitungsbögen an: Tractus rubrospinalis, tectospinalis, spinocerebellaris ventralis (GOWERS) und andere. Zusammen mit dem Corpus restiforme auf der lateralen und dorsalen, mit der Formatio reticularis auf der medialen und basalen Seite umlagern sie das Gebiet, welches von Anteilen der Hirn- und Rückenmarksnerven besetzt wird. Ganz dorsal ist neben dem Corpus restiforme noch der frontalste Abschnitt des BURDACHSchen Kernes, des Nucleus fasciculi cuneati, getroffen, welcher im ganzen etwas nach frontal gegen den GOLLSchen Kern verschoben ist (auf dem Schnitt S. 80 ist dieser bereits angeschnitten, der BURDACHSche noch

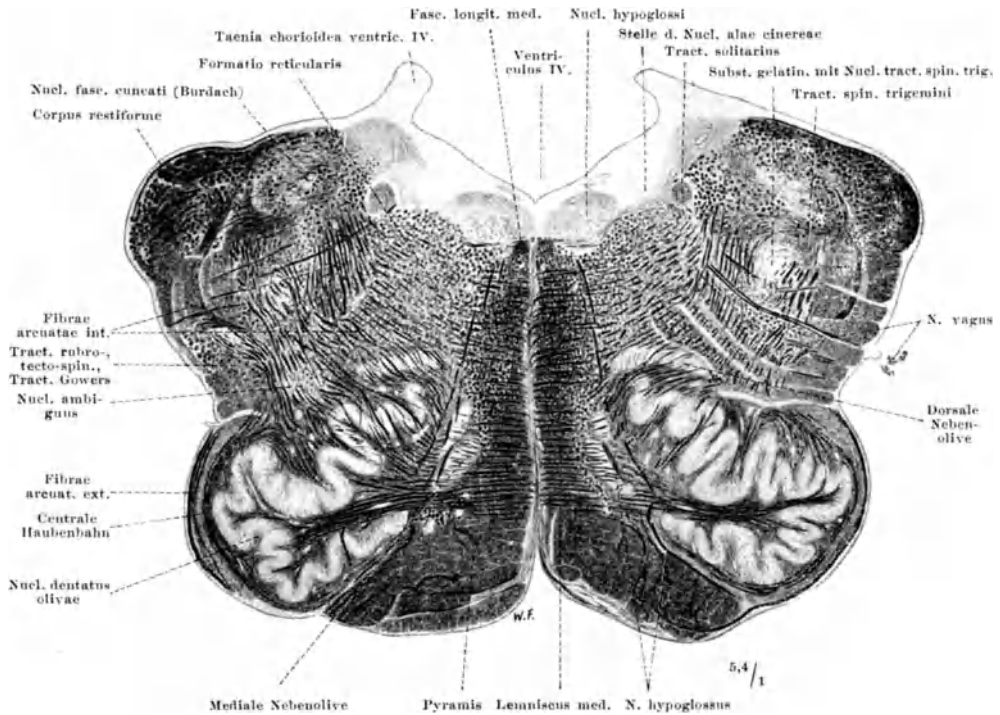


Abb. 67. Querschnitt durch die Medulla oblongata in Höhe der Oliven. WEIGERTS Markscheidenfärbung. Präparat des Anat. Inst. Rostock.

nicht). Basalwärts vom BURDACHSchen Kern ist der Tractus spinalis trigemini und die Substantia gelatinosa mit dem Nucleus tractus spinalis trigemini getroffen. Sie werden zum Teil durchsetzt von Wurzelfasern des Nervus vagus, welche teils dem musculomotorischen Vagus Kern (Nucleus ambiguus, links in der Abbildung bezeichnet), teils dem visceromotorischen Kern (Nucleus alae cinereae, rechts bezeichnet) entspringen, teils in den Tractus solitarius eintreten, ein von einem schmalen Mantel grauer Substanz (Nucleus tractus solitarii) rings umschlossenes und dadurch von der Umgebung auffällig isoliertes Bündel, das von den caudalwärts umbiegenden afferenten Fasern des Nervus facialis, glossopharyngeus und vagus gebildet wird (vgl. Abb. S. 84, 98). — Am Boden der Rautengrube liegt graue Substanz. Sie besteht aus Ependym und Gliabelag des Ventrikelraumes (Substantia gelatinosa centralis, Höhlengrau) und aus Ganglienzellgruppen, welche zum Teil den Hirnnerven zugehören (Nucleus hypoglossi, Nucleus alae cinereae). Ein ähnliches, aber in den Einzelheiten

nicht ausgeführtes Bild zeigt der etwas weiter frontal gelegte Schnitt durch die Medulla oblongata in Abb. S. 125. Hier ist am dorsolateralen Umfang des Corpus restiforme der Kern des Hörnerven, Nucleus cochlearis, getroffen.

Für die folgenden Schnitte (Abb. S. 85, 86 u. 87) ist charakteristisch der mächtige Anteil von Fasern und Zellen, welche dem Neuhirn zugehören. Diese Neuhirnanteile (außer den Pyramiden die Brücke und die Hirnschenkel) sind den Urhirnanteilen basal aufgelagert, bilden also den basalen Teil des Schnittes.

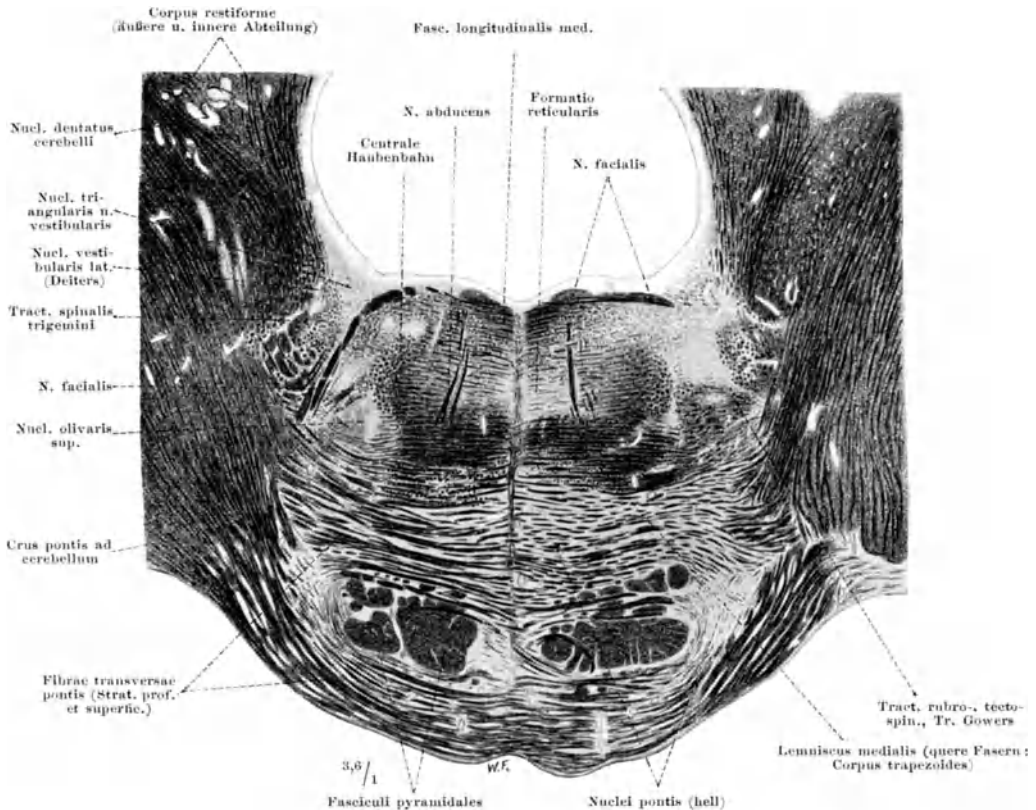


Abb. 68. Querschnitt durch die Brückengegend des Hinterhirns, nahe dem hinteren Brückenrande. Markscheidenbild. Präparat des Anat. Inst. Rostock.

In ihrem Gefüge sind Urhirn- und Neuhirnanteil sehr verschieden voneinander (am deutlichsten in Abb. S. 86). Sie werden als Haube, Tegmentum, und Fuß, Pes, benannt, wobei die Haubenregion ziemlich genau dem Urhirnanteil, die Fußregion dem Neuhirnanteil entspricht. Nach der Lage der Fasersysteme und Ganglienzellgruppen in Haube und Fuß spricht man danach von Haubenbahnen und Haubenkernen, auch von Fußbahnen.

Der Schnitt der Abb. S. 85 geht durch den caudalen Abschnitt der Brücke (Pons). Zur Orientierung über das Gesamtbild kann Abb. 82, S. 125 dienen, welche einen etwas weiter frontal liegenden Schnitt darstellt. Der basale Teil des Bildes wird von der Brückenformation beherrscht: den queren, die Mittellinie überkreuzenden Fasern, Fibræ transversae pontis, welche dorsal und basal von den Pyramidenbündeln als Stratum profundum und Stratum superficiale zum Crus pontis ad cerebellum vereinigt kleinhirnwärts ziehen. Nahe der Mittellinie finden sich auch wenige annähernd senkrecht aufsteigende und daher

Brücke
Abb. S. 85,
86, 90, 125,
171
Tab. S. 108

längs getroffene Fasern, *Fibrae perpendiculares pontis*, hauptsächlich Pyramidenfasern, welche aus den Pyramidenbündeln abbiegend zu den dorsal gelegenen Hirnnervenkernen ziehen. Zwischen den Brückenfasern liegen allenthalben verstreut kleine Massen grauer Substanz, das Brückengrau, *Nuclei pontis*. Dorsal von der Brücke, in der Brückenhaube, finden sich großenteils die gleichen Gebilde wie im vorigen Schnitt: Schleifenbahn, *Formatio reticularis*, *Fasciculus longitudinalis medialis* nahe der medianen Raphe; seitlich die Urhirnbahnen (*Tractus rubrospinalis* und andere). In der Mitte der

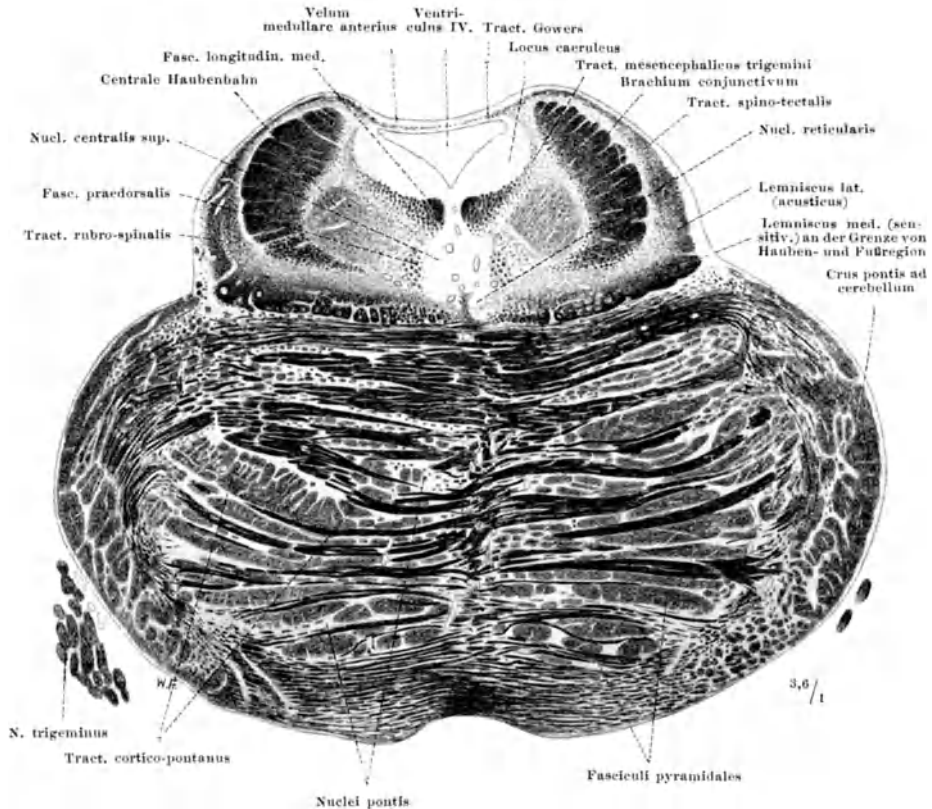


Abb. 69. Querschnitt durch die Brückengegend des Hinterhirns, Cranial vom Trigemineintritt. Markscheidenbild. Präparat des Anat. Inst. Rostock.

Haubenregion ist jederseits die centrale Haubenbahn getroffen (*Tractus thalamo- et mesencephalo-olivaris*), welche im vorigen Schnitte (Abb. S. 84) an ihrer Endigungsstelle, dem Olivenkern, erkennbar war. — Das Bild der Hirnnervenanteile hat sich ganz geändert, nur der *Tractus spinalis trigemini* ist auch hier getroffen. Da der Schnitt nahe dem caudalen Rande der Brücke geführt ist, trifft er die Fasern des *Nervus abducens* und des *Nervus facialis*. Vom *Facialis* (vgl. dazu Abb. S. 98) sind drei Abschnitte kenntlich: der frontalwärts und der lateralwärts gerichtete Schenkel des „Knies“, hier quer bzw. längs getroffen (besonders rechts im Bilde), außerdem, wenigstens auf der linken Seite, die an das Knie anschließende Verlaufsstrecke, welche zugleich mit dem Stamm des *Nervus facialis* auch in Abb. Nr. 82, S. 125 zu erkennen ist. — Außerdem sind Anteile des *Nervus vestibularis* und *cochlearis* durchschnitten: *Nucleus vestibularis*

triangularis und lateralis (DEITERS), und der Nucleus olivaris superior mit den das Schleifenfeld durchquerenden Fasern des Corpus trapezoides, beides Anteile der centralen Hörbahn.

Der folgende Schnitt (Abb. S. 86), in der Höhe unmittelbar vor dem Eintritt des Trigenimus, dessen Wurzelbündel noch teilweise getroffen sind, zeigt sehr deutlich das Bild von Fuß- und Haubenregion. Die Fußregion wird gebildet von der Brückenformation mit den Fibrae transversae, den Nuclei pontis und den quer getroffenen Bündeln der Großhirnbrückenbahn (Tractus cortico-pontanus). Sie verlaufen gleichgerichtet den Bündeln der Großhirn-

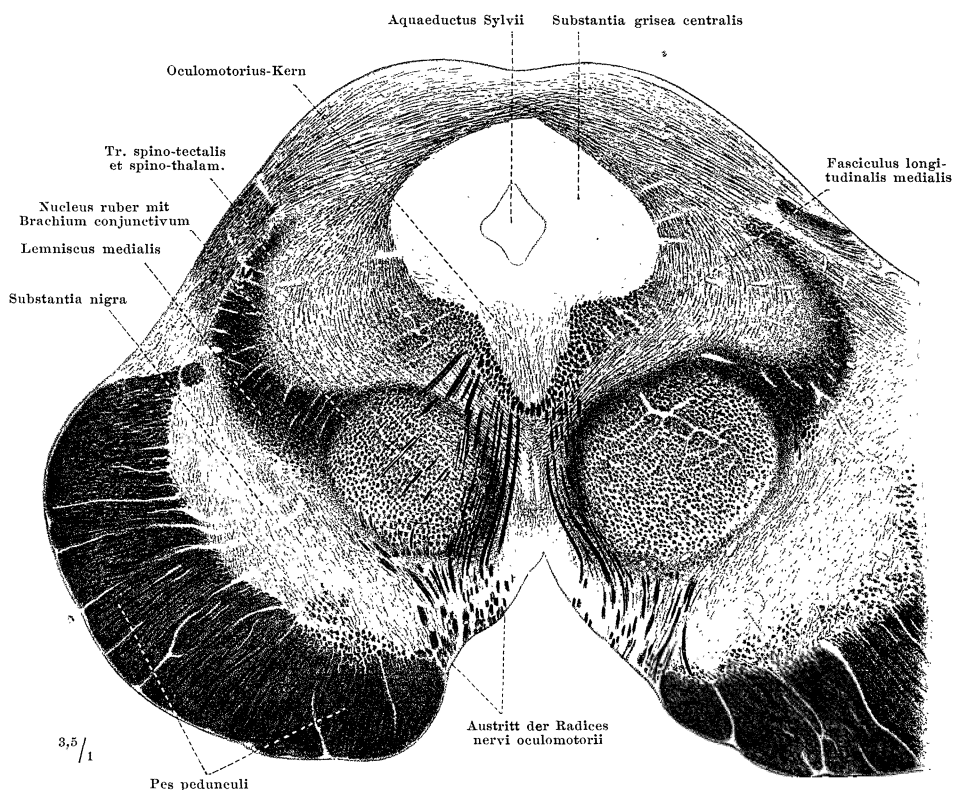


Abb. 70. Querschnitt durch das Mittelhirn in Höhe der vorderen Vierhügel. Markscheidenfärbung. Präparat des Anat. Inst. Würzburg. — Br.

rückenmarksbahn (Pyramidenbahn). Die Fasern der Großhirnbrückenbahn endigen an den Zellen der Nuclei pontis, deren Neuriten als Fibrae transversae pontis und weiter als Crus pontis ad cerebellum zur Kleinhirnhemisphäre der Gegenseite ziehen. — In der Haubenregion liegt am meisten basal wie im vorigen Schnitt die mediale Schleife, die zweiten Neuren der afferenten Rückenmarks- und Hirnnerven, central die centrale Haubenbahn. Lateral von dieser ist die große Masse der vom Kleinhirn zum Mittelhirn ziehenden Fasern getroffen, das Crus cerebelli ad mesencephalon s. Brachium conjunctivum. Nach außen davon verlaufen: Lemniscus lateralis, die Hörschleife, dritte Neuren der Hörbahn aus Nucleus olivaris superior und Corpus trapezoides (Abb. S. 85) zum unteren Vierhügel; Tractus spino-spinotectalis (mesencephalicus), Fasern für protopathische Sensibilität zum oberen Vierhügel; Tractus spino-cerebellaris

ventralis, das GOWERSSche Bündel, welches durch das Velum medullare anterius, das hier das Dach der vierten Hirnkammer bildet, zum Kleinhirnwurm zurückläuft. — Die graue Substanz in der Umgebung des vierten Ventrikels enthält in ihren lateralen Teilen dunkel pigmentierte Ganglienzellen, welche bei der Betrachtung vom Ventrikel her bläulich durchscheinen: Locus caeruleus. Die Zellen stehen in Beziehung zu dem nachbarlichen Tractus mesencephalicus trigemini. Basal vom Ventrikelgrau zieht das hintere Längsbündel, noch weiter basal der Fasciculus praedorsalis, welcher den Tractus tectospinalis, Tractus rubro-spinalis und Teile des Tractus reticulo-spinalis enthält (S. 106, Tab. S. 108). Er liegt grauer Substanz von lateral her an, welche Anteile des Nucleus reticularis (Nucleus motorius tegmenti, S. 101) enthält, von denen einer als Nucleus centralis superior bezeichnet wird, superior im Gegensatz zu einer in Höhe der Oliven gelegenen ähnlichen Zellgruppe, dem Nucleus centralis inferior. Einzelne Zellen, dem Nucleus reticularis zuzuzählen, finden sich sonst noch verstreut in der Haube, besonders medial vom Gebiet der centralen Haubenbahn, das als Formatio reticularis bezeichnet werden kann.

Mittelhirn
Abb. S. 87,
89, 113, 90,
134, 135
Tab. S. 108,
110, 100

Abb. S. 87 zeigt einen Schnitt durch das Mittelhirn. Die Fußregion wird hier gebildet von den Hirnschenkeln, welche die Großhirnbrücken- und Großhirnrückenmarksbahnen enthalten. Die Verteilung dieser Systeme ist derart, daß sich von lateral nach medial in Sektoren folgen: 1. temporale, 2. parietale Großhirnbrückenbahn, 3. Pyramidenbahn, 4. frontale Brückenbahn. Die Pyramidenbahn macht höchstens ein Viertel des Hirnschenkels aus. — Dorsal schließt sich die bis zum Zwischenhirn ausgedehnte Substantia nigra Sömmerringi an. An ihr lassen sich zwei Zonen unterscheiden: eine dorsale „schwarze Zone“, ausgezeichnet durch dicht stehende, beim Menschen dunkel pigmentierte Ganglienzellen, und eine ventrale „rote Zone“ vom gleichen Farbton wie Nucleus ruber und Globus pallidus, mit vielen markhaltigen Fasern und vereinzelt großen Ganglienzellen. Beide Anteile werden auch als Zona compacta und Zona reticularis benannt. Die Ganglienzellen gehören zum System des Basalganglions. Die zu ihnen führenden Fasern (Tractus pallidopeduncularis) und die von ihnen ausgehenden sind als quergetroffene Bündelchen nahe dem Pedunculus zu erkennen. Die zuführenden Fasern liegen in der Hauptsache dorsal (siehe das runde Bündelchen am dorsalen Rande des Pedunculus links in der Abbildung). In der Haubenregion fällt vor allem der runde Querschnitt durch den Nucleus ruber tegmenti auf, in welchem auf dem vorliegenden Schnitt zahlreiche Markfasern enthalten sind, Fasern des Brachium conjunctivum aus dem Kleinhirn. Seitlich von ihm liegt der Querschnitt durch die Schleifenbahnen (Lemniscus medialis), denen sich dorsal Tractus spino-tectalis und spino-thalamicus anfügen. — Der Ventrikelraum im Mittelhirn, Aquaeductus Sylvii, ist von Höhlengrau umgeben, in dessen basalen Teilen die Kerne des Nervus oculomotorius enthalten sind, dessen Wurzelfäden an der Medialfläche der Pedunculi austreten. Diesen Kernen benachbart liegt mit anderen Fasern des Elementarapparates untermischt, das hintere Längsbündel, das an den Oculomotoriuszellen endigt. Das Gebiet lateral vom hinteren Längsbündel, zwischen ihm und der Schleife, ist Formatio reticularis. Die in ihr enthaltenen Ganglienzellen des Nucleus reticularis sind zum Teil zu einer Gruppe zusammengelagert, dem Ganglion mesencephali laterale (in der Einbuchtung der Schleifenbahnen, rechts im Bilde). Die bogenförmigen Fasern in der Formatio reticularis gehören zu einem Teile dem Tractus tectospinalis an. Sie überkreuzen die Mittellinie in der MEYNERTSchen „fontaineartigen Haubenkreuzung“ (nicht bezeichnet), zusammen mit den Neuriten der Zellen in der Formatio reticularis (Tractus reticulo-spinalis) und verlaufen caudalwärts im Fasciculus praedorsalis (Abb. S. 86). — Dorsal vom

Aquaeductus ist die Vierhügelplatte mit ihren in der Vierhügelcommissur kreuzenden Fasern getroffen.

Unter den vielen Einzelzellen und Zellgruppen des Nucleus reticularis nimmt einen besonderen Rang ein der Nucleus ruber, ein walzenförmiger Körper, der sich von der Höhe des hinteren Randes des Colliculus superior laminae quadrigeminae bis in das Zwischenhirn erstreckt (Abb. S. 98, 90, 94). Er besteht aus mehreren Einzelkernen, von denen der eine, am caudalen Ende gelegene, durch die Größe seiner Zellen ausgezeichnet ist: Nucleus ruber magnocellularis. Bei den niederen Säugern mächtig entwickelt und die Hauptmasse des Nucleus ruber bildend, tritt er beim Menschen fast ganz zurück gegenüber dem Nucleus parvicellularis. Die Neuriten seiner Zellen bilden den Tractus

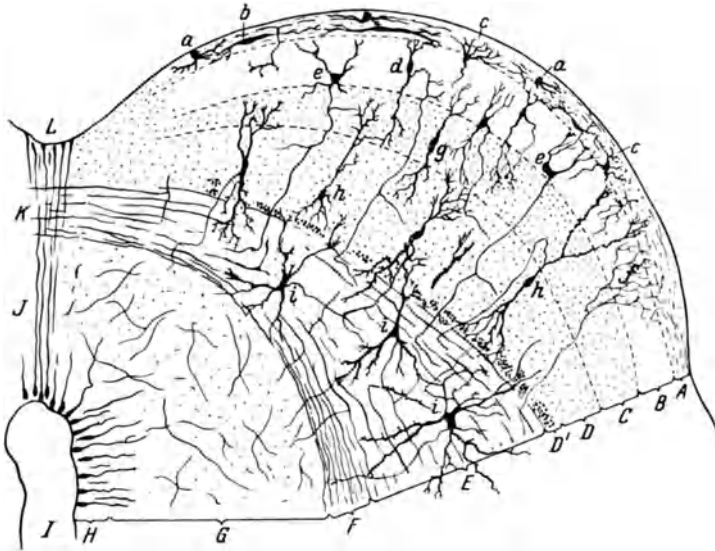


Abb. 71. Zellen des oberen Vierhügels, aus vielen Querschnitten (Golgipräparaten) zusammengestellt. 8 monatlicher menschlicher Fetus. Nach G. STERZI, *Sistema nervoso centrale*. Padua 1914/15, Bd. 2, Abb. 153. — A Stratum zonale; B Stratum cinereum; C Stratum opticum; D Stratum griseum medium; D' Stratum album medium; E Stratum griseum profundum; F Stratum album profundum; G Substantia grisea centralis; H Ependym; J Aquaeductus cerebri; K Commissur der vorderen Vierhügel; L mediane Furche zwischen beiden oberen Vierhügeln; a, b, c Zellen des Stratum zonale; d, e Zellen des Stratum cinereum; f Endigung einer Opticusfaser; g Zelle des Stratum opticum; h Zellen des Stratum griseum medium; i Zellen des Stratum griseum profundum; j Septum, von Ependymfasern gebildet.

rubro-spinalis, er ist der Urhirnanteil des roten Kerns. Der Nucleus parvicellularis ist durch seine Faserbeziehungen als Neuhirnanteil gekennzeichnet. Assoziationszellen verbinden den Neuhirn- mit dem Urhirnanteil. Der Nucleus ruber spielt für den Ablauf aller Bewegungen eine hervorragende Rolle (siehe S. 109).

Die beiden Hügel der Vierhügelplatte unterscheiden sich in ihrem Bau sehr wesentlich. Während der Colliculus inferior s. acusticus die verhältnismäßig einfache Struktur eines „Kernes“ aufweist, also Ganglienzellen in Gruppen enthält, zeigt der Colliculus superior die für die Integrationsorte bezeichnende Schichtenfolge, wie sie ähnlich in der Kleinhirn- und Großhirnrinde gefunden wird. Die Schichten des vorderen Vierhügels sind (Abb. S. 89): 1. Stratum zonale (Stratum album superficiale), 2. Stratum cinereum (Stratum griseum superficiale), 3. Stratum opticum, 4. Stratum griseum medium, 5. Stratum album medium, 6. Stratum griseum profundum, 7. Stratum album profundum („tiefes Mark“). Das Stratum zonale wird von Markfasern gebildet, welche zum

Teil aus den Sehbündeln stammen und unter rechtwinkliger Abbiegung in die zweite Schicht eintreten. An seiner Oberfläche findet sich ein dünner grauer Belag, in welchem drei Arten kleiner Ganglienzellen enthalten sind, deren kurze Neuriten ebenfalls in die zweite Schicht eintreten. Diese zweite Schicht, das Stratum griseum superficiale, enthält ebenfalls drei Arten, und zwar mittelgroße Zellen, deren Neuriten in die tiefe graue Schicht eintreten und sich hier aufsplittern

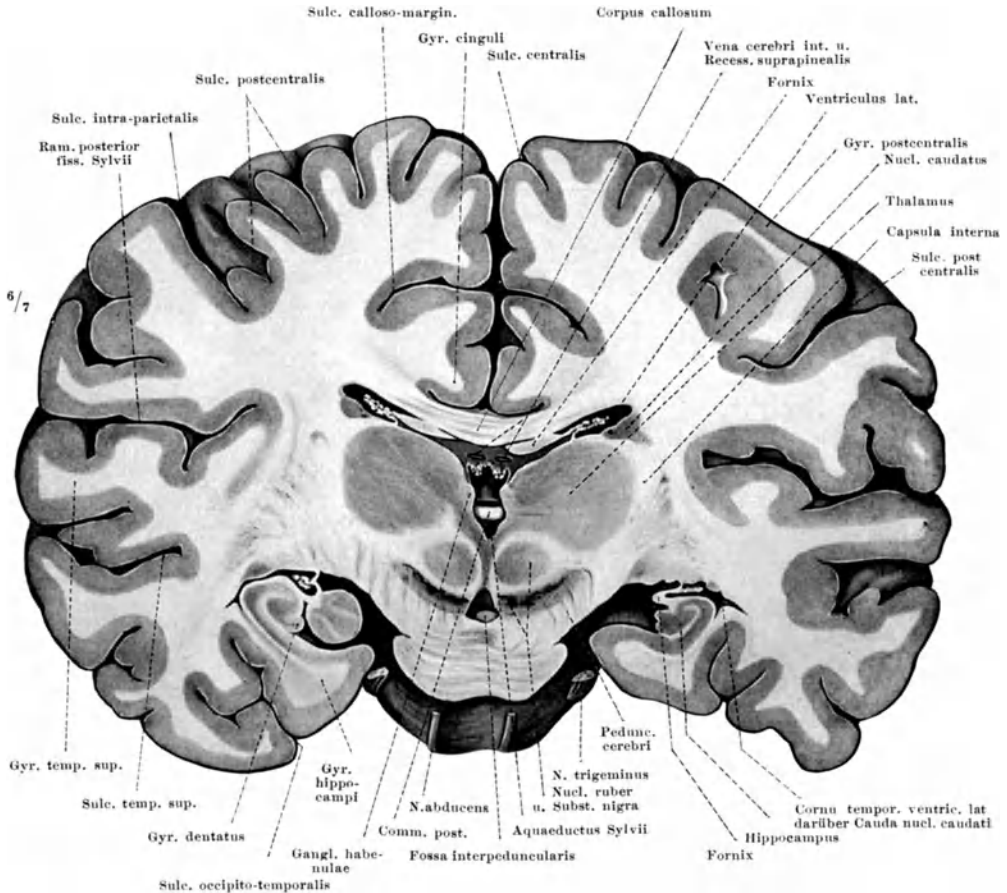


Abb. 72. Frontalschnitt durch das Gehirn in Höhe des vorderen Randes der Brücke. Ansicht von vorn (man sieht in den Recessus suprapinealis und in den Aquaeductus Sylvii hinein, vgl. Abb. S. 77). Gehirn nach JORES behandelt.

(in der Abbildung ist diese Aufsplitterung nicht gezeichnet). An diesen Zellen endigen mit feinen Endbäumchen die Sehfaser aus der ersten und dritten Schicht. — Die dritte Schicht wird von der Mehrzahl der markhaltigen Sehfaser gebildet. — In der vierten Schicht, dem Stratum griseum medium, liegen mittelgroße Ganglienzellen, deren Neurit in die tiefe graue Schicht eintritt, dort aus der radiären in die transversale Richtung umbiegt und sich den gleichgerichteten Fasern dieser Schicht anschließt. Die vierte Schicht enthält außerdem eine große Anzahl Markfasern, welche aus der Großhirnrinde entstammen (Tractus cortico-tectalis) und an den Zellen der tiefen grauen Schicht enden. — Die fünfte, sehr dünne Schicht, wird dargestellt von feinen in der Längsrichtung verlaufenden Faserbündeln: dem Tractus spino-

tectalis und Kollateralen der lateralen Schleife (Hörbahn) und der medialen Schleife (Tractus bulbo-thalamicus). Sie enden vermutlich an den Zellen der vierten Schicht. — Die sechste Schicht, die mächtigste von allen, Stratum griseum profundum, enthält die reich verästelten Zellen, deren Neuriten die absteigenden Bahnen des Colliculus superior bilden. Die Neuriten geben regelmäßig Kollateralen ab, welche zum Teil an den Zellen der vierten Schicht enden. Die Stämme der Neuriten selber verlaufen in transversaler Richtung teils lateralwärts bogenförmig zur Haube, teils medialwärts und unter Überschreitung der Mittellinie (Commissur des vorderen Vierhügels) zur Haube der Gegenseite. Die gleiche Verlaufsrichtung haben die Fasern der siebenten Schicht, welche eine Verdichtung der Markfaserlage der sechsten Schicht darstellen und sich gegen die Substantia grisea centralis scharf absetzt (Abb. S. 87).

In Kürze: die afferenten Fasern, gekennzeichnet durch schrägen bzw. longitudinalen Verlauf, treten in verschiedenen Schichten ein (der 1., 3., 4., 5. Schicht). Sie enden an den Zellen der 1., hauptsächlich aber der 2. und 4. Schicht. Die Neuriten aus 1. und 2. Schicht verbinden sich mit den Zellen der 6. Schicht. Deren Neuriten, wie die der 4. Schicht, bilden die efferenten Fasern, die durch ihren transversalen Verlauf ausgezeichnet sind.

Einen weiter frontal gelegten Schnitt stellt in schematischer Form die Abb. S. 113, unterer Schnitt, dar. Sie trifft basal Hirnschenkel und Substantia nigra, dorsal Epiphyse, Commissura posterior und den caudalen Teil des Thalamus, das Pulvinar thalami. In der Haubenregion sind der Nucleus ruber sowie zwei Anteile des Nucleus reticularis gezeichnet, der Nucleus commissurae posterioris von DARKSCHEWITSCH und der Nucleus interstitialis von CAJAL. Ihre Zugehörigkeit ist aus der Abbildung ersichtlich. — Die weiße Substanz dorsal vom Nucleus ruber, lateral vom Nucleus interstitialis wird als Haubenfeld (FOREL) benannt. Es enthält den Lemniscus medialis sowie auf- und absteigende Fasersysteme der Haube. — Seitlich im Schnitt sind der Tractus opticus und die grauen Massen der Kniehöcker zu erkennen: der Kern des Corpus geniculatum mediale (acusticum) et laterale (opticum), vgl. auch Abb. S. 94.

Abb. S. 113, oberer Schnitt, gibt das Bild eines Schnittes durch das Zwischenhirn mit der dritten Hirnkammer, die einen schmalen, hohen Spalt darstellt. Ihr Dach wird von der dünnen Lamina epithelialis der Tela chorioidea ventriculi III. mit den beiden Reihen des Plexus chorioideus gebildet. Diese dünne Decke geht fast unvermittelt in die mächtige Seitenwand über. Nur ein zarter Saum bildet den Übergang: Taenia chorioidea. Unter ihr liegt ein den Riechbahnen zugehöriges Bündel markhaltiger Fasern, die Stria medullaris thalami, die sich rückwärts in die Habenulae der Epiphyse fortsetzt (S. 76). — In der Seitenwand der dritten Hirnkammer sind graue und weiße Substanz einigermaßen geschieden: innen die graue Substanz, der Thalamus, außen die weiße, die Capsula interna. Diese weiße Substanz des Zwischenhirns ist zum Teil Fortsetzung der Hirnschenkel, deren Bild sie in ihrem basalen Teile im vorliegenden Schnitt auch noch bietet. Dorsal enthält sie vor allem die außerordentlich große Masse der zum und vom Thalamus ziehenden Fasern, die in ihrer Gesamtheit den Stabkranz des Thalamus (S. 170) bilden, doch kommen noch mancherlei andere Fasern hinzu, wie die Abb. S. 113 zeigt. — Die graue Substanz, der Thalamus, ist durch dünne Lamellen markhaltiger Fasern mehr oder weniger in einzelne „Kerne“ unterteilt, die gewöhnlich im groben als Nucleus anterior, medialis und lateralis (Abb. S. 92), besser jedoch als ventrale (basale) und dorsale Kerne unterschieden werden. Die ventralen Kerne liegen unmittelbar über dem FOREL'schen Haubenfeld (Campus Foreli, s. S. 93) und seinen Fortsetzungen, den Feldern H_1 und H_2 ; die dorsalen Kerne schließen sich ohne scharfe Grenze an. Genaue Zell- und Faseruntersuchungen

Zwischen-
hirn
Abb. S. 113,
90, 92, 179,
59
Tab. S. 108,
112

am Thalamus verschiedener Tiere haben zur Unterscheidung einer großen Zahl von Einzelkernen geführt (über 40 beim Affen). Hier seien nur die größeren Kerngruppen erwähnt, zumal über die Zugehörigkeit im einzelnen noch sehr wenig bekannt ist (Abb. S. 113).

An ventralen Kerngruppen unterscheidet man von medial nach lateral ventr. a, ventr. b, ventr. c, kurz mit v a, v b, v c bezeichnet. v b führt auch den älteren Namen Nucleus arcuatus. Diese drei Kerne bilden die caudale

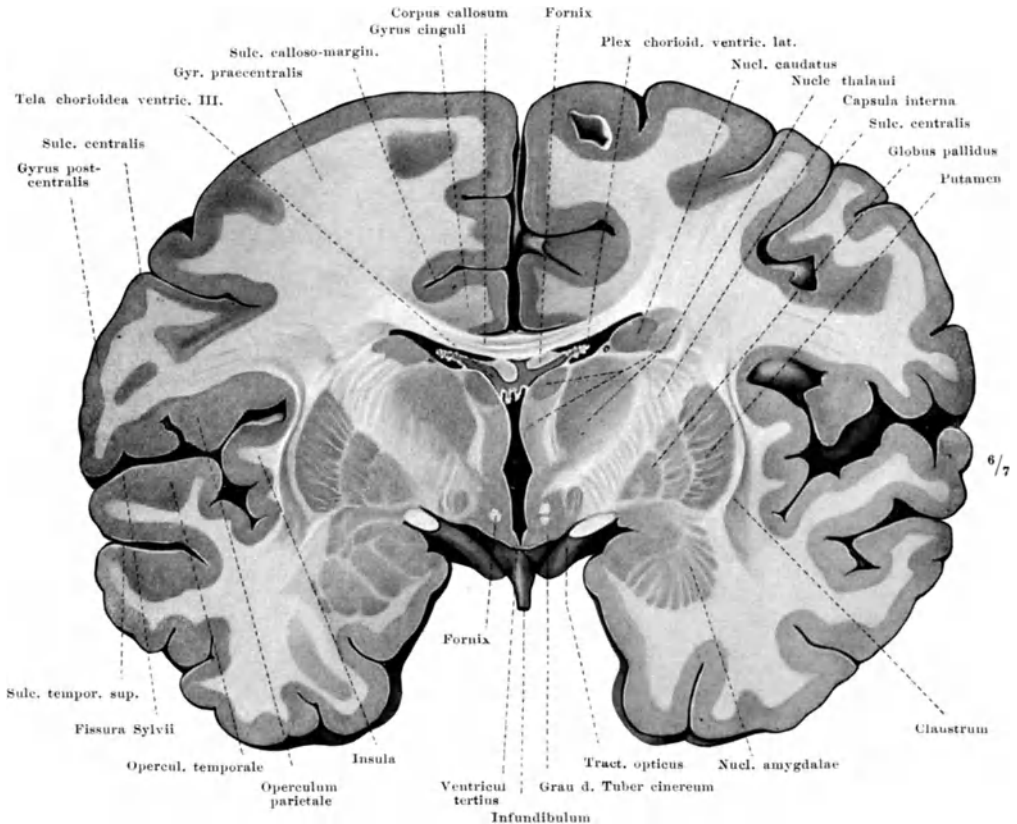


Abb. 73. Frontalschnitt durch das Gehirn hinter dem Infundibulum. Ansicht von hinten. Vom gleichen Gehirn wie Abb. 72.

Gruppe der ventralen Kerne. Als frontale Gruppe schließen sich an, wieder von medial nach lateral v m, v t, gegliedert in v t m und v t l (v m ist als ventraler Teil eines medialen Kernes beschrieben und daher m v [med. vent.] genannt worden. Ich stelle ihn der Übersichtlichkeit halber zu den ventralen Kernen, und zwar als medialsten Teil, deshalb v m statt m v).

Die dorsalen Kerne lassen sich zunächst in einen caudalen und kranialen, dazwischen den mittleren Teil gliedern. Den caudalen Teil bildet der Nucleus posterior, d p (dors. post.), identisch mit dem Pulvinar, den kranialen der Nucleus anterior, d a, der am deutlichsten abgegrenzte Kern (Abb. S. 92), der häufig als Tuberculum anterius thalami gegen den dritten Ventrikel vorspringt. Am mittleren Teil ist ein lateraler und medialer Abschnitt deutlich zu unterscheiden, Nucleus lateralis, d l, und Nucleus medialis, d m, letzterer in den

mehr dorsal gelegenen „medialen Hauptkern“, *d m a*, und das mehr basal gelegene „Centre médian“ von *LUYS*, *d m b*, gegliedert (Abb. S. 113).

Der Thalamus ist an seiner Ventrikelfläche von einer dünnen Schicht Markfasern überzogen, *Stratum zonale*. Die Markfasern im Innern sind zum Teil zu einer zarten Lamelle vereinigt, *Lamina medullaris interna*, welche den Kern *m a* nach lateral begrenzt (Abb. S. 113). Von ihr spaltet sich ein Teil als *Lamina medullaris intermedia ab*, welche den Kern *m b* umgreift. Nach kranial und dorsal setzt sich die *Lamina medialis* bis zum *Nucleus anterior*, *a*, fort, welchen sie gabelförmig mit einem horizontalen und einem vertikalen Schenkel umgibt (Abb. S. 92).

Gegen die *Capsula interna* ist der Thalamus durch die *Lamina medullaris externa* abgegrenzt und durch eine von vielfach überkreuzten Fasern mit eingestreuter grauer Substanz gebildete „Gitterschicht“, *Zona reticularis*.

Im ganzen ist der Thalamus eine mächtige Umschaltstation für zahlreiche auf- und absteigende Leitungsbögen, welche vorwiegend dem Integrationsort Großhirnrinde zugehören (S. 110). Daher geht auch seine Massenentwicklung einher vorwiegend mit der Ausbildung der Großhirnrinde. In seiner mächtigen Entfaltung beim Menschen ist er demnach in der Hauptsache dem Neuhirn zuzurechnen.

Außer dem Thalamus enthält das Zwischenhirn noch basal, unter dem Thalamus gelegene graue Substanz, die unter dem Sammelbegriff des *Hypothalamus* zusammengefaßt wird. In der Abb. S. 113 sind getroffen neben dem *Tractus opticus* über dem *Chiasma opticum* die den vegetativen Funktionen dienenden Anteile, die insgesamt als *Tuber cinereum* (Abb. S. 92) benannt werden; dorsal von dem Hirnschenkelanteil der *Capsula interna* das *Corpus subthalamicum* *Luysi*, das zum *Globus pallidus* des Linsenkerns in Beziehung steht, dem es in seinem histologischen Bau gleicht. Der ungefähr linsenförmige *Luyssche Körper* ist vom Thalamus durch zwei Lamellen weißer Substanz getrennt, welche durch eine schmale Platte grauer Substanz (*Zona incerta*) voneinander geschieden sind. Diese beiden Lamellen weißer Substanz sind Fortsetzungen des *FORELSchen* *Haubenfeldes*, *Campus Foreli*, dessen S. 91 Erwähnung getan, und das in Abb. S. 113 getroffen ist. Die bis dahin vereinigten Fasern dieses Feldes trennen sich im Zwischenhirn in die beiden Lamellen, die als 1. und 2. *Haubenfeld* *FORELS* benannt werden (H_1 und H_2). In der Hauptsache handelt es sich um Fasern, welche den Basalganglien zugehören, wie aus dem Schema der linken Seite des Bildes ersichtlich ist. Dem noch ungeteilten *Haubenfeld* liegt der mediale ventrale Kern des Thalamus (*v m*) an, dessen basaler Teil deshalb als Kern des *FORELSchen* Feldes, *Nucleus campi Foreli* (*n c F*), bezeichnet wird.

Einer kurzen Sonderbetrachtung bedarf die *Hypophysis cerebri*. Das ^{Hypophysis} in seiner Form sehr wechselnde, im allgemeinen walzenförmig gestaltete Organ ^{Abb. S. 66,} liegt in der *Sella turcica* außerhalb der *Dura mater*, die zwischen den *Processus clinoides anteriores* und *posteriores* wie ein Dach über der *Fossa hypophysaeos* ausgespannt und von einer engen runden Öffnung für den Durchtritt des *Hypophysenstieles* durchbohrt ist (Abb. S. 208). Am *Sagittalschnitt* (Abb. S. 77) zeigt sich die *Hypophyse* durch eine individuell sehr verschieden verlaufende Grenzlinie in den *Vorderlappen* und *Hinterlappen* unterteilt. Der *Hinterlappen* ist der kleinere, er wird auch noch seitlich von dem nach rückwärts gebogenen *Vorderlappen* umgriffen. Die beiden Lappen sind genetisch wie histologisch völlig verschieden. Der *Hinterlappen* ist ein *Hirnteil*, eine *Ausstülpung* des *Zwischenhirnbodens* (*Infundibulum*); daher die *Bezeichnung Neurohypophyse*. Sie besteht aus *modifizierter Neuroglia* ohne besondere etwa charakteristische Elemente. Demgegenüber zeigt der *Vorderlappen* den ^{68, 77, 192}

Bau einer inkretorischen Drüse (daher Adenohypophyse): epitheloide Zellen, die ein Gitterwerk bilden, dessen Hohlräume durch die zahlreichen Blutcapillaren

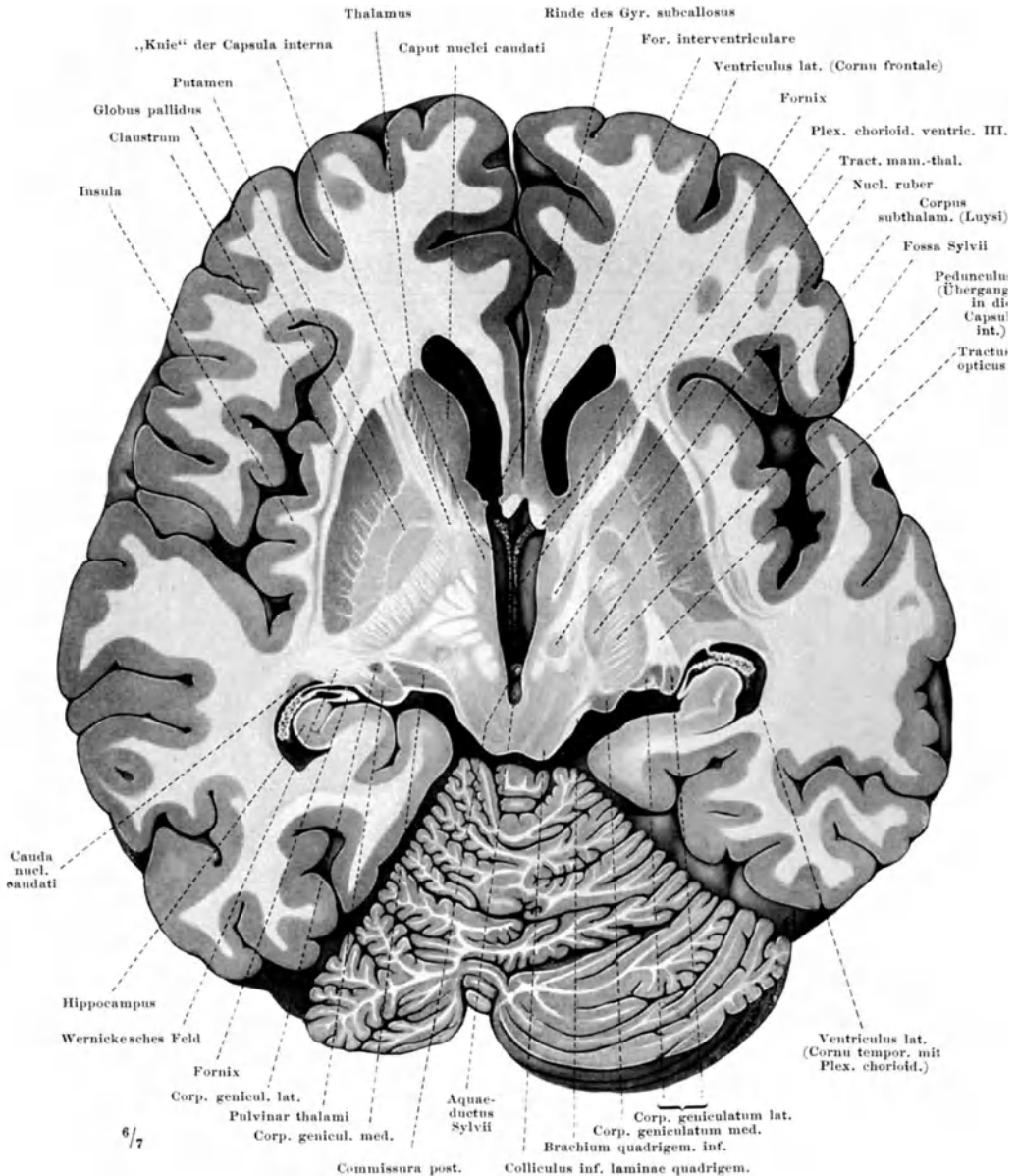


Abb. 74. Horizontalschnitt durch das Gehirn. Das Gehirn ist durch einen Schnitt in eine obere und untere Hälfte geteilt, die obere Hälfte ist von unten gesehen. Gehirn nach JONES behandelt.

ausgefüllt sind. Bei der Färbung mit Hämatoxylin und Eosin färbt sich ein Teil der Zellen mit dem Eosin rot, der andere mit dem Hämatoxylin blaßblau, wonach man sie als acido- und basophile Zellen unterscheidet. An der Grenze gegen den Hinterlappen findet sich im Vorderlappen eine beim Menschen sehr

schmale Zone, welche durch etwas andere Anordnung der epitheloiden Zellen und durch rundliche, von kubischem Epithel ausgekleidete Bläschen (Follikel) ausgezeichnet ist: Pars intermedia, Mittellappen. An der Drüsennatur des Vorder- und Mittellappens kann kein Zweifel sein. Auch dem Hinterlappen wird ein spezifischer Anteil an den mannigfachen Funktionen der Hypophyse zugeschrieben, obwohl der histologische Bau dafür keine Anhaltspunkte gibt. Unter anderen Aufgaben fällt der Hypophyse die Regelung des Körperwachstums zu. Die sinnfälligsten Wirkungen von Störungen dieser Tätigkeit sind der hypophysäre Zwerg- bzw. Riesenwuchs und die Akromegalie, die „Spitzenvergrößerung“ am Körper: unproportionierte Größe von Nase, Kinn, Fingern und Zehen. — Die völlige Verschiedenheit im Bau des Vorder- und Hinterlappens erklärt sich aus der ganz verschiedenen Herkunft. Der Hinterlappen ist eine Bildung des Zwischenhirnbodens, der Vorderlappen geht aus einer Ausbuchtung der dorsalen Rachenwand hervor, der RATHKESchen Tasche, die schon in sehr früher Embryonalzeit vor dem vorderen Ende der Chorda dorsalis auftritt und sich dem Boden des Zwischenhirns anlegt. Mit zunehmender Entfernung zwischen Hirnbasis und Rachendach wird sie in eine gestielte Blase umgewandelt, aus deren Wand die Drüsenstränge hervorsprossen, die schließlich auch das Lumen zum Schwinden bringen. Der Stiel der Blase (Ductus cranio-pharyngeus) wird von der Anlage des Keilbeinkörpers umwachsen und obliteriert später. Ausnahmsweise kann der Gang im Keilbeinkörper als Canalis cranio-pharyngeus erhalten bleiben. — Nach ihrer Abkunft nennt man den Vorder- und Mittellappen auch Pars pharyngea, den Hinterlappen Pars cerebralis der Hypophyse.

Das Basalganglion, in seiner ersten embryonalen Anlage eine einheitliche Masse, wird von den durchwachsenden Fasern der Capsula interna unvollständig in zwei Teile zerlegt, welche die alten Bezeichnungen Linsenkern und Schweifkern, Nucleus lentiformis und Nucleus caudatus, führen. Am vorderen und hinteren Ende hängen beide noch zusammen (Abb. S. 181), und die durchtretenden weißen Bündel erzeugen das Aussehen des Streifenhügels, Corpus striatum (Abb. S. 180). Es enthält einen Ur- und einen Neuhirnanteil, die am frischen Schnitt durch ihre Farbe unterschieden sind: der Neuhirnanteil erscheint dunkler, der Urhirnanteil blasser, daher Globus pallidus benannt (Abb. S. 92, 94). Er ist lediglich im Linsenkern enthalten, welcher demnach sowohl dem Ur- wie dem Neuhirn zugehört, während der Schweifkern lediglich Neuhirnanteil ist.

Der Linsenkern, Nucleus lentiformis, ist ein plumper Keil, dessen Schneide medialwärts gerichtet ist, die Basis lateralwärts (Abb. S. 92, 94, 113). Mit einer Linse hat er keine Ähnlichkeit. Durch eine schmale, annähernd sagittale Platte weißer Substanz ist er deutlich in seinen Ur- und Neuhirnanteil geschieden, den Globus pallidus und das ihm schalenartig außen aufgelagerte Putamen. Der Globus pallidus, von der hellen rostbraunen Farbe des Nucleus ruber, und mit diesem und der Substantia nigra durch hohen Eisengehalt ausgezeichnet, ist regelmäßig durch eine Marklamelle, Lamina medullaris in zwei Glieder geteilt (Abb. S. 92, 94). Er enthält nur eine Art von großen, zerstreut liegenden Ganglienzellen, welche den motorischen Wurzelzellen ähnlich sind. Im Gegensatz dazu enthält das Putamen zwei Arten Zellen: große, locker gelagerte, ähnlich denen des Globus pallidus, und in viel größerer Zahl dichtgedrängte, kleine, deren Neuriten innerhalb des Putamen endigen, und zwar an den großen Zellen, deren Neuriten in den Globus pallidus eintreten.

Der Nucleus caudatus gewinnt seine Bogenform (Abb. S. 181) im Zusammenhang mit der Entwicklung der Großhirnhemisphäre, wie der Hippocampus und der Fornix (Abb. S. 9 u. 11). Sein vorderes dickes Ende (Caput nuclei caudati) bleibt im Zusammenhang mit dem Putamen des Linsenkerns

Basal-
ganglion
Abb. S. 113,
92, 94, 179,
180
Tab. S. 144,
100

(Abb. S. 180), während der schwächte Leib (Corpus) und der allmählich sich verjüngende Schweif (Cauda) durch die Capsula interna von ihm getrennt werden (Abb. S. 94). Die Spitze der Cauda hängt wieder mit dem Putamen zusammen (Abb. S. 181, unter der vordersten Faser der Sehstrahlung). Nicht selten ist die schmale Verbindung durch Faserzüge unterbrochen. Im mikroskopischen Bau und in den Faserbeziehungen stimmt er vollkommen mit dem Putamen überein. Man hat deshalb neuerdings beide unter dem Namen „Striatum“ zusammengefaßt und dem Globus pallidus, kurz „Pallidum“, gegenübergestellt. Die stammesgeschichtliche Bezeichnung wäre Prisco-striatum für das zum Urhirn gehörige „Pallidum“, und Novo-striatum für Putamen und Nucleus caudatus.

Die Frage, ob das Basalganglion ganz dem Endhirn oder teilweise (Globus pallidus) dem Zwischenhirn zugehöre, erscheint unwesentlich, da die Unterteilung des einheitlichen Hirns in End-, Zwischen-, Mittelhirn usw. rein konventionell ist.

Während der Nucleus caudatus in seiner ganzen Ausdehnung an der Begrenzung des Seitenventrikels teilnimmt (Abb. S. 181, 180, 179, 94), ist der Nucleus lentiformis ganz von weißer Substanz umgeben, wie in eine Kapsel von Marksubstanz eingeschlossen (Abb. S. 92, 94 links). Die innere, mediale Markschicht heißt daher Capsula interna, die äußere, das Putamen umlagernde, Capsula externa. Die Capsula externa ist außen begrenzt von einer schmalen Platte grauer Substanz, dem Claustrum, einem abgesprengten Teil der Rinde der Insula Reilii (Abb. S. 92, 94, 180, 179). Seine Ausdehnung ist aus Abb. S. 181 ersichtlich. Die Markschicht zwischen ihm und der Inselrinde wird als Capsula extrema bezeichnet. — Die dünne Markplatte an der basalen Fläche des Linsenkernes — sie müßte folgerichtig Capsula inferior s. basalis genannt werden — enthält die Linsenkernschlinge, Ansa lenticularis (Abb. S. 113).

e) Elementarapparat des Hirnstammes.

Wie das Rückenmark für den segmentierten Abschnitt des Körpers, so enthält für den unsegmentierten Abschnitt, Kopf und Kiemenbereich, das Urhirn einen Elementarapparat, der aus kurzen Leitungsbögen von 2 und 3 Neuren besteht. Seine Zellen und Fasern füllen die Räume zwischen den Kernen und centralen Faseranteilen der Hirnnerven (Abb. S. 98) und sind im wesentlichen in den Querschnittsarealen enthalten, welche als Substantia oder Formatio reticularis bezeichnet werden (Abb. S. 82). Dem Elementarapparat ist ein Integrationsapparat übergeschaltet mit gleichen Leitungsbögen wie für den segmentierten Teil des Körpers, über Kleinhirn, Mittelhirndach, Großhirn.

Die zuführenden Schenkel der Leitungsbögen sind gegeben in den afferenten, sensiblen Anteilen der Hirnnerven, die ableitenden in den motorischen, deren „Kerne“ aus den Zellen der Wurzelneuren bestehen (Abb. S. 97). Diese motorischen Kerne der Hirnnerven entsprechen den Zellsäulen in den Vordersäulen der grauen Substanz des Rückenmarks. Sie sind die centrale Repräsentation bestimmter Muskelgruppen. Die Wurzelzellen für jeden Einzelmuskel sind in bestimmter Ordnung in jedem dieser „Kerne“ enthalten. So weist der Kern des N. facialis für jeden der mimischen Muskeln eine eigene Zellgruppe auf, ähnlich der Kern des N. hypoglossus, des N. oculomotorius.

Wie im Rückenmark, so sind auch im Urhirn die motorischen Wurzelzellen die gemeinsame Endstrecke für alle an diesen Zellen endigenden Leitungsbögen, das Schema Abb. S. 59 gilt ebenso für eine Wurzelzelle im Kern des N. facialis wie für eine Wurzelzelle in der Zellsäule der Rumpfbeuger.

Im einzelnen zeigt aber der Bau des Urhirns, wie schon die Betrachtung der Querschnittsbilder gelehrt hat, wesentliche Abweichungen gegenüber dem Bau des Rückenmarks, die jeden Versuch, in beiden den gleichen Bauplan auch im einzelnen wiederfinden zu wollen, als unerlaubt erscheinen lassen.

Der segmentale Grundplan des Rückenmarks bringt eine gewisse Einförmigkeit mit sich: afferente und efferente Nervenfasern eines Körpersegmentes treten als Hinterwurzel- und Vorderwurzelfasern des zugehörigen Rückenmarkssegmentes ein und aus und bilden zusammen den einen segmentalen Nerven des Segmentes. Anders in dem an keine metamere Abfolge gebundenen Urhirn. Ein einziger Nerv sammelt die afferenten Fasern aus Haut und Schleimhäuten des ganzen Gesichtes (*N. trigeminus*), aber nur ein Teil der Fasern für die Muskulatur bildet den motorischen Anteil des gleichen Nerven, der größte Teil ist

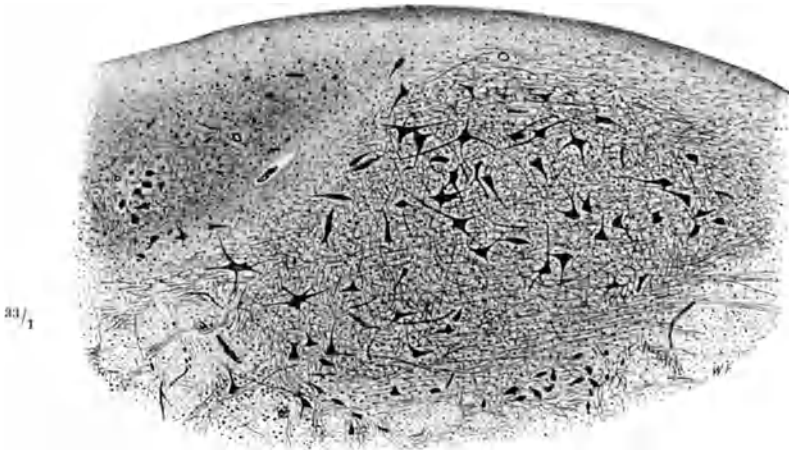


Abb. 75. Nucleus hypoglossi, Mensch. Für die Lage vgl. Abb. S. 84. Präparat von Prof. STÖHR jr., SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode. — Die Mittellinie (Raphe) liegt rechts vom Beschauer (der kleinzellige Kern links wohl Nucl. intercalatus). — Br.

in anderen Nerven gegeben (*N. facialis*, *hypoglossus*). Nur die caudalen Kiemenerven, *Glossopharyngeus* und *Vagus* weisen auch beim Menschen noch die alte, in der strengen Gliederung der Kiemenabfolge (*Branchiomerie*) gegebene Zusammenfügung der afferenten und efferenten Fasern zum einheitlichen Kiemenerven auf.

Weiter: Für das Rückenmark steht mit Sicherheit fest, daß die motorischen Vordersäulenzellen ihre Neuriten ausschließlich zu den Muskeln der gleichen Körperseite schicken. Im Urhirn dagegen innervieren die Wurzelzellen der Augenmuskelnerven auch Muskeln der Gegenseite. Ein Teil der Wurzelfasern überkreuzt die Mittellinie, die Fasern des *N. trochlearis* unterliegen sogar einer vollständigen Kreuzung. Ebenso wird für Wurzelneuren des *N. vagus* und anderer vegetativer Hirnnervenanteile Kreuzung angegeben.

Auch das Verhalten der zuführenden, afferenten Fasern ist differenzierter als im Rückenmark. Während dort alle afferenten Fasern aus oberflächlichen und tiefen Teilen eines Körpersegmentes durch die zugehörigen Hinterwurzelfäden in das Rückenmark eintreten, sind beim Urhirn z. T. proprio- und exterozeptive Fasern verschiedenartig verteilt. So verlaufen die propriozeptiven Fasern aus den Augenmuskeln in den Augenmuskelnerven, die exterozeptiven aus den äußeren Teilen des Auges im *N. trigeminus*, die propriozeptiven Fasern

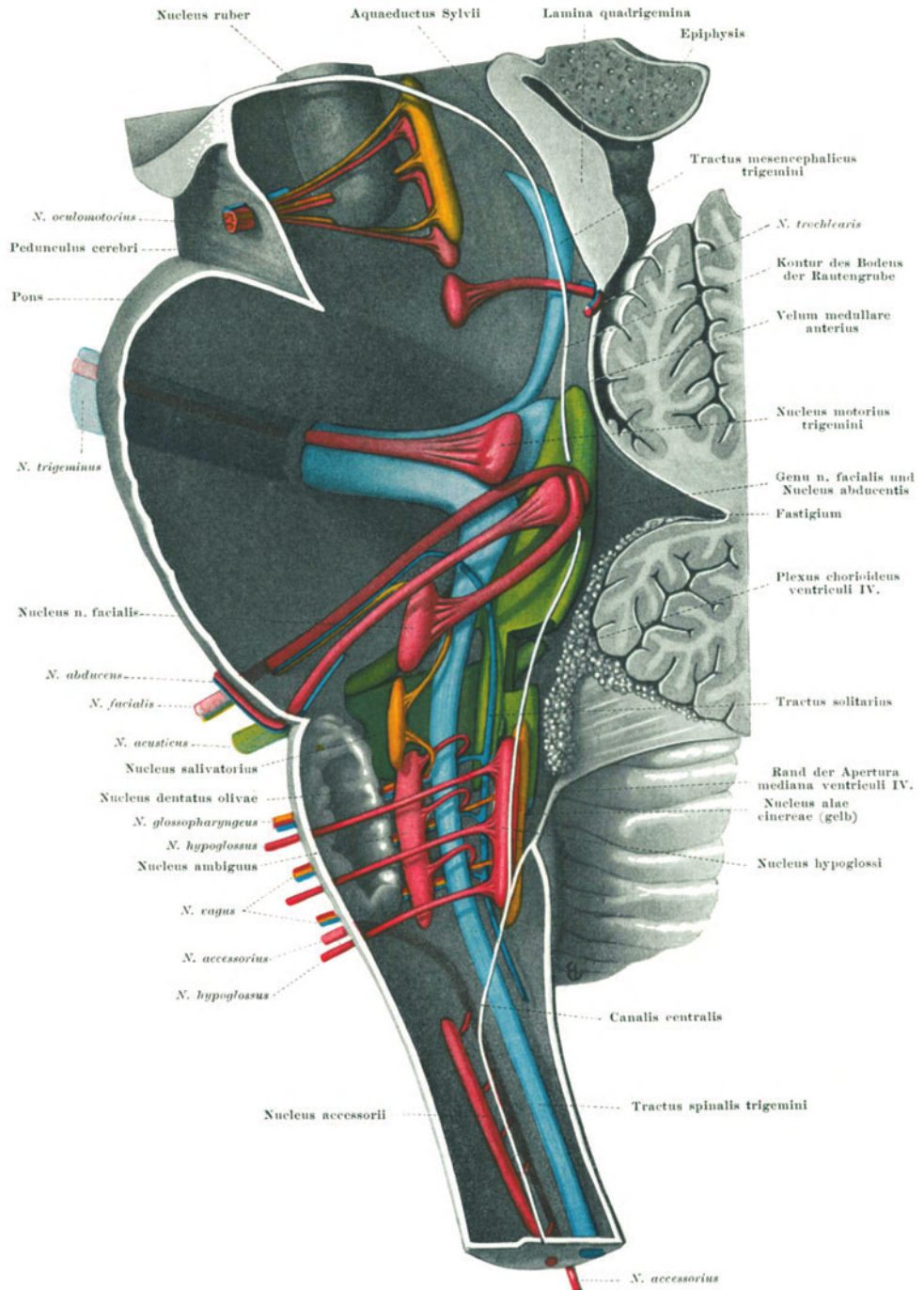


Abb. 76. Kerne und intramedullärer Verlauf der Gehirnnerven, etwas schematisiert. Das Bild ist so gedacht als wären von der Fläche des Sagittalschnittes aus die Nerven und ihre Ganglienzellgruppen freipräpariert, alle umgebende Hirnsubstanz entfernt, so daß die rechte Hälfte des Hirnstammes nur als Hohlform erhalten ist. Rot: musculomotorische Anteile; gelb: visceromotorische Anteile; blau: sensible Anteile; grün: Nuclei cochleares (dunkelgrün) und Nuclei vestibulares (hellgrün). — Der Grundgedanke dieser Abbildung, die Kerne vom Sagittalschnitt her darzustellen, stammt von BRAUS.

der mimischen Muskeln und der Zungenmuskeln aber wahrscheinlich mit den exterozeptiven zusammen im N. trigeminus.

Da die Augenmuskelnerven keine peripheren Ganglien haben wie die Hinterwurzeln der Spinalnerven oder des Trigeminus, so müssen die Zellen ihrer propriozeptiven Neuren innerhalb des Gehirns gelegen sein. Man darf in diesem Verhalten wohl den beim Rückenmark erwähnten phylogenetisch und ontogenetisch ursprünglichen Zustand der intramedullären Lage aller Ganglienzellen erblicken. Eine Art Übergang zur extramedullären Lage der Zellen afferenter Fasern stellt vielleicht der N. oculomotorius dar, der im peripheren Verlauf einige wenige Ganglienzellen zu enthalten pflegt, über deren Zugehörigkeit freilich nichts bekannt ist, und deren geringe Zahl höchstens einem kleinen Teil der propriozeptiven Fasern entsprechen kann, die in der außerordentlichen Fülle von Sehnenkörperchen und Muskelspindeln der verschiedensten Art in den fünf Oculomotoriusmuskeln ihren Ursprung nehmen.

Als ein dem Rückenmark völlig fehlender Anteil kommen im Urhirn die Nerven der spezifischen Sinnesorgane des Kopfes hinzu, die am Körper und im Rückenmark kein Gegenstück haben.

Nach alledem weist der Faser- und Zellapparat des Urhirns weit größere Mannigfaltigkeit auf als der des Rückenmarks. Aber hier wie dort gibt für viele Faserzusammenhänge und Leitungsbögen die Beobachtung der Reflexe am eigenen Körper mancherlei Aufschluß. Die Berührung der vom N. trigeminus versorgten Hornhaut des Auges bedingt reflectorischen Lidschluß. Es muß also ein Leitungsbogen von der Hornhaut über den N. trigeminus und die motorischen Wurzelzellen für den Musc. orbicularis oculi bestehen, die im „Kern“ des N. facialis liegen, der den Muskel innerviert.

Wie im Rückenmark wird der Elementarapparat des Hinterhirns gebildet von den afferenten und efferenten Neuren der peripheren Nerven und von Schaltneuren. Da über die Leitungsbögen für die propriozeptiven Reize aus Muskeln und Sehnen nichts Näheres bekannt ist, kann im folgenden nur von denen für die exterozeptiven Reize die Rede sein.

Elementarapparat des Hinterhirns
Abb. S. 98,
59
Tab. S. 100,
108

Die afferenten Neuren verhalten sich ähnlich wie die Hinterwurzelneuren der Spinalnerven: ihre Zellen bilden die Ganglien der Hirnnerven, das Ggl. semilunare (GASSER) des Trigeminus, Ggl. geniculi des Facialis, Ggl. superius (EHRENRIEGER) und Ggl. petrosum des Glossopharyngeus, Ggl. jugulare und nodosum des Vagus. Die Nervenfasern, nachdem sie in das Hinterhirn eingetreten sind und eine Strecke weit ihre gerade Verlaufsrichtung gegen den Boden der Rautengrube hin beibehalten haben, teilen sich entweder in einen auf- und absteigenden Ast, von denen der absteigende der stärkere und längere ist (Trigeminus), oder biegen, ohne sich zu teilen, in die caudale Richtung um. Diese auf- bzw. absteigenden Strecken der afferenten Fasern führen die allgemeine Bezeichnung der auf- und absteigenden Wurzel, Radix ascendens bzw. descendens, des betreffenden Nerven (Abb. S. 98). Die absteigenden Wurzeln des Facialis, Glossopharyngeus und Vagus schließen sich zu einem gemeinsamen Faserbündel zusammen, dem Tractus solitarius. Die „Wurzeln“ werden von Ganglienzellen begleitet, die dem Integrationsapparat angehören. Sie werden als die sensiblen Kerne der Hirnnerven bezeichnet: Nucl. sensibilis trigemini, facialis, vagi, oder auch nach den Wurzeln benannt, an denen sie liegen: Nucl. radialis descendens trigemini, Nucl. tractus solitarii.

Die Zellen der efferenten Neuren bilden die säulen- oder plattenförmigen Zellanhäufungen, die als motorische Kerne der einzelnen Hirnnerven bezeichnet werden (Abb. S. 98), in deren periphere Bahn die Neuriten eintreten: motorischer Kern des Trigeminus, des Facialis, des Abducens. Glossopharyngeus und Vagus haben einen gemeinsamen motorischen Kern, den Nucl. ambiguus.

Der spino-occipitale N. hypoglossus besitzt keinen anderen als nur den motorischen Kern, Nucl. hypoglossi. Er ist wahrscheinlich der einzige rein motorische Hirnnerv, da er aus Vorderwurzeln ursprünglicher Rückenmarksnerven hervorgeht, deren Hinterwurzeln rückgebildet werden. Er gehört den vordersten Segmenten zu, welche in die Hinterhauptsregion des Schädels eingehen, ist also ein segmentaler Nerv wie die Spinalnerven, was in seiner Bezeichnung als spino-occipitaler Nerv zum Ausdruck gebracht wird.

Die motorischen Kerne sind in 2 Stockwerken des Querschnitts gelegen, die einen, Nucl. hypoglossi und Nucl. abducentis, unmittelbar unter dem Boden der 4. Hirnkammer, die übrigen weiter basal. Diese basale Lagerung ist mindestens für den Nucl. facialis und Nucl. ambiguus ein sekundäres Verhalten. Der ursprünglichen Lage dieser Kerne entsprechen ungefähr die Scheitel der Bögen, welche die aus den Kernen austretenden Neuriten im Gehirn des Erwachsenen gegen den Ventrikel hin beschreiben, am Facialis als Genu internum besonders benannt (Abb. S. 98).

Über die visceralen Kerne (gelb in Abb. S. 98) siehe vegetatives Nervensystem.

Nucleus reticularis

(Nucl. motorius tegmenti, motorischer Haubenkern)

Strangellensystem des Hirnstammes.

	Zuleitung	Fortleitung
I. Nucleus reticularis im ganzen	1. Wurzelfasern und Kollateralen der sensiblen Hirnnerven 2. zum Teil aus Kleinhirn 3. zum Teil aus Collic. sup. lam. quadrigem.	1. Fasciculus longitudinalis medialis 2. Tractus reticulo-spinalis
II. Einzelanteile		
1. Einzelzellen der Formatio reticularis	Trigeminus, Glossopharyngeus, Vagus	wie I.
2. Nucleus ruber s. Tab. S. 110		
3. Nucleus Deiters	1. N. vestibularis 2. Kleinhirn	1. Fasc. long. med. 2. Tract. vestibulo-spinalis 3. Kleinhirn
4. Nucl. rad. desc. n. vestibularis	N. vestibularis	1. Fasc. longit. med. 2. Kleinhirn
5. Nucl. praepositus hypoglossi 6. Nucl. intercalatus (zwischen Nucl. hypoglossi und Nucl. alae cinereae)	N. vestibularis	Fasc. longit. post.
7. Nucl. trapezoides 8. Nucl. olivaris superior 9. Nucl. lemnisci lateralis	N. cochlearis	Fasc. longit. med.
10. Nuclei raphes	Aus Kernen der sensiblen Hirnnerven?	?
11. Nucleus centralis inf.		
12. Nucleus centralis sup. 13. Ganglion mesencephali lat.	Nucl. ruber parvicell.	Tract. reticulo-spinalis
14. Nucl. commissurae post.	Aus Pallidum	Tract. commissuro-spinalis
15. Nucl. interstitialis	Aus Pallidum	Tract. interstitio-spinalis

Die Schaltneuren des Elementarapparates sind vorwiegend in der Substantia reticularis gegeben, an welcher man die Zellen und Fasern als Substantia reticularis grisea und alba unterscheidet, ohne daß eine morphologische Abgrenzung gegeben wäre. Die Zellen liegen größtenteils zerstreut zwischen den Fasern der Substantia reticularis, ein Teil liegt in Gruppen beieinander, die, individuell sehr wechselnd, sich hauptsächlich dicht neben der Mittellinie, also außerhalb der eigentlichen Substantia reticularis finden. Alle diese Zellen können insgesamt als Nucleus reticularis bezeichnet werden. Der „Nucleus reticularis“ umfaßt danach: die Einzelzellen der Substantia reticularis, die Nuclei raphes, Nuclei centrales superior (Abb. S. 86) et inferior, den Nucleus praepositus hypoglossi, die verschiedenen als „Nuclei reticulares“ laterales und ähnlich bezeichneten Zellgruppen, das Gangl. mesencephali laterale, ferner den DEITERSschen Kern (Abb. S. 85), den roten Kern (Abb. S. 87), den Nucl. commissurae posterioris (DARKSCHEWITSCH) und den ihm benachbarten Nucl. interstitialis (CAJAL) (Abb. S. 113). Der Nucl. reticularis deckt sich zum großen Teil mit dem, was man in der vergleichenden Anatomie des Gehirns den „motorischen Haubenkern“, Nucl. motorius tegmenti genannt hat.

Nucleus reticularis, motorischer Haubenkern
Abb. S. 81 bis 86, 113, 134
Tab. S. 100, 108, 64

In ihrer Gesamtheit können diese Zellgruppen des Nucl. reticularis der Gesamtheit der Einzelzellen und Zellgruppen der grauen Substanz des Rückenmarks mit Ausnahme der motorischen Vordersäulenzellen verglichen werden, insofern sie die Schaltneuren des Eigenapparates von Urhirn bzw. Rückenmark darstellen und Neuren der über Mittelhirn und Kleinhirn geführten Leitungsbögen des Integrationsapparates, während die Großhirnleitungsbögen für Rückenmarks- und Hirnnerven von anderen Zellen gebildet werden.

Der Nucleus reticularis enthält fast allenthalben Zellen zweier Größen, so daß man einen Nucl. reticularis parvicellularis und magnocellularis unterscheiden kann. Die mächtigen Fasermassen im Seiten- und Vorderstrang des Rückenmarks, die als Tractus rubro-, vestibulo- und reticulospinalis beim Rückenmark abgehandelt worden sind, werden von den Neuriten hauptsächlich des Nucl. reticularis magnocellularis, zum Teil auch des Nucl. parvicellularis gebildet. In den Zellgruppen des Nucl. reticularis sind beide gemischt, nur wenige Kerne sind rein großzellig wie der DEITERSsche Kern.

Während die Neuriten des Nucl. reticularis magno-cellularis die „langen Bahnen“ des Tractus reticulo-spinalis bilden, sind die des kleinzelligen Anteiles auf kurze Strecken des Urhirns und des anschließenden Halsmarks beschränkt.

Die Neuriten des Nucl. reticularis parvicellularis bilden einen großen Teil der Markfasern der Substantia reticularis. Sie verlaufen teils auf der gleichen Seite, teils gekreuzt zur Gegenseite. Eigentliche Stränge wie von den Schaltneuren im Rückenmark die Grund- oder Binnenbündel werden von ihnen nicht gebildet. Soweit sie in das Rückenmark ziehen, mögen sie dort in die Grundbündel eintreten. Nur ein geschlossenes Bündel, von den Fasern des Eigenapparates gebildet, ist sicher im Hirnstamm gegeben: das hintere Längsbündel, Fasc. longitudinalis medialis (Abb. S. 49, 85—87, 134, Schnitte). Es erstreckt sich vom vorderen Ende des Mittelhirns bis zum unteren Ende des Brustabschnitts des Rückenmarks, nicht mit durchlaufenden, sondern, wenigstens im Hirnstamm, mit wechselnden Fasern wie die Grundbündel des Elementarapparates des Rückenmarks. Zellen aus fast allen Teilen des Nucl. reticularis (s. Tab. S. 100), besonders des DEITERS-Kernes, und Zellen der sensiblen Kerne der afferenten Hirnnerven einschließlich des Hör- und besonders des Gleichgewichtsnerven senden Neuriten oder deren Kollateralen in dieses Längsbündel, und zwar der gleichen wie der Gegenseite. Es endigt, auch mit Kollateralen, an den motorischen Wurzelzellen der Hirn- und Rückenmarksnerven.

Fasc. longitudinalis med.
Abb. S. 84 bis 87, 49, 134
Tab. S. 100, 108, 64

Der Fasc. longitudinalis medialis gehört also seiner Zusammensetzung nach ausgesprochen dem Elementarapparat des Urhirns zu. Seine Ausdehnung zeigt zugleich, daß dieser Elementarapparat seinem Wesen nach über das enge Gebiet eines einzelnen eintretenden Hirnnerven hinausgreift, ja, sich bis weit in das Rückenmark erstreckt, so wie es im Wesen des Elementarapparates des Rückenmarks liegt, daß er die Grenzen der Segmente und der Mittellinie überschreitet und von einem einzigen Nerven aus mehrere Abschnitte des Rückenmarks zu einer funktionellen Einheit zusammenschließt. Die elementaren Systeme des Urhirns sind die anatomische Grundlage der Zusammenarbeit der einzelnen Teile des Kopfes, vor allem aber der des Kopfes und Halses. Haltung und Stellung von Kopf, Rumpf und Gliedern jeweils harmonisch zu regeln, ist die Wirkung des Elementarapparates von Urhirn und Rückenmark.

Leitungs-
bögen des
Trigeminus

Für die Betrachtung der Leitungsbögen des Urhirn-Elementarapparates bietet der N. trigeminus die übersichtlichsten Verhältnisse. Seine afferenten Fasern, deren Zellen das Ggl. semilunare bilden, treten durch die Brücke in das Urhirn ein (Abb. S. 98, 69) und teilen sich ihrer großen Mehrzahl nach in einen nur kurzen aufsteigenden und einen langen dickeren absteigenden Ast. Ein anderer Teil der eintretenden Fasern wendet sich längs dem Rautenhirnboden gegen das Mittelhirn, fast bis zu dessen vorderem Ende: Radix mesencephalica trigemini. Die Bedeutung dieses Faseranteils des Trigeminus ist noch immer umstritten. Wahrscheinlich enthält sie die propriozeptiven Fasern aus der ganzen Muskulatur des Kopfes (S. 97), deren Zellen dann ebenso intracerebral liegen würden wie die entsprechenden der Augenmuskelnerven. Der Nucleus mesencephalicus trigemini, der als ununterbrochener Zellstreifen die Mittelhirnwurzel in ihrer ganzen Länge begleitet, wäre dann als „sensibel“ anzusprechen.

Hornhaut-
reflex

Die absteigenden Äste der Hauptmasse der Trigeminusfasern erstrecken sich zum Teil bis in die obersten Halssegmente des Rückenmarks, wo sie das Areal der Zona terminalis einnehmen (Abb. S. 80), und zwar reichen die Fasern des 1. Astes über das 2. Halssegment hinaus, die des 2. Astes erreichen noch das 1. Halssegment, die des 3. Astes endigen schon vor diesem. In ihrer Gesamtheit bilden sie die Radix (Tractus) descendens s. spinalis trigemini. Sie dienen der Fortleitung exterozeptiver Reize aus Haut und Schleimhäuten des Gesichtes. Die Berührung der Hornhaut oder der Bindehaut des Auges hat sofort Lidschluß an beiden Augen und Zurückwerfen des Kopfes zur Folge. Auf dem Wege von „Reflexkollateralen“ wird der Reiz unmittelbar auf die motorischen Zellen für die Schließmuskeln des Auges in den Facialiskernen und für die Nackenmuskeln in den Vordersäulen des Halsmarkes übertragen. Gerade Fasern aus dem 1. Ast des Trigeminus sind es, die in der spinalen Wurzel bis ins Rückenmark gelangen. — Ähnliche kurze Verbindungen müssen bestehen zwischen den propriozeptiven Fasern und den motorischen Zellen der Kaumuskeln, zwischen den in der Zungenschleimhaut entspringenden Fasern des 3. Astes und den motorischen Zellen des Hypoglossuskernes für die Zungenmuskeln. Hier wie bei dem Beispiel vom 1. Ast findet die Übertragung vom afferenten Neuron der einen Seite auf die efferenten beider Seiten statt. Die Übertragung auf die Gegenseite mag durch Vermittlung von Schaltneuren mit über die Mittellinie kreuzenden Neuriten oder auch durch Kollateralen geschehen, die die Mittellinie überschreiten wie Kollateralen der Hinterwurzelfasern des Rückenmarks.

Saugreflex

Ist hier nicht unbedingt nötig die Zwischenschaltung von Neuren des Nucl. reticularis anzunehmen, so ist sie sicherlich für andere Reflexbewegungen gegeben. So für den Saugreflex des Säuglings: Berührung der Lippen (2. und 3. Ast des Trigeminus) führt zu gemeinsamer Betätigung von Lippen-, Wangen- und Zungenmuskeln. Afferente Trigeminusfasern der spinalen Wurzel oder

ihre Kollateralen endigen an Zellen der Substantia reticularis, die ihre Neuriten zu den motorischen Zellen des gleich- und gegenseitigen Facialis- und Hypoglossuskernes senden. Diese Leitungsbögen 2. Ordnung, aus drei Neuren bestehend, werden erst im vorletzten oder letzten Monat vor der Geburt, also vom 8. Konzeptionsmonat an leitfähig. Bei Frühgeburten macht deshalb die Ernährung an der Brust so lange Schwierigkeiten, bis die Leitfähigkeit eingetreten ist. In der 2. Hälfte des 1. Lebensjahres wird die Leitfähigkeit wieder verändert: bei Berührung der Lippen tritt der Reflex nicht mehr ein, dafür ein anderer: die Öffnung der Mundspalte und die Tastbewegungen der Zunge. Auch der diesen Bewegungen zugrunde liegende Leitungsbogen wird nach einigen Wochen oder Monaten wieder ausgeschaltet. Die anatomische Grundlage bleibt auch hier bestehen, aber der Organismus macht von ihr anderen Gebrauch.

Muß für den Saugreflex die Zwischenschaltung von Neuren des Nucl. reticularis angenommen werden, so erst recht für einen anderen Reflex, dessen Leitungsbögen keinesfalls auf ein kleines Gebiet der Medulla oblongata beschränkt sein können, für den Niesreflex: Berührung der Nasenschleimhaut führt zu tiefer Inspiration und plötzlicher Expiration (bei offener Glottis, im Gegensatz zum Hustenreflex), mit Durchstoßen der Expirationsluft durch Nase und Mund. Vom 2. Ast des Trigemini führt der Leitungsbogen in Fasern der Radix spinalis zu Zellen des Nucleus reticularis in der Gegend der Vaguskerne („Atemzentrum“, siehe S. 104), auf deren Neuriten zum Nucl. ambiguus (Stimm lippenmuskeln) und zu den motorischen Vordersäulenzellen im Halsmark (N. phrenicus) und im Brustmark (Nn. intercostales), abgesehen von den motorischen Zellen für die auxiliären Atemmuskeln, außerdem noch zum Nucl. facialis, hypoglossi, glossopharyngei (vorderer Abschnitt des Nucl. ambiguus). Durch die Erziehung bekommt dieses Getriebe einen etwas anderen, einen unbiologischen Gang: der expiratorische Luftstrom wird nur durch den Mund, nicht mehr durch die Nase geleitet. Dies geschieht durch das Eingreifen des Integrationsapparates. Kommt der Niesreiz völlig überraschend, so treten die elementaren Leitungsbögen unbeeinflusst in Tätigkeit. Daß das Getriebe des Niesreflexes außer von der Nasenschleimhaut auch vom Sehorgan her afferente Neuren erhält, sei als noch unaufgeklärte Merkwürdigkeit wegen der funktionell und also auch anatomisch gegebenen Leitungsmöglichkeiten erwähnt: nicht nur die Katzen niesen, wenn sie in die Sonne sehen, sondern ebenso die Menschen, besonders Kinder, wenn sie aus dem Schatten plötzlich auf einen grell von der Sonne beschienenen Platz treten, oder der Säugling, wenn ihn beim Erwachen helles Licht trifft.

Niesreflex

In dem Getriebe des Niesreflexes sind Verbindungen vom 2. Ast des Trigemini zu dem motorischen Kern des Vagus und Glossopharyngeus, dem Nucl. ambiguus, enthalten. Es ist beachtenswert und biologisch wesentlich, daß dies nur für bestimmte Zweige des 2. Trigeminiastes und bestimmte Anteile des Nucl. ambiguus gilt. Andere Teile dieses Kernes stehen nur mit afferenten Fasern des Glossopharyngeus (und Vagus?) in Verbindung, aber nicht mit solchen des Trigemini. Das lehrt die Analyse des Schluckreflexes. Von dem Trigeminigebiet der Mundhöhlenschleimhaut her, Gaumen und Zäpfchen (2. Ast), Zunge und Wangen (3. Ast), werden keine Schluckbewegungen ausgelöst. Sonst wäre das Kauen unmöglich. Berührt aber der Bissen oder der Spatel des Arztes oder sein Kehlkopfspiegel das Schleimhautgebiet des Glossopharyngeus an Zungenrund oder Gaumenbögen, so tritt sofort die Eröffnung des Isthmus faucium als erste Phase des Würg- und Schluckreflexes ein. An der Würg- und Schluckbewegung sind in erster Linie Glossopharyngeus- und Vagusmuskeln beteiligt (Muskeln der Gaumenbögen und des Pharynx), außerdem Trigemini-muskeln (Tensor veli palatini, Mundboden), Facialis-muskeln

Schluckreflex (N. glossopharyngeus)

(Digastricus post., Stylohyoideus), Hypoglossusmuskeln (Zunge) und die spinale hypobranchiale Muskulatur (Zungenbeinmuskeln, Geniohyoideus, Sternohyoideus usw.). Daß bei der Würgebewegung auch das Zwerchfell und die vom vegetativen Nervensystem versorgte glatte Muskulatur des Oesophagus und des Magens in Tätigkeit tritt, bleibe hier unberücksichtigt. Der afferente Schenkel beginnt mit Fasern des N. glossopharyngeus oder Vagus (Berühren der hinteren Pharynxwand!), deren Zellen in den an der Schädelbasis gelegenen Ganglien dieser Nerven enthalten sind. In den Wurzelfäden treten sie in die Medulla oblongata ein und biegen nach caudal um als Fasern des Tractus solitarius (Abb. S. 84, 98). Kollateralen mögen an Zellen des benachbarten motorischen Glossopharyngeus- und Vaguskerne, des Nucl. ambiguus, und an Zellen des Hypoglossuskerns endigen, direkte Reflexbögen bildend. Zugleich findet die Übertragung auf benachbarte Zellen des Nucl. reticularis statt, deren Neuriten als Fasern der Substantia reticularis zu den motorischen Zellen der vorhin genannten Muskulatur ziehen, nach kranial bis zum motorischen Kern des Trigemini, nach caudal bis in die oberen Halssegmente. Werden diese Neuren des Elementarapparates zerstört, durch Krankheit, oder beim Tier durch experimentellen Eingriff, so werden die Leitungsbögen unterbrochen, und die Würg- bzw. Schluckbewegungen können nicht mehr zustande kommen. Diese in der Gegend des Nucl. ambiguus gelegenen Zellen des Nucl. reticularis bilden die anatomische Grundlage dessen, was die Physiologie „Schluckzentrum“ nennt, womit eben dieses umschriebene Gebiet des Nucl. reticularis gemeint ist, dessen Integrität für das Getriebe der Schluckbewegungen unentbehrlich ist, dessen Zerstörung oder Schädigung das ganze Getriebe stilllegt.

Centren der
Medulla
oblongata

Das gleiche gilt für das „Atemzentrum“, den caudal benachbarten Teil des Nucl. reticularis, der eingeschaltet ist zwischen die afferenten Vagusfasern aus der Lunge und die motorischen Zellen der Stimmlippenmuskeln (Nucl. ambiguus), sowie der vielen, an den Atembewegungen beteiligten spinalen Atemmuskeln. Die Leitungsbögen laufen bis ins untere Brustmark, hauptsächlich als Anteile des Fasc. longitudinalis medialis im Vorderstrang des Rückenmarks nahe der Commissura alba (Abb. S. 49).

Die anatomische Grundlage des Schluck- und des Atemzentrums ist demnach in Zellen des Nucl. reticularis, in Schaltzellen des Elementarapparates der Medulla oblongata s. Bulbus cerebri gegeben. Andere „Centren“ haben eine andere anatomische Grundlage. Das „bulbäre Sprachzentrum“ ist die Summe der die Sprechmuskeln innervierenden Wurzelzellen der motorischen Hirnnervenkerne, und nur die nahe Nachbarschaft dieser Kerne in dem begrenzten Raume vom Trigemini bis zum Hypoglossuskern (Abb. S. 98) rechtfertigt die Bezeichnung „Centrum“, erklärt zugleich, warum bei Erkrankungsvorgängen in der Medulla oblongata stets mehrere Hirnnerven betroffen sind. — Die Begriffe der „vegetativen Centren“ der Medulla oblongata, z. B. des „Centrums der Speichelsekretion“, decken sich im wesentlichen mit den anatomischen Grenzen der dem vegetativen System zugehörigen Zellgruppen, z. B. des Nucl. salivatorius (Abb. S. 98).

Die Beispiele der an die afferenten Fasern des Trigemini, Glossopharyngeus und Vagus anschließenden Leitungsbögen geben ein Bild von dem Grundplan des Elementarapparates des Hinterhirns, zugleich von seinem Übergreifen auf das Rückenmark. Der Bau ist, bei aller Verschiedenheit der Ausgestaltung, im Grundplan der gleiche wie der des Rückenmarks: Bildung von kurzen Leitungsbögen von nur 2 Neuren durch Kollateralen, und von weitergreifenden von 3 Neuren durch Zwischenschaltung von Strangneuren. Die Willkürlichkeit einer Trennung zwischen Gehirn und Rückenmark ist deutlich: außer dem Integrationsapparat wird auch der Elementarapparat durchschnitten, der

kontinuierlich durchläuft, entsprechend dem funktionellen Zusammenschluß von Kopf und Rumpf. Daß eine Grenzsetzung zwischen dem centralen Nervensystem des metamer gegliederten und des nicht metamer gegliederten Abschnittes trotzdem berechtigt ist, ergibt sich außer aus der Verschiedenartigkeit der Körperperipherie aus der Verschiedenheit der äußeren Form und der inneren Anordnung. Der Grundplan der Leitungsbögen hat in den beiden Abschnitten ganz verschiedene Ausgestaltung erfahren.

Bisher ist nur der Bau des den Kiemennerven zugehörigen Elementarapparates erörtert worden. Ein Blick auf Abb. S. 98 lehrt, daß im Aufbau der Medulla oblongata die beiden Sinnesnerven des Ohrlabyrinthes, der Hörnerv und der Gleichgewichtsnerv, N. cochlearis und N. vestibularis, mit ihren „Kernen“ fast mehr Raum einnehmen als die Kiemennerven insgesamt.

Leitungsbögen des N. cochlearis u. N. vestibularis

Der Nucleus cochlearis, welcher den Boden des Recessus lateralis ventriculi IV. bildet (Abb. S. 125), sendet, hauptsächlich aus seinem dorsalen Abschnitte die Neuriten, zum Teil als Striae medullares (Abb. S. 73), unmittelbar zum Colliculus inferior (acusticus) der Vierhügelplatte und zum Corpus geniculatum mediale auf der gleichen, hauptsächlich aber der Gegenseite: die eigentliche Hörbahn (Lemniscus lateralis), welche schließlich zum Integrationsort Großhirnrinde führt. Die Neuriten aus den basalen Kernabschnitten überschreiten als Fasern des Corpus trapezoides (Abb. S. 85) die Mittellinie und enden teils im Nucleus olivaris superior (Abb. S. 85), teils im Nucleus trapezoides, einer Zellgruppe im basalen Teil des Corpus trapezoides. Die Neuriten seiner Zellen schließen sich dem Lemniscus lateralis an und endigen an den Nuclei lemnisci laterales im Mittelhirn. Von hier wie von dem Nucl. olivaris superior aus ziehen die Fasern gleichseitig und gekreuzt zum Fasciculus longitudinalis posterior und fügen sich damit in den Elementarapparat des Urhirns ein (Lausch- und Schreckbewegungen). Zum motorischen Kern des Trigeminus (Musc. tensor tympani) und des Facialis (Musc. stapedius) dürften kürzere Leitungswege führen.

Noch ausgiebiger ist der N. vestibularis an dem Elementarapparat beteiligt. An dem in Abb. S. 98 einheitlichen „Kern“ des N. vestibularis pflegt man 3 Anteile zu unterscheiden, an denen alle Fasern des N. vestibularis oder ihre Kollateralen endigen: den Kern der Radix descendens vestibularis, den Nucl. triangularis (Nucl. vestibularis medialis von SCHWALBE) und den Nucl. angularis von BECHTEREW. Der Nucl. angularis (in der Gegend des Facialisknies, in der Abbildung dorsal von der weißen Linie, die den Boden der Rautengrube angibt) entsendet seine Fasern, die Radix „ascendens“ n. vestibularis, centrifugal zum Ohrlabyrinth: der Nucleus angularis bewirkt die Sekretion der Endolymphe. — Der kleinzellige Nucleus triangularis (Nucleus medialis, Nucl. dorsalis), der „Hauptkern“ des N. vestibularis, der spinalwärts bis zur Höhe des GOLLSchen und BURDACHSchen Kerns reicht, entsendet im wesentlichen nur kurze Neuriten zu nachbarlichen Anteilen des motorischen Haubenkerns: zur Formatio reticularis, zum Nucl. praepositus, vor allem zum DEITERSschen Kern, der wegen dieser und der unmittelbaren Beziehungen zum N. vestibularis auch als Nucleus vestibularis lateralis bezeichnet wird, und zum Nucleus radialis descendens, der mit dem Nucleus triangularis die absteigende Vestibulariswurzel begleitet. DEITERSscher Kern und Nucleus descendens sind großzellig wie der Nucleus reticularis und senden ihre Neuriten in den Fasciculus longitudinalis medialis, außerdem zum Integrationsort Kleinhirn. Der größte Anteil des hinteren Längsbündels wird von den Anschlußleitungen des N. vestibularis gebildet. Außerdem geht vom DEITERSschen Kern der Tractus vestibulo-spinalis zu den motorischen Wurzelzellen im Rückenmark.

Jede Änderung der Stellung der Labyrinth im Raume ruft Tonusänderung in den Muskeln des Nackens und der vorderen und hinteren Extremitäten

hervor (tonische Labyrinthreflexe). Der N. vestibularis greift also in das S. 57 f. geschilderte Getriebe der motorischen Vordersäulenzellen ein. Dies geschieht durch den Tract. vestibulo-spinalis und über den gleich- und gegenseitigen Fasc. longitudinalis medialis. Der Fasc. longitudinalis vermittelt zugleich mit seinem kranialwärts laufenden Abschnitt die Verbindung des N. vestibularis zu den Kernen der Augenmuskeln: jede Änderung der Kopfstellung führt zu entsprechender Änderung der Augenstellung, und die Erzeugung einer Endolymphströmung im horizontalen Bogengang durch Einspritzen von kaltem oder warmem Wasser in den äußeren Gehörgang erzeugt zuckende Augenbewegungen („calorischen Nystagmus“). Über diese Leitungsbögen hinaus muß es bei der großen Ausdehnung des Nucl. triangularis noch andere Vestibularis-Leitungsbögen des Elementar- und des Integrationsapparates geben, z. B. zum Nucl. ruber (S. 110), die aber anatomisch noch nicht näher bekannt sind. So weiß man noch nichts über die anatomische Grundlage der eigenartigen Beuge- und Streckbewegungen, die als „Liftreaktion“ und „Sprungbereitschaft“ beim vertikalen Heben und Senken eines Tieres auftreten, und die auch beim Aufheben des Kindes aus tiefem Schläfe und beim Wiederniederlegen beobachtet werden können. Jedenfalls ist der außerordentlich große Anteil des N. vestibularis am Elementarapparat noch nicht in seinem ganzen Umfange erforscht.

Elementar-
apparat des
Mittelhirns
Tab. S. 108,
110, 108

Wie der Elementarapparat des Trigemini, so greift auch der des Vestibularis in das Rückenmark über, ja in noch viel ausgedehnterem Maße. Das gilt ebenso für den Elementarapparat in der Haube des Mittelhirns, der freilich im ganzen viel weniger umfänglich ist, da sich hier die primäre Endigung der afferenten Fasern nur von dem einen Sinnesorgan, dem Auge, findet, abgesehen von den propriozeptiven Reizen aus den Augenmuskeln unbekanntem Wege und unbekannter Weiterleitung.

Die Fasern des Fasciculus (Nervus) und Tractus opticus, schon 3. Neuren der Sehbahn (die Zellen liegen in der Netzhaut des Auges) endigen im Corpus geniculatum laterale (opticum) und, teils ohne, teils nach Umschaltung, im Corpus quadrigeminum superius. Von hier, oder auf dem unmittelbaren Wege von Kollateralen, werden die Impulse den Kernen der äußeren Augenmuskeln, des Sphincter pupillae und Ciliaris der gleichen und der Gegenseite zugeführt. Vom oberen Vierhügel aus — die Einzelheiten der hier erfolgenden Umschaltungen und Kreuzungen zur Gegenseite sind nicht bekannt, ein Teil der kreuzenden Fasern bildet den dorsalsten Teil der Commissura posterior — geht weiter der absteigende Schenkel des optischen Leitungsbogens als Tract. tecto-spinalis in die Vorderstränge des Rückenmarks und zu dessen motorischen Wurzelzellen (Abb. S. 59). Die Fasern kreuzen basal vom Aquaeductus Sylvii zur anderen Seite hinüber (Decussatio tecto-spinalis, MEYNERTS „fontaineartige Haubenkreuzung“, S. 88). Hier gesellen sich ihnen Fasern aus dem Mittelhirnteil des Nucl. reticularis zu, gemeinsam die „Prädorsalbündel“ (S. 88) bildend, welche neben der Mittellinie basal von den Fasciculi longitudinalis posteriores das Hinterhirn durchziehen, wobei sie besonders an den Facialiskernen Fasern abgeben (M. orbicularis oculi!). Diese Prädorsalbündel stellen optische Anteile des Elementarapparates dar und vermitteln die verschiedenen Reflexbewegungen auf optische Reize (optische Haltungs- und Stellreflexe, Fluchtreflex usw.).

d) Der Integrationsort im Mittelhirndach.

Abb. S. 107 Die Integrationsorte sind gekennzeichnet dadurch, daß in ihnen afferente Leitungen aus der gesamten Körperperipherie zusammenströmen und zahlenmäßig weniger Wege zur Peripherie zurückführen (S. 12). Sie sind zugleich durch

die Schichtenanordnung ihrer Zellen und Fasern ausgezeichnet. Der eine der drei Integrationsorte ist der Colliculus superior laminae quadrigeminae, er gehört wie der Kleinhirnwurm dem Urhirn zu. Sein Schichtenbau ist S. 89 dargestellt worden. Im oberen Vierhügel vereinigen sich (Abb. S. 107) Fasern der Riech-, Seh- und Hörbahn, sowie die aus der Peripherie des segmentierten und unsegmentierten Körpers (Tractus spino-tectalis bzw. die „sekundäre

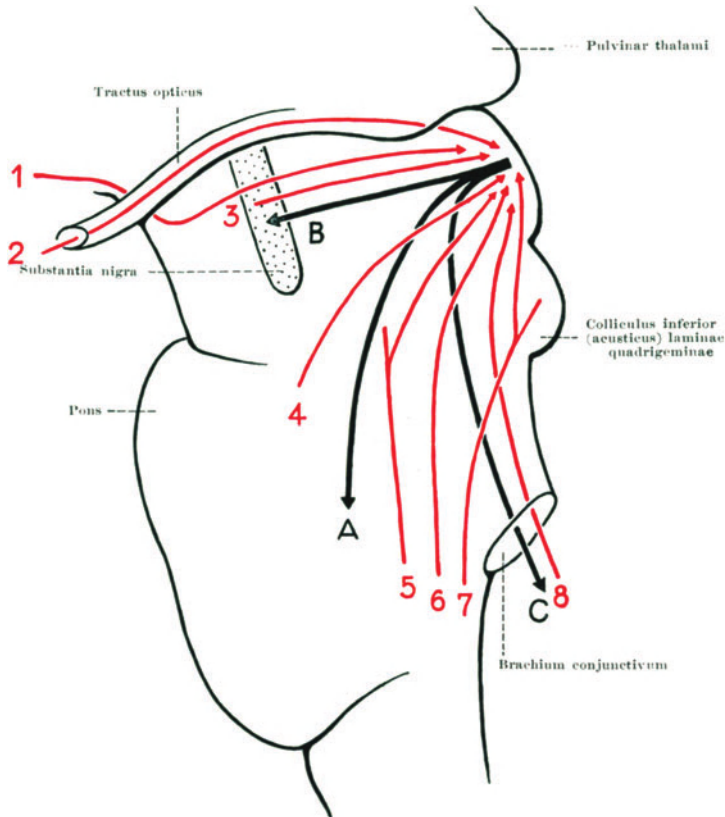


Abb. 77. Schema des Integrationsortes oberer Vierhügel. Rot: afferente Fasern aus: 1. Geruchsorgan, 2. Sehorgan, 3. Basalganglion, 4. Kopf- und Kiemenbereich („sekundäre Trigemino- usw. bahn“), 5. und 6. Körperperipherie (5. Kollateralen des Lemniscus medialis, 6. Tractus spino-tectalis), 7. Gehörorgan (Kollateralen des Lemniscus lateralis), 8. Kleinhirn. — Schwarz: efferente Fasern: A zu den motorischen Wurzelzellen unmittelbar (Tractus tecto-spinalis), zum Teil mittelbar über Nucl. reticularis, B Parallelschluß dazu über das Basalganglion, C Parallelschluß über das Kleinhirn (Tractus tecto-cerebellaris).

Trigeminusbahn“ usw.). Die Riechbahnen kommen über das Ganglion interpedunculare, das im Boden des Mittelhirns zwischen den Hirnschenkeln, also im Bereiche der Substantia perforata posterior liegt. Auch von der zum Großhirn ziehenden medialen Schleife (Tractus bulbo-thalamicus) gehen Kollateralen zum oberen Vierhügel. Wie überall die Großhirnleitungswege Verbindungen zum Elementarapparat haben, so auch zum Integrationsort des Urhirns. — Der ableitenden Schenkel der Leitungsbögen sind drei. Einer führt unmittelbar zu den motorischen Wurzelzellen: Tractus tecto-spinalis. Ihm sind die beiden anderen parallel geschaltet: einer über das Basalganglion (Substantia nigra), der andere über das Kleinhirn. Sie werden stets gleichzeitig mit der direkten Bahn betätigt und bewirken den regelrechten Ablauf der Gesamtbewegungen. —

Von der Substantia nigra und vom Kleinhirn führen Bahnen zum vorderen Vierhügel zurück, innere Verbindungen, welche diese Teile gegenseitig abstimmen, wie andererseits der Vierhügel einwirkt auf den Nucleus ruber durch unmittelbare Fasern zu ihm.

Der Integrationsort im Mittelhirndach ist allen Wirbeltieren gemeinsam. Bei den Säugetieren ist ihm die Großhirnrinde übergeordnet. Durch eine direkte corticotectale Bahn nimmt sie unmittelbaren Einfluß auf ihn. Beim Menschen überwiegt die mächtige Großhirnrinde so sehr, daß der kleine Colliculus superior gewöhnlich ganz übersehen wird. Trotz seiner verhältnismäßig geringen Größe ist er gewiß nicht funktionslos. Jedoch ist nichts Sicheres über seine Leistungen beim Menschen bekannt. Vielleicht ist es ein „Centrum“ der protopathischen Sensibilität, als welches gewöhnlich nur der Thalamus angesprochen wird.

Fasersysteme des Hirnstammes.

I. In der Haubenregion (Tegmentum).

1. Fasciculus longitudinalis medialis, hinteres Längsbündel (vgl. Tab. S. 64).
Ursprung: motorischer Haubenkern (Tab. S. 100). Endigung: motorische Hirnnervenkerne vom Nucl. oculomotorius an, Vorderwurzelzellen im Rückenmark (bis Ende Brustmark).
2. Fasciculus praedorsalis. Sammelname für die Mittelhirnstrecke mindestens folgender Faserzüge (vgl. Tab. S. 64):
Tractus rubro-spinalis;
Tractus tecto-spinalis;
Tractus thalamo-spinalis
Tractus reticulo-spinalis (aus Mittelhirnanteilen des Nucleus reticularis).
3. Centrale Haubenbahn, Tractus thalamo-rubro-olivaris. Aus Thalamus und Nucl. ruber zu den Olivenkernen.
4. „Haubenbahnen“. — Sammelname für Faserzüge oder Teile von Faserzügen, soweit sie in FORELS Haubenfeld verlaufen, z. B. Tractus rubro-thalamicus, Fasern aus dem Kleinhirn (Brachium conjunctivum) zum Thalamus, pallido-fugale Systeme (Abb. S. 113).
5. Corpus trapezoides (nur in Höhe des Acusticus-Eintrittes): die in rein querer Richtung zur Gegenseite kreuzenden Anfangsstücke der zweiten Neuren des N. cochlearis.
6. Striae medullares (acusticae): wie 5, aber am Boden der Rautengrube.
7. Lemniscus lateralis, Hörschleife. Fortsetzung von 5. und 6. zum Colliculus inf. laminae quadrigeminae und zum Corpus geniculatum mediale. Dazu die Neuriten des Nucl. trapezoides zu dem Nucleus lemnisci lateralis.
8. Lemniscus medialis, Tractus bulbo-thalamicus. Aus GOLLSchem und BURDACHSchem Kern, aus Nucl. tractus spinalis (rad. desc.) trigemini und Nucl. sensibilis trigemini (Trigeminusschleife), aus Nucl. tractus solitarii. Die Fasern bilden die Fibrae arcuatae internae, überkreuzen sämtlich die Mittellinie in der Schleifenkreuzung, Decussatio lemniscorum (in der Raphe), endigen im Thalamus (Tab. S. 112), von dort zur Großhirnrinde (hauptsächlich Gyrus postcentralis).

II. In der Fußregion (Pes).

1. Pyramidenbahn: Tractus cortico-bulbaris (zu den motorischen Hirnnervenkerne) und Tr. cortico-spinalis (Tab. S. 64).
2. Großhirnbrückenbahnen zu den Nuclei pontis, von dort als Fibrae transversae pontis und Crus pontis ad cerebellum gekreuzt zur Rinde der Kleinhirnhemisphäre.
Im einzelnen:
frontale Brückenbahn (ARNOLDSches Bündel), aus vorderen Teilen des Stirnlappens;
parietale Brückenbahn, aus dem Scheitellappen;
temporale Brückenbahn (TÜRCKSches Bündel), aus Gyrus temporalis medius.

e) Dem Integrationsapparat zugehörige Teile des Hirnstammes.

Faserzüge des Integrationsapparates
Abb. S. 59, 134, 135
Tab. S. 108

Wie die Hinterwurzelfasern der Spinalnerven außer auf den Elementarapparat auf den Integrationsapparat fortgeführt werden, so auch die afferenten Fasern den Hirnnerven. Die Zellen, die den Neuriten des Integrationsapparates Ursprung geben, für die spinalen Hinterwurzelfasern zum GOLLSchen und

BURDACHSchen Kern zusammengedrängt, liegen längs der absteigenden Wurzeln der afferenten Hirnnerven, also längs der Radix spinalis trigemini und des Tractus solitarius (Nucleus tractus spinalis trigemini, Nucleus tractus solitarii, Abb. S. 84, 98). Am Trigeminus wird der vorderste, lateral vom motorischen Kern gelegene Abschnitt als Nucleus sensibilis trigemini besonders bezeichnet.

Die dem Kleinhirnleitungsbogen zugehörigen Fasern erreichen als „direkte sensorische Kleinhirnbahnen“ den Kleinhirnwurm größtenteils auf dem Wege des Corpus restiforme, wie die FLECHSIGSche Kleinhirnseitenstrangbahn und die Kleinhirnfasern aus GOLLSchem und BURDACHSchem Kern. Vom Kleinhirn aus gelangen sie über großzellige Bestandteile des Nucleus reticularis zu den motorischen Vordersäulenzellen des Rückenmarks (siehe Kleinhirn S. 133, 136).

Die Leitung der protopathischen Sensibilität, für die spinalen Hinterwurzelneuren der Tractus spino-tectalis und spino-thalamicus, wird für den Trigeminus (für die übrigen afferenten Kiemennerven ist darüber nichts bekannt) von der „sekundären Trigeminusbahn“ gebildet, die vom Kern des Trigeminus her im Areal der Substantia reticularis basal vom Locus caeruleus zum oberen Vierhügel und weiterhin als Bestandteil des FORELSchen Haubenfeldes zum Thalamus zieht. Ableitender Schenkel der Leitungsbögen sind die tecto- und thalamo-spinalen Bündel, sowie Anteile des Tractus reticulo-spinalis.

Die aufsteigenden Schenkel der Großhirnleitungsbögen, für die epikritische Sensibilität, ziehen von den Kernen der Radices descendentes als Fibrae arcuatae internae zur Mittellinie, überkreuzen diese unter Bildung der Raphe und treten in die mediale Schleife, Lemniscus medialis, Tractus bulbo-thalamicus ein, anschließend an die Fasern aus dem GOLLSchen und BURDACHSchen Strang (Abb. S. 81). Von dem einen absteigenden Schenkel aus dem Integrationsort Großhirnrinde, den Pyramidenbahnen zu den motorischen Kernen des Hirnstammes (Tractus cortico-bulbares) sei hier nur angeführt, daß, soweit diese Fasern rückgekreuzt werden, dies nicht in scharfem Knick geschieht wie bei der Pyramidenkreuzung der in das Rückenmark ziehenden Anteile, sondern indem die Fasern schon eine Strecke oberhalb des Kernes, an dessen Zellen sie enden, allmählich aus der Längsrichtung abweichen und unter sehr spitzen, nicht rechtem Winkel die Mittellinie gegen den Kern hin überschreiten, zum Teil als Fibrae perpendiculares pontis (S. 86). Alle Wurzelzellen der motorischen Hirnnerven erhalten gekreuzte Pyramidenfasern, ungekreuzte außerdem diejenigen, deren Muskeln im gewöhnlichen Geschehen nur beiderseits zugleich kontrahiert werden, also Kaumuskel, Schlundmuskeln, Stimm lippenmuskeln und mimische Muskeln an Auge, Stirn und Hinterhaupt (nicht aber mimische Muskeln des Mundes und der Wangen).

Die Umschaltstellen für die ableitenden Schenkel der Integrationsleitungsbögen sind gegeben im Nucleus ruber, im Thalamus und im Basalganglion.

Der Nucleus ruber (vgl. S. 89 und Tab. S. 110) ist eingeschaltet in die über das Basalganglion und die Kleinhirnkerne geführten ableitenden Schenkel der Integrationsbögen. Die in ihn eintretenden Anteile sind Tractus pallidoro-bralis (Abb. S. 113) und Brachium conjunctivum (Abb. S. 59, 135). Auf den Bahnen des Tractus rubro-spinalis (Abb. S. 59, 134) und — durch Vermittlung des Nucleus reticularis — des Tractus rubro-reticularis (Abb. S. 135) werden sie zu den motorischen Wurzelzellen weitergeführt. Jedoch erfolgt im Nucleus ruber nicht eine einfache Umschaltung, sondern eine wesentliche Änderung der durchpassierenden Impulse. Diese Umschaltstelle steht unter dem ständigen unmittelbaren Einfluß sowohl der Körperperipherie wie auch bestimmter Teile des Gehirns. Der Nucleus ruber (magnocellularis) erhält Kollaterale der medialen und lateralen Schleife und, nach physiologischen Experimenten zu schließen, Verbindungen vom Nervus vestibularis. Ferner gehen ihm Fasern zu vom oberen

Umschaltstellen des Integrationsapparates

Nucleus ruber!
Abb. S. 87, 90, 94, 98, 113, 134, 135, 59
Tab. S. 110
64, 108, 112, 114

Vierhügel und vom Großhirn (Tractus fronto-rubralis aus dem Operculum frontale zum Nucleus parvi-cellularis). Andererseits sendet der Nucleus ruber Fasern zum Großhirn (Tractus rubro-parietalis zum Operculum parietale), zum Thalamus (Tractus rubro-thalamicus durch FORELS Feld H₁) und zum Kleinhirn über die Olive (Tractus rubro-olivaris, Bestandteil der centralen Haubenbahn).

Der Nucleus ruber ist demnach eingeschaltet in die von den Integrationsorten Kleinhirn und Großhirn zu den motorischen Wurzelzellen führenden Leitungsschenkel, steht also im Dienste der Regelung der Bewegungen. Die Zerstörung oder Ausschaltung des Nucleus ruber führt zu einer Starre der Muskulatur („Enthirnungsstarre“ der Physiologie). Er übt also einen zügelnden Einfluß auf die Muskeltätigkeit. Andererseits wirkt er durch seine inneren Verbindungen zurück auf Großhirnrinde, Thalamus (und damit auf das Basalganglion) und Kleinhirn über die Olive. Er ist im Getriebe der Leitungsschenkel zur Muskulatur ein Knotenpunkt von größter Bedeutung.

Verbindungen des Nucleus ruber.

I. Afferente Leitungen.

1. Brachium conjunctivum, aus dem Kleinhirn $\begin{array}{c} \parallel \\ \times \end{array}$.
2. Aus Globus pallidus \parallel und $\begin{array}{c} \parallel \\ \times \end{array}$.
3. Aus Großhirnrinde (Frontallappen) \parallel .
4. Aus Thalamus \parallel und $\begin{array}{c} \parallel \\ \times \end{array}$.
5. Aus Nuclei n. vestibularis.
6. Aus Lemniscus med. et lat.

II. Efferente Leitungen.

Aus Nucleus magno-cellularis:

1. Tr. rubro-spinalis (MONAKOW), $\begin{array}{c} \times \\ \parallel \end{array}$ (Decuss. rubro-spinalis, FORELS ventrale Haubekreuzung).

Aus Nuclei parvicellulares:

2. Tr. rubro-reticularis \parallel und $\begin{array}{c} \parallel \\ \times \end{array}$.
3. Zum Thalamus \parallel .
4. Zu den Basalganglien via Thalamus \parallel und $\begin{array}{c} \parallel \\ \times \end{array}$.
5. Zur Großhirnrinde (Parietallappen).
6. Zu den Olivenkernen (centrale Haubenbahn).

Thalamus
Abb. S. 113,
59, 169, 171,
199
Tab. S. 112,
108, 110,
114, 65

Weit umfänglicher als der Nucleus ruber, weit verbindungsreicher, aber auch weniger erforscht und seiner Bedeutung nach weniger bekannt ist der Thalamus (vgl. S. 91 und Tab. S. 112). Sicherlich enthält er einen Urhirnanteil, mindestens in seinem Nucleus anterior (d a), in welchen Riechbahnen eintreten (Tractus mamillo-thalamicus (VICQ D'AZYR), auch unmittelbar aus der Gegend des Trigonum olfactorium). Welche Teile sonst noch dem Urhirn zugehören, ist nicht bekannt. Der ganz überwiegenden Masse nach gehört der Thalamus jedenfalls zum Neuhirn.

Der Thalamus ist eingeschaltet in Leitungsbögen des Integrationsortes Großhirn, und zwar in die zuführenden sowie in einen der abführenden Schenkel. Im Thalamus werden umgeschaltet, und zwar in ventralen Abschnitten seiner Kerngruppen (v b, v a, d m b): Tractus spino-thalamicus und Tractus bulbo-thalamicus (Lemniscus medialis) (Abb. 59, blau bzw. gelb). Von hier aus werden sie, wahrscheinlich in verringerter Zahl, hauptsächlich zum Gyrus post-centralis (und praecentralis) fortgeführt.

Andererseits geht über den Thalamus der Leitungsschenkel, welcher über das Basalganglion geführt ist. Aus dem Gyrus praecentralis, der Ursprungsstätte der Pyramidenbahn, und aus mittlerer und unterer Stirnwindung ziehen die

Fasern über den medialen Hauptkern (d m a) zu ventralen Kernen: vt und besonders vm und Nucleus campi Foreli, von dort zum Basalganglion weiter (Abb. S. 113).

Zahlreiche intrathalamische Assoziationsneuren verbinden die Kerne des Thalamus untereinander und machen ihn zu einer funktionellen Einheit. Dank seiner Verbindungen kann man sich von seiner Bedeutung folgende Vorstellung machen. Der Thalamus ist eingeschaltet in alle zum Großhirn führenden Leitungswege mit Ausnahme der Seh- und Hörbahn: keine Leitung exterozeptiver Reize aus Haut und Schleimhäuten (Tractus bulbo-thalamicus), vielleicht auch propriozeptiver Reize aus der Muskulatur, soweit sie dem Integrationsort Großhirnrinde zugeführt werden, die nicht im Thalamus eine Umschaltung erföhre. Von den gleichen Großhirngebieten, zu denen diese Leitungen weiterziehen (Umgebung des Sulcus centralis Rolandi), gehen Bahnen zum Thalamus zurück, ebenso von anderen Teilen der Großhirnrinde, sicher aus der mittleren und unteren Stirnwindung. Diese rückläufige cortico-thalamische Verbindung mag in dem Sinne auf die Umschaltstelle im Thalamus wirken, daß die Erregungen leichter oder schwerer, vielleicht garnicht zu dem Integrationsort Großhirnrinde weitergeleitet werden: stärkeres oder geringeres Aufmerken, Schlaf. — Andererseits ist der Thalamus eingeschaltet in die absteigende Bahn über das Basalganglion. Auch von diesem geht eine rückläufige Verbindung zum Thalamus, eine zweite von der weiteren Umschaltstelle dieser Bahn im Nucleus ruber (Tractus rubro-thalamicus). Ferner hat das Kleinhirn auf dem Wege des Brachium conjunctivum und des Nucleus ruber eine Verbindung zum Thalamus. Die Umschaltstelle Thalamus in der absteigenden, motorischen Leitung erhält also ständig Impulse von anderen „motorischen Zentren“, wird ständig über deren Tätigkeit unterrichtet. In gleicher Art ist der Thalamus mit demjenigen Gebiete der Großhirnrinde verbunden durch eine thalamo-corticale Bahn, von welchem der Leitungsbogen über Thalamus und Basalganglion ausgeht. — Bei dem gewaltigen Umfange des Thalamus ist jedoch zu vermuten, daß er noch mit großen anderen Teilen der Großhirnrinde durch doppelläufige Verbindungen in Wechselbeziehung steht. Den übrigen Umschaltstellen gegenüber, die entweder in die afferenten oder in die efferenten Schenkel der Leitungsbögen eingefügt sind, erhält der Thalamus seine Sonderstellung dadurch, daß er in beide Leitungsschenkel eingeschaltet ist, in alle afferenten Leitungen zur Großhirnrinde (mit Ausnahme von Seh- und Hörbahn) und in den efferenten über das Basalganglion.

Das Basalganglion ist durch die Fasermasse der Capsula interna unvollständig in Nucleus caudatus und Nucleus lentiformis unterteilt, so daß die äußere Schicht des Linsenkerns, das Putamen, mit dem Kopf des Schweifkerns, meist auch mit der Spitze seines Schweifes noch in Verbindung bleibt, und beide am vorderen und hinteren Pol des Linsenkerns die alte Einheit bewahren, die auch in ihrer Farbe und dem histologischen Bau zum Ausdruck kommt. In beidem unterscheiden sie sich durchaus von dem inneren Abschnitt des Linsenkerns, der seiner bleicheren Farbe wegen Globus pallidus genannt wird. Neuerdings hat man sich gewöhnt, die beiden nach Farbe, Bau und Faserverbindungen verschiedenen Abteilungen des Basalganglions einander als „Striatum“ und „Pallidum“ gegenüberzustellen. Das Pallidum wird als der stammesgeschichtlich ältere Teil betrachtet. Zum Pallidum gehört noch das Corpus subthalamicum Luysi und die „rote Zone“ der Substantia nigra. Deren schwarze Zone ist dem Striatum zuzurechnen.

Das Striatum (Nucleus caudatus und Putamen) erhält seine zuführenden Fasern aus der Großhirnrinde über ventrale Kernabschnitte des Thalamus der gleichen und der Gegenseite (Abb. S. 113). Die Fasern enden an den kleinen Striatumzellen des 2. GOLGischen Typs, deren Neuriten sich um die großen

Basalganglion
Abb. S. 113,
199
Tab. S. 114,
100, 110,
112

Kerne des Thalamus (vgl. S. 92).

caudal: dorsale Kerne: dp (Pulvinar) dma, dmb (Centre médian), dl <i>medial</i> → <i>lateral</i> ventrale Kerne: va, vb (Nucl. arcuatus), vc	frontal: da (Nucl. ant.) <i>medial</i> → <i>lateral</i> vm (mit ncF), vt (vtm, vtl)
--	--

Faserbeziehungen des Thalamus (vgl. S. 110).

Es sind nur die sicher oder wenigstens einigermaßen sicher nachgewiesenen Verbindungen aufgeführt.

Kern	Thalamo-petale Fasern	Thalamofugale Fasern
dp	1. Aus Area striata des Lob. occipitalis 2. Aus Netzhaut via Tract. opticus?	Zur Area striata?
dma	1. Aus Gyrus praecentralis 2. Aus Gyrus frontalis med. et inf. 3. Aus vorderen Inselwindungen? 4. Aus Nucl. ruber und Kleinhirn	(Zu Kern vm und vt)
dmb	Wie va und vb	
dl	Haubenbahnen, besonders aus Nucl. ruber	
da	1. Aus Trigonum olfactorium 2. Tract. mamillo-thalamicus (VICQ D'AZVR)	
va vb (s. auch dmb)	1. Tract. spino-thalamicus 2. Tract. bulbo-thalamicus (Lemniscus med.) aus den segmentalen Nerven hauptsächlich zu vb aus dem Trigemini hauptsächlich zu va 3. Aus Kleinhirn 4. Aus Großhirn (Regio centralis)	Zum Gyrus postcentralis (und praecentralis)
vc	?	?
vm mit ncF	1. Aus Großhirn über dma 2. Aus Globus pallidus	} Zu Pallidum und Striatum
vt	1. Wie vm 2. Haubenbündel H (FOREL)	

Außerdem folgende Leitungen, deren Beziehungen zu den einzelnen Kernen nicht bekannt sind:

1. Corona radiata, Stabkranz des Thalamus (S. 170): wahrscheinlich doppelläufige Verbindungen mit allen Teilen der Großhirnrinde (des Novopallium, nicht des Riechhirns, vgl. oben Kern da), vielleicht mit Ausnahme des Gyrus supramarginalis und angularis (FLECHSIG).

2. Zum Nucleus ruber.

3. Zu den Olivenkernen (centrale Haubenbahn).

Striatumzellen des DEITERSschen Typs aufsplittern. Deren Neuriten ziehen durch die Capsula externa und das äußere Markblatt des Linsenkerns (zwischen Putamen und Globus pallidus) zum Pallidum, in dem sie ihr Ende finden.

Diese strio-pallidären Fasern (Abb. S. 113) stellen die eine Zuleitung zum Pallidum dar. Eine andere hat den gleichen Ursprung im Thalamus wie die thalamo-striäre Faserung. Die efferenten Fasern ziehen außer zum gegenseitigen Pallidum vor allen Dingen zu den Mittelhirnanteilen des Nucleus reticularis: zum Nucleus ruber der gleichen und der Gegenseite, zum gleichseitigen Nucleus commissurae posterioris (DARKSCHEWITSCH) und, via Commissura posterior, zum

gegenseitigen Nucleus interstitialis (CAJAL). Über diese Kerne erreicht die pallido-fugale Bahn durch den Tractus reticulo-spinalis die motorischen Wurzelzellen.

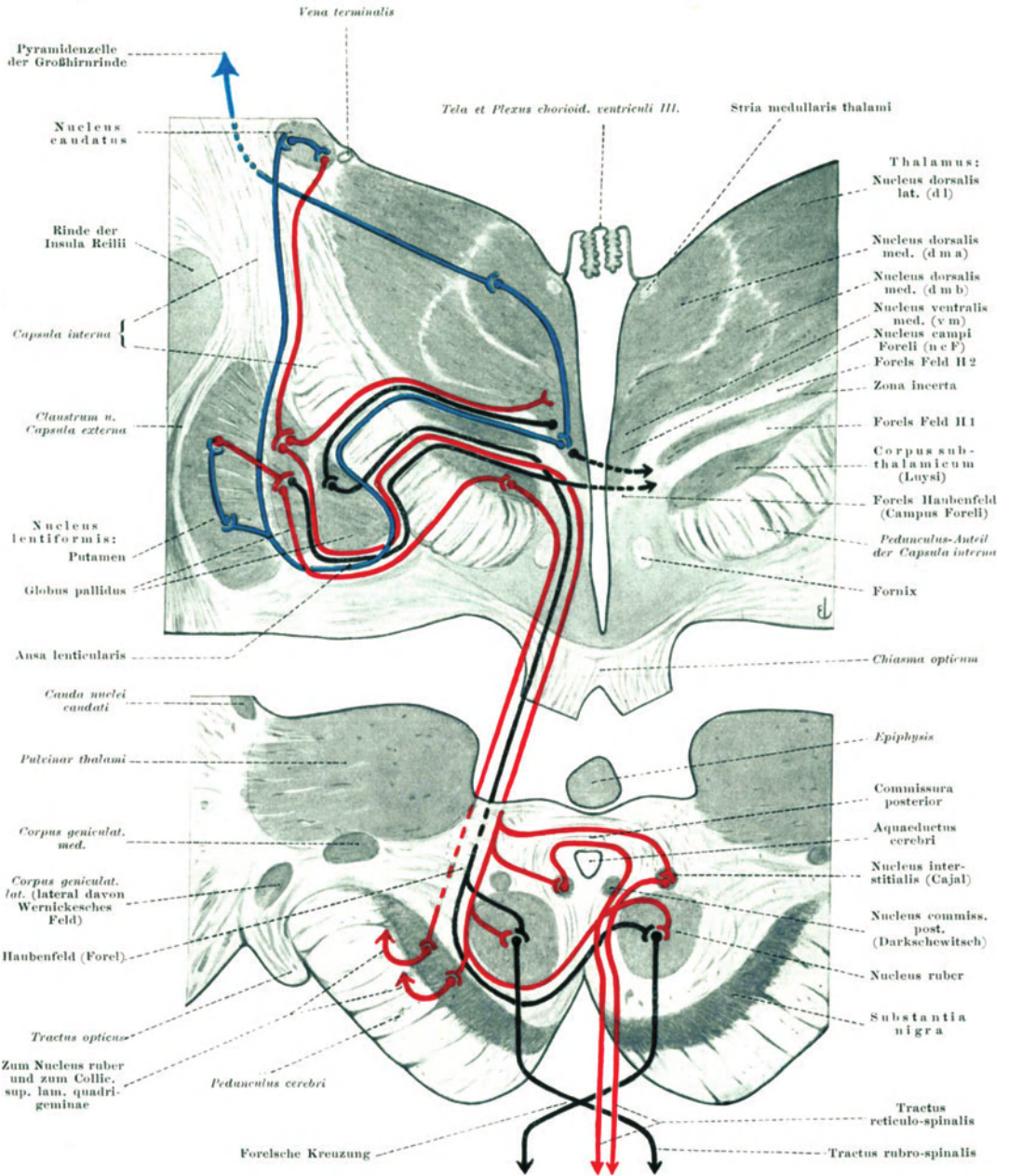


Abb. 78. Faserbeziehungen des Pallidum und des Striatum, halbschematisch. Urhirn-Leitungsbogen, nur über den Globus pallidus, schwarz. Neuhirn-Leitungsbogen, über Putamen bzw. Nucl. caudatus, blau (strio-petaler Schenkel) und rot (strio-fugaler Schenkel).

Andere pallido-fugale Fasern ziehen in der Linsenkernschlinge (Ansa lenticularis) zum Corpus subthalamicum (LUYSS) und von dort zur Substantia nigra,

andere unmittelbar zur Substantia nigra, die ihrerseits ihre efferenten Fasern in den Integrationsort des vorderen Vierhügels sendet. Auch zum Thalamus der gleichen und der Gegenseite ziehen Fasern aus dem Pallidum, zu den gleichen Kernen, aus denen die thalamo-striäre und die thalamo-pallidäre Faserung ihren Ursprung nimmt. So wirkt das Pallidum auch auf den Thalamus zurück.

Im ganzen betrachtet stellt sich das Basalganglion als ein centrales Organ der Motilität dar ähnlich dem Nucleus ruber, jedoch mit anderer Bedeutung. Wie dieser wirkt es ein auf das Getriebe der motorischen Wurzelzellen, Funktionsausfall im Basalganglion muß demnach Änderung des „Tonus“ der Muskulatur zur Folge haben. Nach seinen Verbindungen und seinen Funktionen ist der Urhirnanteil (Pallidum) vom Neuhirnanteil (Striatum) zu unterscheiden. Der Urhirnanteil (Abb. S. 113, schwarz) ist im Thalamus wahrscheinlich angeschlossen an die Leitung der protopathischen Sensibilität (Tractus spino-thalamicus) und darf als dem Integrationsort im vorderen Vierhügel zugehöriger Teil des Integrationsapparates des Urhirns angesehen werden. Anders der Neuhirnanteil, das Striatum: es erhält seine Impulse aus der Großhirnrinde über den Thalamus, gibt sie aber nicht unmittelbar an den motorischen Haubenkern weiter, sondern durch Vermittlung des Pallidum. Alle den motorischen Wurzelzellen der Hirn- und Rückenmarksnerven aus der Großhirnrinde zugeleiteten Impulse werden im Nebenschluß über das Striatum geführt. Dieser Nebenschluß bedingt die unwillkürlichen Mitbewegungen, die mit jeder Bewegung einhergehen und die individuelle Art jeglicher Bewegung beim einzelnen Menschen bestimmen. Auf eine ganz kurze Formel gebracht ist demnach die Funktion des Basalganglions im Gesamtgetriebe des Centralnervensystems die des „Centrums“ für die individuellen Mitbewegungen, des Centrums für das Gebärdenspiel, das in der Gesamtbewegung und in der Gesamthaltung sich

Verbindungen des Basalganglions.

	Afferente Leitungen	Efferente Leitungen
I. Pallidum Globus pallidus des Nucl. lentiformis	1. Aus Thalamus (u. × ?) 2. Aus Striatum	1. Zum Thalamus u. × 2. Zum Corpus subthalamicum (Luyssi) u. × 3. Zum Pallidum der Gegenseite 4. Zur Substantia nigra 5. Zum Nucl. ruber u. × 6. Zum Nucl. commissurae post. 7. Zum Nucl. interstitialis ×
Corpus subthalamicum (Luyssi)	Aus Pallidum u. ×	Zur Substantia nigra
Substantia nigra Söm- merringi (rote Zone)	1. Aus Pallidum 2. Aus Corpus subthalam. 3. Aus Collic. sup. lam. quadrigem. × 4. Aus Lemniscus med. et lat. 5. Aus Seh- und Riehbahn	1. Zum Nucl. ruber × 2. Zum Collic. sup. lam. quadrigem.
II. Striatum Putamen des Nucl. lentiformis Nucleus caudatus	Aus Großhirnrinde über den Thalamus	Zum Globus pallidus
Substantia nigra (schwarze Zone)	Aus Großhirnrinde. (Aus Globus pallidus ?)	Zum Globus pallidus. (Zur Großhirnrinde ?)

äußert und den Bewegungen jedes Menschen die individuelle Note gibt, kurz, es ist das Centrum des persönlichen Gehabens. Dabei ist das Striatum dem phylogenetisch jüngeren und ontogenetisch früher in Funktion tretenden Pallidum übergeschaltet: anatomisch dadurch, daß die striofugalen Fasern erst über das Pallidum zur Peripherie geführt werden und nicht unmittelbar; funktionell dadurch, daß das Striatum im Sinne einer Zügelung auf das Pallidum wirkt.

Zum Basalganglion gehört auch die Substantia nigra Sömmerringi. Ihr Urhirnanteil steht in Beziehung zum Integrationsort im Mittelhirndach: die eine abführende Bahn vom oberen Vierhügel führt über die Substantia nigra der Gegenseite, von hier aus zum gleichseitigen Nucleus ruber magnocellularis und durch den Tractus rubro-spinalis und rubro-reticularis zu den motorischen Wurzelzellen. Eine rückläufige Verbindung führt von der Substantia nigra zum Colliculus superior zurück. Außerdem erhält die Substantia nigra Kollateralen der Schleifenbahnen (Lemniscus medialis und lateralis) und Fasern der Seh- und Riechbahnen. — Ihr Neuhirnanteil erhält Fasern von der Großhirnrinde (aus dem Operculum frontale, parietale und temporale) und entsendet Fasern zum Globus pallidus (Abb. S. 113). Beide Verbindungen sind doppel­läufig. Da als ableitende Wege lediglich die allerdings zahlreichen Züge zum Nucleus ruber bekannt sind, so bleibt die morphologische wie funktionelle Stellung des Neuhirnanteils der Substantia nigra noch sehr unklar.

2. Das Kleinhirn (Cerebellum).

a) Allgemeine Morphologie.

Das Kleinhirn steht ausschließlich im Dienste der Motilität, ist das centrale Organ für alle geordneten Bewegungen der Skelettmuskulatur. Ausgenommen sind nur die niederen Reflexbewegungen, und auch diese verlaufen bei Schädigungen des Kleinhirns nicht ungestört, weil die Muskeln die Impulse aus dem Kleinhirn nicht erhalten und ihr Tonus herabgesetzt ist (vgl. Abb. S. 59). Die Rolle des Kleinhirns im Spiel der Bewegungen läßt sich zusammenfassen in seinen Hauptleistungen, der Synergie und Eumetrie der Bewegungen, d. h. der richtigen Zusammenarbeit von Agonisten, Synergisten und Antagonisten nach Zahl und Maß, bei gewollten wie ungewollten Bewegungen, der Auswahl und der feinen Abstimmung der an der Bewegung beteiligten Muskeln. Dazu gehört die Erhaltung des Tonus der Muskulatur, jener Spannung, ohne welche eine geordnete Bewegung nicht möglich ist, dazu die Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes („Statotonus“).

Dem Kleinhirn werden ununterbrochen Erregungen zugeführt aus der gesamten Körperperipherie, allen Teilen des Bewegungsapparates, aus den Sinnesorganen, ganz besonders dem Gleichgewichtsorgan, und aus der Haut. Außerdem werden die motorischen Impulse aus dem Großhirn teils im Hauptwege, teils im Nebenschluß durch Kollateralen, über das Kleinhirn geführt. Diese zweite Kategorie von Zuflüssen des Kleinhirns ist Neuerwerb der Säugetiere, welche allein unter allen Wirbeltieren über eine ausgebildete Großhirnrinde verfügen. Durch sie ist das Kleinhirn der Säuger grundsätzlich verschieden von dem der übrigen Wirbeltiere: diese neencephalen Zuflüsse endigen in neuen Teilen des Kleinhirns, die den übrigen Formen fehlen. Sie sind paarig wie die Hemisphären des Großhirns, sie werden erzeugt durch mächtige Entfaltung des allen Wirbeltieren einschließlich der Säuger gemeinsamen Urkleinhirns, der Endigungsstätte der paläencephalen und spinalen Fasern. Danach gliedert sich auch das Kleinhirn des Menschen in ein unpaares Priscoerebellum und ein paariges Novocerebellum, jedes gekennzeichnet durch

seine Faserbezüge aus dem Urhirn bzw. Neuhirn. Die anatomische Nomenklatur hat dafür den altertümlichen Namen *Vermis cerebelli* und die Bezeichnung *Hemisphaeria cerebelli*.

In einfachster Gestalt zeigen das Kleinhirn die Amphibien (Abb. S. 6). Hier ist es eine frontal gestellte Leiste am Vorderende des Hinterhirndaches, caudal vom Mittelhirn. Diese Kleinhirnleiste erhebt sich vorn und seitlich allmählich aus der Seitenwand des Hinterhirns und geht mit scharfem Rande in die dünne Decke der 4. Hirnkammer, die *Lamina epithelialis der Tela chorioidea ventriculi IV.*, über. Auch beim Säugerembryo in solcher Form angelegt (Abb. S. 8, 9, 10), erfährt diese Platte in der sagittalen und transversalen Richtung eine mächtige Verdickung, welche an der Außenfläche zur Krümmung, an der Ventrikelfläche zur Einknickung führt wie die Entfaltung eines gestielten Fächers (Abb. S. 11) (*Vermis cerebelli* und *Fastigium ventriculi IV.*). Die alten Zusammenhänge des Kleinhirns als eines Teils des Hinterhirndaches bleiben gewahrt, nach rückwärts setzt es sich in die *Tela chorioidea* des 4. Ventrikels, nach vorn in das Mittelhirn, zur Seite in das Hinterhirn fort. Aber durch die Einlagerung der mächtigen Fasermassen, welche zu ihm hin und von ihm weg sich entwickeln, werden die ursprünglich unmerklichen Übergänge zum Hinterhirn zu dicken Strängen umgewandelt, welche in ihrer Hauptmasse aus den afferenten Fasern aus Palä- und Neencephalon und den efferenten Fasern zu dem motorischen Haubenkern in Mittel- und Hinterhirn gebildet sind. So weist das ausgebildete Kleinhirn jederseits drei entsprechende „Stiele“ auf (Abb. S. 69, 70, 73): das *Crus cerebelli ad medullam oblongatam*, gewöhnlich *Corpus restiforme* benannt, mit den afferenten paläencephalen und spinalen Fasern, das *Crus cerebelli ad pontem*, den Brückenarm, mit den cerebellopetalen neencephalen Fasern, und das *Crus ad mesencephalon* oder *Brachium conjunctivum*, das Bündel cerebellofugaler Fasern zum Mittelhirn. Entsprechend der Lage und Entfaltung der ursprünglichen Kleinhirnplatte treten diese Stiele vorn, vor der Ebene des *Fastigium*, in das Kleinhirn ein. Rückwärts von dieser frontalen Ebene bleibt die Verbindung mit dem Hinterhirn durch die aus der dünnen Decke der embryonalen 4. Hirnkammer hervorgegangene *Lamina epithelialis der Tela chorioidea* erhalten.

Das Kleinhirn als Ganzes weist eine obere und eine untere Fläche auf: Die obere, bei aufrechter Haltung des Kopfes horizontal liegend, ist den Hinterhauptslappen des Großhirns bzw. dem Tentorium zugewendet, ist dementsprechend fast plan und senkt sich nach den Seiten hin sanft wie ein flaches Dach. Die untere Fläche ist konvex entsprechend den *Fossae cerebellares* des *Os occipitale* und umgreift mit ihren caudalen Teilen die Seitenwand der *Medulla oblongata*. Die beiden Anteile, Ur- und Neukleinhirn, sind auf der oberen Fläche nur undeutlich gegeneinander abgesetzt, an der Unterfläche durch eine tiefe Furche, *Sulcus paramedianus*, geschieden (Abb. S. 71, nicht bezeichnet). Im Bereiche der oberen Fläche ist das Urkleinhirn ein wenig erhaben über die Hemisphären, an der unteren Fläche ist es von den hier mächtig entwickelten Neukleinhirnhälften überwachsen und in eine tiefe Grube zwischen ihnen, *Vallecula* oder *Incisura posterior*, versenkt.

Der der Seitenwand der *Medulla oblongata* anliegende Teil jeder Hemisphäre ragt nach caudal etwas über die Unterfläche der Hemisphäre vor wie ein stumpfer Fortsatz. Eine flache Furche trennt diesen Teil von der Unterfläche der übrigen Hemisphäre (Abb. S. 134 bei dem Monogramm E. L., in Abb. S. 71 rechts davon). Die Furche entspricht der wulstigen Erhebung an der inneren Schädelbasis zwischen *Foramen occipitale magnum* und *Sulcus sigmoides*. Der Fortsatz der Kleinhirnhemisphäre ragt nicht tiefer als bis zur Höhe des *Canalis hypoglossi* und erreicht beim Lebenden jedenfalls niemals

das Foramen occipitale selber oder gar den Anfang des Wirbelkanals. In den Kleinhirnbrückenwinkel legt sich das Tuberculum jugulare.

Der Oberfläche des ganzen Kleinhirns geben zahlreiche Furchen ihr für alle Säugetierkleinhirne charakteristisches Gepräge (Abb. S. 190). Sie schneiden sehr verschieden tief ein, die tiefsten fast bis auf den Ventrikel, so daß nur eine dünne Markschicht, Corpus medullare, ungeteilt bleibt (Abb. S. 70). Die tiefsten Furchen sind mit besonderen Namen belegt worden (siehe Tab. S. 121), ebenso die von ihnen begrenzten Lappen. Nur eine von ihnen hat grundsätzliche morphologische Bedeutung. Sie fehlt an keinem Säugerkleinhirn und trennt die Gebiete ab, welche mit dem segmentierten und unsegmentierten Körperabschnitt

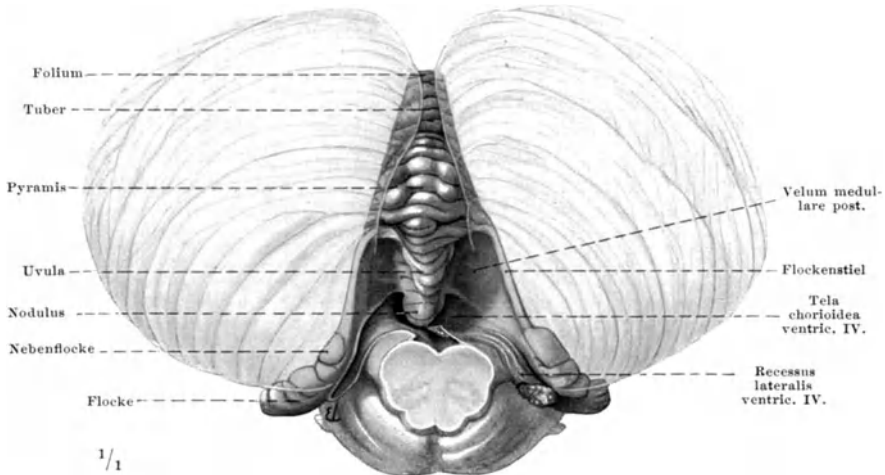


Abb. 79. Urkleinhirn des Menschen, Ansicht von caudal. Neukleinhirn nur angedeutet, die Tonsillen ganz weggelassen. Auf der rechten Seite ist die Tela chorioidea des vierten Ventrikels erhalten, auf der linken Seite entfernt, so daß ihre Grenzlinie als Taenia chorioidea sichtbar ist.

in Beziehung stehen. Sie ist zugleich die erste Furche, welche in der Entwicklung des Kleinhirns auftritt, worin der Ausdruck ihrer kardinalen Stellung gegenüber den übrigen Furchen erblickt werden darf. Sie wird Sulcus principalis oder Sulcus primarius genannt (Abb. S. 70, 69, 77, 119). Alle anderen Furchen, besonders die des Neukleinhirns, lassen sich bei den verschiedenen Säugetierformen so wenig vergleichen wie die Furchen des Großhirns. Die Oberflächen-gestaltung auch des Kleinhirns unterliegt bei den verschiedenen Ordnungen der Säugetiere, und vollends bei den verschiedenen Klassen der Wirbeltiere überhaupt, verschiedener Gesetzlichkeit. Wohl läßt sich am Kleinhirn der Säuger wie beim Großhirn ein Grundtypus der Furchen und Windungen aufstellen, auf welchen die Einzeltypen mit weniger oder mehr Gewalt zurückgeführt werden können. Aber dieser Typus hat nur Wert für eine Klassifikation der äußeren Erscheinungen im Sinne der alten Typenlehre, nicht jedoch kommt ihm wirkliche morphologische Bedeutung als Ausdruck stammesgeschichtlicher Verwandtschaft, als Auswirkung historischer Kausalität zu. Daraus rechtfertigt sich die Beibehaltung der überlieferten Namen für Windungen und Furchen am Kleinhirn des Menschen, und nur insoweit sei den von verschiedenen Seiten vorgeschlagenen neuen Bezeichnungen Raum gegeben als der oft allzuweit getriebene Versuch einer morphologischen Betrachtung über die reine Beschreibung hinaus wirklich gerechtfertigt erscheint. Die Entwicklungsgeschichte, soweit sie bisher bekannt ist, läßt bei der morphologischen

Betrachtung fast ganz im Stich. Zwar treten die Windungen am Urkleinhirn etwas früher auf als am Neukleinhirn, aber Neu- und Urkleinhirn im ganzen sind der Anlage und der Zeit der ersten Ausgestaltung nach nicht nennenswert verschieden, und die feinere Ausgestaltung der Oberfläche schreitet wie die Bildung der Markscheiden ohne Rücksicht auf anatomische oder funktionelle Grenzen von vorn nach rückwärts fort. Immerhin ist das Urkleinhirn stets ein wenig in seiner Entwicklung voraus, besonders bei der endgültigen Ausgestaltung der Rinde.

Urkleinhirn
Abb. S. 117,
125
Tab. S. 121

Das Urkleinhirn, *Priscocerebellum*, ist seiner äußeren Form nach schon von GALENOS mit einem eingerollten Seidenwurm (*Vermis bombycinus*) verglichen worden. Jedoch besteht es nicht aus diesem unpaaren Teil allein. Seinem hinteren Abschnitt ist seitlich ein paariges Gebilde angefügt, die *Formatio floccularis*, welche beim Menschen durch die mächtige Entwicklung des Neukleinhirns tief nach abwärts und weit nach seitwärts verdrängt ist (Abb. S. 176, 66). Unpaarer wie paariger Teil erweisen sich als Urkleinhirn durch die Endigungen der aus Rückenmark, Hirnstamm und Sinnes-, besonders Gleichgewichtsnerve eintretenden Fasersysteme (siehe S. 133). Nur so läßt sich die Unterscheidung von Ur- und Neukleinhirn überhaupt rechtfertigen. In der Ontogenese des Menschen treten beide gleichzeitig auf, und die *Formatio floccularis* erscheint äußerlich als Teil des Neukleinhirns. Die latente Zusammengehörigkeit von Flocke und Wurm offenbart sich bei der „gekreuzten cerebro-cerebellaren Atrophie“, bei welcher Flocke und Wurm intakt bleiben, hingegen die ganze Hemisphäre atrophisch wird (Abb. S. 138).

Vermis

Der mittlere unpaare Teil, der „Wurm“, *Vermis*, der alten Bezeichnungsweise, wird durch den tiefen *Sulcus primarius* in einen vorderen und hinteren Abschnitt zerlegt, welcher sich in allen Säugerkleinhirnen findet und in der Embryonalentwicklung auch des Menschen als erster auftritt. Die Unterteilung ist äußerlich weniger deutlich als auf dem Sagittalschnitt (Abb. S. 70, 77), der zugleich den Aufbau aus weißem Mark und grauer Rinde offenbart. An ihm zeigt sich, daß der *Sulcus primarius* bis an das *Corpus medullare* einschneidet und es in 2 Hauptmarklamellen, für den vorderen und den hinteren Teil, trennt (vertikales und horizontales Markblatt).

Seit alters her ist das Bild des Sagittalschnittes als Lebensbaum, *Arbor vitae*, bezeichnet und jeder seiner Hauptzweige mit Namen belegt worden (Abb. S. 70): *Lingula*, *Lobulus centralis*, *Culmen*, *Declive*, *Folium*, *Tuber*, *Pyramis*, *Uvula*, *Nodulus* (siehe Tab. S. 121). Die 3 Abschnitte *Declive*, *Folium* und *Tuber* bilden anatomisch und entwicklungsgeschichtlich einen einheitlichen Lappen — er sei *Anfractus vermis* genannt — daher die starke Variabilität der 3 Anteile dieses Lappens, dessen übliche Unterteilung nicht aufrecht erhalten werden kann.

Formatio
floccularis

Der paarige Teil des Urkleinhirns, die *Formatio floccularis*, eine beim Menschen nur gering entwickelte Endigungsstätte von Fasern des Gleichgewichtsnerve, besteht aus 2 Anteilen, der Flocke, *Flocculus*, und der Nebenflocke, *Flocculus secundarius* (*Paraflocculus*, Abb. S. 117, 70). Die Flocke wird von kurzen, mit ihren Enden gegeneinander gekrümmten Blättern gebildet. Die Nebenflocke, häufig nur aus einem einzigen plumperen Blatte bestehend, ist ihr dorsal, ursprünglich kranial angeschlossen und schmiegt sich an den Brückenarm des Kleinhirns an. Bei der Verdrängung der *Formatio floccularis* durch das Neukleinhirn ist ein Teil des Urkleinhirns beiderseits zu einer dünnen, markhaltigen Nervenfasern enthaltenden Lamelle ausgezogen worden, dem *Velum medullare posterius*, dessen Beziehungen zum Mittelteil, zur *Formatio floccularis* und zum Dach der 4. Hirnkammer, der *Tela chorioidea*, aus

Abb. S. 117, 71 ersichtlich sind. Es bildet die caudale Wand der 4. Hirnkammer vom Fastigium nach abwärts (siehe S. 72). Durch einen Teil des Neukleinhirns, die Tonsille, ist es stark eingedellt (Abb. S. 117), so daß es für diese eine tiefe Grube bildet („Nidus avis“).

Nicht selten erinnert eine rudimentäre Windung auf dem Velum medullare posterius an die ursprüngliche Kleinhirnnatur dieser dünnen Lamelle (Abb. S. 125, Nr. 81).

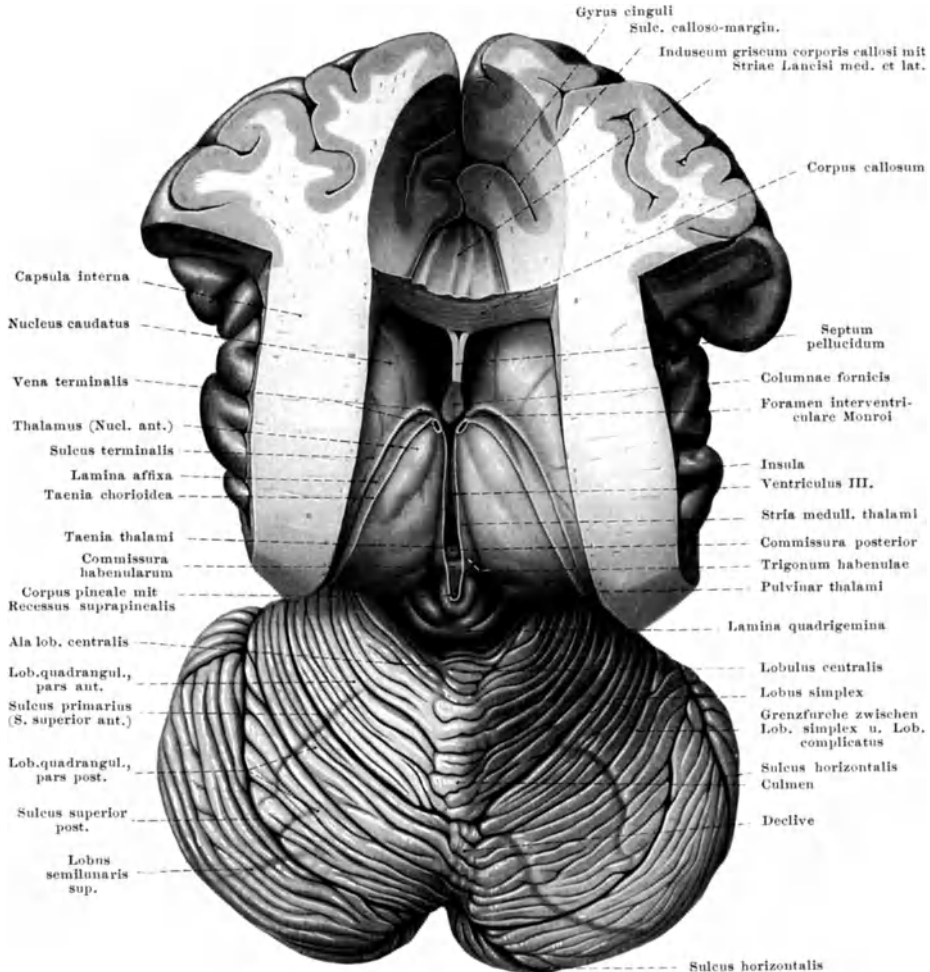


Abb. 80. Kleinhirn, Mittel- und Zwischenhirn von dorsal. Großhirnhemisphären, Balken, Fornix größtenteils abgetragen, Telae chorioideae der Seitenventrikel und des 3. Ventrikels weggenommen, so daß nur noch die Taeniae chorioideae stehen. Die Oberfläche des Thalamus zwischen Taenia chorioidea ventriculi III. und Taenia chor. ventric. lateralis war mit Pia mater überkleidet (vgl. Abb. S. 90, 92).

Mit der Verlagerung der *Formatio floccularis* nach seit- und abwärts steht das Ausladen des *Recessus lateralis ventriculi IV.* nach basal in Zusammenhang: seine Vorderwand wird von der *Formatio floccularis* gebildet (Abb. S. 117).

Das Neukleinhirn, *Novocerebellum*, bildet beim Menschen den weitest aus größten Teil des ganzen Kleinhirns. Ihrer einigermaßen halbkugeligen Gestalt wegen sind seine beiden Hälften mit der Bezeichnung *Hemisphaeria cerebelli* belegt worden. Wie das Urkleinhirn wird es von zahlreichen individuell und zwischen rechts und links sehr variablen Furchen durchzogen,

Neukleinhirn, Hemisphären
Abb. S. 66, 70, 71, 117, 119, 125
Tab. S. 122

welche zum Teil diejenigen des Urkleinhirns nach den Seiten zu fortsetzen. Vor allen Dingen läuft beim Menschen wie bei den Säugetieren der Sulcus primarius durch das Neukleinhirn durch (Abb. S. 119) und teilt auch dieses in einen kleineren vorderen und einen sehr viel mächtigeren hinteren Abschnitt, den Lobus anterior und posterior. In beiden endigen nur aus dem Neuhirn stammende Bahnen (siehe S. 138), aber ihrem äußeren Bau nach sind sie verschieden.

Den Lobus anterior kennzeichnen Furchen, welche parallel zueinander vom Urkleinhirn bis zur Fossa lateralis des Neukleinhirns einer dreieckigen Grube dorsal dem Flocculus (Abb. S. 68, 66, nicht bezeichnet) am Brückenarm durchlaufen, auch über das Urkleinhirn hinweg zur anderen Seite. Gegen dieses biegen sie ein wenig caudalwärts ab, und bilden neben ihm eine seichte Grenzfurche. Entsprechend den parallel verlaufenden Furchen zeigt die Oberfläche parallele schmale Windungen (Abb. S. 119). Kennzeichnend für den Lobus anterior ist, daß die Sohle des Sulcus primarius wie die seiner übrigen Furchen nicht von Windungen überkreuzt wird. Ausnahmen davon sind selten.

Der Lobus posterior zeigt eine andere Anordnung der Furchen und Windungen. Nur der an den Sulcus primarius anschließende Teil weist noch den einfachen Bau des Lobus anterior auf, auch hier laufen parallele Windungen von der Fossa lateralis bis zum Urkleinhirn durch, sind gegen dieses nur stärker abgelenkt als im Lobus anterior. Höchstens 5 Windungen zeigen dieses Verhalten (Abb. S. 119). Die weiter caudalwärts anschließenden erreichen nicht mehr unmittelbar die Fossa lateralis, sondern senken sich in die Tiefe einer großen, dem Sulcus primarius annähernd parallel ziehenden Furche (Sulcus superior posterior) der Hemisphärenoberfläche, überschreiten deren Grund, gelangen an das caudale Ufer der Furche und laufen an diesem weiter. Die Windungen jenseits des Sulcus posterior tauchen nicht mit ihren lateralen, sondern mit ihren medialen Enden in dessen Tiefe. Und so weist der ganze Lobus posterior dieses kompliziertere Windungsverhalten auf, alle Windungen treten irgendwann in die Tiefe von Furchen und überschreiten zum Teil deren Grund, besonders den des Sulcus horizontalis, der tiefen Furche, welche von der Spitze der Fossa lateralis am Brückenarm beginnend in die Unterflache der Hemisphäre einschneidend gegen den Wurm zieht, erst in dessen Nähe auf die obere Fläche übertretend (Abb. S. 68, 71, 119). Zudem gehen keineswegs alle Furchen in die des zugehörigen Urkleinhirnabschnittes über — sie sind sehr viel zahlreicher als diese, auch kommen vielfach Asymmetrien vor, z. B. Abb. S. 119, Lobus simplex —, und eine tiefe Fissura paramediana grenzt im Bereiche des Lobus posterior Neukleinhirn und Urkleinhirn gegeneinander ab (Abb. S. 71).

Wegen seines einfachen Windungsbaues wird der schmale vorderste Abschnitt des Lobus posterior, der an den Sulcus primarius angrenzt, als Lobus simplex dem weitaus mächtigeren Lobus complicatus gegenübergestellt. Obwohl keine sonderlich deutliche Grenze zwischen beiden besteht, ist ihre Unterscheidung auch aus vergleichend-anatomischen und funktionellen Gründen (siehe S. 123) gerechtfertigt.

Zur bequemeren Orientierung kann der Lobus complicatus in eine Pars cranialis und Pars caudalis zerlegt werden, getrennt durch den Sulcus horizontalis. Doch bedeutet dies keinesfalls eine morphologisch wesentliche Unterteilung.

Tonsilla

Den medialsten Teil des Neukleinhirns an seinem caudalen Ende bildet ein äußerlich des öfteren nur schlecht abgegrenzter, aber durch seinen eigenen Windungstyp immer klar unterscheidbarer kleiner Lappen, die Mandel, Tonsilla. Sie ist in die Bucht des Velum medullare posterius zur Seite des Urklein-

hirns eingesenkt (Abb. S. 66, 70, 125). Sehr charakteristisch weisen zwei ihrer Flächen eine rindenfreie Längsrinne auf, von der aus die Windungen fächerförmig im Bogen von der einen zur anderen Fläche herumziehen. Durch den Sulcus praetonsillaris ist sie gegen das übrige Neukleinhirn abgegrenzt. Ihre Zugehörigkeit zu diesem ergibt sich aus der Endigung von Großhirnfasern in ihr.

In der Entwicklung des Kleinhirns zeigt sich, wie schon erwähnt, bei der ersten Anlage kein Unterschied zwischen Ur- und Neukleinhirn. Später geht die Bildung der Windungen am Urkleinhirn der am Neukleinhirn etwas voraus. Die Windungen entstehen als wulstförmige Verdickungen auf der ursprünglich glatten Oberfläche. Wie am Großhirn erheben sich also die Windungen, nicht senken sich die Furchen ein (Abb. S. 11). Die Ventrikelfläche bleibt stets glatt. Nur der Übersichtlichkeit der Darstellung halber hält sich die Beschreibung an das Sichtbarwerden der Furchen.

Als erste Furche wird stets der Sulcus primarius deutlich (bei Embryonen von etwa 70 mm St.-Sch.-L.), nur wenig später der Sulcus praepyramidalis. Bei Embryonen von 110–115 mm sind alle Hautlappen des Wurms erkennbar. Gleichzeitig beginnt vom Lobulus centralis nach rückwärts fortschreitend die Bildung der sekundären Windungen und Furchen an den Hauptlappen, also auch die Bildung von Declive, Folium und Tuber an dem Anfractus vermis.

Bei Embryonen von etwa 200 mm ist dieser Prozeß vollendet, und an den vorderen Lappen hat die Bildung tertiärer Windungen begonnen (vollendet bei Embryonen von etwa 250 mm).

Am Neukleinhirn ist bei Embryonen von 140–175 mm bis zum Sulcus superior posterior die Oberfläche in Windungen gegliedert, dahinter noch glatt. Nur der Sulcus praetonsillaris ist schon deutlich. Erst nach einer Pause folgt die Gliederung auch der rückwärtigen Abschnitte (Embryonen von etwa 200 mm). Dabei tritt zuerst der Sulcus horizontalis als seichte Furche auf. Schon von Anfang der Ausbildung an besteht eine erhebliche Variabilität.

Die erste Anlage des Nodus zeigt durch einen medianen Einschnitt eine Andeutung von Paarigkeit.

Kleinhirn, Cerebellum.

Tabelle der gebräuchlichsten Fachausdrücke.

Facies superior: die fast plane, den Hinterhauptslappen des Großhirns bzw. dem Tentorium zugewendete Fläche.

Facies inferior: die konvexe hintere und untere Fläche.

Incisura anterior: Einbuchtung des Vorderrandes, welcher kragenförmig das Mittelhirn umfaßt.

Incisura posterior: Medianer Einschnitt zwischen den Kleinhirnhemisphären, über den Unterwurm sich verbreiternd zur

Vallecula cerebelli.

Urkleinhirn, Prisco- (Palaeo-) Cerebellum.

A. Vermis cerebelli: der unpaare Teil des Urkleinhirns, auch Lobus medianus cerebelli genannt.

a) Arbor vitae: das Bild seines Sagittalschnittes, die Rindensubstanz (Cortex) mit dem Blattgrün, die Markstreifen (Laminae medullares) mit den Rippen des Blattes von Thuja occidentalis verglichen. Corpus medullare (Corpus trapezoides cerebelli): die gemeinsame Markmasse über (vor) dem Fastigium ventriculi IV. Von ihm gehen die beiden Hauptmarkleisten der Pars anterior (vertikales Markblatt) und der Pars posterior (horizontales Markblatt) aus, von diesem die Laminae medullares der einzelnen Blätter des Arbor vitae (Abb. S. 70).

b) Velum medullare anterius: der mittlere Teil des vorderen horizontal stehenden Abschnittes des Daches der 4. Hirnkammer, vorn in das Mittelhirndach übergehend, zwischen den zum Neukleinhirn gehörigen Mittelhirnarmen als verdünnte Platte sich ausspannend (Abb. S. 86, 77, 98).

c) Velum medullare posterius (Tarini): der hintere, ebenfalls sehr dünne Abschnitt des Hinterhirndaches medial in den Nodus, seitlich in den Pedunculus flocculi übergehend. Neben der Mittellinie ist es gegen die Oberwand der 4. Hirnkammer vorgewölbt und bildet die Bucht für die Tonsille, das Vogelnest, Nidus avis. Nach rückwärts setzt es sich in die Tela chorioidea ventriculi IV. fort (Abb. S. 117).

Lappen des Urkleinhirns:

I. Pars anterior s. frontalis:

1. Lingula: ein dünnes, dem Velum medullare anterius aufliegendes Blatt.
2. Lobulus centralis.
3. Culmen monticuli: die höchste Erhebung über die Horizontale bildend.

II. Pars posterior s. caudalis:

4. Anfractus vermis: die Umbiegung der oberen Fläche des Wurmes zur unteren bildend. In der traditionellen Nomenklatur zu Unrecht unterteilt in
 - 4a. Declive monticuli: noch der oberen Fläche des Wurmes zugehörig.
 - 4b. Folium (cacuminis): nicht immer selbständige, sondern oft mit dem Tuber verbundene Lamelle, gekennzeichnet durch das Ende der horizontalen Marklamelle und durch ihren Zusammenhang mit dem Lobus semilunaris superior des Neukleinhirns.
 - 4c. Tuber (valvulae): häufig sehr gering entwickelt, dann nur aus 1—2 Lamellen bestehend. Oft erscheint das Folium als seine erste Lamelle.
5. Pyramis: im unteren (in situ vorderen) Abschnitt in der queren Richtung verbreitert, wobei die ersten Lamellen sich abwärts biegen (Abb. S. 117), dadurch in der Aufsicht Dreiecksgestalt zeigend. Die seitlichen Teile auch als Nebenpyramide bezeichnet (Abb. S. 70).
6. Uvula: zwischen den Tonsillen des Neukleinhirns gelegen und von ihnen seitlich abgeplattet.
7. Nodulus (Malacarni): der Tela chorioidea ventriculi IV. angelagert.

Vermis superior von 1.—4a. gebildet.

Vermis inferior: von 4b.—7. gebildet.

- a) Sulcus primarius, Hauptfurche, zwischen 3. und 4. bis zum Corpus medullare einschneidend, Grenze zwischen Pars anterior und Pars posterior. Schon bei Embryonen von 70 mm Steiß-Scheitel-Länge deutlich.
- b) Sulcus praepyramidalis, zwischen 4. und 5., in der Entwicklung nur wenig später als a) auftretend.
- c) Sulcus postpyramidalis („Fissura secunda“), zwischen 5. und 6.
- d) Sulcus uvulo-nodularis, zwischen 6. und 7.
- e) Sulcus paramedianus, die Grenze zwischen Urkleinhirn (Wurm) und Neukleinhirn (Hemisphären).

B. Formatio floccularis: der paarige Teil des Urkleinhirns.

- a) Flocculus: an der Basis des Kleinhirns zwischen Acusticus-Facialis und Rand der Kleinhirnhemisphären äußerlich sichtbar, dem Brückenarm anliegend. Durch den rindenfreien Pedunculus flocculi mit dem Velum medullare posterius in Verbindung.
- b) Flocculi secundarii, Paraflocculus: zwischen Flocke und Hemisphärenrand versteckt, dem Brückenarm oder dem Flockenstiel angelagert. Oft nur von einem Blatt gebildet.

Neukleinhirn, Novocerebellum (Hemisphaerium cerebelli).

Facies superior: den Hinterhauptslappen des Großhirns bzw. dem Tentorium cerebelli angelagert. Den Abteilungen des Oberwurmes entsprechend werden unterschieden (Abb. S. 119):

1. Vinculum lingulae (inkonstant).
2. Ala lobuli centralis.
3. Lobulus quadrangularis, Pars anterior (Lobus lunatus anterior).
4. Lobulus quadrangularis, Pars posterior (Lobus lunatus posterior).
5. Lobulus semilunaris superior.

Facies inferior: den Abteilungen des Unterwurmes entsprechend (Abb. S. 71):

6. Lobulus semilunaris inferior.
7. Lobulus biventer = Lobulus gracilis + Lobulus cuneiformis.
8. Tonsilla.

Sulcus primarius (Sulcus superior anterior) schneidet ein zwischen 3. und 4. und trennt das Neukleinhirn in den

Lobus anterior (1.—3.) und

Lobus posterior (4.—8.). Die Hauptmasse der Abteilungen 4.—8. können als Lobus complicatus dem Lobus simplex gegenübergestellt werden, welcher von den vordersten 4—5 Windungen der Abteilung 4 gebildet wird (s. S. 120).

4. und 5. getrennt durch Sulcus superior posterior, 5. und 6. getrennt durch Sulcus horizontalis. Dieser beginnt am Brückenarm als Fossa lateralis cerebelli, verläuft schräg über die Unterfläche der Hemisphäre, erreicht mit seinem Endstück die obere Fläche und setzt sich gewöhnlich in die Furche zwischen Folium und Tuber vermis fort.

Der Lobus semilunaris inferior (6.) ist regelmäßig durch eine tiefe Furche in einen oberen und einen unteren Anteil getrennt.

Von den Verbindungen des Kleinhirns mit dem übrigen Gehirn sind äußerlich als wulstige Stränge zu unterscheiden (Abb. S. 69, 73):

1. Crus medullae oblongatae ad cerebellum, Corpus restiforme, Crus medullo-cerebellare, hinterer (unterer) Kleinhirnstiel (-schenkel).
2. Crus pontis ad cerebellum, Brachium pontis, Crus ponto-cerebellare, mittlerer Kleinhirnstiel (-schenkel).
3. Crus cerebelli ad mesencephalon, Brachium conjunctivum, Crus cerebello-cerebrale, vorderer (oberer) Kleinhirnstiel (-schenkel).

Das Cerebellum der Säugetiere weicht, außer bei den Primaten, sehr stark von dem des Menschen ab (Abb. S. 190). Aber gerade die außerordentliche Formenfülle birgt den Schlüssel zum Verständnis des Grundplanes und der Funktion einzelner Teile. In manchen Sondergestaltungen ist der funktionelle Zusammenhang mit der Körperperipherie erkennbar, wenn auch nicht näher und tiefer als im übrigen centralen Nervensystem.

Beziehungen
zwischen
Körper und
Kleinhirn

Allen Säugetieren gemeinsam ist ein Neukleinhirn neben dem Urkleinhirn und die Bedeutung des ganzen Organes als centraler Regulator der Skelettmuskeltätigkeit. Die Verschiedenheiten in der Gestalt stehen im Zusammenhang nicht so sehr mit der verschiedenen quantitativen Ausbildung der Muskulatur einzelner Körperabschnitte als mit der verschiedenartigen Verwendung, welche die Organismen von ihr machen. Am deutlichsten tritt dies bei den Extremitäten in Erscheinung. Nach den Bewegungen ihrer Extremitäten lassen sich die Säugetiere in 2 große Gruppen einteilen: die einen gebrauchen sie fast ausschließlich beiderseits zugleich, sind kaum zu anderen Bewegungen als Laufen, Springen, Hinlegen, Aufstehen fähig; die andern vermögen außerdem jede Extremität unabhängig von den übrigen zu benutzen. Der Ochse auf der einen, der Mensch auf der anderen Seite zeigen die Extreme.

Die Kleinhirne weisen entsprechende Unterschiede auf: bei den Säugern der ersten Gruppe ist das Urkleinhirn mächtig, das Neukleinhirn gering entwickelt; bei der zweiten Gruppe überwiegt das Neukleinhirn. Daraus ergibt sich: das Urkleinhirn ist das Organ der gebunden beidseitigen Bewegungen, das Neukleinhirn das der selbständig einseitigen.

Die vergleichende Betrachtung der Bewegungen und der Kleinhirne der Säugetiere hat eine noch genauere Lokalisation ermöglicht, die durch Experimente und beim Menschen durch klinische Beobachtungen bestätigt worden ist. Bemerkenswert ist, daß die Anordnung im Kleinhirn in der cranio-caudalen Richtung die gleiche ist wie am Körper. Im Lobus anterior sind lokalisiert (von vorn nach rückwärts) die Bewegungen der Muskulatur am unsegmentierten Körperabschnitt, d. h. Kopf und Kiemengebiet: die Bewegungen der Augenmuskulatur, der mimischen und Kaumuskulatur, der Zungen-, Kehlkopf- und Schlundmuskulatur, und zwar in der genannten Reihenfolge. Vom Lobus simplex gehen die Impulse aus für die Nacken- und Halsmuskulatur, von dem übrigen Lobus posterior des Urkleinhirns für die des Rumpfes mit Vorder-, dann mit Hinterextremität, und des Schwanzes. Im Neukleinhirn ist die Reihenfolge die gleiche. So hat die Giraffe einen mächtigen Lobus simplex, der Mensch mit der großen Freiheit der Extremitätenbewegungen einen gewaltigen Lobus complicatus. In diesem bildet der Sulcus horizontalis annähernd die Grenze zwischen den Bezirken der oberen und der unteren Extremität.

Entsprechend der Aufgabe des Kleinhirns, ganze Muskelgruppen zu synergischer Tätigkeit zu koordinieren und zugleich die Veränderungen des Körpergleichgewichts durch die Aktion zahlreicher anderer zu kompensieren, ist die Lokalisation der Muskulatur gegenüber derjenigen im Großhirn ähnlich verbreitert wie die im Großhirn gegenüber Rückenmark und Hirnstamm. In Rückenmark

und Hirnstamm sind die einzelnen Muskeln vertreten, im Gyrus praecentralis die einzelnen Gliedabschnitte, im Kleinhirn die Körperabschnitte, und immer in Kombination mit dem ganzen übrigen Körper. Tatsächlich beruht ja die Plastizität aller unserer Bewegungen auf der Verteilung auf die gesamte Körpermuskulatur. Der Furunkel im Nacken macht den ganzen Menschen steif, und beim „Hexenschuß“ scheint die Lendenmuskulatur verhext zu sein, jegliche Bewegung irgendeines Körperabschnittes zu stören. Vom Lobus simplex gehen in der Hauptsache die Impulse zu Hals- und Nackenmuskeln, gleichzeitig aber zur gesamten übrigen Muskulatur. Wenn also wie im vorstehenden der Lobus simplex als Centrum des Nackens angesprochen wird, so soll das nur besagen, daß die von ihm beeinflussten Hauptbewegungen die Hals- und Nackenmuskeln betreffen. Die Nebenbewegungen erstrecken sich auf den ganzen Körper. Gleiches gilt für den Lobus anterior und die übrigen Teile.

Bei Verletzungen des Wurmes kommt es zu Gleichgewichtsstörungen in der sagittalen Ebene (Fall nach vor- und rückwärts), bei denen der Hemisphären zu Gleichgewichtsstörungen in seitlicher Richtung, vorwiegend nach der Seite des Erkrankungsherd hin.

b) Feinerer Bau des Kleinhirns.

Graue
Substanz
Abb. S. 125

Ähnlich wie im Endhirn ist im Kleinhirn die graue Substanz in Rinden- und centrales Grau gliedert. Als ununterbrochener Mantel überzieht die etwa 1 mm breite Rinde, Cortex cerebelli, die ganze Oberfläche des Ur- und Neukleinhirns, allen Feinheiten der Oberfläche in Furchen und Windungen folgend (Abb. S. 125). Wird sie entfernt, so bleibt als Grundlage der Windungen die weiße Substanz in Gestalt von Leisten erhalten (Markblätter, in den Schnittbildern Markstrahlen genannt). Nur der Flockenstiel und die Rinnen der Tonsillen entbehren des grauen Rindenbelags.

Das centrale Grau liegt eingebettet in die Hauptmasse der weißen Substanz, die als Mark der Rinde gegenübergestellt wird. Es ist beim Menschen wie bei den höheren Säugetieren in einzelne Gruppen von Ganglienzellen gegliedert, die Kleinhirnkern, Nuclei cerebelli. Aus der ursprünglich einheitlichen grauen Masse sind beim Menschen jederseits 4 Kerne entstanden, welche nach Lage oder Form benannt werden als Nucl. fastigii, Nucl. globosus, Nucl. emboliformis und Nucl. dentatus (Abb. S. 125, 126). Von diesen gehört der letztere mit Ausnahme eines kleinen vorderen medialen Teiles, der jedoch nur mikroskopisch näher abgrenzbar ist, dem Neukleinhirn an, die übrigen dem Urkleinhirn.

Von den Urkleinhirnkernen ist der größte der dicht neben der Mittelebene vor dem Fastigium gelegene Dachkern, Nucl. fastigii. Ihm zur Seite liegt der Kugelnkern, Nucl. globosus; lateral und etwas rückwärts von diesem der Pfropfkern, Nucl. emboliformis, der Öffnung (Hilus) des beutelförmigen Nucl. dentatus wie ein Deckel vorgelagert. Als Kerne des Urkleinhirns haben sie auch den gemeinsamen Namen des Nucleus tecti erhalten, mit einer medialen kleinzelligen Gruppe, Nucl. medialis (= Nucl. fastigii) und einer größerzelligen, Nucl. lateralis (= Nucl. globosus, emboliformis und vorderster Teil des Nucl. dentatus).

Aus dem Nucl. lateralis ist mit der Ausbildung des Neukleinhirns der Nucl. dentatus cerebelli entwickelt worden, in Zellform und nachbarlicher Lage zum Nucl. emboliformis die alte Beziehung noch erhaltend. In seiner Form ähnelt er dem Kern der Olive, dem Nucl. dentatus olivae (Abb. S. 125), ist wie dieser ein nicht ganz geschlossener Beutel mit dünner gewellter Wand. Die Öffnung, an der medialen Seite befindlich, wird auch hier als Hilus bezeichnet.

Entsprechend der Entwicklung des ganzen Kleinhirns aus einer Platte am vorderen Ende der 4. Hirnkammer liegt er wie auch die Kerne des Urkleinhirns

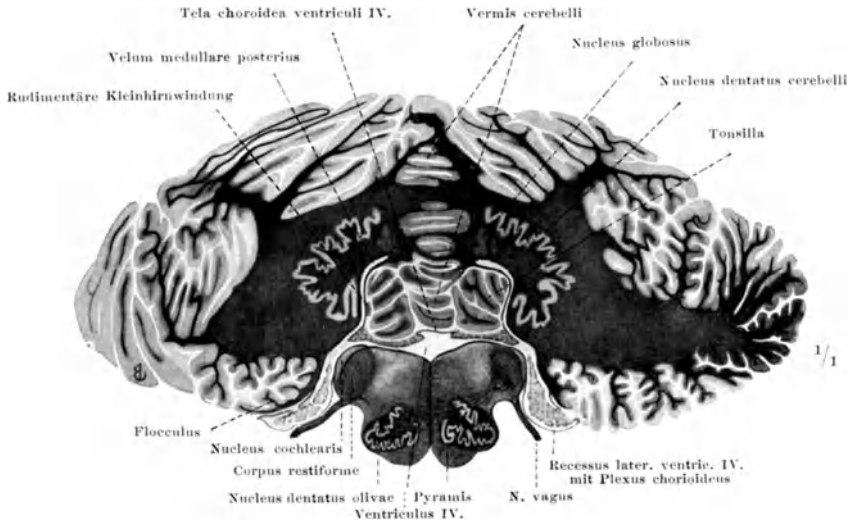


Abb. 81. Querschnitt durch Hirnstamm und Kleinhirn caudal vom hinteren Brückenrande. Markscheidenpräparat des Anat. Inst. Rostock.

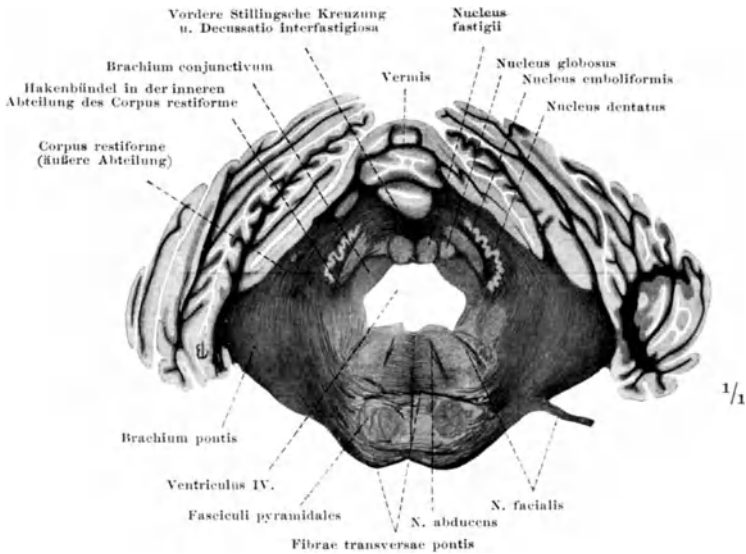


Abb. 82. Querschnitt durch Hirnstamm und Kleinhirn in Höhe des hinteren Brückenrandes. Präparat wie Abb. 81.

vor dem Fastigium dicht über der vorderen Giebelfläche, pflegt jedoch mit seinem hinteren Ende die Giebelkante nach rückwärts zu überragen.

Die weiße Substanz, das Mark, zeigt wie im Großhirn auf Bruchflächen blätterigen Bau (Abb. S. 69). Sie wird, besonders im Urkleinhirn, fast ausschließlich von den afferenten und efferenten Fasern gebildet. Das völlige Fehlen von Commissurenfasern und die geringe Entwicklung von Assoziations-

Weißer Substanz

systemen in ihr bedingt die im Vergleich zum Großhirn geringe Massenentwicklung gegenüber der Rinde (Abb. S. 94).

Den Hauptanteil am Aufbau der weißen Substanz, die zur Seite des Nucleus dentatus immerhin ganz beträchtlich ist (Abb. S. 125), bilden die Ausbreitungen des Corpus restiforme und des Crus pontis sowie die Verbindungen der Rinde zu den Kernen (Tractus cortico-nuclearis). Das Brachium conjunctivum macht nur einen geringen Teil aus: es verläßt als von vornherein geschlossenes Bündel den Hilus des Nucleus dentatus und hebt sich im Schnitt als kleines Feld zur Seite des 4. Ventrikels deutlich ab (Abb. S. 125). Die übrigen Systeme sind mit ihren Lamellen ähnlich stark durcheinandergeschoben wie im Großhirnmark. Am Corpus restiforme pflegt man nach der Lage der Fasern zum Nucleus dentatus zwei Abteilungen zu unterscheiden: die lateral vom Nucleus

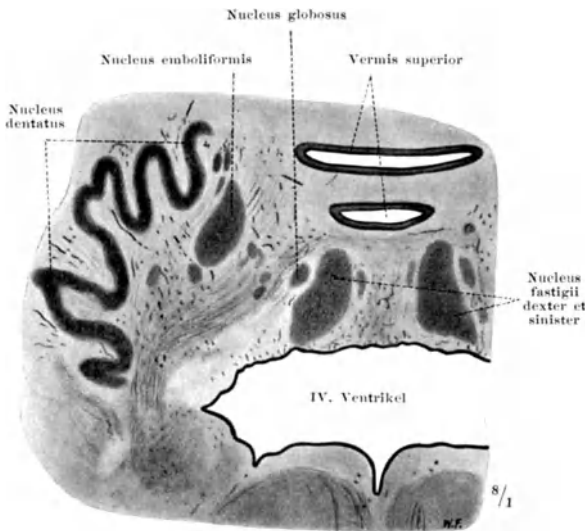


Abb. 83. Kerne des Kleinhirns, Mensch, Präparat des Anat. Inst. Würzburg. — Br.

dentatus verlaufende mächtigere „äußere“ Abteilung (in Abb. S. 69 dargestellt), und die mediale, „innere“ Abteilung, kurz IAK genannt (vgl. Abb. S. 125, 85). Die aus der Olive stammenden Fasern des Corpus restiforme ziehen zur Hemisphärenrinde unmittelbar längs der Oberfläche des Nucleus dentatus und bilden dessen „Vließ“, die zur Rinde des Wurmes ziehenden übrigen Fasern überkreuzen innerhalb der beiden Hauptmarkplatten des Wurmes teilweise die Mittellinie: vordere und hintere große Kreuzungscommissur STILLINGS (Abb. S. 134).

Assoziations-
systeme des
Kleinhirns

Außer diesen Projektionssystemen (vgl. S. 168) sind sicher Assoziationssysteme vorhanden, über deren Anordnung und Bedeutung im einzelnen freilich kaum etwas bekannt ist.

Als *Fibrae arcuatae gyrorum* verlaufen sie U-förmig von einer Windung um die Tiefe der Furche zur Nachbarwindung herum, setzen also die unmittelbar benachbarten Windungen miteinander in Verbindung, und zwar im ganzen Kleinhirn, in Wurm und Flocke wie in den Hemisphären. Dabei nehmen sie an Zahl in den Hemisphären von frontal nach caudal zu, im Wurm von frontal nach caudal ab.

Als Girlandenfasern, welche verhältnismäßig wenig zahlreich sind und auf das Neukleinhirn beschränkt zu sein scheinen, ziehen sie von einer Windung zu einer anderen mehr oder weniger entfernten, indem sie die zwischenliegenden überspringen. Am zahlreichsten scheinen sie im Lobus complicatus, und zwar in dessen caudalem Teil zu sein.

U-Fasern wie Girlandenfasern laufen senkrecht zur Längsachse der Windungen, beim Menschen also in sagittalen Ebenen, verbinden in sagittaler Richtung verschiedene Abschnitte einer und derselben Kleinhirnhälfte. Die Zellen dieser Assoziationsneuren liegen in der Rinde, ihre markhaltigen Neuriten verlaufen in der Marksubstanz und endigen wieder in der Rinde, bilden demnach

subcorticale Systeme. Transversale subcorticale Bündel, den Commissuren des Großhirns entsprechend, fehlen im Kleinhirn vollständig. Soweit in der vertikalen und horizontalen Marklamelle des Wurmes Fasern die Mittellinie überschreiten, handelt es sich um echte Kreuzungen von afferenten und efferenten Systemen (siehe S. 137), und nicht um Querverbindungen zwischen beiden Kleinhirnhälften.

Nach dem Aussehen des Schnittes durch die Kleinhirnrinde bei schwacher Vergrößerung unterscheidet man an ihr 3 Schichten: Stratum moleculare, ganglionare und granulosum (Abb. S. 127). Die nähere Untersuchung ergibt, daß das Aussehen des Stratum moleculare wesentlich bedingt ist durch seinen

Feinerer Bau der Kleinhirnrinde ■
Abb. S. 127, 131

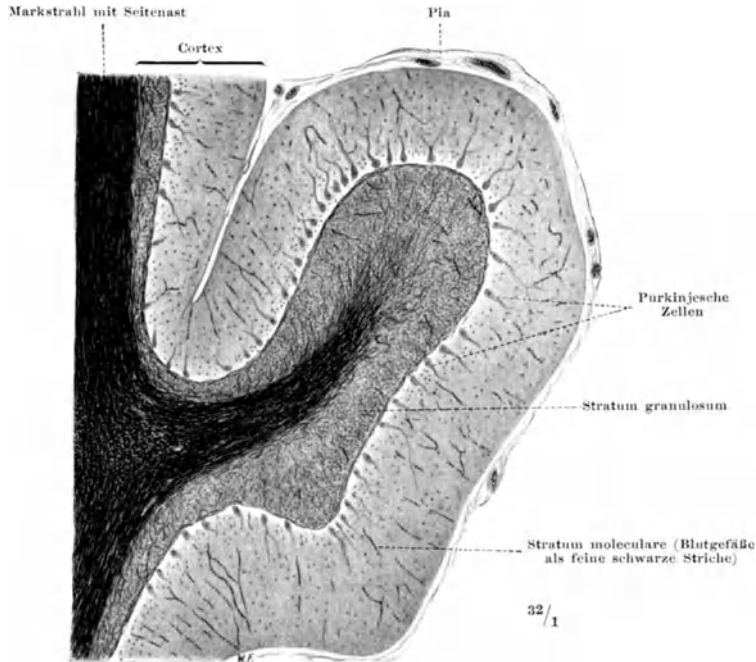


Abb. 84. Rinde des Kleinhirns, Mensch, Übersichtsbild. Querschnitt durch eine Windung. WEIGERTS Markscheidenfärbung. Präparat des Anat. Inst. Würzburg. — Br.

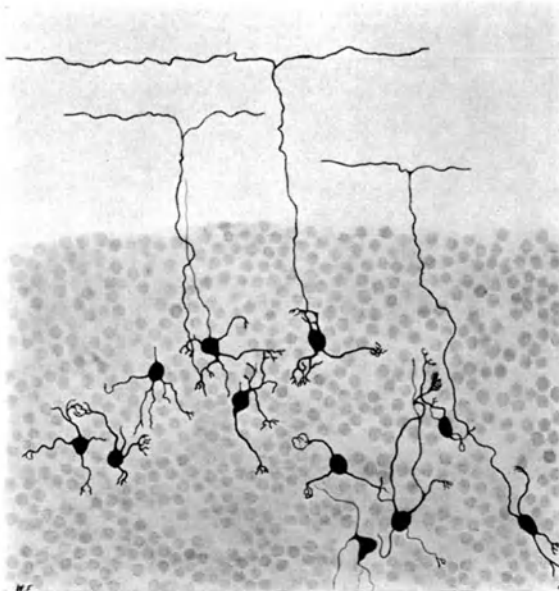
Gehalt an marklosen Fasern und Dendriten von Ganglienzellen, das des Stratum granulosum durch den großen Reichtum an runden Kernen dichtgedrängter kleiner Ganglienzellen, während das Stratum ganglionare aus einer einfachen Schicht sehr großer Zellen besteht. Schon der mit den einfachsten Methoden behandelte Schnitt läßt diese Eigentümlichkeiten hervortreten. Die näheren Einzelheiten sind nur am silberimpregnierten Präparat erkennbar (Abb. S. 131).

Die zahlreichen Zellen der dem Mark aufsitzenden Körnerschicht weichen in ihrem Bau vom gewöhnlichen Typ der Ganglienzellen durchaus ab: der sehr kleine Plasmaleib wird fast vollständig vom Kern eingenommen und enthält keine Nisslschollen. Der Kern ist kugelig, sehr chromatinreich, färbt sich daher mit Kernfarbstoffen sehr intensiv. Bei einer einfachen Hämatoxylinfärbung bieten diese Zellen ein ganz ähnliches Bild wie die Lymphocyten. Das Silberpräparat enthüllt ihre wirkliche Gestalt: von dem runden Zellkörper gehen mehrere sehr kurze dünne Dendriten aus, an deren kleinen Endbäumchen die wenigen Ästchen gekrümmt sind wie Krallen (Abb. S. 128). Der allgemeinere

Stratum granulosum

Name „Körnerzellen“ wird mit Recht durch die treffendere Bezeichnung „Krallen“- oder „Klauenzellen“ ergänzt. Diese Dendriten sind ganz auf die nächste Umgebung der Zelle innerhalb der Körnerschicht beschränkt. Der Neurit hingegen steigt in das Stratum moleculare auf, teilt sich hier T-förmig, und die beiden Teiläste laufen in der Längsrichtung des Gyri über große Strecken innerhalb der ganzen Molekularschicht, hauptsächlich aber in den tiefen Lagen dicht über dem Stratum ganglionare hin, auch über die Mittellinie hinweg zur anderen Kleinhirnhälfte.

In der Körnerschicht endigen aus dem Mark aufsteigende Fasern mit wenig verzweigten Endbäumen, die an einigen ihrer Teilungswinkel dicht gedrängte



280/1

Abb. 85. Krallenzellen (kleine Körnerzellen), Katze. Schnitt senkrecht zur Oberfläche in der Längsrichtung einer Windung Golgipräparat des Anat. Inst. Würzburg. — Br.

kurze Ästchen aufweisen, welche ein Bild erzeugen, als säßen hier kleine Moos- oder Flechtenbüschel auf (Abb. S. 131, links unten). Mit diesen verbinden sich die Krallen der Körnerzellen, welche somit das nächste Glied in der Neurenkette nach diesen „Moosfasern“ bilden. (Vielleicht sind die „Moose“ nur die Krallen unvollkommen imprägnierter Krallenzellen.) Die Moosfasern sind, wenn vielleicht nicht ausschließlich, so doch ihrer ganz überwiegenden Mehrheit nach die Enden wahrscheinlich der spino- und olivo-cerebellaren Systeme, welche also durch Vermittlung der Krallenzellen und ihrer Neuriten eine vorwiegend transversale Ausbreitung im Kleinhirn erfahren.

An Golgipräparaten sieht man benachbarte Körnerzellen durch ihre Krallen miteinander verbunden. Ob sie nur gemeinsam das Flechtenbüschel einer Moosfaser umgreifen oder wirklich selbst miteinander in Beziehung stehen, ist zweifelhaft. Im Erfolg käme beides aufs gleiche hinaus, auf die Übertragung des Impulses von einer Moosfaser auf mehrere Körnerzellen. Die große Zahl der Körnerzellen ist nicht anders zu erklären, als daß hier die Impulse eine beträchtliche Ausbreitung erfahren.

Außer den Krallenzellen enthält das Stratum granulosum eine Anzahl Ganglienzellen von GOLGIS Typus II, deren Körper vorwiegend in der obersten Lage nahe dem Stratum ganglionare, aber auch verstreut in der ganzen Körnerschicht liegen („große Körnerzellen“, Abb. S. 131). Ihre reichverästelten Dendriten reichen in das Stratum moleculare hinauf, der Neurit verzweigt sich in unmittelbarer Nähe des Zellkörpers überaus reichlich innerhalb der Körnerschicht, in der Längsrichtung der Gyri etwa doppelt so weit als in der queren. — Über die Einfügung dieser Zellen in die Neurenketten ist nichts Sicheres bekannt. Jedoch ist zu vermuten, daß mit ihren Dendriten Moosfasern in Verbindung stehen, und daß deren Erregungen durch ihre Vermittlung auf

eine sehr große Zahl von Krallenzellen, in der transversalen mehr als in der sagittalen Richtung übertragen wird.

Die mittlere Schicht der Kleinhirnrinde wird von den Körpern großer Ganglienzellen gebildet, welche im wesentlichen in einfacher Reihe lose nebeneinander stehen, nur hier und da so dicht, daß ein Teil ein wenig aus der Reihe heraustritt in die oberste Schicht (Abb. S. 131). Diese PURKINJESchen Zellen sind für das Kleinhirn, selbst in den Primitivstufen seiner Stammesentwicklung, überaus charakteristisch. Ihr Neurit entspringt an dem der Körnerschicht zugewendeten Pol des Zellkörpers, durchsetzt die Körnerschicht, wobei er einige

Stratum
ganglionare

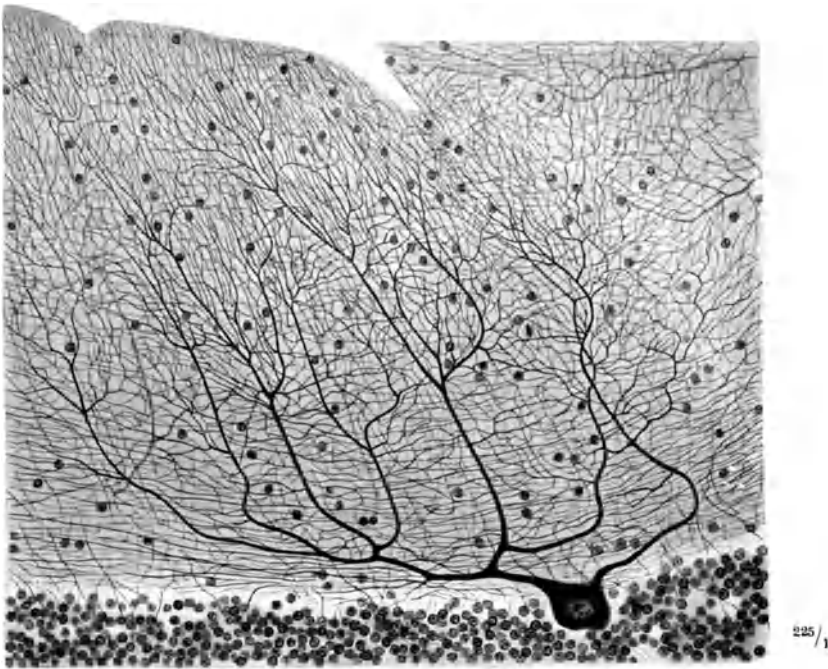


Abb. 86. PURKINJESche Zelle. Natronlauge-Silber-Methode.
(Aus STÖHR jr.: Z. Anat. 69, 189 (1923). — Br.)

Seitenzweige abgibt, die sich rücklaufend um benachbarte Purkinjezellen verästeln, und tritt in die Marksubstanz ein. Die größte Mehrzahl endigt in den Kernen des Ur- bzw. Neukleinhirns. Andere bilden die U- und Girlandenfaser und enden vielleicht wieder an Purkinjezellen. — Am entgegengesetzten Pol gehen 1—2 mächtige Dendriten aus dem Zellkörper hervor, die sich innerhalb des Stratum moleculare bis zur Oberfläche hin überaus reich verzweigen und ein sehr dichtes Geäst bilden, das um so unentwirrbarer erscheint, als das Astwerk der benachbarten Zellen ineinandergreift (Abb. S. 129, 131, rechts). Die Verzweigung jedes der beiden Dendriten erfolgt wie an einem Spalierbaum ausschließlich in einer, und zwar in der zur Längsachse des Gyrus senkrechten Ebene. Man könnte deshalb die Purkinjezellen auch „Spalierzellen“ nennen (Abb. S. 131, links oben).

Durch dies dichte sagittale Geäst der Purkinjezellen ziehen die zahllosen transversalen Neuritenäste der Krallenzellen hindurch (Abb. S. 131) und verbinden sich mit ihm. Außerdem endigen an den Dendriten der Purkinjezellen aus dem Mark aufsteigende Fasern, indem sie mit ihren Endverzweigungen die

Dendriten wie Schlingpflanzen umwinden (Abb. S. 131), nachdem sie auch den Körpern der Zellen Zweige zugeschickt haben. Diese „Kletterfasern“ sind wahrscheinlich zum allergrößten Teile Enden von Vestibularis- und Brückenfasern.

Der Körper der Purkinjezelle wird umfaßt von dem Korb der Korbzelle (s. folg. Absatz) und den Endbäumchen der Kollateralen von Neuriten anderer Purkinjezellen, außerdem ziehen die Kletterfasern an ihm vorüber und senden Zweige an ihn. Auf diese Weise wird der Körper der Purkinjezelle von einem dichten Mantel von Fasern eingehüllt (Abb. S. 130), deren eigentliche Verbindung mit der Zelle freilich nicht sicher bekannt ist. Sie scheinen teils mit Ösen oder Ringen zu enden, welche dem Plasmakörper der Purkinjezelle innig anliegen, teils sich unmittelbar in die intracellulären Neurofibrillen fortzusetzen.

Es scheint auch, daß Purkinjezellen untereinander durch die Endverzweigungen ihrer Dendriten in ununterbrochenem Zusammenhang stehen und ein großes Syncytium bilden. In Präparaten mit vollständiger Silberimprägnation der Zellen sind jedenfalls nirgends freie Dendritenenden nachweisbar (Abb. S. 130).

Kletterfasern endigen auch an den Dendriten von Ganglienzellen, welche einen typischen Bestandteil des Stratum moleculare s. cinereum, der äußersten der 3 Rindenschichten, ausmachen. Die Neuriten dieser



Stratum
moleculare

Abb. 87. Faserkorb um eine PURKINJESche Zelle. Wie Abb. 86.
Aus STÖHR Jr.: Z. Anat. 69, 192 (1923). — Br.

gelegenen multipolaren Zellen teilen sich in zwei Äste, welche in Ebenen senkrecht zur Achse der Gyri über kurze Strecken dicht über den Körpern der Purkinjezellen verlaufen und Äste abgeben, welche mit zahlreichen Zweigen die Körper von Purkinjezellen hülsen- oder korbartig umfassen wie die Strohhülse die Weinflasche. Diese „Korbzellen“ übertragen somit den Erregungsvorgang in sagittaler Richtung auf eine Anzahl (8–10) Purkinjezellen (Abb. S. 131).

Außer den Korbzellen finden sich im Stratum moleculare noch kleinere Ganglienzellen, die multipolaren „kleinen Rindenzellen“ oder „Sternzellen“, deren Dendriten in sagittaler, deren kurze zweigeteilte Neuriten in transversaler Richtung ausgebreitet sind. Die Neuriten beteiligen sich an der Bildung der Faserkörbe der Purkinjezellen. Sie stellen also vermutlich eine Verbindung von Purkinjezellen in der transversalen Richtung her, doch ist über ihre Eingliederung in die Neurenketten nichts Näheres bekannt.

Die Körper der Stern- und Korbzellen bilden nur den kleinsten Teil des Stratum moleculare: seiner Hauptmasse nach besteht es aus den Dendriten der Purkinjezellen, der Korb- und kleinen Rindenzellen und den Teilästen der Neuriten der Körnerzellen (Abb. S. 131).

Markhaltige
Fasern der
Kleinhirn-
rinde

Außer Zellen und marklosen Fasern finden sich in der Kleinhirnrinde auch dünne markhaltige Nervenfasern, über deren Zugehörigkeit aber noch keine

Sicherheit besteht. Nur insoweit herrscht Klarheit als die Neuriten der Purkinjezellen wenigstens zum Teil schon innerhalb des Stratum granulosum eine Markscheide erhalten, und andererseits die afferenten Fasern der Kleinhirnrinde ihre Markscheiden teilweise bis in das Stratum moleculare hinein behalten.

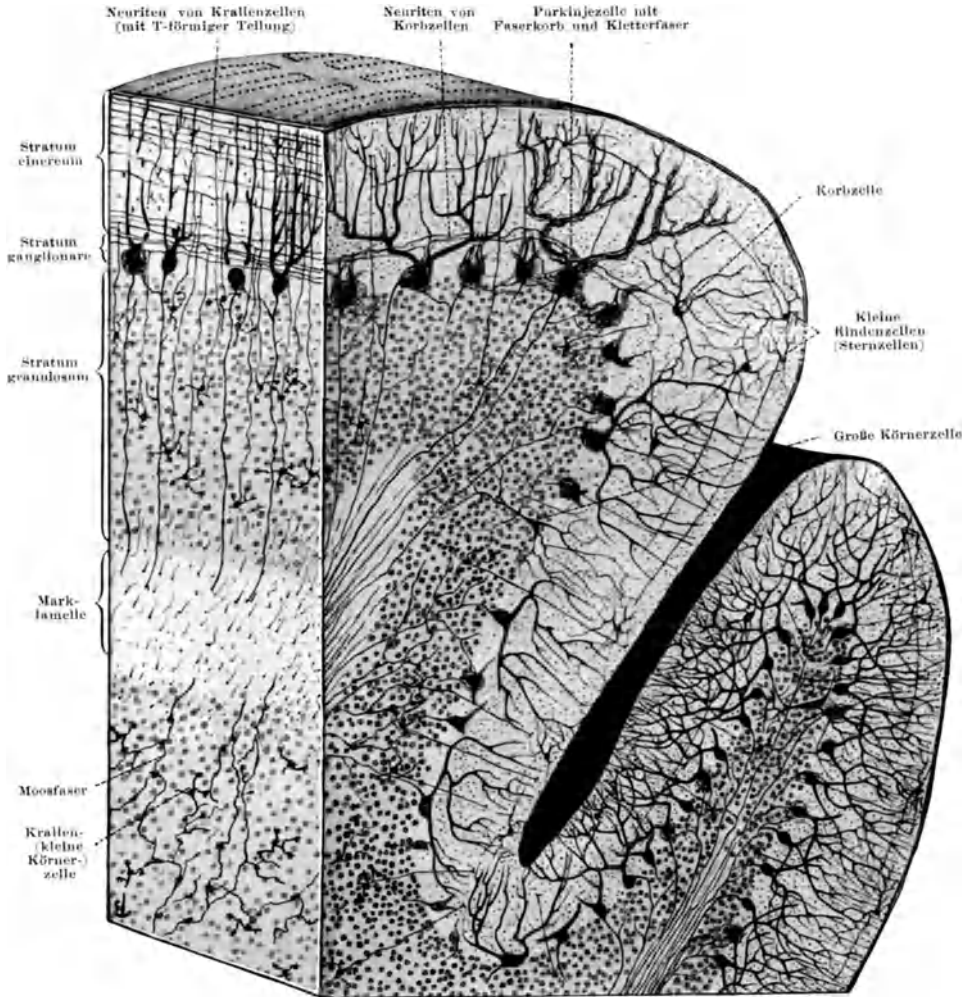


Abb. 88. Schema des Baues der Kleinhirnrinde.
Nach GOLGI- und SCHULTZE- (Natronlauge-Silber-) Präparaten zusammengestellt.

Innerhalb des Stratum granulosum verlaufen die Markfasern vorwiegend schräg, sich vielfach überkreuzend (Abb. S. 127), in der Tiefe der Furchen ziehen zahlreiche Fasern tangential, wohl U-förmig, von einer Windung zur anderen. Dicht unter den Körpern der Purkinjezellen, an der Grenze von Stratum granulosum und ganglionare, finden sich lockere Bündel von Fasern, welche tangential senkrecht zur Längsachse der Gyri angeordnet sind. In der queren Richtung ziehen Fasern zwischen und dicht über den Spalierzellen im Stratum ganglionare und Stratum moleculare. Aus beiden Tangentiallagen sieht man Fasern gegen das Stratum granulosum zu umbiegen.

In dem Stratum moleculare kommen außerdem eine Anzahl markhaltiger Fasern vor, welche zum Teil neben Körpern und Hauptdendriten der Purkinjezellen zur Oberfläche aufsteigen, gelegentlich bis über die Mitte des Stratum moleculare hinaus.

Die Kleinhirnrinde im ganzen

Der feinere Bau der Rinde ist der gleiche im Neu- wie im Urkleinhirn. Typische Unterschiede einzelner Gebiete nach Form und Zahl der Zellen und Fasern, wie sie in der Großhirnrinde eine cyto- und myeloarchitektonische Gliederung ermöglichen, haben in der Kleinhirnrinde nicht mit Sicherheit festgestellt werden können (behauptet werden örtliche Verschiedenheiten im Aufbau des Stratum granulosum). Auch die Entwicklung der Markscheiden, die von vorn nach hinten fortschreitet, gewährt keinen Anhaltspunkt für eine Unterteilung in irgendwie abgrenzbare Felder. Typisch für die Kleinhirnrinde ist die Anordnung ihrer Elemente in zwei Hauptrichtungen: der transversalen und der sagittalen, in der Längsrichtung der Gyri und senkrecht dazu. Aus der Einheitlichkeit im morphologischen Bau auf das Fehlen von funktioneller Verschiedenheit, auf die funktionelle Gleichwertigkeit der ganzen Kleinhirnrinde schließen zu wollen, wäre grundsätzlich falsch. Gleicher Bau bedingt keineswegs gleiche Funktion. Und die Erfahrung lehrt, daß die verschiedenen Abschnitte des Kleinhirns eine im Grunde zwar gleichartige, im einzelnen aber durchaus verschiedene Funktion haben. Auch im Kleinhirn sind wie im Großhirn die großen Abschnitte des Körpers an typischen Stellen lokalisiert (siehe S. 123).

Glia

In der Glia des Stratum moleculare lassen sich eigentümliche Zellen nachweisen, deren Körper in der obersten Lage der Körnerschicht gelegen ist und eine Anzahl Fortsätze parallel nebeneinander durch das Stratum moleculare zur Oberfläche schiebt, wo sie verbreitert sich aneinander legen und eine Begrenzungsmembran bilden (BERGMANNsche Zellen). In der Glia der übrigen Schichten und des Markes werden in Golgipräparaten Kurz- und Langstrahler gefunden. Das marginale Gliafasernetz an der Oberfläche fehlt dem Kleinhirn.

Entwicklung

Die embryonale Kleinhirnrinde besteht anfangs aus einer einheitlichen Körnerschicht, welche sich etwa um die Mitte des Embryonallebens durch das Auftreten einer zellarmen Schicht, dem späteren Stratum moleculare in eine innere und eine äußere Körnerschicht scheidet. Die innere wird zum Stratum granulosum und Stratum ganglionare — die PURKINJESchen Zellen werden vom Ende des 6. Embryonalmonats an erkennbar —, die äußere bleibt im wesentlichen unverändert erhalten und schwindet erst nach der Geburt im Priscocerebellum im 8., im Novocerebellum im 9. Monat, indem ihre Zellen teils atrophieren, teils zu Gliazellen, teils auch unter gleichzeitigem Tieferwandern zu Krallenzellen umgebildet werden.

Die oberflächliche Körnerschicht schwindet schneller bei Säugetieren, welche sofort nach der Geburt zu laufen vermögen als bei denen, welche vorerst noch unbeholfen bleiben.

Bau der Kleinhirnerne

Der Nucleus fastigii (Nucleus medialis) enthält kleine Ganglienzellen mit langen Dendriten. Sie liegen in Gruppen, welche durch Nervenfasern (afferente Vestibularisfasern?) voneinander getrennt werden.

Die Zellen der drei Abteilungen des Nucleus lateralis, des Nucleus globosus, emboliformis und dentatus, sind mittelgroß und tragen viele kurze, sich schnell und reich verzweigende Dendriten, welche an vielen Zellen mit wenigen gemeinsamen Stämmen entspringen. In dem gewellten Bande, welche der Nucleus dentatus auf dem Schnitt bildet, liegen die Zellen hauptsächlich längs der konvexen und konkaven Fläche, die Dendriten in das Innere des Bandes, die Neuriten nach außen sendend. Im Innern finden sich Zellen eines anderen Typus: sie sind kleiner, tragen weniger und arm verzweigte Dendriten und sind an Zahl geringer als die randständigen Zellen. Der dorsomediale Urkleinhirnanteil des Nucleus dentatus entspricht in seinem Bau dem des Nucleus emboliformis. Im Neukleinhirnanteil sind die Zellen kleiner, stehen dichter gedrängt, zeigen auch eine schnellere und intensivere Eisenreaktion.

c) Leitungsbögen des Kleinhirns.

Seine Leistungen als oberstes centrales Organ der Bewegungen mit der besonderen Aufgabe der Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichts kann das Kleinhirn dadurch erfüllen, daß es durch afferente Bahnen mit dem Gleichgewichtsorgan, mit den übrigen Sinnesorganen, mit der Haut und den Muskeln des ganzen Körpers, durch efferente Bahnen mit den Zellen aller motorischen Hirn- und Rückenmarksnerven verbunden, außerdem teils unmittelbar, teils mittelbar durch Nebenschlüsse in alle von den vor ihm gelegenen Hirnteilen ausgehenden motorischen Systeme eingeschaltet ist. Dabei sind alle dem Urhirn zugehörigen Leitungswege nur mit dem Urkleinhirn, die dem Neuhirn zugehörigen nur mit dem Neukleinhirn verbunden. Die verschiedenen morphologische (und funktionelle) Wertigkeit von Prisco- und Novocerebellum kommt darin zum deutlichen Ausdruck.

Die Leitungsbögen des Urkleinhirns sind aus nur wenigen Neuren aufgebaut. Die afferenten Schenkel der Bögen bestehen aus je 2 Neuren, der Scheitel liegt in der Rinde des Wurmes bzw. der Flocke, die efferenten Schenkel enthalten 4 Neuren, die in den Kernen der motorischen Hirnnerven und in den grauen Vordersäulen des Rückenmarks entspringenden Wurzelneuren eingerechnet. Jeder Urkleinhirnbogen führt von der Körperperipherie zur Urkleinhirnrinde und zurück über die Ganglienzellen der motorischen Nerven zur Peripherie.

Der stammesgeschichtlich älteste und bedeutungsvollste Leitungsbogen, dem vielleicht das ganze Kleinhirn seine Entstehung und den Ort seiner Entwicklung verdankt, geht von den afferenten Gehirnnerven, ganz besonders vom Nerven des Gleichgewichtsorganes aus, dem Nerven der Bläschen und Bogengänge des Ohrlabyrinthes (mit Ausnahme der Schnecke). Die ersten Neuren dieses Nerven, des Nervus vestibularis (Abb. S. 134, schwarz), deren Zellen das Ganglion vestibulare SCARPAE im Felsenbein bilden, endigen, soweit sie zum Kleinhirn weitergeführt werden, im Nucleus triangularis und teils unmittelbar, teils mittels Kollateralen im Kern von DEITERS (siehe S. 105). Ein Teil der in den genannten Kernen entspringenden 2. Neuren zieht als Bestandteil des Crus medullae oblongatae ad cerebellum s. Corpus restiforme medial vom Nucleus dentatus zur Rinde des Wurmes, jedoch nur zu den allervordersten und allerhintersten Abteilungen, zu Lingula und Lobulus centralis der Pars anterior, Uvula und Nodulus der Pars posterior (siehe Abb. S. 69), außerdem zur Rinde der Formatio floccularis. Die Fasern werden zum Teil gekreuzt in der „vorderen und hinteren Kreuzungscommissur des Wurmes“, die sich in der vorderen vertikalen bzw. hinteren horizontalen Markplatte des Wurmes findet. Ein Teil von ihnen endigt vielleicht unmittelbar im Nucleus fastigii. Jedenfalls werden Kollateralen an diesen Kern abgegeben.

Über den efferenten Schenkel ist noch keine volle Klarheit gewonnen, besonders ist das Vorhandensein einer unmittelbaren Verbindung vom Kleinhirn zu den motorischen Vordersäulenzellen des Rückenmarks (Tractus cerebello-spinalis) noch umstritten. Sicher nachgewiesen sind Verbindungen zwischen Wurmrinde und Nucleus fastigii, globosus und emboliformis: Tractus cortico-nuclearis; ferner Bündel vom Nucleus fastigii zur Medulla oblongata: Tractus fastigio-bulbaris, der in der Decussatio interfastigiosa frontal vom Nucleus fastigii gekreuzt wird; weiterhin Fasern, welche aus den Kernen, mindestens dem Nucleus globosus, emboliformis und dem Urkleinhirnteil des Nucleus dentatus entspringend durch das Brachium conjunctivum zur Brückenhaube ziehen (Tractus cerebello-tegmentalis) und hier wie in der Formatio reticularis der Medulla oblongata an den großen multipolaren Ganglienzellen enden, die ihre Neuriten in den Vorderstrang des Rückenmarks senden: Nucleus reticularis tegmenti und Tractus reticulo-spinalis. — Der efferente Schenkel des Urkleinhirnleitungsbogens nimmt danach vermutlich folgenden Weg:

Das 1. Neuron des efferenten Schenkels, die Purkinjezelle der Wurmrinde, sendet ihren Neuriten zu den Kernen des Urkleinhirns, die der Flockenrinde

Leitungsbögen des Urkleinhirns
Abb. S. 134
Tab. S. 142

Leitungsbögen von Vestibularis und anderen Hirnnerven

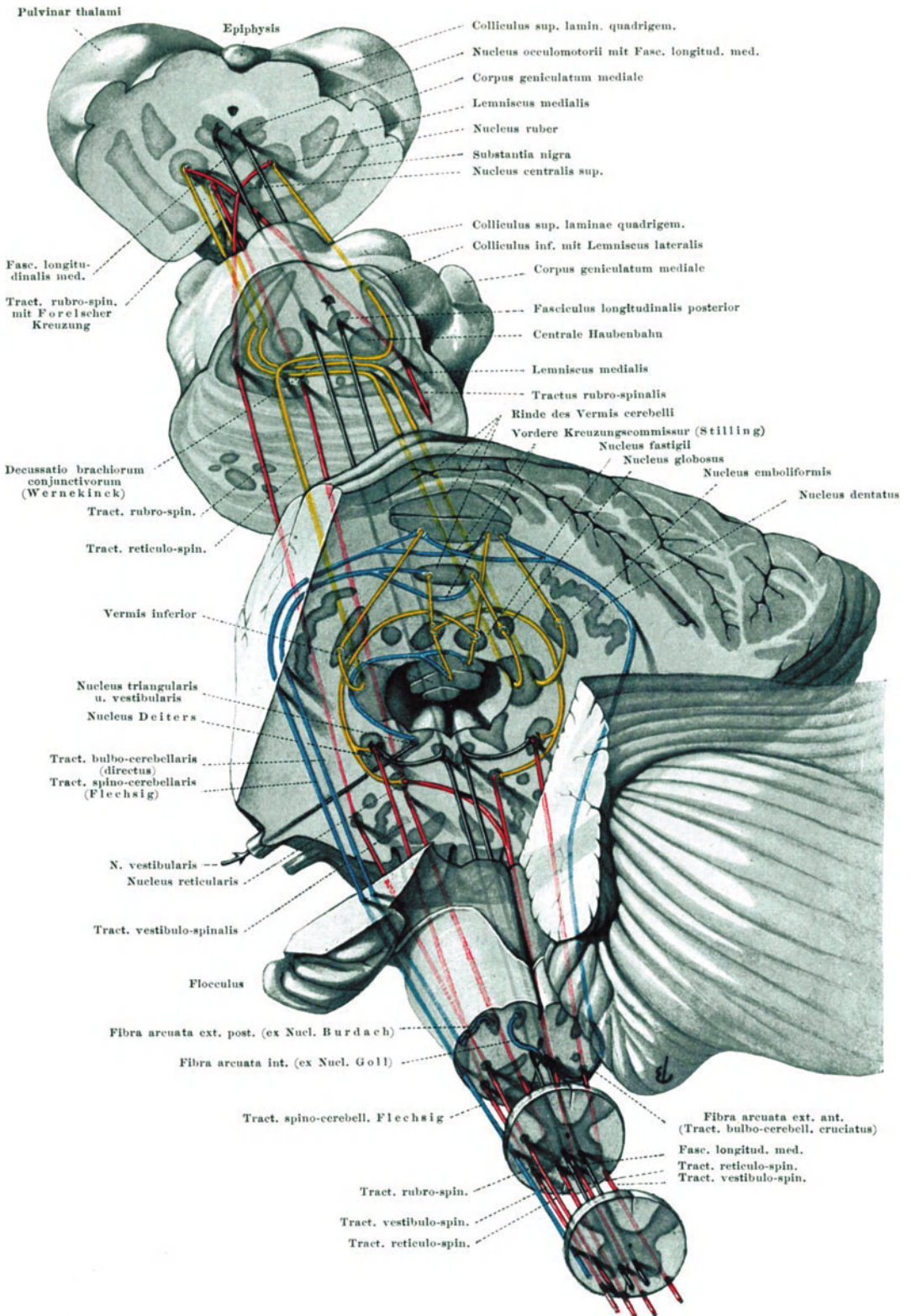


Abb. 89. Leitungsbögen des Urkleinhirns. Der Hirnstamm ist entsprechend den in Abb. 90a eingezeichneten Schnitten auseinandergelegt, die linke Kleinhirnhälfte abgetragen. Blau: cerebellopetale Neuren; gelb: cortico nucleare und cerebellofugale Neuren; rot: präradikuläre Neuren der efferenten Schenkel; schwarz: N. vestibulari und Fasc. longitudinalis medialis.

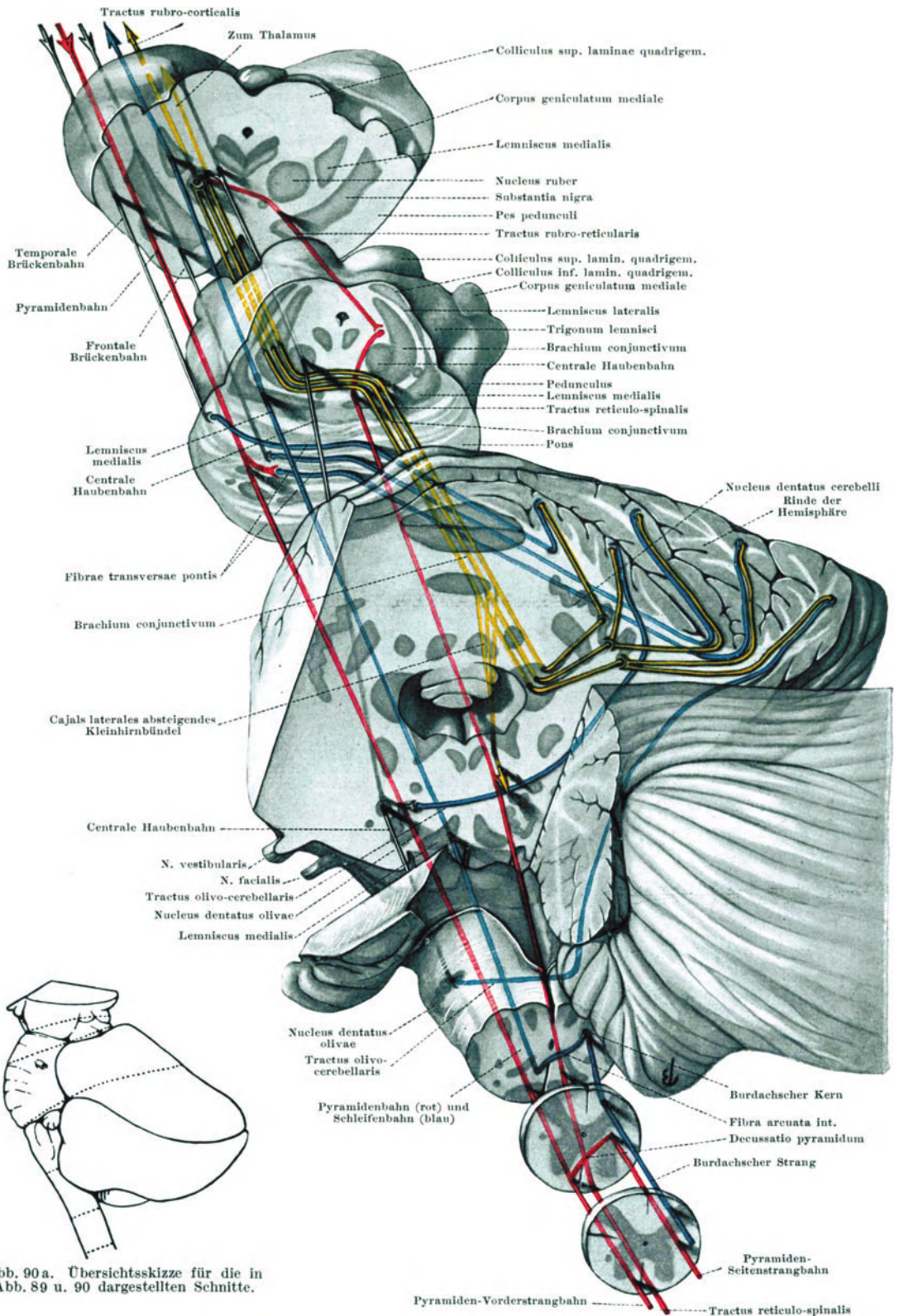


Abb. 90 a. Übersichtsskizze für die in Abb. 89 u. 90 dargestellten Schnitte.

Abb. 90. Leitungsbögen des Neukleinhirns, Pyramidenbahn (rot) und mediale Schleife (blau). Blau: cerebellopetale Neuren; gelb: cortico-nucleare und cerebellofugale Neuren; rot: Neuren des efferenten Schenkels; schwarz: Großhirnbrückenbahnen und zentrale Haubenbahn.

wahrscheinlich zum Urhirnanteil des Nucleus dentatus (Abb. S. 134). Der weitere Verlauf ist verschieden: die im Dachkern beginnenden 2. Neuren verlaufen medial vom Nucleus dentatus zum gegenseitigen Nucleus reticularis der Oblongata (zum Teil gleichseitig als „Hakenbündel“, Abb. S. 125) und zum Deiterskern der Gegenseite (Decussatio interfastigiosa, Abb. S. 125), von hier in den gleichseitigen und gegenseitigen Vorderstrang des Rückenmarks und in den Fasciculus longitudinalis medialis (Augenmuskelkerne! s. S. 106 u. Abb. S. 98); die in Kugel-, Pfropf- und altem Anteil des gezähnten Kerns entspringenden ziehen im Brachium conjunctivum zum gegenseitigen Nucleus ruber tegmenti, und zwar zu dessen großzelligem Teil, der frontalen Fortsetzung des Nucleus reticularis, die hier beginnenden 3. Neuren als Tractus rubro-spinalis unter Rückkreuzung wieder in den gleichseitigen Vorderstrang des Rückenmarks und zu den Zellen der grauen Vordersäulen, nachdem auch an die Zellen der motorischen Hirnnerven Fasern abgegeben worden sind. — Als efferente Schenkel des Vestibularis-Kleinhirnbogens wären danach der Tractus vestibulo-spinalis aus dem Deiterskern und der Tractus rubro- und reticulo-bulbaris bzw. -spinalis aus dem motorischen Haubenkern anzusprechen, insgesamt also der Tractus reticulo-spinalis.

Ein Teil der 2. Neuren der Vestibularisbahn endigt nicht im Wurm, sondern in der Flocke, welche ganz ausgesprochen eine Vestibularisendigung darstellt und bei Säugern mit großem Gleichgewichtsorgan gewaltige Größe annimmt (Waltiere). Der von der Flocke absteigende Leitungsschenkel führt über den Dachkern zum Deiterskern und über den Urkleinhirnteil des Nucleus dentatus durch das Brachium conjunctivum zum motorischen Haubenkern, von dort in der Hauptsache zu den Kernen der Augenmuskeln (Bahn z. B. für den calorischen Nystagmus).

Für einige Säugetiere ist der unmittelbare Verlauf von Vestibularisneuren zur Wurmrinde ohne Umschaltung behauptet worden.

Ähnliche Leitungsbögen wie vom N. vestibularis führen auch von anderen afferenten Hirnnerven aus über das Urkleinhirn: vom Trigemimus, Cochlearis (?), Glossopharyngeus und Vagus. Sie alle werden mit denen vom Vestibularis unter der Bezeichnung der „direkten sensorischen Kleinhirnbahnen“ zusammengefaßt. Als Tractus bulbo- (nucleo-) cerebellaris ziehen die in den „Kernen“ der sensiblen Hirnnerven entspringenden 2. Neuren mit dem Tractus vestibulo-cerebellaris durch die innere Abteilung des Corpus restiforme medial vom Nucleus dentatus zur Wurmrinde. Sie sind bei den Fischen die wesentlichsten Kleinhirnbögen, treten aber bei höheren Formen gegenüber anderen zurück.

Auch von der Endigung des Sehnerven im vorderen Vierhügel geht ein bei niederen Wirbeltierformen mächtiger Kleinhirnbogen aus. Bei Mensch und Säugetieren ist diese optische Bahn nicht ganz sicher nachgewiesen, doch sind wohl die Längsfasern des Velum medullare anterius wenigstens zum Teil als hierher zugehörig zu betrachten. Auch aus dem Riechhirn dürften dem Urkleinhirn Impulse zugeführt werden.

Unter diese Bahnen sind auch diejenigen funktionell gleichwertigen Systeme zu rechnen, welche an Oberfläche und Tiefe der Peripherie von Rumpf und Gliedmaßen ihren Ursprung nehmen. Als Hinterwurzelneuren mit der Zelle im Spinalganglion treten sie in das Rückenmark ein, schlagen dann aber die gleich zu beschreibenden drei verschiedenen Wege ein (vgl. S. 47 u. 55). Wie sich dabei die aus der Haut und die aus der Tiefe entspringenden Fasern auf die drei Wege verteilen, ist nicht genau bekannt. Doch scheint sicher, daß die propriozeptiven Reize aus Muskeln und Gelenken in den Seitenstrangbahnen fortgeleitet werden.

Der eine Teil der Neuren zieht im Hinterstrang aufwärts und endigt im Hinterstrangbahnen zum Kleinhirn GOLLSchen bzw. BURDACHSchen Kern der Medulla oblongata. Die hier entspringenden 2. Neuren (Abb. S. 134) laufen als Fibrae arcuatae internae über

die Mittellinie hinweg zur ventralen Oberfläche und weiter als *Fibrae arcuatae externae anteriores* in den centralen Teil des *Corpus restiforme* und zur Rinde des Wurmes (*Tractus bulbo-cerebellaris cruciatus*). Ein kleinerer Teil begibt sich als *Fibrae arcuatae externae posteriores* in die Mitte des *Corpus restiforme* der gleichen Seite (*Tractus bulbo-cerebellaris directus*, vgl. Abb. S. 134).

Im *Corpus restiforme* vereinigen sich diese 2. Neuren der Hinterstrangbahnen mit den 2. Neuren, welche den 2. Weg eingeschlagen haben, mit der FLECHSIG- schen Kleinhirnseitenstrangbahn. Diese Hinterwurzelneuren endigen an den Zellen der STILLING-CLARKESchen Säule des Rückenmarks. Deren Neuriten gehen zur Peripherie des Seitenstranges der gleichen Seite, bleiben bis zur *Medulla oblongata* in dem schmalen oberflächlichen Streifen ventral von der LISSAUERSchen Randzone und bilden dann mit den 2. Neuren der Hinterstrangfasern die Mitte des *Corpus restiforme*. Diese so zum axialen Bündel des *Corpus restiforme* wieder vereinigten Hinterwurzelfasern, jetzt aber ihre 2. Neuren, gelangen lateral vom *Nucleus dentatus* verlaufend zur Rinde des Kleinhirnwurms (Abb. S. 69, 134), in die vorderen und hinteren, nicht in die mittleren Teile, vorwiegend in *Lobus centralis*, *Culmen* und vordersten Abschnitten des Declive, zum kleineren Teil in *Uvula* und *Pyramis*. Ein Teil der Fasern tritt durch die Kreuzungen des Wurmes im horizontalen und vertikalen Markblatt zur Gegenseite (STILLINGS „vordere und hintere große Kreuzungscmissur“).

Der 3. Weg führt die Hinterwurzelneuren zu Ganglienzellen an der Basis der Hintersäulen der grauen Rückenmarkssubstanz. Die 2. Neuren überkreuzen zum Teil die Mittellinie und ziehen am ventralen Umfang des Seitenstranges als ventrale, GOWERSsche Kleinhirnseitenstrangbahn aufwärts, gelangen zwischen *Olive* und *Corpus restiforme* neben dem *Tractus rubro- und tecto-spinalis* zur Brückenhaube, biegen in Höhe des vorderen Brückendrittels nach dorsal zur Oberfläche auf (Abb. S. 69), breiten sich als dünner, am intakten Gehirn meist deutlich erkennbarer oberflächlicher Belag über das *Brachium conjunctivum* unmittelbar caudal vom hinteren Vierhügel aus und gelangen im *Velum medullare anterius* nach rückwärts zum vorderen Abschnitt des Wurmes, größtenteils wohl der gleichen Seite. Hier endigen sie vorwiegend im *Culmen*.

Auf 3 Wegen also werden die Reize von Rumpf und Extremitäten, besonders aus dem unteren Rumpfabschnitt, dem Urkleinhirn zugeführt. Diese afferenten Schenkel der Leitungsbögen endigen, teils gekreuzt, teils ungekreuzt — von der FLECHSIGschen Bahn bleiben nach einigen Angaben $\frac{2}{3}$, von der GOWERSschen $\frac{4}{5}$ innerhalb des Kleinhirns ungekreuzt — im Wurm, aber, wie die Leitungsbögen der Hirnnerven, nur in dessen vorderen und hinteren Teilen, während die mittleren (*Anfractus* und *Pyramis*) ganz oder fast ganz frei bleiben. In der Rinde des Wurms beginnt der efferente Schenkel, für den die gleichen Bahnen in Frage kommen wie für den *Vestibularisbogen*, also über die Kleinhirnkerne zum *Deiterskern* und zum *Nucleus motorius tegmenti*, von dort zum Rückenmark und dessen Vordersäulenzellen. Im ganzen bleiben die meisten Anteile der Leitungsbögen ungekreuzt oder werden rückgekreuzt, so daß der efferente Schenkel auf der gleichen Seite endigt, auf welcher der zugehörige afferente seinen Ursprung nimmt. Einseitige Schädigungen des Kleinhirns äußern sich deshalb an dem Bewegungsapparat vorwiegend der gleichen Körperseite. Ein großer Teil der Leitungsbögen führt aber zur gekreuzten Körperseite, so daß die Impulse von jeder Stelle der Körperperipherie zur Muskulatur beider Körperseiten geleitet werden. Nur durch die Tätigkeit der Muskulatur beider Körperseiten kann das Körpergleichgewicht aufrechterhalten werden.

Die Zahl der efferenten Urkleinhirnfasern ist geringer als die der afferenten, ähnlich wie im Rückenmark. Mehrere afferente Bahnen werden also auf eine

Seitenstrangbahnen zum Kleinhirn: *Tractus spino-cerebellaris dors.* (FLECHSIG)

Tractus spino-cerebellaris ventralis (GOWERS)

efferente zusammengeführt. Im Kleinhirn findet also eine Zusammenraffung, eine Integration, der Impulse statt.

Außer den propriozeptiven Reizen aus Muskeln, Periost und Gelenken und den exterozeptiven von Haut und Sinnesorganen werden wahrscheinlich auch die Schmerzreize dem Urkleinhirn zugeführt, wenigstens auf einem Nebenschluß: Kollateralen des Tractus spino-thalamicus treten an den Seitenstrangkern (Nucleus lateralis) des verlängerten Markes, dessen Zellen ihre Neuriten im Corpus restiforme zum Urkleinhirn, vorwiegend zur Flocke senden.

Über die Beziehungen zwischen Oliven und Urkleinhirn siehe Abb. S. 140.

Ein Überblick über die Faserverbindungen des Urkleinhirns zeigt das typische Bild des Integrationsortes: aus der gesamten Körperperipherie erhält die Rinde des Urkleinhirns afferente Fasern, auf dem einen Wege über den Nucleus reticularis mit seinen verschiedenen Anteilen gehen die Verbindungen zu den Wurzelzellen der motorischen Nerven.

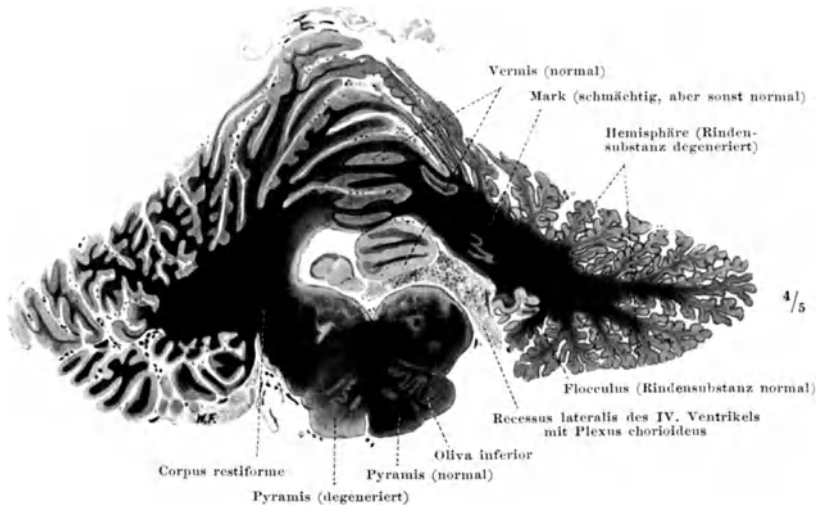


Abb. 91. Urkleinhirn und Neukleinhirn bei „gekreuzter cerebro-cerebellarer Atrophie“ (Atrophie der einen Großhirn- und der gekreuzten Kleinhirnhemisphäre). Urkleinhirn beiderseits normal, Neukleinhirn nur auf der einen Seite (links vom Beschauer). Präparat von Privatdozent Dr. RANKE †-Heidelberg. — Br.

Leitungs-
bögen des
Neu-
kleinhirns
Abb. S. 135
Tab. S. 143

Die Leitungsbögen des Urkleinhirns bedingen die Einschaltung des Kleinhirns in den motorischen Apparat des Urhirns. Sie finden sich in prinzipiell gleicher Anordnung bei allen Wirbeltieren, die ein ausgebildetes Kleinhirn aufweisen. Mit dem Auftreten des neuen Großhirns bei den Säugetieren geht einher die Ausbildung des Neukleinhirns: der Hemisphären und des Nucleus dentatus. Sie enthalten die Kleinhirnbögen, welche den vom Neuhirn ausgehenden motorischen Bahnen nebengeschaltet sind. Das wesentliche des Verlaufs der Neukleinhirnbögen ist gekennzeichnet darin, daß sie über die Rinde der Hemisphären und den Nucleus dentatus geführt werden, welche dementsprechend eine gleichsinnige Ausbildung erfahren und bei Erkrankungen gleichzeitiger Atrophie verfallen (Abb. S. 138).

Zwei Hauptsysteme treten als Teile der phylogenetisch neuen Leitungsbögen in das Novocerebellum ein: die Brückenbahn und die centrale Haubenbahn. Die ersten afferenten Neuren sind die afferenten Neuren des Großhirnleitungsbogens, die gleichen wie für die Pyramidenbahn (S. 53) und brauchen hier nicht nochmals geschildert zu werden.

1. Brücken-
bahn

Die Ursprungszellen der Brückenbahn liegen in der Rinde des Stirn-, Scheitel- und Schläfenlappens des Großhirns. Ihre Neuriten bilden als frontale, parietale

und temporale Großhirnbrückenbahn (Tractus cortico-pontanus frontalis et temporalis auch ARNOLDSches bzw. TÜRKCSches Bündel genannt) einen Teil des Centrum semiovale und des vorderen bzw. hinteren Schenkels der Capsula interna, weiterhin den lateralen und medialen Teil des Hirnschenkelfußes, und endigen an den gleichseitigen Brückenganglien (Nuclei pontis, Abb. S. 135). Die Neuriten dieser Ganglienzellen überkreuzen als Fibrae transversae pontis die Mittellinie, bilden den gegenseitigen Brückenarm des Kleinhirns (Brachium pontis ad cerebellum), strahlen in das Mark der Kleinhirnhemisphäre ein und endigen in der Rinde, und zwar derart, daß die Neuriten der in der Brücke dorsal, lateral und ventral gelagerten Ganglienzellen zu dorsalen, lateralen bzw. ventralen Hemisphärenabschnitten ziehen. Von hier zieht der efferente Schenkel zum Nucleus dentatus, zu einem kleinen Teile durch das Brachium conjunctivum unmittelbar, ohne Umschaltung im Nucleus dentatus, zum Nucleus ruber tegmenti. Die im Nucleus dentatus beginnenden Neuren verlassen den Kern durch dessen Hilus, bilden die Hauptmasse des Brachium conjunctivum, Crus cerebelli ad mesencephalon, und finden nach Überkreuzung der Mittellinie in der Decussatio brachiorum conjunctivorum (WERNEKINCKSche Kreuzung) ihr Ende im roten Kern (Nucleus ruber tegmenti). Ein Teil zieht zum Kern v a des Thalamus. Im roten Kern finden sie den Anschluß an ihr letztes präradikuläres Neuron, den Tractus rubro-spinalis (MONAKOW), dessen Fasern sämtlich durch die FORELsche Kreuzung zu den gegenseitigen Hirnnervenkernen und motorischen Vorder säulenzellen bis in das Sacralmark ziehen. Ein anderer Teil wird wahrscheinlich über andere Abschnitte des motorischen Haubenkerns des Urhirns (z. B. Nucleus centralis) und den dort entspringenden Tractus reticulo-spinalis zu den Wurzelzellen der Nerven geführt (Abb. S. 135). Die Brückenbahn führt also die Erregung vom Großhirn über das Kleinhirn hauptsächlich zur gleichen, zum Teil auch zur gekreuzten Körperseite. Ihre Ausbildung geht einher mit der von Brücke und Novocerebellum.

Die aus dem Nucleus dentatus austretenden Fasern des Brachium conjunctivum geben vor ihrer Kreuzung je einen Seitenast ab (Abb. S. 135). Diese Seitenäste schließen sich zu dem „lateralen absteigenden Kleinhirnbündel“ (CAJAL) zusammen, verlaufen neben der Substantia gelatinosa der Radix spinalis trigemini wahrscheinlich bis ins Rückenmark hinab, soweit sie nicht an den motorischen Hirnnervenkernen in der Oblongata und den Zellen der Substantia reticularis ihr Ende gefunden haben.

Aus dem vorderen kleinzelligen Abschnitt des Nucleus ruber, mit Zuschüssen aus dem Thalamus, geht ein kräftiger Faserzug hervor, der durch die Haubenregion des Mittelhirns zum Nucleus dentatus olivae hinzieht: centrale Haubenbahn, Tractus thalamo-rubro-olivaris. Am oberen Pol der Olive tritt er zur Oberfläche des verlängerten Marks, breitet sich über die Außenfläche der Olive aus (Abb. S. 69) und dringt in den Nucleus dentatus olivae ein. Dessen Neuren treten durch den Hilus, die Mittellinie überkreuzend, in das Kleinhirn ein, indem sie sich um die priscocerebellaren Bahnen herumlagern und so den peripheren Mantel des Corpus restiforme bilden (Abb. S. 69). In der Marksubstanz des Kleinhirns trennen sie sich von den Urkleinhirnbahnen und gelangen, den Nucleus dentatus cerebelli als „Vließ“ dicht umhüllend, zur Hemisphärenrinde. Von hier können sie nur auf dem gleichen Wege wie die Brückenbahn über Nucleus dentatus, Brachium conjunctivum und Nucleus ruber fortgeführt werden.

Nucleus dentatus olivae und Rinde des Kleinhirns gehen in ihrer Ausbildung parallel. Wie ihre einzelnen Abschnitte durch den Tractus olivo-cerebellaris miteinander in Verbindung stehen, ergibt sich aus Abb. S. 140. Sie zeigt zugleich, daß die Uolive (dorsale und medioventrale Nebenolive, sowie ein kleiner Teil des Nucleus dentatus olivae) ihre Fasern zum Urkleinhirn senden.

Die centrale Haubenbahn ist die Fortsetzung von Bahnen aus dem Pallidum, zu welchem aus dem Cortex praefrontalis über den Thalamus Fasersysteme

2. Centrale
Hauben-
bahn und
Olivae

gelangen (siehe S. 112). Er stellt also mit dem Tractus olivo-cerebellaris einen über Basalganglion und Kleinhirn geführten Nebenbogen zur Pyramidenbahn dar. Ein weiterer Nebenschluß zur Pyramidenbahn wird durch die Brückenbahn über das Kleinhirn geführt. So erscheinen also die beiden Neukleinhirnleitungsbögen als Ergänzungsbögen des corticalen (Pyramiden-) Bogens vom Integrationsort Großhirnrinde, regeln die Mitbewegungen und die Koordination der willkürlich intendierten Bewegung, nehmen Einfluß auf den Statotonus, der bei Verletzung des Stirnhirns aufgehoben sein kann.

Die Zahl der Fasern, welche das Brachium conjunctivum bilden, ist wesentlich größer als die Zahl derer, welche als absteigende Schenkel der Leitungsbögen vom Nucleus ruber aus sich anschließen. Dies beruht darauf, daß eine beträchtliche Fasermasse vom roten Kern zur Großhirnrinde führt. Auf diese rubro-corticale

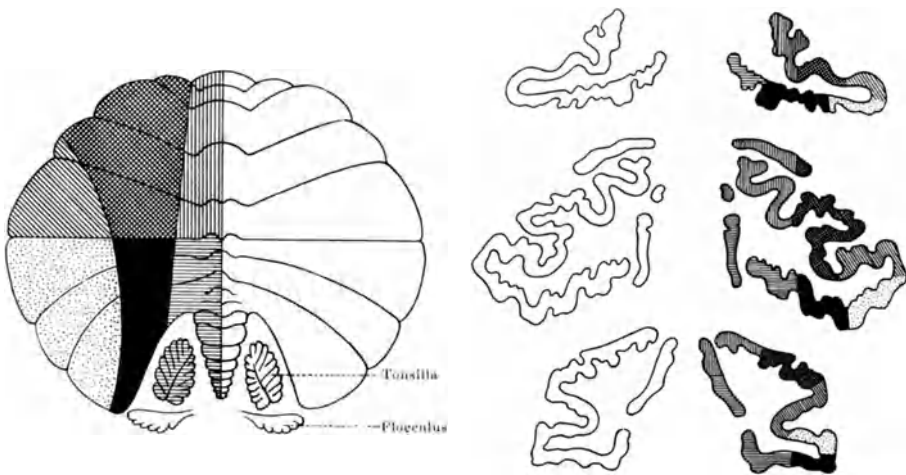


Abb. 92. Die Beziehungen zwischen der Oliva inferior mit Nebenolivinen und Kleinhirn.
(Nach GORDON HOLMES u. GRAINGER STEWART aus JAKOB in: MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 4/1, S. 722, Abb. 47.)

Bahn wird ein großer Teil der aus dem Neukleinhirn durch den Bindearm zugeführten Fasern fortgesetzt. Vom Neukleinhirn gelangen also die Erregungen nicht bloß zu den motorischen Zellen des Urhirns und des Rückenmarks, sondern ebenso zur Großhirnrinde, und zwar der Stirnwindungen und der Pars opercularis der vorderen Centralwindung. Die klinische und experimentelle Erfahrung lehrt, daß mit Verlust des Kleinhirns eine Änderung der Psyche einhergeht, eine Apathie und Bewegungsarmut, welche beim Menschen zu einem eigenartigen Gesichtsausdruck führt („Buddhagesicht“). Die anatomische Grundlage dafür ist in dieser Kleinhirn-Großhirn-Verbindung gegeben. Die Erregungen, welche auf ihr dem Großhirn vom Kleinhirn her zugeführt werden, bilden ein wesentliches Element der „Somatopsyché“; sie vermitteln im besonderen auch das „Anstrengungsgefühl“, d. h. das Gefühl für den Kraftaufwand bei einer intendierten Bewegung, das auch Amputierte haben bei der Absicht einer kraftvollen Bewegung mit der Extremität, die sie gar nicht mehr besitzen.

d) Die Kleinhirnrinde als Integrationsort.

Der Integrationsort ist anatomisch dadurch gekennzeichnet, daß er von der gesamten Körperperipherie afferente Fasern erhält und eine geringere Zahl von Fasern an die motorischen Wurzelzellen für den ganzen Körper zurückgibt.

Für die Funktion bedeutet dies: dem Integrationsort werden ständig sämtliche Reize zugeleitet, die überhaupt den Körper treffen oder in ihm entstehen, er zieht daraus sozusagen die Summe und gibt einen einheitlichen Impuls an die Muskulatur zurück.

Diese Funktion findet ihren Ausdruck in der Schichtenanordnung der Kleinhirnrinde. In der vorstehenden Darstellung der Leitungsbögen des Kleinhirns ist in Wort und Bild von den Umschaltungen innerhalb der Rinde abgesehen worden. In Wirklichkeit ist in den Abbildungen S. 134 und 135 an der Stelle der einfachen Umschaltung in der Rinde eine im einzelnen gar nicht übersehbare Folge von Schaltungen zu denken.

Über die Gestaltung der Leitungsbögen, welche über die Kleinhirnrinde geführt sind, läßt der feinere Bau der Rinde etwa folgende Vorstellung zu: Efferente Neuren sind nur die Purkinjezellen. Mit ihnen treten die afferenten Neuren teils unmittelbar, teils mittelbar in Verbindung. Als Kletterfasern mit den Purkinjezellen unmittelbar verbunden sind im Urkleinhirn die Vestibularis-, im Neukleinhirn die Großhirn-Brückenfasern. Von anderen dieser Fasern wird durch Vermittlung der Korbzellen der Erregungsvorgang auf eine Anzahl Purkinjezellen in sagittaler Richtung übertragen. (Auf größere Entfernung übernehmen die Rolle solcher Assoziationsneuren die *Fibrae arcuatae* und die Girlandenfasern: Purkinjezellen, welche ihre Neuriten wieder zu Purkinjezellen weiter frontal oder caudal gelegener Kleinhirnabschnitte senden.) Sternzellen vermitteln eine geringe Ausbreitung in transversaler Richtung. Die Kleinhirnseitenstrangbahnen (FLECHSIGSches und GOWERSSches Bündel) und der *Tractus olivo-cerebellaris*, die Fortsetzung der centralen Haubenbahn, haben, als Moosfasern endend, keine unmittelbare Verbindung mit den Purkinjeuren. Stets sind Krallenzellen zwischengeschaltet, welche die Erregung über große Strecken in transversaler Richtung auf die Purkinjezellen übertragen, auch über die Mittellinie hinaus. Durch sie wird die Erregung, welche aus dem Rückenmark und der *Medulla oblongata* (direkte sensorische Kleinhirnbahnen) zum Urkleinhirn geleitet wird, auf Purkinjezellen auch des Neukleinhirns übermittelt, und die von den Oliven her zum Neukleinhirn gelangende auch auf das Urkleinhirn. In sagittaler Richtung findet sie keine erhebliche Ausbreitung.

Ist diese Vorstellung in den Hauptzügen zutreffend — die hier angenommene Zugehörigkeit der Moos- und Kletterfasern ist nicht völlig sicher! —, so werden die aus dem Gleichgewichtsorgan durch den *N. vestibularis* und die aus der Großhirnrinde über die Brückenkerne einlangenden Erregungen innerhalb des Kleinhirns vorwiegend parallel der Mittelebene in der sagittalen Richtung senkrecht zur Achse der Gyri ausgebreitet und überschreiten auch die Grenze zwischen Ur- und Neukleinhirn nicht. Hingegen finden die Erregungen aus der gesamten Körperperipherie und die aus dem *Corpus striatum* (über *Nucleus ruber* und Olive) eine Ausbreitung senkrecht zur Mittelebene in transversalen Ebenen über die Mittellinie und die Ur-Neukleinhirngrenze hinüber und herüber. Allerdings ist mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß mittelbar, durch Zwischenschaltung weiterer Rindenzellen, eine Ausbreitung jeweils auch in der anderen Hauptrichtung erfolgt.

Am wenigsten ist dabei klar die Bedeutung der Rinde des mittleren Wurmabschnittes, des *Anfractus* (*Declive*, *Folium*, *Tuber*), dessen Rindenbau schon von frühen Embryonalstadien an von dem der übrigen, unter sich übereinstimmenden Wurmabschnitte abweicht. Als deren afferente Fasern sind sicher bekannt nur die aus den ältesten Teilen der Olive, besonders aus medialer und dorsaler Nebenolive (Abb. S. 140). Andere Urhirnfasern haben nur in die den Nachbarlappen (*Culmen* und *Pyramis*) unmittelbar angrenzenden Teile verfolgt werden können.

Mag diese Vorstellung von der Ausbreitung der das Kleinhirn treffenden Impulse in dessen Rinde im Prinzip das richtige treffen oder nicht, die weite Ausbreitung an sich darf als feststehende Tatsache betrachtet werden. Sie erklärt, warum im Gegensatz zu bestimmten Abschnitten des Großhirns der Ausfall kleinerer Abschnitte des Kleinhirns sich nicht oder kaum bemerkbar macht. Vor allem bleibt von dieser Frage unberührt, daß an allen Bewegungen der Skelettmuskulatur, soweit sie nicht elementarste Reflexbewegungen sind, das Kleinhirn beteiligt ist: es ist übergeschaltet über den Eigenapparat von Rückenmark und Urhirn, nebensgeschaltet den aus Großhirn und Corpus striatum zu den motorischen Wurzelzellen ziehenden Systemen. Aus der gesamten Körperperipherie über Urhirn, wie über Großhirn strömen ihm die Impulse zu: kein Erregungsablauf über einen Leitungsbogen höherer Ordnung ohne zugleich über das Kleinhirn, keine geordnete Bewegung ohne die Ordnung durch das Kleinhirn, keine regelrechte Tätigkeit der motorischen Wurzelzellen, wenn die über das Kleinhirn geführten Impulse ausfallen.

Hierin äußert sich die besondere Stellung, welche das Kleinhirn unter den Integrationsorten einnimmt. Mit den beiden anderen hat es gemeinsam die Verbindung mit der ganzen Körperperipherie durch seine afferenten Fasern. Darüber hinaus aber erhält es Impulse von den beiden anderen Integrationsorten: von beiden geht neben dem unmittelbaren Wege zu den motorischen Wurzelzellen (Tract. tecto-spinalis bzw. Pyramidenbahn) ein Parallelschluß über die Kleinhirnrinde (Tract. tecto-cerebellaris bzw. Großhirn-Brückenbahn). Außerdem ist auch noch von dem zweiten absteigenden Weg der beiden anderen Integrationsorte über das Basalganglion ein Nebenschluß über das Kleinhirn geführt (centrale Haubenbahn-Oliven). Das heißt mit anderen Worten: alle Impulse aus der Körperperipherie werden wie über die beiden Integrationsorte Mittelhirndach und Großhirnrinde, so auch über das Kleinhirn geleitet. Außerdem ergeht von den beiden anderen Integrationsorten kein Impuls zu den motorischen Wurzelzellen und zur Peripherie der nicht zugleich auch über das Kleinhirn geführt würde. Mindestens gilt dies für den Bereich des animalen Nervensystems. Ob und inwiefern das Kleinhirn in Leitungsbögen auch des vegetativen Systems eingeschaltet ist, ist unbekannt.

Afferente und efferente Fasersysteme des Kleinhirnes.

Die cerebellopetalen Fasern enden in der Rinde (ob auch zum Teil in den Kernen, ist nicht sicher); die cerebellofugalen Fasern gehen aus den Kernen hervor. Die Verbindung von der Rinde zu den Kernen geschieht durch die Tractus cortico-nucleares (vgl. Abb. S. 134 u. 135).

I. Urkleinhirn (Wurm und Flocke):

Afferent:

1. Tractus spino-cerebellaris dorsalis (FLECHSIG).
2. Tractus spino-cerebellaris ventralis (GOWERS).
3. Tractus bulbo-cerebellaris: Fortsetzung der Hinterstrangbahnen nach Umschaltung in den Kernen des GOLLschen und BURDACHschen Stranges.
4. Direkte sensorische Kleinhirnbahnen: aus den Kernen der afferenten Hirnnerven, besonders des N. vestibularis.
5. Tractus tecto-cerebellaris: aus Colliculus sup. lam. quadrigeminae im unmittelbaren Anschluß an die Sehbahn.
6. (Im Anschluß an Hör- und Riechnerven: Wege unbekannt.)
7. Tractus olivo-cerebellaris: aus medialer und dorsaler Neben-Olive, Fortsetzung der centralen Haubenbahn.
8. Tractus tecto-cerebellaris: vom Integrationsort im oberen Vierhügel.

Efferent:

1. Aus Nucleus fastigii: zum Nucleus reticularis in der Medulla oblongata via Corpus restiforme (innere Abteilung).

2. Aus Nucleus globosus, emboliformis und vorderem Abschnitt des Nucl. dentatus: zum Nucleus reticularis im Mittelhirn, besonders zu Nucl. ruber magnocellularis, via Brachium conjunctivum.
Zu 1. und 2.: Fortsetzung: Tractus reticulo-bulbaris, Tract. reticulo-spinalis, Fasciculus longitudinalis medialis, und damit zu den motorischen Wurzelzellen der Hirn- und Rückenmarksnerven.

II. Neukleinhirn (Hemisphären):

Afferent:

1. Brückenbahnen: Tractus ponto-cerebellares, Fortsetzungen des Tractus cortico-pontanus frontalis, parietalis et temporalis aus dem Integrationsort Großhirnrinde. Umschaltung in den Nuclei pontis, via Crus pontis zur Hemisphäre der Gegenseite. — An den Nuclei pontis enden auch Kollateralen der Pyramidenbahn.
2. Tractus olivo-cerebellaris: aus Nucleus dentatus olivae (gekreuzt), Fortsetzung der centralen Haubenbahn, aus Basalganglion via Thalamus und Nucleus ruber.

Efferent (aus Nucleus dentatus via Brachium conjunctivum):

1. Zu Nucleus ruber. Fortsetzung: a) Zu motorischen Wurzelzellen über Nucleus reticularis und Tractus reticulo-bulbaris und -spinalis; b) zur Großhirnrinde, Tractus rubro-corticalis.
2. Zu Thalamus.
3. Zu Nucleus reticularis der Medulla oblongata und zu Strangzellen des Rückenmarks (oder unmittelbar zu den motorischen Wurzelzellen?); CAJALS laterales absteigendes Kleinhirnbündel, Kollateralen von Fasern des Brachium conjunctivum.

3. Großhirn (Cerebrum, Pallium).

a) Neencephalon und Archencephalon.

Das Großhirn des Menschen wie der übrigen Säugetiere verdankt seine allgemeine Ausgestaltung der gewaltigen Umbildung der im Gegensatz zu den Basalganglien ursprünglich dünnen Wandungen des Ventrikelraumes. Der Gang der Embryonalentwicklung wiederholt im ganzen diesen Prozeß (Abb. S. 159). Der Hauptmasse nach ist also das Säugergroßhirn ein Abkömmling der dünnen Vorderhirnwand, des Hirnmantels, des Pallium. Die palliaren Teile des Vorderhirns sind spezifische Neuerwerbung des Säugergehirns (Neencephalon), sie werden übergeordnet und übergeschaltet dem ursprünglichen Vorderhirn (Archencephalon), dessen Anteile, Basalganglien und Riechhirn, zwar ebenfalls eine Fortentwicklung erfahren, aber keine so grundsätzliche wie der Mantel. Allerdings wird auch dem Riechhirn ein palliarer Abschnitt übergeschaltet, aber dieser Abschnitt erfährt in der Reihe der Säugetiere, auch bei den makrosmatischen, keine so reiche Ausgestaltung wie das übrige Pallium und bewahrt gegenüber dessen Formenfülle eine gewisse konservative Einförmigkeit. Auch ist bei niederen Säugetieren der dem Riechhirn zugehörige Anteil des Pallium schon mächtig entwickelt, während das übrige Pallium noch auf einer viel unentwickelteren Stufe verbleibt. Daraus darf die Berechtigung abgeleitet werden, das ganze Riechhirn, archencephalen und neencephalen Anteil, gesondert zu betrachten, obwohl es nicht ganz folgerichtig ist, seinen palliaren Anteil von dem übrigen Pallium zu trennen. Gleicherweise müßte sonst etwa das Sehhirn ausgedendert werden, das freilich niemals gleiche morphologische Selbständigkeit aufweist. Beim Menschen als einem mikrosmatischen Säugetier ist das Riechhirn an sich schon wenig entwickelt und tritt gegenüber dem mächtigen Pallium äußerlich ganz zurück, ist auch nicht mehr scharf gegen das Pallium abgesetzt. Seine Schilderung wird deshalb bis nach der des Pallium aufgeschoben (s. S. 190).

b) Äußere Form und Entwicklung des Großhirns.

Das Endhirn des Menschen hat bis zum 5. Monat seiner Entwicklung eine glatte Oberfläche (Abb. S. 8—11, 159). Bei manchen Säugetieren bleibt sie

zeitlebens vollkommen glatt, bei den meisten wird sie aufgewulstet und eingefaltet, so daß Windungen (Gyri) mit zwischen ihnen laufenden Furchen (Sulci) ein vielgestaltiges Relief erzeugen, wonach man glatt- und gefurchthirnige Säugetiere unterscheidet, liss-encephale und gyr-encephale. Kein Zweifel, daß damit eine Vergrößerung der Oberfläche und der oberflächlich gelagerten grauen Rindensubstanz einhergeht, so daß die Versuchung nahe liegt, in der Ausgestaltung der Großhirnoberfläche den morphologischen Ausdruck höherer Leistungsfähigkeit zu suchen, zumal das Großhirn des Menschen einen hohen Windungsreichtum darbietet, welcher in der Ontogenese aus der völlig glatten Oberfläche allmählich entwickelt wird. Aber schon die Tatsache macht bedenklich, daß etwa das Großhirn des Kaninchens glatt, das des Hundes windungsarm, das des Schafes und Esels hingegen überaus windungsreich ist, mehr fast als das des Menschen. Auch alle Versuche, aus größerem oder geringerem Windungsreichtum am menschlichen Gehirn bindende Schlüsse auf die geistigen Fähigkeiten des Trägers zu ziehen, dürfen als gescheitert betrachtet werden. Vorerst müssen wir uns bescheiden bei der Erkenntnis, daß uns die Ursachen der Oberflächengestaltung des Großhirns unbekannt sind, daß uns hier ein Parallelismus zwischen Form und Funktion nicht erkennbar ist.

Die Verschiedenheit in der Einzelausgestaltung des Großhirns des Menschen ist so mannigfaltig wie die der einzelnen Individuen. Kein Großhirn ist geformt wie das andere, auch nicht bei eineiigen Zwillingen, und selbst rechte und linke Großhirnhälfte sind niemals gleich. Die grobe Form entspricht der Form des Schädels, und wie die Menschen dolicho-, meso- und brachycephal sind, so sind sie auch dolicho-, meso- und brachy-encephal (vgl. Abb. S. 68 u. 146). Ob dabei das Gehirn oder der Schädel der formbestimmende Teil ist, ist nicht sicher entschieden. Der normale Ablauf der Entwicklung und die Befunde an Mißbildungen sprechen dafür, daß das Gehirn seine Eigenform entwickelt und der Schädel sich ihr fügt. Nur wenn im Kindesalter äußere Gewalt (künstliche Deformierung) oder vorzeitige Verknöcherung einzelner Nähte die Form des Schädels unnatürlich gestaltet, muß das an sich bereits eigengeformte Gehirn solcher Formänderung folgen. Innerhalb dieser Formen im groben variieren die Formen im einzelnen. Der Windungsreichtum ist verschieden groß, und Verlauf und Verzweigung der Furchen zeigt bei jeder Großhirnhälfte andere Anordnung. Schon in früher Fetalzeit macht sich die künftige Verschiedenheit der Gesamt- wie der Einzelform geltend. Die embryonalen Gehirne variieren wie die fertig gebildeten.

Trotz alledem ist es möglich, aus der Vergleichung sehr vieler Gehirne und besonders aus der Entwicklung der Oberfläche ein Grundschema zu gewinnen, von dem naturgemäß jedes Gehirn im einzelnen abweichen muß, um so mehr, je windungsreicher es ist. Zum ersten Studium dieser Formenfülle sind windungsarme Gehirne am besten geeignet. Diesem Grundtypus kommt so wenig wie der Einzelform eine grundsätzliche morphologische oder funktionelle Bedeutung zu. Nur zum Zwecke der Orientierung und Verständigung ist die Einordnung der Mannigfaltigkeit in ein System erlaubt. Nirgends vielleicht so deutlich wie am Großhirn zeigt sich, daß jeder Einzelorganismus die konstruktive Aufgabe, welche er aus seiner Erbmasse heraus zu lösen hat, zu einem formal verschiedenen Ende führt.

Seinem Entwicklungsgange entsprechend ist das Großhirn paarig. Die *Fisura sagittalis cerebri* teilt es in die beiden Hemisphären (Abb. S. 151). An deren jeder wird ein Frontal-, Occipital- und Temporalpol unterschieden: *Polus frontalis*, *occipitalis*, *temporalis* und ein Stirn-, Scheitel-, Hinterhaupts- und Schläfenlappen: *Lobus frontalis*, *parietalis*, *occipitalis*, *temporalis*. Über deren Grenzen, welche selbstverständlich nur konventionell sind, wird später zu

sprechen sein. Die Bezeichnungen sind nach der Lage des Großhirns zum Schädel gewählt: der Stirnlappen, in die vordere Schädelgrube eingelagert, entspricht etwa der Ausdehnung des Os frontale, der Scheitellappen der des Os parietale; der Hinterhauptslappen liegt der Squama occipitalis oberhalb des Sulcus transversus an, der Schläfenlappen ist in die mittlere Schädelgrube und gegen die temporale Seitenwand des Schädels gelagert.

Im ganzen entspricht die Form des Großhirns der Form der Schädelhöhle, wie sie sich bei erhaltener Dura mater darbietet. Die Dura mater glättet die kleinen Unebenheiten des knöchernen Schädels und trennt den Innenraum durch das Tentorium (Abb. S. 208) unvollkommen in einen kleineren, über dem Foramen occipitale magnum gelegenen, wesentlich vom Kleinhirn eingenommenen, und den weit größeren das Großhirn beherbergenden Teil. Der letztere wird durch die sagittale Platte der Falx cerebri in eine rechte und linke Hälfte geschieden, entsprechend der rechten und linken Großhirnhemisphäre. Gemäß dieser Gestaltung des Schädelraumes zeigt jede Großhirnhälfte eine konvexe laterale, eine plane mediale Fläche (Abb. S. 146, 77, 92). Die basale Fläche (Abb. S. 66) wiederholt annähernd das Bild der vorderen und mittleren Schädelgrube und der oberen Fläche des Tentorium. Demgemäß zeigt die basale Fläche des Stirnlappens die fast rechtwinklig gegen die laterale Fläche abgebogene, leicht konkave Facies orbitalis, welche im Bereiche der Lamina cribrosa häufig schnabelartig vorspringt, je nach der Gestalt dieser Gegend der vorderen Schädelgrube. An der konvexen Basalfläche des Temporallappens kann sich eine stark entwickelte Eminentia arcuata der Felsenbeinpyramide unmittelbar vor dem vorderen Rande des Kleinhirns deutlich abdrücken (Abb. S. 66). Die Pyramide selbst erzeugt keinen Eindruck, da sie mit dem an ihrer Oberkante angehefteten Tentorium in einer Ebene liegt. — Die basale Fläche des Occipitallappens ist leicht konkav, der Fläche des Tentorium angepaßt.

Über die wirkliche Form des Großhirns geben nur Objekte Aufschluß, welche in situ gehärtet und unter Abtragung des Hirnschädels freigelegt worden sind. Das frisch herausgenommene Gehirn verliert infolge seiner plastischen Konsistenz die Form, die es im Schädel hatte, und gewinnt sie auch bei sorgsamster Behandlung nicht wieder. Die Abb. S. 68 u. 146 sind nach solchen in situ fixierten Gehirnen gezeichnet und geben eine Vorstellung von der Verschiedenheit der groben Form, obwohl sie keineswegs extreme Fälle verkörpern. Doch ist die mehr längliche Gestalt in Abb. S. 68 gegenüber der gedrungenen in Abb. S. 146 deutlich genug zu erkennen. Zugleich zeigt Abb. S. 146 am hinteren Umfang an der Grenze von Parietal- und Occipitallappen eine leichte Eindellung, welche, auch in weit stärkerer Ausprägung, sehr häufig — am Gehirne des älteren Fetus und des Neugeborenen regelmäßig (Abb. S. 147) — beobachtet wird, ohne daß die Ursache ihres Auftretens und ihres eventuellen Wiederverschwindens aufgeklärt wäre. Der Lage zum Schädel nach entspricht sie der Stelle der Vereinigung von Lambda- und Sagittalnaht.

Bei aller individuellen Verschiedenheit stimmen die menschlichen Großhirne in einem Punkte alle überein: daß ein bestimmter Bezirk der Oberfläche von Nachbarteilen überwachsen und in die Tiefe verlagert ist. Er wird sichtbar durch Eröffnen der großen Spalte, welche zwischen dem unteren Rande des Stirn- und Scheitellappens und dem oberen des Schläfenlappens liegt. Werden diese Ränder aufgehoben und damit die Spalte, die Fissura lateralis cerebri (Sylvii) (Abb. S. 146), zum Klaffen gebracht, so zeigt sich in ihrem Grunde ein mit Furchen und Windungen ausgestatteter Teil der Großhirnoberfläche der als Insula (Reilii) (Abb. S. 154, 69) benannt wird, in embryonaler Zeit wie bei dem ausgebildeten Gehirn der meisten Säuger im Niveau der Oberfläche lag und nachträglich überwachsen wurde (Abb. S. 10, 147). Indem

die vor- und überwachsenden Teile sich bis zur Berührung nähern und wie ein Deckel über die Insel legen („Opercula“, S. 150), entsteht aus einer ursprünglichen Grube ein tiefer Spalt, eben die Fissura Sylvii (Abb. S. 179).

Die übrigen Furchen des Großhirns nehmen einen ganz anderen Entwicklungsgang. Ihnen gegenüber kommt daher der Fissura Sylvii eine Sonderstellung zu, der in der Bezeichnung „Fissura“ gegenüber den „Sulci“ Ausdruck verliehen wird.

Die Großhirnhemisphären entwickeln sich als blasenförmige Ausstülpungen des Zwischenhirns (Abb. S. 8). Ihr Wachstum erfolgt 1. nach dorsal, so daß

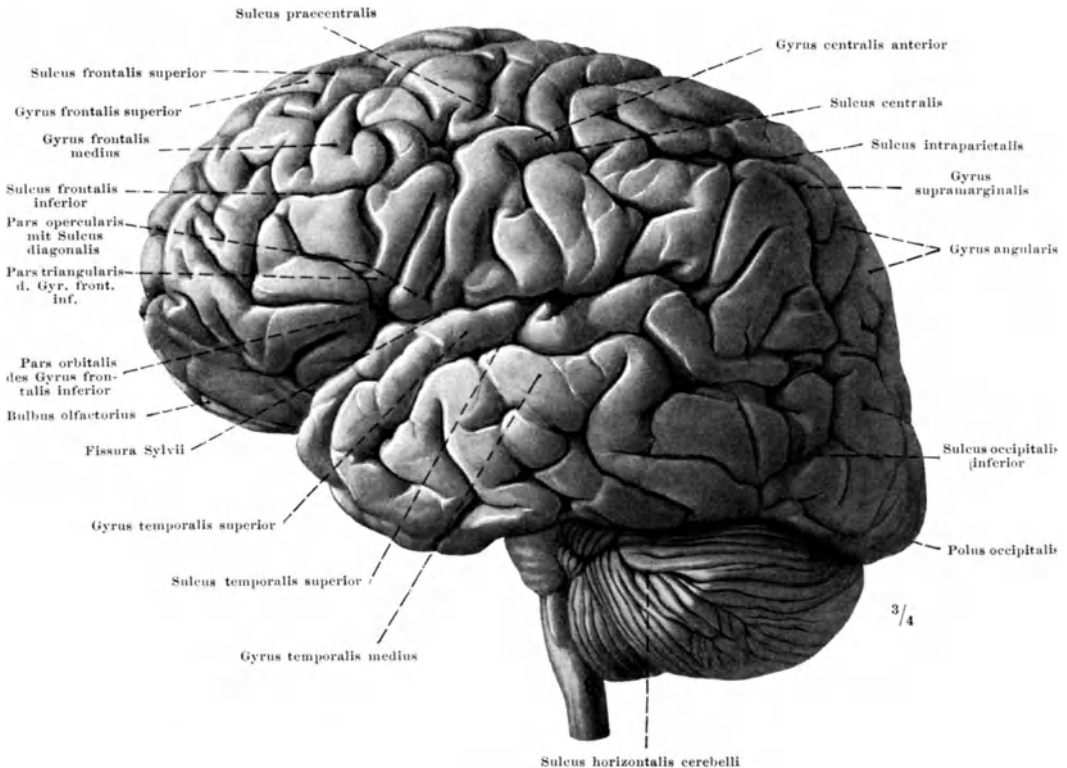


Abb. 93. Linke Seitenfläche des (in situ mit Chlorzink-Formol gehärteten) Gehirns. — Das gleiche Präparat wie Abb. S. 66 u. 151. Unübersichtlicher Windungstypus.

sie das Zwischenhirn mehr und mehr überragen (Abb. S. 8, 9, 10); 2. nach caudal, so daß sie erst das Zwischenhirn überlagern (Abb. S. 10), dann auch das Mittelhirn (Abb. S. 11, Nr. 11 u. 12); 3. nach vorn über die Vorderwand des Zwischenhirns (Lamina terminalis) hinaus (Abb. S. 9, 11); 4. nach basal, so daß auch die basalen Teile des Zwischenhirns bis auf Opticus und Infundibulum verdeckt werden (Abb. S. 8, 10). Insoweit stimmt die Formentwicklung bei Mensch und Säugetier überein (vgl. die Abb. S. 10 mit Abb. S. 190): Ausbildung des Frontal- und Occipitalpols und einer Andeutung eines Schläfenpols. Im weiteren Gange wächst diese Anlage des Schläfenpols nach abwärts und nach vorn über die basalen Teile des Zwischenhirns hinaus (Abb. S. 10, 11), womit dann der wirkliche Schläfenpol gebildet ist. — Im ganzen erfolgt das Wachstum in einem Bogen: nach vor- und abwärts (Stirnpol), nach rück- und abwärts (Hinterhauptspol), nach ab- und vorwärts

(Schläfenpol). In der Höhlung des Bogens liegt die Verbindung mit dem Zwischenhirn, die spätere Insel (Abb. S. 10). Am Gehirn des Erwachsenen findet

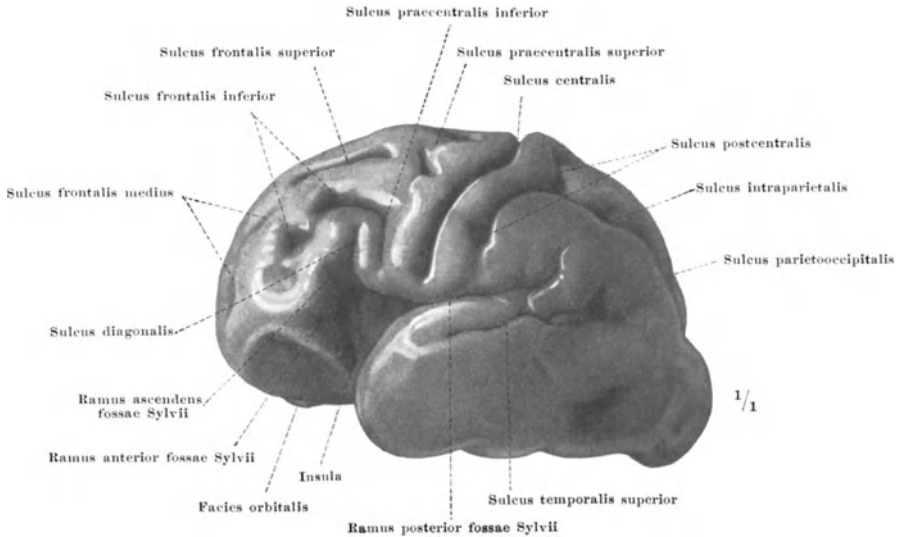


Abb. 94. Linke Großhirnhemisphäre eines menschlichen Fetus von 30 cm Steiß-Scheitellänge. Paraffinpräparat der Sammlung des 2. Anatomischen Institutes in Wien (Prof. HOCHSTETTER). Natürliche Größe des beim Paraffinieren konzentrisch geschrumpften Präparates.

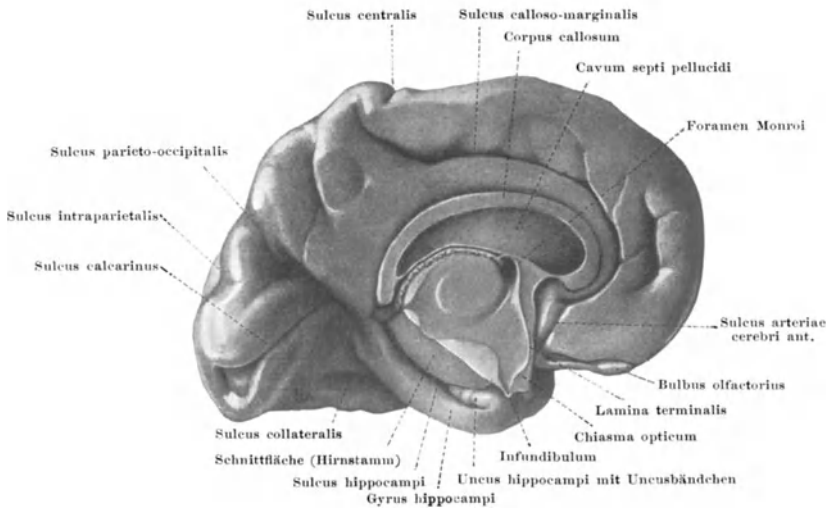


Abb. 95. Mediale Fläche der linken Großhirnhemisphäre. Das gleiche Präparat wie Abb. 94. Der Hirnstamm ist ungefähr an der Grenze zwischen Mittel- und Zwischenhirn abgetragen.

diese bogenförmige Entwicklung ihren deutlichsten Ausdruck in der Bogenform von Anteilen des Riechhirns: Gyrus supracallosus und Hippocampus (Abb. S. 192, dunkelgrün, S. 8—11 gelb), und des Fornix (dieselben Abbildungen, hellgrün bzw. rot); ähnlich in der Gestalt des Großhirnventrikels (Abb. S. 158) und mancher anderer Bildungen (Nucleus caudatus, Taenia semicircularis, Capsula interna u. a.).

Erst erheblich später erfolgt dann eine mächtige Entfaltung in der Richtung von medial nach lateral, die zur Überlagerung der Stelle des Zusammenhangs mit dem Zwischenhirn und dadurch zur Bildung der Insula Reilii führt (vgl. Abb. S. 10 mit 147, S. 159 mit 92). Die Grenzfurche der Insel, der Sulcus „circularis“, bekundet dabei sehr deutlich die Bogenform der Entwicklung der Hemisphäre (vgl. Abb. S. 69).

Fetales
Großhirn
Abb. S. 10,
11, 147

Bei Feten des 5. Monats von etwa 17 cm Scheitelsteißlänge ist die Oberfläche des Großhirns noch glatt. Nur das Gebiet der Insel ist schon eingesenkt, die künftige Fissura Sylvii ist noch eine weite Grube (Abb. S. 10). Bei Feten des 6.—7. Monats von etwa 30 cm Gesamtlänge ist die Fossa Sylvii in ihrem rückwärtigen Abschnitt schon zur Fissura Sylvii geschlossen, und an der Oberfläche der Hemisphäre sind einige Furchen aufgetreten (Abb. S. 147). An der Außenfläche tritt als auffallendste eine von der Kante gegen die Fossa Sylvii schräg verlaufende Furche hervor, sie zieht annähernd in der Mitte zwischen Frontal- und Occipitalpol und führt die Bezeichnung Sulcus centralis (Rolandi) (Abb. S. 147). Etwa gleichzeitig mit ihr sind an der medialen Hemisphärenfläche, und zwar am Hinterhauptslappen zwei Furchen aufgetreten, welche gegen die Mitte zu spitzwinklig zusammentreffen (Abb. S. 147): der annähernd horizontal verlaufende Sulcus calcarinus, so genannt nach der von ihm erzeugten und von alters her als Calcar avis (s. S. 157) bezeichneten Vorbuchtung des Hirnventrikels, und der schräg von der Hemisphärenkante gegen die Mitte hinziehende Sulcus parieto-occipitalis. Dort wo diese Furche nahe der Hemisphärenkante beginnt, zeigt diese beim Fetus regelmäßig jene Einbuchtung, deren schon bei der groben Form des Gehirns vom Erwachsenen Erwähnung geschehen ist. Die genannten Furchen sind wie alle später noch hinzukommenden bedingt durch die Ausbildung der Windungen. Die dünne embryonale Großhirnwand erfährt nicht eine gleichmäßige Verdickung. Diese erfolgt vielmehr in der Form von Streifen, welche sich als schmale Wülste über die Oberfläche erheben. Indem zwischen diesen Anlagen der Windungen die Hirnwand sich erheblich weniger verdickt und fast im ursprünglichen Niveau bleibt, entsteht die Furche zwischen den sich erhebenden Windungen. Das Primäre sind also die Windungen. Deren Erhebung über die Oberfläche verdanken die Furchen ihre Entstehung, nicht einer linienförmigen Einsenkung. Nicht die Furchen senken sich in die Oberfläche ein, sondern die Windungen erheben sich über sie. Findet man an einem fetalen Gehirn eingesenkte Furchen, so handelt es sich um postmortale Veränderungen. Vgl. a. S. 157.

Am ausgebildeten Großhirn gelingt die Entwirrung des Oberflächenreliefs leichter von den Furchen als von den Windungen aus. Deshalb wird im folgenden in Wort und Bild die übliche Betonung der Furchen beibehalten.

Schema der
Großhirn-
oberfläche
des Erwach-
senen
Abb. S. 149

Sulcus centralis, Sulcus calcarinus und Sulcus parieto-occipitalis sind die ersten Furchen, welche an der fetalen Hemisphäre deutlich werden. Später wird der Sulcus centralis von zwei annähernd gleich gerichteten, aber schon beim Fetus nicht immer durchlaufenden Furchen begleitet, dem Sulcus praecentralis und dem Sulcus postcentralis. In Abb. S. 149 ist der erstere unterbrochen und in einen oberen und unteren Abschnitt zerlegt: Sulcus praecentralis superior et inferior. An diese beiden mittelbar oder unmittelbar anschließend durchzieht je eine Furche parallel der Hemisphärenkante den Stirnlappen gegen den Stirnpol hin; Sulcus frontalis superior et inferior. Ähnlich zieht vom Sulcus postcentralis aus eine bogenförmige Furche nach rückwärts durch den Scheitellappen bis in den Occipitallappen hinein: Sulcus intraparietalis. In den Schläfenlappen senkt sich, parallel zur Fissura Sylvii, der Sulcus temporalis superior. — Die Medialfläche der Hemisphäre

(Abb. S. 149) weist außer den erwähnten Furchen des Hinterhauptslappens eine an der Hemisphärenkante hinter dem Sulcus centralis beginnende, erst

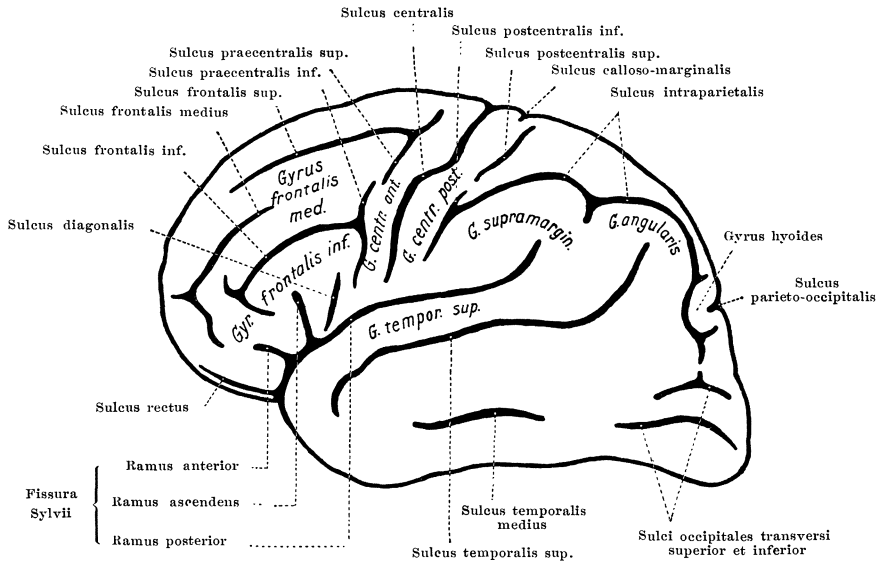


Abb. 96. Schema der Windungen und Furchen des Großhirns, laterale Fläche. Der Tractus olfactorius ist weggelassen, um den Sulcus rectus zu zeigen.

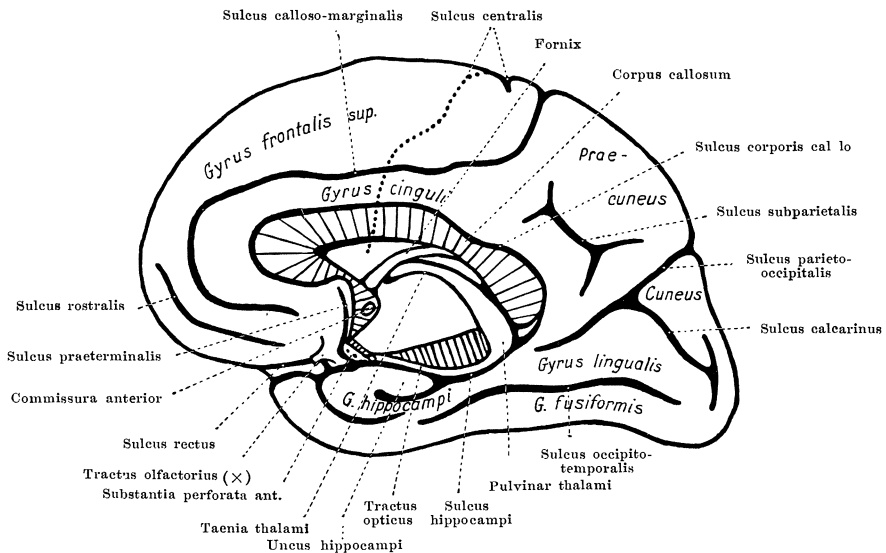


Abb. 97. Schema der Windungen und Furchen des Großhirns, mediale Fläche.

gegen die Mitte zu gewendete, dann nach vorn umbiegende, der Kante etwa parallele Furche auf: Sulcus cinguli oder Sulcus calloso-marginalis (weil zwischen Balken und Kante gelegen). Den Balken unmittelbar umkreist der Sulcus corporis callosi, sich bis gegen den Schläfenpol als Sulcus hippocampi fortsetzend. Die basale Fläche von Occipital- und Temporal-

lappen durchzieht in der Längsrichtung der Sulcus occipito-temporalis s. Sulcus collateralis.

Alle genannten Sulci verdanken Windungen, den Gyri, ihre Entstehung. Im Bereiche des Lobus frontalis, dessen hintere Grenze in den Sulcus centralis gelegt wird, verläuft eine senkrechte Windung zwischen Sulcus centralis und Sulcus praecentralis, die vordere Centralwindung, Gyrus centralis anterior s. praecentralis, die übrigen ziehen vor dieser annähernd horizontal im Bogen nach vorn: zwischen Fossa Sylvii und Sulcus frontalis inferior der Gyrus frontalis inferior, zwischen Sulcus frontalis inferior et superior der Gyrus frontalis medius, zwischen Sulcus frontalis superior und Sulcus cinguli, also die Hemisphärenkante tragend, der Gyrus frontalis superior, zwischen Sulcus cinguli und Sulcus corporis callosi der Gyrus cinguli. Den Lobus parietalis trennt der Sulcus intraparietalis in einen Lobus parietalis superior und inferior. Letzterer wird durch einen Ast des Sulcus intraparietalis in den Gyrus supramarginalis und Gyrus angularis unterteilt, welche die Enden der Fissura Sylvii und des Sulcus temporalis superior umfassen. Im Lobus occipitalis begrenzen auf der Medialfläche die spitzwinklig zusammenstoßenden Sulci parieto-occipitalis et calcarinus den dreieckigen Cuneus, an den im Scheitellappen der Praecuneus angrenzt, bis zum Sulcus cinguli reichend. Auf der Basalfläche des Temporallappens hebt sich zwischen Sulcus occipito-temporalis und Sulcus hippocampi der Gyrus hippocampi wulstig heraus, an der Außenfläche wird von Fissura Sylvii und Sulcus temporalis superior der Gyrus temporalis superior begrenzt.

Gyrus temporalis superior und unterer Abschnitt des Scheitellappens stoßen in der Bildung der Fissura Sylvii aneinander, indem sie die Insel überlagern. Sie bilden dadurch einen Teil des Deckels, unter dem die Insel verborgen liegt, einen Teil des Operculum insulae, und zwar das Operculum temporale et parietale. In dem der Abb. S. 147 zugrunde liegenden Entwicklungsstadium ist der Deckel der Insel noch nicht vollständig gebildet, der vordere Abschnitt der Insel liegt noch frei. Er wird späterhin vom Operculum frontale bedeckt, das dem Gyrus frontalis inferior angehört, und von dem vorderen Abschnitt des Gyrus temporalis superior, der über die Insel nach vorn hinauswächst. Am Gyrus frontalis inferior sind schon auf dem vorliegenden Entwicklungsstadium zwei Spalten zu erkennen, die bei der Umbildung zum Operculum frontale noch weiter vertieft werden, indem der Gyrus frontalis inferior sich hauptsächlich von oben und schräg von unten weniger von vorn her über die Insel hinüber schiebt, bis zur Berührung mit dem Operculum temporale. Dadurch wird die hier noch offene Fossa Sylvii auch im vorderen Abschnitt zur Fissura Sylvii geschlossen, und die beiden Spalten, welche an dem Präparat der Abb. S. 147 nach vorn bzw. schräg nach oben und vorn in die untere Stirnwindung einschneiden, ein dreieckiges Stück von ihr begrenzend, werden zum Ramus anterior s. horizontalis und Ramus ascendens fissurae Sylvii (im Gegensatz zu dem schon früher entstandenen rückwärts gerichteten Ramus posterior) umgebildet. Danach pflegt man am Operculum frontale die Pars triangularis (Abb. S. 146) besonders hervorzuheben, um so mehr als sie im Dienste der Sprachfunktion als Sitz des sog. motorischen Sprachcentrums besondere Bedeutung gewinnt.

Bei der weiteren Ausgestaltung der Großhirnoberfläche treten neue Windungen und Furchen — auch noch nach der Zeit der Geburt — hinzu, nach Art und Zahl so verschieden, daß es häufig zu einer Mannigfaltigkeit kommt, in welcher selbst die am fetalen Gehirn geschilderten Hauptfurchen nur noch mit großer Mühe festgestellt werden können. Wer sich zum ersten Male dem verwirrenden Bilde gegenüber sieht, mag wohl der gleichen Ratlosigkeit

Furchen u.
Windungen
am voll ent-
wickelten
Großhirn
Abb. S. 66,
68, 146, 149,
151, 154

verfallen, aus welcher man zu Ende des 18. Jahrhunderts die Hirnwindungen mit den regellos liegenden Dünndarmschlingen verglichen und *Intestinula cerebri* genannt hat.

Nach Entfernung der Hirnhäute beginne man die Entwirrung mit der Bestimmung des Stirn-, Hinterhaupt- und Schläfenpoles und mit der Aufsuchung der *Fissura Sylvii*, in deren Grunde sich die Insel zeigt (Abb. S. 154). Etwa in der

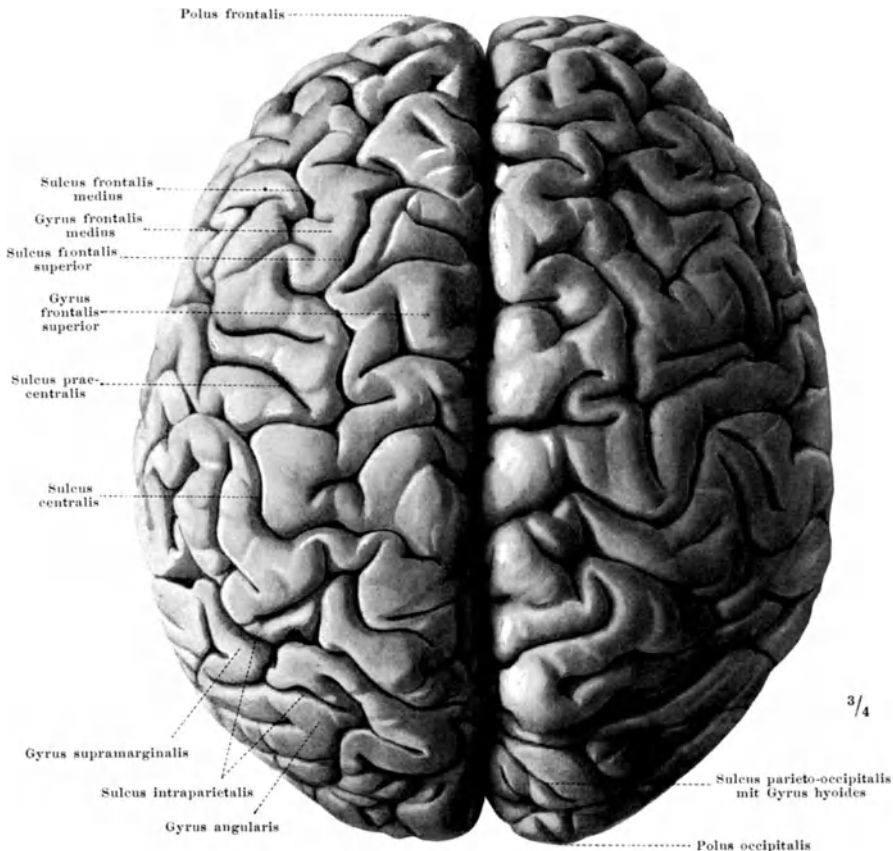


Abb. 98. Scheitelsicht des Gehirns. Das gleiche Präparat wie Abb. S. 66 u. 146. Vordere und hintere Centralwindung rechts klarer als links.

Mitte zwischen Stirn- und Hinterhauptspol findet man den *Sulcus centralis*, kenntlich daran, daß er von der Medialfläche beginnend und in die Hemisphärenkante einschneidend schräg nach vorn und abwärts gegen die *Fissura Sylvii* hin verläuft, ohne diese jedoch ganz zu erreichen. Der *Sulcus centralis* läuft, wenn auch mit einigen charakteristischen Biegungen, so doch ununterbrochen vom Anfang bis zum Ende durch, als einzige Furche, welche auf so große Strecke hin auch nicht in der Tiefe durch eine quer durchziehende Windung unterbrochen wird. Solche Unterbrechung, welche bei den übrigen Furchen mehr oder weniger die Regel ist, gehört beim *Sulcus centralis* zu den größten Seltenheiten, ein Verhalten, welches höchstens noch der *Sulcus parieto-occipitalis* und der *Sulcus calcarinus* mit ihm teilt. Gelegentlich bereitet es große Schwierigkeit, den *Sulcus centralis* bei der Betrachtung der Seitenfläche des Großhirns

zu erkennen. In diesen Fällen hilft die Betrachtung in der Scheitelansicht, ihn zu ermitteln.

Vom Sulcus centralis aus sind im allgemeinen die ihm ungefähr parallel laufenden Sulcus praecentralis und Sulcus postcentralis leicht zu finden, die den Gyrus praecentralis und postcentralis begrenzen. Jeder von ihnen kann durch eine vom Gyrus prae- bzw. postcentralis ausgehende quere Windung in einen oberen und unteren Abschnitt geteilt sein. Vom Sulcus praecentralis superior aus zieht, in der Scheitelansicht meist deutlich erkennbar, parallel zur Hemisphärenkante der Sulcus frontalis superior, meist mehrfach unterbrochen, gegen den Stirnpol (Abb. S. 151). Vom Sulcus praecentralis inferior läuft ähnlich der Sulcus frontalis inferior nach vorn, an seinem Ende oberhalb der Kante der orbitalen Fläche des Stirnlappens meist T-förmig gegabelt, im ganzen nur wenige Zentimeter lang (Abb. S. 146). In dem zwischen Sulcus frontalis superior et inferior gelegenen Gyrus frontalis medius schneidet gewöhnlich eine zu diesen Furchen parallele Furche ein (Sulcus frontalis medius), von der Mitte zwischen Sulcus centralis und Stirnpol beginnend, bis zum Stirnpol, wo sie an der Kante der Orbitalfläche mit T-förmiger Gabel zu enden pflegt, so daß von ihrem hinteren Gabelast und dem vorderen des Sulcus frontalis inferior eine Windung begrenzt wird. Durch den Sulcus frontalis medius wird der Gyrus frontalis medius in seinem vorderen Abschnitt in eine mediale und laterale bzw. obere und untere Hälfte zerlegt.

Besonders schwierig zu beurteilen sind häufig die Furchen des Gyrus frontalis inferior, der das Operculum frontale der Insel bildet. In den typischen Fällen schneiden in dies Operculum von der Rinne aus, welche das Operculum mit der Insel bildet (Sulcus circularis [Reilii]) zwei Spalten ein, welche nach ihrer Genese Teile der Fissura Sylvii sind und als deren Ramus anterior und Ramus ascendens benannt werden (s. S. 150 und Abb. S. 149). Sie teilen das Operculum frontale in eine Pars orbitalis, triangularis und opercularis. Doch sind die Abweichungen von diesem Typus schon in fetaler Zeit sehr häufig, indem z. B. von Anfang an der Ramus anterior fehlt. Der typische Ramus anterior zieht vom Beginn der Fissura Sylvii dicht oberhalb der Orbitalkante horizontal nach vorn, der typische Ramus ascendens etwas oberhalb beginnend, schräg nach vorn aufsteigend, dann bogenförmig nach vorn umbiegend. Niemals zeigt der Ramus ascendens einen rückwärts gerichteten Verlauf. Deshalb kann z. B. in den Abb. S. 68 und 146 die vor dem Sulcus praecentralis von der Fissura Sylvii aus schräg nach rückwärts aufsteigende tiefe Furche nicht der Ramus ascendens fissurae Sylvii sein. Diese sehr häufig vorkommende Furche gehört der Pars opercularis an und wird als Sulcus diagonalis (Abb. S. 149) benannt. Sie kann aus dem Ramus ascendens entspringen, wie in Abb. S. 146, und einen großen Ramus ascendens vortäuschen, der hier tatsächlich sehr kurz, nur auf die der Insel zugewendete Fläche des Operculum beschränkt ist und nicht bis auf dessen Außenfläche einschneidet. — Sind Ramus anterior und ascendens nicht typisch ausgebildet, so auch nicht die von ihnen begrenzte Pars triangularis operculi frontalis, und es ist nicht möglich, die Stelle mit Sicherheit zu bestimmen, welche ihr entsprechen würde. — Auch die Furchen der Orbitalfläche des Stirnlappens, die Sulci orbitalis (Abb. S. 66), zeigen sehr wechselnde Bilder wie schon der Vergleich von rechter und linker Hemisphäre zeigt. Oft sind sie in Form eines H angeordnet oder in Form des Andreas-kreuzes bzw. X. Nur einer von ihnen zeigt große Regelmäßigkeit: der nahe dem Spalt zwischen beiden Hemisphären gerade nach vorn ziehende Sulcus rectus s. olfactorius, welcher vom Tractus olfactorius überlagert wird (Abb. S. 66, 191).

Im Temporallappen erkennt man an der Außenfläche ohne Schwierigkeit den parallel zur Fissura Sylvii verlaufenden Sulcus temporalis superior auch dann, wenn er, was nur selten der Fall ist, durch Windungen unterbrochen ist (z. B. Abb. S. 68, 146, 154). Sein hinterer Abschnitt, oft schwer zu verfolgen, ist nach oben aufgebogen in den Scheitellappen hinein. Im Bereiche des Schläfenlappens trennt der Sulcus temporalis superior den Gyrus temporalis superior und medius. Der Schläfenlappen ist weder gegen den Hinterhauptlappen noch gegen den Scheitellappen begrenzt, die obere Schläfenwindung geht kontinuierlich in die Windungen des Scheitellappens über, und zwar in den Gyrus supramarginalis (Abb. S. 146, 151) und den Gyrus angularis. Diese beiden Windungen des unteren Scheitellappens umgreifen die Enden der Fissura Sylvii bzw. des Sulcus temporalis superior. Die Fissura Sylvii biegt sich gegen Ende ihres Verlaufes stumpfwinklig nach aufwärts und schneidet damit in den Scheitellappen ein. Ähnlich der Sulcus temporalis superior. Von diesen Enden aus lassen sich Gyrus supramarginalis und angularis bestimmen. Sie werden nach oben begrenzt durch den oft schwer auszumittelnden und häufig unterbrochenen Sulcus intraparietalis (Abb. S. 151), welcher mit dorsal konvexem Bogen den Scheitellappen in den Lobulus parietalis superior et inferior unterteilt. Er beginnt in der Regel vom Sulcus postcentralis (inferior) aus, sendet häufig einen Seitenast nach abwärts parallel den Enden der Fissura Sylvii und des Sulcus temporalis superior in die obere Schläfenwindung hinein, Gyrus supramarginalis und angularis zu bogenförmigen Windungen formend, zieht gegen den Sulcus parieto-occipitalis hin, kurz vor und hinter diesem regelmäßig je einen dorsalen Ast zur Hemisphärenkante hin abgebend, und wendet sich parallel zur Kante des Occipitallappens nach abwärts, in diesem häufig mit T-förmiger Gabel endend (Abb. S. 149). Die beiden dorsalen Äste bedingen eine um das äußere Ende des Sulcus parieto-occipitalis im Bogen herumgelegte Windung (Gyrus hyoides), welche um so größer ist, je weiter der Sulcus parieto-occipitalis in die äußere Hemisphärenfläche einschneidet. Dementsprechend liegt auch der Bogen des Sulcus intraparietalis näher oder ferner der Hemisphärenkante, was schon beim ersten Auftreten der Furchen in fetaler Zeit in Erscheinung tritt. Da der Gyrus hyoides vom Sulcus parieto-occipitalis aus stets zu ermitteln ist, so kann er für die Auffindung des Sulcus intraparietalis dienen.

Der Querbalken der T-förmigen Gabel am Ende des Sulcus intraparietalis kann auch als selbständige Furche gegeben sein: Sulcus occipitalis superior (Abb. S. 149). Ihm parallel schneidet meist eine etwas längere Furche in die laterale Fläche des Hinterhauptlappens ein: Sulcus occipitalis inferior (lateralis). Entsprechend diesen queren Furchen des Occipitallappens kann man an dessen Außenfläche Gyri occipitales superior et inferior aussondern, die nach vorn in den Gyrus temporalis medius übergehen.

Wird die Fissura Sylvii auseinandergedrängt, so zeigt sich, daß die sie begrenzenden Flächen des Stirn- und Scheitellappens einerseits, des Schläfenlappens andererseits ebenfalls Windungen und Furchen aufweisen. Von diesen sind charakteristisch stets 1–2 Windungen entwickelt, welche auf dem Gyrus temporalis superior vor der Stelle, an welcher die Fissura Sylvii nach aufwärts biegt, quer oder etwas schräg nach vorn über die dem Parietallappen zugekehrte Fläche von innen nach außen ziehen: Gyri temporalis transversi (HESCHLSche Windungen [Abb. S. 154, 193]).

Die in der Fissura Sylvii sich berührenden Flächen biegen winklig gegen die Flächen um, welche der Insel zugewendet sind, was an Frontalschnitten am deutlichsten hervortritt (Abb. S. 179, aber auch Abb. S. 154, 193).

Wie die bisher betrachtete konvexe Außenfläche zeigen Windungen und Furchen auch die plane mediale und die basale Fläche, doch sind die Windungen flacher, weniger gewölbt. Sie werden vollkommen übersehbar erst nach der sagittalen Durchschneidung des Gehirns bzw. nach Abtragung des Hirnstammes hinter den Thalamus. Die Orientierung über die basale Fläche geschieht am leichtesten vom Gyrus hippocampi aus, welcher bogenförmig den Pedunculus cerebri umzieht und nach vorn in ein kolbig verdicktes Ende ausläuft. In dieses schneidet, etwa von der Höhe der Mitte des Pes pedunculi her, eine kurze Furche ein, das Ende des versteckt liegenden Sulcus hippocampi, wodurch das Ende

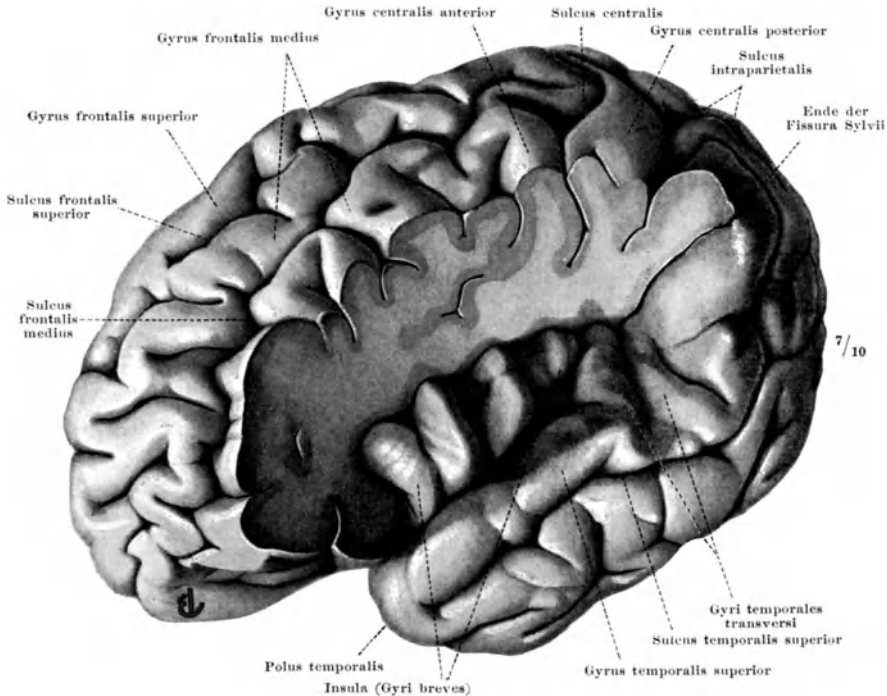


Abb. 99. Insula Reilii und obere Fläche des Schläfenlappens durch Wegnahme des Operculum frontale und parietale freigelegt. — Ansicht schräg von vorn und oben.

des Gyrus hippocampi hakenartig nach medial und rückenwärts umgebogen erscheint (ohne es jedoch wirklich zu sein), daher die Bezeichnung Uncus hippocampi (Abb. S. 149, 191). Die Oberfläche des Gyrus hippocampi, lateral vom Sulcus hippocampi, weist zahlreiche Runzeln und flache Wärzchen (Verrucae gyri hippocampi [Abb. S. 191]) auf, was an keiner anderen Stelle der normalen Großhirnoberfläche beobachtet wird.

Der Uncus hippocampi berührt mit seiner dorsalen Fläche den Tractus opticus, mit seiner medialen den Pedunculus cerebri, welcher häufig eine flache Delle am Uncus erzeugt. Diese nachbarliche Beziehung bringt es mit sich, daß der Uncus nicht wie die übrigen basalen Teile des Großhirns auf der Schädelbasis bzw. dem Tentorium cerebelli ruht, sondern in die Öffnung des Tentorium hineinragt, welche den Hirnstamm durchtreten läßt (Abb. S. 208). Der Rand dieser Öffnung macht sich am Gyrus hippocampi durch einen Eindruck bemerkbar, welcher in sagittaler Richtung in der Fortsetzung des medialen freien Randes des Gyrus hippocampi über die Umbiegung in den Uncus hinwegläuft (Impressio tentorii, Abb. S. 191).

Nach außen begrenzt den Gyrus hippocampi der Sulcus occipito-temporalis, welcher vor der Querebene des Corpus pineale häufig durch eine

Windung unterbrochen ist. Tatsächlich besteht der Sulcus occipito-temporalis aus zwei Furchen. Der vordere, weniger gleichförmige Abschnitt, ist vielfach als die alte Grenze des Riechhirns, Sulcus rhinicus (s. S. 190), angesprochen worden, der hintere, sehr konstante Abschnitt wird als Sulcus collateralis bezeichnet, welcher sehr tief, und zwar in schräger Richtung in die Oberfläche einschneidet. Ihm annähernd parallel verläuft nahe der Umbiegung der basalen in die laterale Fläche, daher nur von basal sichtbar, der Sulcus temporalis inferior. Dieser begrenzt mit dem Sulcus temporalis superior den Gyrus temporalis medius, welcher demnach an lateraler wie basaler Fläche des Schläfenlappens Anteil hat und durch eine Furche an der lateralen Fläche (Sulcus temporalis medius) häufig noch in eine obere und untere Windung unterteilt wird, letztere dann Gyrus temporalis inferior genannt. Mit dem Sulcus collateralis begrenzt der Sulcus temporalis inferior den Gyrus fusiformis.

Wird der Gyrus hippocampi emporgehoben, so zeigt sich unter seinem medialen Rande versteckt und durch den Sulcus hippocampi von ihm getrennt eine schmale rudimentäre Windung, deren Oberfläche durch zahlreiche quere Furchen eingekerbt ist, so daß ihre Ränder gezähnt erscheinen: der Gyrus dentatus (Fascia dentata Tarini [Abb. S. 193]). Diese Windung setzt sich längs der Oberfläche des Balkens unter starker Abplattung fort als Striae Lancisi, lateral begrenzt von der Fortsetzung des Sulcus hippocampi, dem Sulcus corporis callosi. Der aus Striae Lancisi und Gyrus dentatus gebildete rudimentäre Windungszug gehört dem Riechhirn an (s. S. 193).

Bei dieser Untersuchung erweist sich zugleich, daß der Gyrus hippocampi sich kontinuierlich, wenn auch stark verschmälert (Isthmus), in den oberhalb des Balkens hinziehenden Gyrus cinguli auch dann fortsetzt, wenn er an der Oberfläche unterbrochen ist. Diese scheinbare Unterbrechung wird durch den Sulcus parieto-occipitalis vorgetäuscht, wenn er bis zum Sulcus hippocampi sich erstreckt, was nicht die Regel ist (Abb. S. 147, 77, 151, 149). Dieser Sulcus parieto-occipitalis ist stets daran kenntlich, daß er in die Hemisphärenkante einschneidend auf der lateralen Fläche beginnt, schräg gegen das Ende des Balkens verläuft und sehr tief einschneidet. In ihn wird die Grenze zwischen Occipital- und Parietallappen verlegt. Etwa in der Mitte seines Verlaufes vereinigt sich mit ihm der Sulcus calcarinus, welcher an der Medialfläche des Occipitallappens dicht an der Umbiegung in die basale Fläche, nahe am Hinterhauptspol beginnend in dorsal konvexem sanften Bogen nach vorn zum Sulcus parieto-occipitalis zieht, mit dem er sich unter spitzem Winkel vereinigt, mit ihm den dreieckigen Bezirk des Cuneus begrenzend (Abb. S. 77, 149). Die den Sulc. calcarinus begrenzenden Windungen (Abb. S. 77, 147) seien Gyrus calcarinus sup. et inf. genannt. Vom Sulcus collateralis ist der Sulcus calcarinus durch einen Windungszug geschieden, welcher in den Gyrus hippocampi übergeht: Gyrus lingualis. Der Gyrus lingualis wie der ihm außen folgende Gyrus fusiformis gehen nach vorn ohne Unterbrechung vom Occipital- zum Temporallappen über, zwischen denen keine Grenze gesetzt werden kann, weshalb Gyrus lingualis und Gyrus fusiformis auch als Gyri occipitotemporales medialis et lateralis benannt werden. Nach vorn vom Cuneus findet man leicht das Gebiet, das als Praecuneus benannt wird und in der Regel 2—3 Windungen umfaßt, welche nach vorn vereinigt in den Gyrus cinguli (Abb. S. 147, 77, 149) übergehen, der den Balken begleitet und von Sulcus corporis callosi und Sulcus cinguli begrenzt wird, die annähernd parallel zueinander den Balken umziehen. Der Sulcus cinguli biegt, in vielen Fällen von einer Windung unterbrochen, etwa in der Querschnittsebene des hinteren Balkenendes nach aufwärts gegen die Hemisphärenkante zu ab und endet auf der lateralen Fläche dicht hinter dem Beginn des Sulcus centralis. Dieser aufwärts

gerichtete Teil, welcher die vordere Grenze des Praecuneus bildet, wird als Pars marginalis des Sulcus cinguli bezeichnet, im Gegensatz zum vorderen Abschnitt, der Pars subfrontalis. Der ganze Sulcus cinguli wird meist Sulcus calloso-marginalis genannt. Er bildet die Grenze zwischen Gyrus cinguli und Gyrus frontalis superior. — Gyrus cinguli und Gyrus hippocampi werden ihrer Bogenform wegen unter der Bezeichnung Gyrus fornicatus zusammengefaßt, was sich jedoch morphologisch nicht rechtfertigen läßt.

Der in der Tiefe der Fissura Sylvii gelegene Teil der Hemisphärenoberfläche, die Insula Reilii, hat dreieckige Gestalt (Abb. S. 69, 154). An der nach vorn und abwärts gerichteten Spitze biegt die Oberfläche der Insel in die basale Fläche des Großhirns um. Man nennt diese Stelle die Schwelle der Insel, Limen insulae (Abb. S. 191). Bei der Überwachsung der Insel durch die benachbarten Großhirnteile und die Bildung der Opercula insulae ist eine die Insel ganz umziehende Furche zwischen ihr und den Opercula entstanden: Sulcus circularis insulae Reilii (Abb. S. 154), welcher nur ausnahmsweise von Windungen überschritten wird.

Außer am Limen, welches dem Riechhirn zugehört, ist die Insel von Furchen und Windungen bedeckt, welche, auch zwischen rechts und links, große Verschiedenheiten aufweisen. Sehr regelmäßig ist eine dem temporalen Teil des Sulcus circularis parallele Furche, der Sulcus longitudinalis insulae. Die übrigen Furchen, Sulci breves, sind ungefähr radiär zum Limen angeordnet. Am konstantesten ist eine vom vorderen Abschnitt des Limen gerade aufsteigende Furche, Sulcus brevis anterior. Die hinterste dieser kurzen Furchen, welche alle den Sulcus circularis erreichen — im Gegensatz zum Sulcus longitudinalis, welcher vorher endigt —, kann bei fehlendem Sulcus longitudinalis diesen vortäuschen. Ihr ist eine Zeitlang als dem „Sulcus centralis insulae“ besondere Bedeutung beigemessen worden, doch gilt für die Inselfurchen das gleiche wie für die übrigen Großhirnfurchen: ein unmittelbarer Vergleich mit den Furchen der Säugergehirne ist nicht zulässig. Die Furchen begrenzen Windungen, und man bezeichnet die Windung zwischen Sulcus longitudinalis und hinterstem Sulcus brevis als Gyrus longus, die übrigen als Gyri breves insulae.

In der vorstehenden Schilderung sind nur diejenigen Furchen und Windungen berücksichtigt worden, welche an windungsarmen Gehirnen in individuell und zwischen rechts und links verschiedener überaus großer Mannigfaltigkeit bei der Betrachtung der Oberfläche sichtbar sind. Drängt man die Ränder der Furchen auseinander, so zeigen sich vielerorten verborgene neue Windungen und Furchen, welche an anderen Gehirnen zur Oberfläche emporgehoben sind, die Furchen unterbrechen und großen Windungsreichtum der Oberfläche erzeugen. Die Tiefenwindungen windungsarmer Gehirne, soferne sie die Grenzen der Lappen überschreiten, also etwa vom Lobus occipitalis zum Lobus temporalis ziehen, mit der besonderen Bezeichnung „Übergangswindungen“ belegen, heißt der Lappeneinteilung des Gehirnes, die doch rein konventionell nur zum Zwecke leichterer Verständigung eingeführt worden ist, eine morphologische Bedeutung beilegen, die ihr keineswegs zukommt.

Ein Teil der Furchen schneidet nicht senkrecht zur Oberfläche ein, sondern schräg. Auch dies Verhalten variiert sehr. Doch kann es als Regel betrachtet werden, daß der untere Abschnitt des Sulcus centralis schräg nach hinten einschneidet, so daß der Vorderrand des Gyrus postcentralis den Gyrus praecentralis überlagert. Ähnlich schneidet der Sulcus collateralis schräg nach außen ein, und der Gyrus temporalis inferior (fusiformis) überdeckt einen Teil des Gyrus hippocampi. Auch im Bereiche des Sulcus intraparietalis gehört solche Opercularbildung fast zur Regel.

Die Bildung der Windungen und Furchen geschieht durch lokal verschiedene Verdickung der embryonalen Hirnwand nach außen und nicht durch Einfaltung (s. S. 148). Daraus ergibt sich, daß nur die äußere Fläche ausmodelliert

wird, die Ventrikelfläche der Hirnwand aber glatt bleibt und keine den Furchen entsprechende Vorbuchtungen zeigt. Nur drei Furchen machen regelmäßig eine Ausnahme: der Sulcus calcarinus, der Sulcus collateralis und das den Uncus hippocampi erzeugende vordere Ende des Sulcus hippocampi. Indem im ihnen entsprechenden Bereiche die Hirnwand in ihrem allgemeinen Dickenwachstum zurückbleibt und überall anders der Hirnventrikel sich vergrößert, entstehen Vorbuchtungen innen an der Ventrikelfläche, die auch am fertig gebildeten Gehirn noch erkennbar bleiben: Calcar avis, Eminentia collateralis und vorderster Abschnitt des Hippocampus (s. S. 194). Alle anderen Furchen, welche an embryonalen Gehirnen die Wand gegen den Ventrikelhohlraum vorbuchtend gefunden werden, sind durch Schrumpfung der gegen postmortale Veränderungen überaus empfindlichen embryonalen Hirnwand bedingt. Sie fehlen nur an lebensfrisch konservierten Gehirnen. Diese Kunstprodukte als „transitorische Furchen“ besonders zu benennen, ist unzulässig.

Die Gesetzmäßigkeiten, welche die Entwicklung und Anordnung der Windungen und Furchen beherrschen, sind nicht bekannt. Nur so viel ist sicher, daß die Ausgestaltung der medialen Fläche der Hemisphären irgendwie in Zusammenhang mit der Entwicklung des Balkens steht. Bei angeborenem Mangel des Balkens fehlt regelmäßig der bogenförmige Sulcus calloso-marginalis und die Bogenform der ihn begrenzenden Windungen, die Medialfläche zeigt ausgesprochen radiäre Anordnung der Windungen und Furchen (Abb. S. 184, vgl. mit Abb. S. 77, 147, 149). Ist nur der vordere Abschnitt des Balkens entwickelt, so ist in seinem Bereich der bogenförmige Gyrus cinguli und der bogenförmige Sulcus calloso-marginalis gebildet, occipitalwärts vom Ende dieses unvollständigen Balkens findet sich die für das balkenlose Gehirn typische radiäre Anordnung der Windungen und Furchen, und der aufsteigende Schenkel des Sulcus calloso-marginalis schneidet vor statt hinter dem Sulcus centralis in die Mantelkante ein. Die Bildung des „Gyrus fornicatus“ und die Entwicklung des Balkens stehen also irgendwie in Abhängigkeit voneinander.

Die Ausbildung der Furchen und Windungen am Großhirn der Säugetiere ist ähnlich wie am Kleinhirn bei den verschiedenen Klassen verschiedener Gesetzlichkeit unterworfen. Furchen und Windungen der Säugergehirne sind daher unter einander nicht vergleichbar (vgl. Abb. S. 66 u. 190). Wohl bestehen manche äußere Ähnlichkeiten, aber sie sind äußerlicher Art und nicht der Ausdruck stammesgeschichtlicher Bedingtheit, historischer Kausalität. Die Gehirne selbst nahe verwandter Formen weisen ein verschiedenes Oberflächenrelief auf, so daß wohl die eine und andere Furche und Windung vergleichbar sind, nicht aber alle. Wenn also die Gehirne des Menschen und der Affen einige homologe Windungen und Furchen aufweisen, so ist damit nicht gegeben, daß alle Furchen, die am Gehirn eines niederen oder auch anthropoiden Affen gefunden werden, auch beim Menschen vorhanden sein müssen. Und lediglich der außerordentlich großen Variabilität der Furchen und Windungen des menschlichen Großhirns ist es zuzuschreiben, daß ab und zu im Übergangsbereich zwischen Scheitel- und Hinterhauptslappen eine Furche gefunden wird, welche mit dem Sulcus lunatus am Gehirn einiger Affen eine gewisse Ähnlichkeit hat. Nach ihr als der „Affenspalte“ an jedem menschlichen Gehirn zu fahnden wäre erst erlaubt, wenn wir über die Gesetzmäßigkeiten unterrichtet wären, welche die Oberflächengestaltung des Gehirns bedingen.

c) Ventrikel des Großhirns.

Der Ventrikel des Großhirns ist paarig wie dieses selber, man bezeichnet die beiden Hohlräume als Ventriculi laterales. Da die Großhirnhälften aus seitlichen Ausstülpungen des Zwischenhirns hervorgegangen sind, so stehen die Seitenventrikel mit dem 3. Ventrikel in Verbindung. Die ursprünglich weite Öffnung (Abb. Nr. 5, S. 9) wird relativ immer enger (Abb. Nr. 7, S. 9, Abb. S. 11)

und schließlich zu einem kurzen Kanal umgebildet, dem Foramen interventriculare Monroi (Abb. S. 158, 147, 77, 119, 94), das nahe dem vorderen Ende der 3. Hirnkammer mündet.

Die bogenförmige Gestalt der Seitenventrikel (Abb. S. 158) ist durch den Entwicklungsgang der Großhirnhemisphären bedingt (S. 146). Im besonderen bringt die Entwicklung des Frontal-, Occipital- und Temporalhirns die Bildung von Fortsetzungen des Ventrikelraumes in diese Teile mit sich, die als Hörner, Cornua, bezeichnet werden: in den Stirnlappen erstreckt sich das Vorderhorn, Cornu frontale s. anterius, in den Hinterhauptslappen das Hinterhorn, Cornu

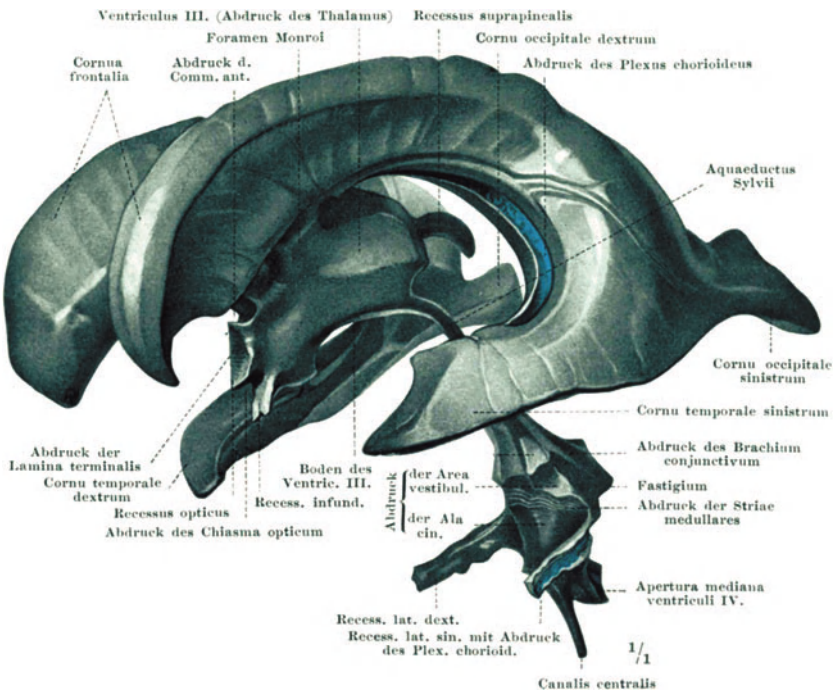


Abb. 100. Ventrikelsystem des Gehirns.
Modell von A. VIERLING-Heidelberg nach einem Metallausguß. — Br.

occipitale s. posterius, in den Schläfenlappen das Unterhorn, Cornu temporale s. inferius. In ihrer Ausdehnung wechseln die Hörner sehr, auch zwischen rechts und links, besonders das Hinterhorn kann sehr kurz sein.

Die Weite der Seitenventrikel wie der Foramina Monroi unterliegt großen individuellen Schwankungen. Oft nur enge Spalten wie bei den übrigen Säugtieren, können sie auch weite Räume darstellen, ohne daß dies äußerlich an Form und Größe der Hemisphären erkennbar wäre. Die krankhafte Erweiterung mit entsprechender Vermehrung der Ventrikelflüssigkeit, des Liquor cerebrospinalis, wird als Hydrocephalus internus bezeichnet. Die angeborene unmäßige Weite, bei der auch äußerlich das Großhirn und der Schädel vergrößert sind, ergibt das Bild des Wasserkopfes (Hydrocephalus externus).

Der Seitenventrikel ist allseits von Großhirnwand umschlossen, auch dort, wo sie zur Lamina epithelialis des Plexus chorioideus verdünnt ist (Abb. S. 90, 92). Wo scheinbar der Thalamus, also Zwischenhirn, die Wand bildet (Abb. S. 92, 119), hat sich diese Lamina epithelialis sekundär der Oberfläche des Thalamus aufgelegt (Lamina affixa, S. 159 u. Abb. S. 159, 92, 119).

Die Vorderhörner sind zu beiden Seiten der Commissurenplatte (S. 178) vorgewachsen, so daß das Septum pellucidum ihre mediale Begrenzung bildet (Abb. S. 180). Am Ausguß des Ventrikels (Abb. S. 158) erkennt man mancherlei Einzelheiten der Ventrikelwand, die auch an den Schnitten kenntlich sind. Von sehr variablen Einzelheiten abgesehen, welche von Gefäßen oder, am Dach des Ventrikels, von Faserbündeln des Balkens herrühren, erkennt man am Ausguß deutlich den Abdruck des Nucleus caudatus an der lateralen Fläche, die vom Nucleus amygdalae erzeugte Delle an der Spitze des Unterhorns. Am Boden des Unterhorns springt der Hippocampus ein (Abb. S. 193, 90), nach rückwärts von ihm erzeugt der Sulcus collateralis die Eminentia collateralis. An der Medialfläche des Hinterhorns entspricht dem Sulcus calcarinus das Calcar avis.

An der medialen Wand nimmt der Fornix, Tract. hippocampo-mamillaris, als ein in die mediale Großhirnwand bzw. in die Commissurenplatte eingelagertes Bündel an der Ventrikelbegrenzung teil (Abb. S. 179). Im übrigen ist die mediale Großhirnwand in die Lamina epithelialis der Tela und des Plexus chorioideus umgewandelt (Abb. S. 90, 92, 159).

Diese Umwandlung zur Lamina epithelialis hat erfahren der Abschnitt zwischen Hippocampus mit Fornix einerseits und der medialen Grenzrinne des Nucleus caudatus, dem Sulcus terminalis, andererseits (Abb. S. 159). Von Pia mater überzogen spannt sie sich demnach als Tela chorioidea zwischen Fornix und Nucleus caudatus aus (Abb. S. 179, 90). Der mittlere Teil der Tela wird in den Plexus chorioideus umgebildet, der gegen den Sulcus terminalis gelegene im vorderen Abschnitt nachträglich dem Thalamus aufgelagert („Lamina affixa“). Im Bereiche der Foramina Monroi stehen die Plexus chorioidei untereinander und mit dem der 3. Hirnkammer in Verbindung (Abb. S. 179, 94).

Die mediale Ventrikelwand wird also fast ganz von der dünnen Tela chorioidea gebildet. Wird bei unvorsichtiger Präparation die Tela mit der Pia abgerissen, so wird der Ventrikel eröffnet und die Ränder der Tela bleiben als zarte Leisten, Taeniae chorioideae, stehen (Abb. S. 119), am deutlichsten längs des Fornix als Taenia fornicis; zugleich entsteht als Kunstprodukt die „Fissura chorioidea“ und „Fissura transversa cerebri“.

d) Feinerer Bau des Großhirns.

Der Großhirnmantel, das Pallium, bei den Fischen eine dünne Lamina epithelialis, bei den Säugetieren zunehmend verdickt und vergrößert zu dem was wir „Großhirn“ nennen, erreicht im menschlichen Gehirn den höchsten Grad der Entfaltung. Er zeigt graue und weiße Substanz klar geschieden in die graue Rinde, Cortex, und das weiße Mark. Je höher die Organisation des Großhirns, desto dicker diese beiden Schichten, besonders das Mark,

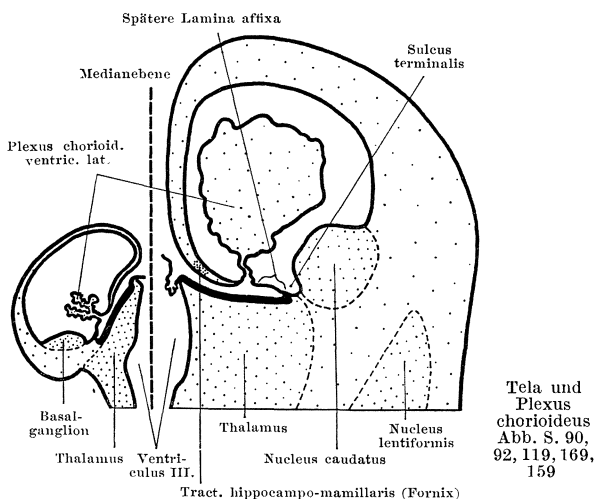


Abb. 101. Schema für die Stellungsänderung der Außenfläche des Thalamus und die Bildung der Lamina affixa in der Entwicklung des menschlichen Gehirns, links jüngeres, rechts älteres Stadium (unter Zugrundelegung von Schnittpräparaten von Prof. HOCHSTETTER-Wien). Die Außenfläche des Thalamus durch dicken Strich hervorgehoben. Die beiden Schnitte bei gleicher Vergrößerung gezeichnet.

das im Großhirn des Menschen absolut und relativ am mächtigsten ist. Die Rinde bildet allenthalben die oberflächliche Schicht des Großhirns, es gibt keine rindenfreie Stelle, außer der Lamina epithelialis der Plexus chorioideus. Im Durchschnitt 3,5 mm breit, folgt sie jeder noch so mannigfaltigen Gestaltung der Oberfläche. Das Mark dagegen zeigt erheblich stärkere Unterschiede seiner Dicke in verschiedenen Abschnitten des Großhirns. Seine äußere, von der Rinde überzogene Oberfläche, folgt der Gestaltung des Großhirns: in lissencephalen Gehirnen ist sie glatt, in gyrencephalen den Windungen entsprechend zu Kämmen erhoben (Markleisten der Windungen). Am mächtigsten erscheint die Marksubstanz in Horizontalschnitten oberhalb des Balkens. Nach ihrer Form wird sie auf solchen Schnitten *Centrum semiovale* genannt.

α) Bau der Rinde.

Abb. S. 160 bis 163 Die graue Farbe der Rinde ist bedingt durch den Gehalt an Ganglienzellen mit ihren marklosen Fortsätzen. Doch fehlen markhaltige Fasern so wenig

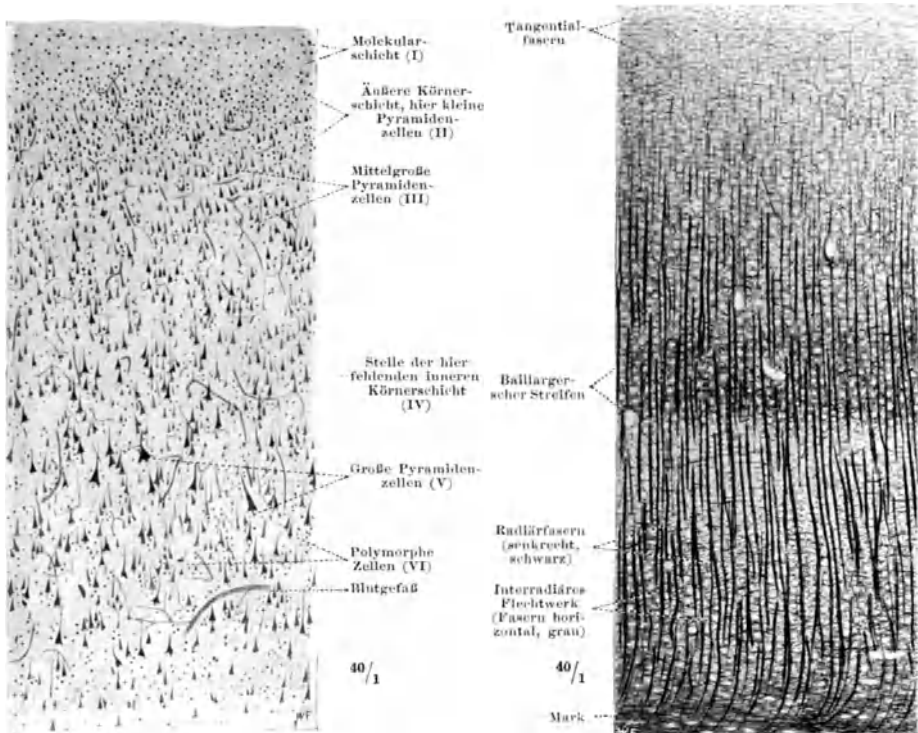


Abb. 102. Schnitt durch die Großhirnrinde des Menschen (*Gyrus praecentralis*). Zellbild (Carminfärbung). — Br.

Abb. 103. Schnitt durch die Großhirnrinde des Menschen. Faserbild (SCHULTZES Natronlauge-Silbermethode). — Br.

wie in der grauen Substanz des Rückenmarks oder in anderer grauer Substanz des Gehirns, sie bilden vielmehr ein durchaus mächtiges und eigenartig angeordnetes Bauelement der Rinde. So erhält man denn je nach der angewandten Färbemethode entweder das Zellbild oder das Markfaserbild (Abb. S. 160 u. 161).

Schon seit 60 Jahren ist bekannt, daß der Bau der Rinde nicht an allen Stellen des Großhirns der gleiche ist. In neuerer Zeit sind die Verschiedenheiten

genauer untersucht worden mit dem Ergebnis, daß sich die gesamte Großhirnrinde des Menschen wie der Säugetiere nach Zell- und Markfaserbild, nach Cytoarchitektonik und Myeloarchitektonik, in eine Anzahl von Feldern oder Arealen gliedern läßt. Man spricht deshalb von cyto- und myeloarchitektonischer Felderung und hat myelo- wie cytoarchitektonische „areale Hirnkarten“ entworfen.

Bei allen Säugetieren einschließlich des Menschen zeigt sich Übereinstimmung zunächst im großen: bei allen weist der Urhirnanteil, das Riechhirn, gleiche Cytoarchitektonik

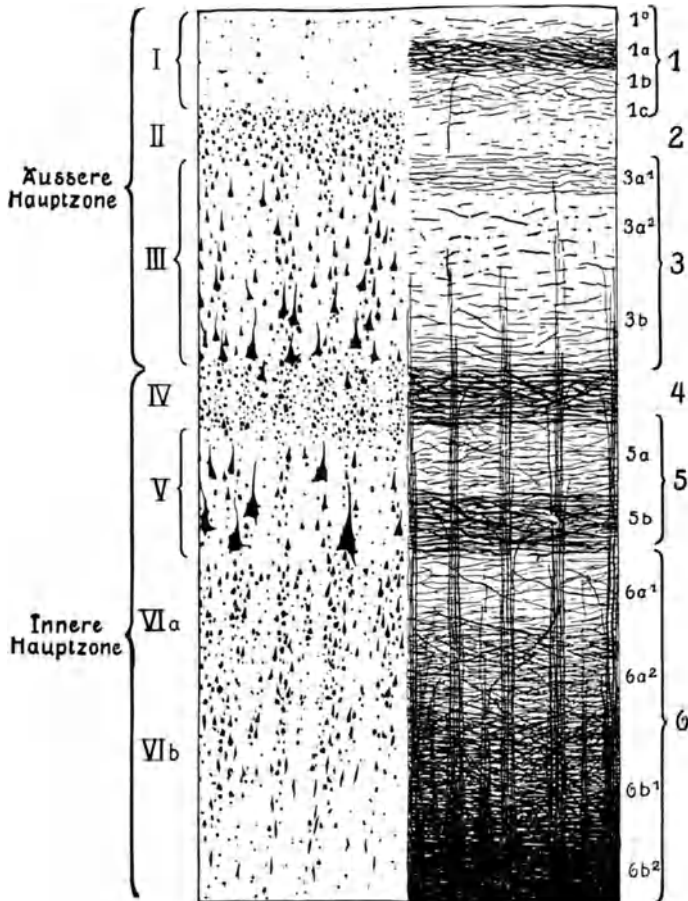


Abb. 104. Vergleich von Zell- und Markfaser-Aufbau der Großhirnrinde. Nach BRODMANN und VOGT aus C. v. ECONOMO (s. Abb. S. 162), S. 6. — 4 u. 5 b: Äußerer und innerer BAILLARGERScher Streifen.

Cytoarchitektonik auf und unterscheidet sich durch die Anordnung der Zellen deutlich vom Neuhirnanteil, dem eigentlichen Pallium, das seinerseits bei allen Säugetieren ein grundsätzlich gleiches Zellbild der Rinde darbietet. Der Unterschied ist so eigenartig, daß er zur Abgrenzung des Riechhirns gegen das übrige Großhirn dort dienen kann, wo äußerlich die Grenzen verwischt sind wie beim Menschen. Man darf danach von Priscocortex und Novocortex oder Palliocortex sprechen.

Der Palliocortex ist bei allen Säugetieren nach dem gleichen Grundplan gebaut, man hat ihn deshalb auch Isocortex genannt im Gegensatz zum anders,

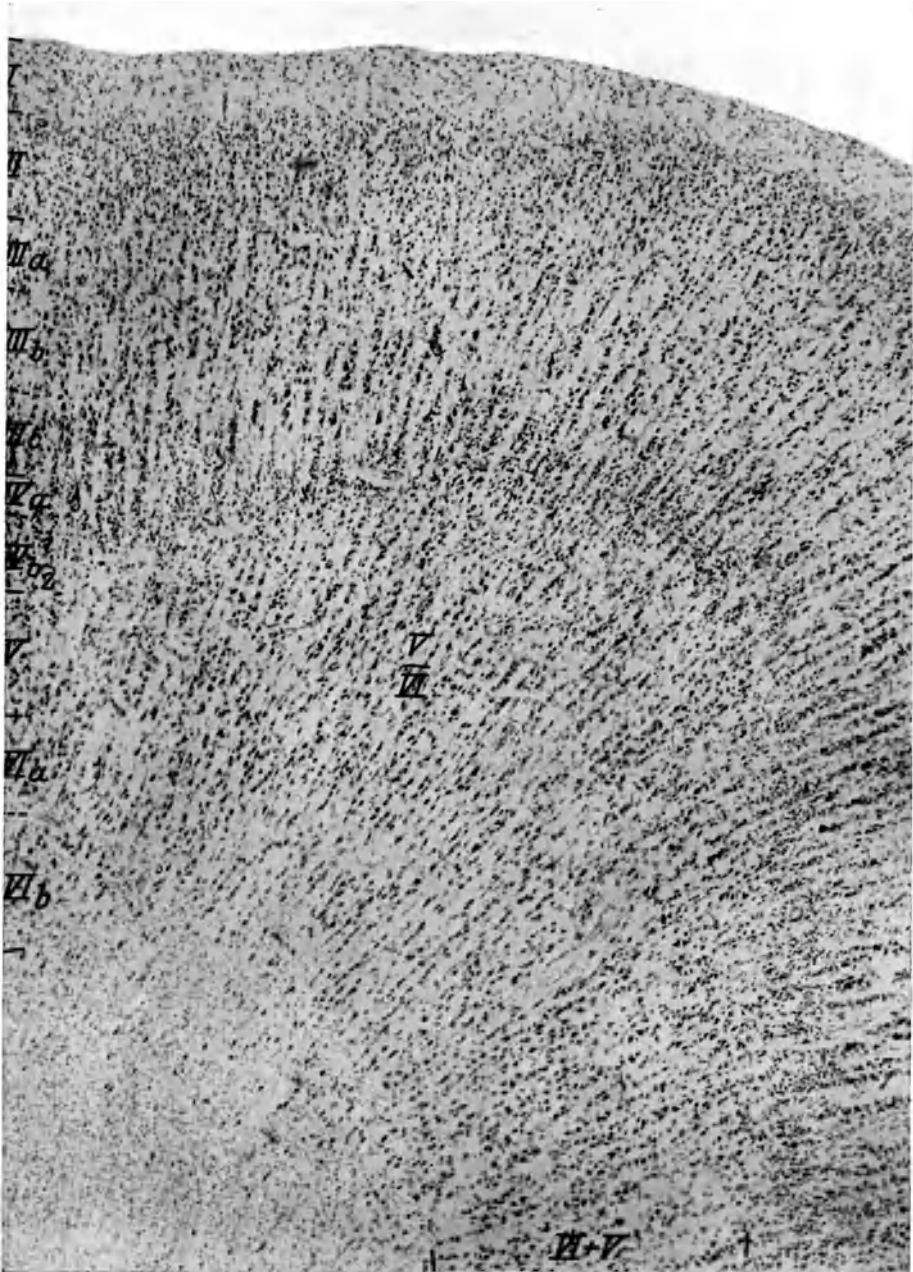


Abb. 105. Area angularis. Kuppe des Gyrus angularis. Vergr. $\frac{44}{1}$. (Aus C. v. ECONOMO: Zellaufbau der Großhirnrinde des Menschen, Berlin 1927, S. 77). — I—VI: vgl. Abb. S. 161.

aber in seiner Art gleichfalls übereinstimmend gebauten Allocortex. Nach Art und Anordnung der Zellen kann man bei diesem Grundplan von einem

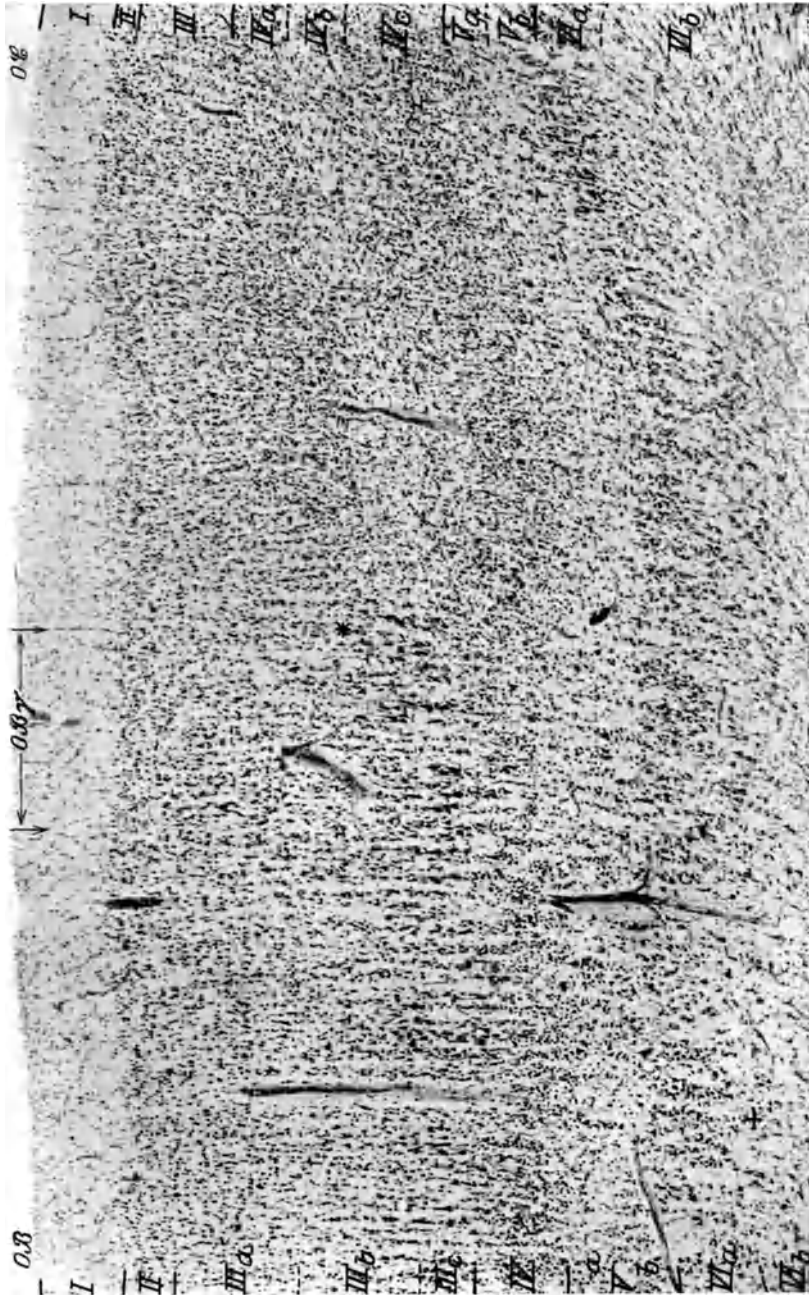


Abb. 106. Übergang der Area parastriata (OB) in die Area striata (OC). Gyrus calcarinus superior. Vergr. $\frac{4}{1}$. (Aus C. v. ECONOMO [s. Abb. S. 162], S. 91.)

Schichtenbau sprechen, von laminärem Bau, und stellt als Grundtypus den sechschichtigen auf (Abb. S. 161, aus Zweckmäßigkeitsgründen: man könnte mit

gleicher Berechtigung 10 Schichten unterscheiden, was denn auch zur näheren Beschreibung durch Unterteilung einzelner Schichten geschieht. Die 6 Schichten werden von außen nach innen gezählt und sind: 1. die Molekularschicht, 2. die äußere Körnerschicht, 3. die äußere Pyramidenschicht, 4. die innere Körnerschicht, 5. die innere Pyramiden- oder ganglionäre Schicht, 6. die Spindelzellschicht. Diese 6 Schichten lassen sich, natürlich nur an Präparaten mit Zellfärbung, folgendermaßen kennzeichnen:

1. Das Bild der ganglienzellarmen Molekularschicht wird, ähnlich dem der Molekularschicht der Kleinhirnrinde, beherrscht von den Durchschnitten durch zahllose Neuriten- und Dendritenäste, die ihm ein feinkörniges Aussehen verleihen. Die wenigen Ganglienzellen sind klein, spindelförmig, tangential gestreckt. Ihre markhaltigen Neuriten verlaufen tangential in der gleichen Schicht über große Strecken.

2. und 4. Die beiden Körnerschichten enthalten zahlreiche, dichtgelagerte kleine Zellen, deren Körper rundlich oder auch dreieckig erscheinen. Der gewöhnlich kernkörperchenlose Kern füllt fast den ganzen Zellkörper aus. Die Dendriten sind kurz, büschelförmig. Der Neurit teilt sich noch innerhalb der Rinde auf. Die Zellen der Körnerschichten entsprechen also dem 2. Typus GOLGIS.

3. u. 5. Den charakteristischen Bestandteil der beiden Pyramidenschichten bilden die im senkrecht zur Oberfläche geführten Schnitt dreieckigen Pyramidenzellen. Die Spitzen der Dreiecke sind zur Oberfläche, die Basen gegen das Mark gerichtet. Der Zellkörper zeigt deutliche Nisslschollen und einen großen Kern mit einem Kernkörperchen. Der Neurit entspringt an der Basis und zieht nach Abgabe einiger horizontal gerichteter Kollateralen mit Mark umhüllt in die Marksubstanz. Der Spitzendendrit erstreckt sich bis zur Molekularschicht, in der er sich in ein Endbäumchen aufteilt; die übrigen, nahe den beiden basalen Ecken des Dreiecks entspringenden Dendriten verästeln sich nicht weit von der Zelle nach horizontal oder leicht markwärts gerichtetem Verlauf (Abb. S. 16). Die Größe und Lagerung der Pyramidenzellen ist in den beiden Pyramidenschichten verschieden. In der äußeren nehmen sie von außen nach innen an Größe zu, so daß man danach die äußere Pyramidenschicht unterteilt in die 3 Schichten der kleinen, mittleren und großen Pyramidenzellen (Abb. S. 162). Die Zellen der inneren Pyramidenschicht sind im allgemeinen mittelgroß. Nach ihrer Anordnung kann man häufig eine dichtere und eine weniger dichte Lage unterscheiden. In der Rinde der vorderen Centralwindung finden sich hier außer mittelgroßen Zellen die Riesenpyramidenzellen (BETZsche Zellen), die bis 120μ lang und 80μ breit sein können (Abb. S. 160).

6. Die Schicht der Spindelzellen oder polymorphen Zellen weist keine so einheitlichen Zellformen auf wie die Pyramidenschichten. Im allgemeinen herrschen spindelförmige Zellen vor, die senkrecht zur Oberfläche gerichtet sind, doch finden sich auch rundliche und dreieckige Schnittbilder. Von den beiden Spitzen der Spindel geht je ein Dendrit aus, von denen der obere bis in die Molekularschicht reicht, der untere sich noch innerhalb der 6. Schicht verzweigt. Der Neurit entspringt seitlich aus der Zelle und tritt in die Marksubstanz ein. Regelmäßig läßt sich an der 6. Schicht eine obere und eine untere Lage unterscheiden: in der oberen sind die Zellen größer und stehen dichter, in der unteren sind sie kleiner und stehen lockerer.

Dieser Grundtypus ist am reinsten vertreten in der Rinde des unteren Parietal-lappens, z. B. des Gyrus angularis (Abb. S. 162). Als Gegenbeispiel sei die Rinde des Gyrus praecentralis angeführt (Abb. S. 160): hier sind die Körnerschichten kaum angedeutet („agranulärer Typ“), die 5. Schicht enthält die BETZschen Riesenpyramidenzellen. Im ganzen enthalten die neuesten „Hirnkarten“ über 100 in ihrer Cytoarchitektonik voneinander unterscheidbare Areale

(bald werden es noch mehr sein!), die freilich nur zum geringsten Teile scharf gegeneinander abgesetzt sind, da im allgemeinen der Wechsel im Bau nicht in allen Schichten gleichmäßig erfolgt. Abb. S. 163 gibt ein Bild der scharfen und der unscharfen Abgrenzung: etwa in der Mitte, mit OBy bezeichnet, ein schmales Areal von typischem sechsschichtigem Bau mit großen Pyramidenzellen in der 3. Schicht; nach links allmählicher Übergang in ein ebenfalls typisches sechsschichtiges Areal, aber mit Pyramidenzellen geringerer Größe, und mit dickerer innerer Körnerschicht (IV); nach rechts ganz scharfe Grenze gegen ein Areal, das nirgends deutliche Pyramidenzellen, sondern nur Körner- und Spindelzellen zeigt.

Bei einem Areal wie dem letzteren, in welchem die Pyramidenzellen fast vollkommen fehlen und sich in der 2.—5. Schicht fast nur Körnerzellen finden, spricht man von „granulärem Typ“. Er findet sich nur dort, wo corticopetale Fasern aus den Sinnesorganen in großer Menge in den Palliocortex einstrahlen, also in der Seh-, Hör-, Tast- und auch in der Riechrinde. In ähnlicher Art ist ein großer Teil des Ursprungsgebietes der Pyramidenbahn als besonderes Areal durch die BETZschen Riesenzellen gekennzeichnet. Solche besonderen Beziehungen zwischen bestimmten Fasersystemen und wohlcharakterisierten Arealen der Rinde haben wie überhaupt die Verschiedenheiten im Rindenbau zu der Anschauung verleitet, daß so wie den genannten auch jedem anderen Rindenareal eine eigene wohl umschriebene Funktion zukomme. Abgesehen davon, daß die Zahl der Areale innerhalb sehr weiter Grenzen willkürlich festgesetzt werden kann, fehlt für solche „Organologie der Großhirnrinde“ vorerst durchaus der experimentelle und klinische Beweis, und auch als Antizipation künftiger tieferer Einsicht ist sie verdächtig, da sie auf der gerade am Centralnervensystem immer wieder scheiternden Vorstellung von dem zwingenden Zusammenhang zwischen Form und Funktion beruht. Ein hochverdienter Gehirnforscher hat noch vor 12 Jahren in konsequenter Verfolgung dieser Anschauung erklärt: es sind über die Zahl der bekannten Sinne hinaus umschriebene Sinnesgebiete der Rinde vorhanden, „so daß selbst für unbekannte Sinne noch vorgesorgt sein könnte“!

Tatsächlich ist über die Bedeutung des Schichtenbaues der Hirnrinde und der einzelnen Areale trotz der grundsätzlichen Übereinstimmung einer Anzahl von Arealen bei allen Säugetieren nur wenig Sicheres bekannt, ebenso wie über die Einordnung der verschiedenen Zellformen in die Leitungswege. Nur daß die Neuriten der BETZschen Zellen die Pyramidenbahn bilden, kann als gesichert gelten. Von den Körnerzellen, die dem 2. GOLGischen Typus entsprechen, darf man annehmen, daß sie Schaltzellen innerhalb der Rinde darstellen. Pyramiden- und Spindelzellen können als corticofugal leitend angesehen werden, da ihre Neuriten in die Marksubstanz eintreten; und die wenigen Zellen der Molekularschicht als intracorticale Assoziationszellen. Mehr zu sagen, ist noch nicht erlaubt. Die in die Rinde eintretenden corticopetalen Fasern endigen hauptsächlich in der 3. Schicht, also der äußeren Pyramidenschicht. Wie sie endigen, und wie die Neuren zu Leitungen aneinandergeschlossen sind, ist unbekannt. Vermutungsweise nimmt man aber nach allem an, daß die 3. und 4. Schicht hauptsächlich receptorisch sind und der Reizaufnahme und der Weiterleitung innerhalb der Rinde dienen, die 5. und 6. Schicht effectorisch, mit der Aufgabe der corticofugalen Leitung.

Die Dicke der Rinde ist trotz der Übereinstimmung im Schichtenbau nicht in allen Gebieten die gleiche. Sie schwankt zwischen 4,5 und 0,5 mm. Am dicksten (bis 4,5 mm) ist sie in dem Gyrus praecentralis. Sie ist auch verschieden an der konvexen Außenfläche, der Kuppe der Windung, in der Tiefe des Sulcus und an der dem Sulcus zugekehrten Seitenwand. An der Kuppe ist

die Rinde am dicksten, in der Tiefe des Sulcus am schmalsten. An diesen Unterschieden sind die einzelnen Schichten verschieden beteiligt, wie aus folgender Übersicht von einer vorderen Stirnwindung erhellt (die Zahlen bedeuten die Dicke der einzelnen Schichten in Prozenten der jeweiligen Gesamtdicke der Rinde an den 3 Stellen Kuppe, mittlere Höhe der Furchenwand, Furchentiefe):

	1.	2.	3.	4.	5.	6. Schicht	
Kuppe	9	7	33	9	20	22 %	der Gesamtdicke von 2,6 mm
Wand	12	7	37	8	18	18 %	„ „ „ 2,2 „
Tal	25	15	30	12	10	8 %	„ „ „ 1,7 mm

(Nach C. v. ECONOMO: Zellaufbau der Großhirnrinde des Menschen, S. 19. Berlin 1927.)

Die Gesamtoberfläche der Großhirnrinde beider Hemisphären des Menschen hat man zu ungefähr 220 000 qmm gemessen. Davon liegt etwa $\frac{1}{3}$ frei an der Oberfläche, $\frac{2}{3}$ bilden Wände und Täler der Furchen. Die Zahl der Zellen in 0,1 mm Rinde beträgt durchschnittlich etwa 215. Die Gesamtzahl der Zellen in der Rinde beider Hemisphären ist zu ungefähr 14 Milliarden (14×10^9) berechnet worden.

In der Rinde des Menschen treten diese vielen Zellen gegenüber den anderen Bestandteilen, vor allem Dendriten und Fasern, sehr zurück. Das Verhältnis ist nur 1 : 27. Mit anderen Worten: in der Rinde des Menschen überwiegen sehr stark die Bestandteile, die nicht Zellkörper der Ganglienzellen sind. Das ist ein Ausdruck der hohen Organisation: je weniger hoch organisiert die Hirnrinde eines Tieres, desto mehr ist das Verhältnis zugunsten der Zellkörper verschoben.

Myeloarchi-
tektonik

Am Aufbau der Rinde haben markhaltige Nervenfasern einen wesentlichen Anteil. Sie finden sich in 2 Hauptrichtungen angeordnet: radiär und tangential zur Oberfläche (Abb. S. 160, 161). Die Markscheiden der Radiärfasern reichen bis in die äußere Pyramidenschicht. Die Fasern selbst sind Neuriten corticopetaler und corticofugaler Neuren. Die Tangentialfasern stellen außerordentlich zahlreiche, innerhalb der Rinde laufende, intracorticale Verbindungen zwischen zum Teil weit entfernten Rindengebieten dar; die Neuriten welcher Zellen sie sind, ist größtenteils unbekannt.

Beide Faserarten weisen in ihrem gegenseitigen Verhalten einen Grundplan, im einzelnen aber nach den verschiedenen Rindengebieten deutliche Unterschiede auf. So wie die Cytoarchitektonik ist auch die Myeloarchitektonik regional verschieden.

Als Grundplan des Markscheidenbildes nimmt man, nicht ohne einige Gewalt, dem Zellbild zuliebe einen sechsschichtigen Typus an (Abb. S. 160, 161) und läßt die 6 Schichten denen des Zellbildes entsprechen. Dies geschieht insofern mit Berechtigung, als in der Tat in vielen Rindenarealen Zellbild und Markfaserbild sich so sehr entsprechen, daß das eine jeweils sozusagen das Negativ des anderen darstellt, besonders deutlich in den Arealen, in welchen die Zellen deutlich in radiären Reihen stehen (vgl. Abb. S. 162, 163). Aber solche Übereinstimmung ist durchaus nicht durchgehend, und so weist denn auch die myeloarchitektonische Hirnkarte nicht die gleiche Zahl und die gleichen Grenzen der Areale auf wie die cytoarchitektonische. Hier wie dort sind Wert und Bedeutung der Felderung noch sehr problematisch. Man hat ungefähr doppelt soviel myelo- als cytoarchitektonische Felder abgegrenzt.

In dem Markscheidenbild treten die Radiärfasern deutlich hervor. Sie sind zu Bündeln geordnet (Abb. S. 161) oder verlaufen mehr einzeln (Abb. S. 160). Zwischen ihnen ziehen die Tangentialfasern, in der ganzen Dicke der Rinde. In der 1., 4. und 5. Schicht sind sie zu dichteren Lagen geordnet

(BALLARGERsche Streifen in der 4. und 5. Schicht). Außerhalb der Streifen bilden die Tangentialfasern das „interradiäre Flechtwerk“. Im Bereich der Rindenendigung der Sehbahn ist der äußere BALLARGERsche Streifen so mächtig entwickelt, daß er unschwer mit bloßem Auge sichtbar ist (VICQ D'AZYRScher oder GENNARIScher Streifen der „Area striata“).

Auch sonst ist zur Unterscheidung verschiedener Rindengebiete nicht immer das mikroskopische Präparat nötig. Die Betrachtung von frischen Schnitten durch die Rinde mit der Lupe bei scharfer Beleuchtung läßt bereits mannigfache regionäre Verschiedenheiten erkennen.

Wie nach dem Zell- und Markfaserbild läßt sich eine Unterteilung der Rinde auch durchführen nach dem zeitlichen Ablauf der Markscheidenentwicklung. Diese Möglichkeit beruht auf der Erscheinung, daß die zu einem Fasersystem gehörigen Fasern annähernd gleichzeitig ihre Markscheiden erhalten, die verschiedenen Systeme aber zu verschiedenen Zeiten. Dabei schreitet die Markumhüllung des Neuriten von der Zelle an gegen sein Ende fort, also in cellulifugaler Richtung. So wenigstens an den Neuren des Centralnervensystems. Für die peripheren Nerven gilt diese Regel nicht. Durch Untersuchung der Myelogenese ist es zum ersten Male möglich gewesen, centrale Fasersysteme in ihrem ganzen Verlauf von Ursprung bis Ende zu erkennen. So verdanken wir den myelogenetischen Forschungen PAUL FLECHSIGs z. B. die Entdeckung der Kleinhirnseitenstrangbahn und die Aufklärung von Ursprung, Verlauf und Ende der Pyramidenbahn. Die Pyramidenbahn erhält ihre Markscheiden am spätesten von allen Systemen des Rückenmarks, wie denn im allgemeinen die ontogenetisch wie phylogenetisch jüngsten Teile sich am spätesten mit Mark umhüllen, der Gang der Myelogenese bis zu einem gewissen Grade dem Gange der Phylogenese und der zeitlichen Reihenfolge der ontogenetischen Bildung der zunächst marklosen Neuriten folgt. So beginnt denn auch im Großhirn die Entwicklung der Markscheiden am spätesten, und das Großhirn ist noch zu einer Zeit vollkommen markscheidenfrei, zu der in Rückenmark und Uthirn schon zahlreiche Systeme myelinisiert sind.

Myelo-
genetische
Gliederung

Dieser Beziehung zwischen Myelogenese und Phylogenese gemäß treten im Großhirn die ersten Markscheiden im Bereiche des Riechhirns auf. Für die Reihenfolge im Pallium aber, das als Ganzes eine phylogenetische Neuerwerbung ist, wenn auch nicht in allen Abschnitten gleichen Alters, kann solche Gesetzmäßigkeit von vornherein nicht erwartet werden. Hier gilt dafür eine andere: bei jedem der Rindenabschnitte, welche noch vor der Geburt in die Markbildung eintreten, beginnt das corticopetale System, es folgt das corticofugale, dann die Balkenfasern, Tangentialfasern der Rinde und die Fibrae arcuatae, zum Schluß die Fasern der langen Assoziationssysteme. In den erst nach der Geburt reifen Gebieten machen Balken- und kurze Assoziationsfasern den Anfang. Die langen Assoziationsfasern sind allenthalben die letzten. Die ersten Gebiete des Pallium, deren corticopetale Fasern Markscheiden erhalten, sind die Endigungsgebiete der Sinnesleitungen: der Tastbahn (Lemniscus medialis) zu seiten des Sulcus centralis Rolandi, der Sehbahn im Bereiche des Sulcus calcarinus, der Hörbahn in der vorderen HESCHLSchen Querwindung des Temporallappens (FLECHSIGsche Windung).

Die Abgrenzung von Arealen der Großhirnrinde nach Cytoarchitektonik, Myeloarchitektonik und zeitlicher Abfolge der Markreifung geschieht auf Grund des anatomischen Verhaltens und ist rein anatomisch. An sich ist es denkbar, daß der anatomischen Verschiedenheit auch eine funktionelle entspricht. Aber schon der Mangel an Übereinstimmung zwischen den Arealen der 3 nach den verschiedenen anatomischen Merkmalen aufgestellten „Hirnkarten“ erweckt Zweifel an der zwingenden Gültigkeit dieses verlockenden Gedankens. Die

Untersuchungen über die Funktion schränken ihn noch sehr erheblich weiter ein, und so ist der Wert dieser Gliederungen im Hinblick auf die Leistungen der Großhirnrinde vorerst leider recht gering. Nur in einem Punkte stimmen die Ergebnisse der myelogenetischen und der cytoarchitektonischen Forschung überein, darin, daß die Rindenendigungen der Sinnesbahnen ein untereinander übereinstimmendes, von allen anderen Gebieten aber abweichendes anatomisches Verhalten zeigen.

Nur den Ergebnissen der myelogenetischen Unternehmungen kommt bisher für die Analyse des Baues des Novopalliums eine grundlegende Bedeutung zu, nicht so sehr dadurch, daß die Rinde in eine größere Zahl myelogenetischer Felder gegliedert werden kann, als durch den anatomischen Nachweis, daß nur geringe Teile der Rinde unmittelbar mit der Körperperipherie verbunden sind, die anderen nicht. Erst die Unterscheidung der Sinnessphären und der motorischen Sphäre, der „Primärgebiete“, einerseits, der „Assoziations- oder Ko-agitations- (Ko-ordinations-) Gebiete“ andererseits liefert den Schlüssel zu näherem Einblick in das außerordentlich reiche Getriebe des Novopalliums, von dessen auch nur annähernd vollständiger Erkenntnis unsere Einsicht freilich sehr weit entfernt ist. Die kardinale Stellung der Primärgebiete wie das Wesen Koagitationsgebiete wird sich bei der Darstellung des Aufbaues der weißen Substanz des näheren ergeben.

β) Bau des Markes.

An der Massenentwicklung des Großhirnmantels hat die weiße Substanz, das Mark, einen bedeutenden Anteil. Wie in der Rinde das Verhältnis der Ganglienzellen zu den übrigen Bestandteilen einen Maßstab für die Höhe der Organisation liefert, so auch das Verhältnis von Rinde zu Mark. Je höher die Entwicklung des Großhirns, desto mehr überwiegt an Dicke das Mark über die Rinde.

In der weißen Substanz des Pallium unterscheidet man 3 Hauptfasersysteme, die in ihrer Gesamtheit die Masse des Markes ausmachen: Projektions-, Commissuren- und Assoziationssysteme. Projektionssysteme, die Fasermassen, welche die Rinde mit tieferen Teilen verbinden wie Schleifen- und Pyramidenbahn; Commissurensysteme, die von der Rinde der einen Hemisphäre zu der anderen ziehen; Assoziationssysteme, Verbindungen von Rindenbezirken einer und derselben Hemisphäre.

Die Fasern des Großhirnmarkes zeigen eine sehr charakteristische Anordnung. Während sie im ganzen übrigen Centralnervensystem, mit Ausnahme des Kleinhirns, zu runden Fäden und Bündeln zusammengeschlossen sind, sind sie im Großhirn zu dünnen, schmalen Platten geordnet (Abb. S. 171). Bricht man das gehärtete Großhirn auseinander, so tritt dieser Plattenbau sehr klar in Erscheinung. Schneidet man es, so ist nichts davon zu erkennen. Immerhin treten auch auf der Schnittfläche, beim konservierten wie am frischen Gehirn, bei näherer Betrachtung mancherlei Einzelheiten zutage, dadurch bedingt, daß die verschiedenen Fasersysteme quer, längs oder schräg getroffen sind. Aufschlußreicher noch ist das Bild des Schnittes durch das noch nicht völlig markreife Gehirn des ganz jungen Kindes: die schon markhaltigen Systeme heben sich durch ihre gelbweiße Farbe von den mehr grau und glasig erscheinenden marklosen Teilen ab.

Die Platten der Fasersysteme sind allenthalben durcheinandergeschoben wie die Bretter eines Holzlagers, und höchstens auf eine kurze Strecke liegen die zu einem bestimmten Fasersystem gehörigen Platten geschlossen aufeinander. Es gibt kaum eine Stelle im Großhirnmark, wo nicht die Faserplatten mindestens zweier der Hauptfasersysteme durcheinander geschichtet wären oder

die Platten etwa zweier Projektionssysteme. Nirgends also findet man ein Fasersystem auch nur so weit als für sich geschlossene Bildung, wie etwa die Pyramidenseitenstrangbahn im Rückenmark, geschweige denn wie die Pyramidenbahn in der Pyramide der Medulla oblongata.

Die Projektionssysteme sind einerseits über die ganze Großhirnhemisphäre ausgebreitet, andererseits in dem engen Raum der inneren Kapsel und, wenigstens zum Teil, dem noch engeren des Hirnschenkelfußes zusammengedrängt. In ihrer Gesamtheit haben sie daher die Gestalt eines gestielten Fächers oder eines halben Blumenstraußes, dessen Stiele den Pes pedunculi

Projektions-
systeme

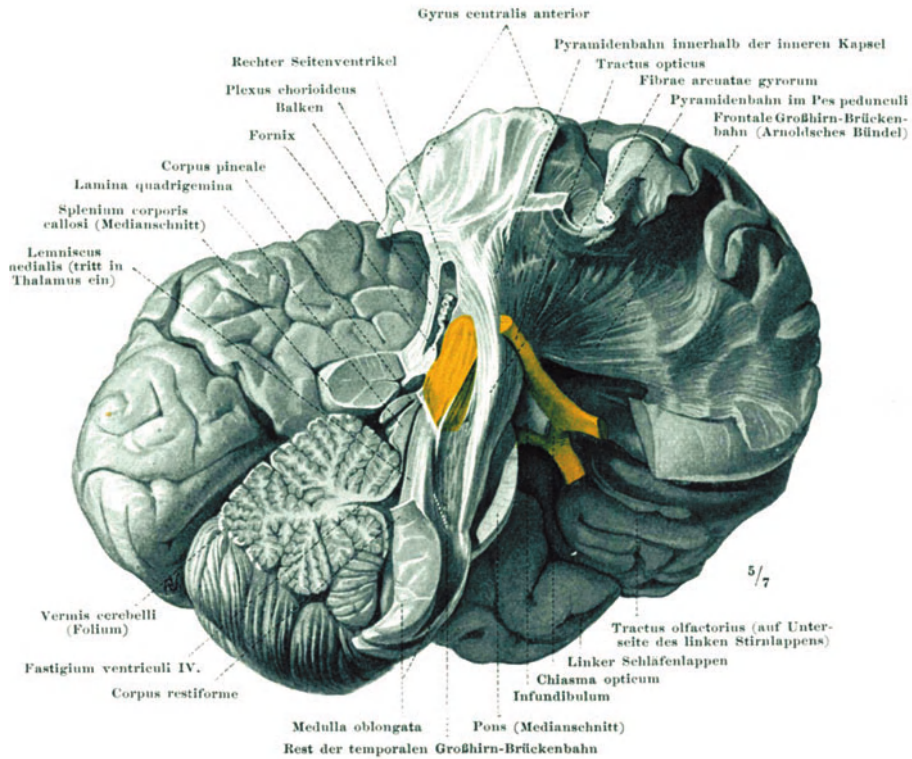


Abb. 107. Hirnschenkelstrahlung. Chiasma opticum, Tractus opticus, Thalamus gelb. Präparat der Sammlung des Anat. Inst. Heidelberg, wahrscheinlich Originalpräparat von FRIEDRICH ARNOLD. — Br.

bilden, um die wie ein Band der Tractus opticus außen herumgelegt ist (Abb. S. 169), während das Gebiet, in dem die Stiele auseinanderzuweichen beginnen, der Capsula interna entspricht. Je nachdem, ob man diese fächerförmige Ausstrahlung in der inneren Kapsel von außen her durch Entfernung des Linsenkerns freilegt (Abb. S. 169) oder vom Medianschnitt her durch Wegnahme des Nucleus caudatus (Abb. S. 171), erscheint die Faserung der inneren Kapsel als Fortsetzung der Fasern des Pes pedunculi, oder sie scheint in den Thalamus einzutreten bzw. aus ihm auszutreten. Im ersteren Falle spricht man von der „Hirnschenkelstrahlung“, im zweiten vom „Stabkranz des Thalamus“, Corona radiata (Abb. S. 169, 171). Beides sind nur verschiedene Ansichten der inneren Kapsel, in welcher corticopetale und corticofugale Anteile viel zu sehr durchmischt sind, als daß die einen von dem Sagittalschnitt, die anderen von lateral her rein zur Anschauung kommen könnten.

Capsula
interna
Abb. S. 169
bis 171, 59,
69, 90, 92,
94, 113, 119,
179, 180,
199

Die innere Kapsel, Capsula interna, ist die weiße Substanz des Zwischenhirns, dessen graue Substanz von Thalamus und Hypothalamus gebildet wird. Diese graue Substanz liegt central am Ventrikel, die weiße ist ihr außen aufgelagert. Demnach wird die Capsula interna nach medial vom Thalamus begrenzt. Da das Zwischenhirn sich lateralwärts jederseits in das paarige Endhirn fortsetzt, so wird ihre laterale Begrenzung vom Endhirn, und zwar vom Basalganglion gebildet, speziell vom Globus pallidus des Linsenkernes (Abb. S. 92, 179). Indem ihre Fasern auf dem weiteren Wege zur Großhirnrinde das Gebiet des Zwischenhirns verlassen und in das Mark des Großhirns eintreten, durchsetzen sie den Neuhirnteil des Basalganglions und teilen ihn, im vordersten Abschnitt nur unvollkommen (Abb. S. 181), in Nucleus caudatus und Putamen, von denen ersterer medial, letzterer lateral von der inneren Kapsel zu liegen kommt (Abb. S. 180, 179).

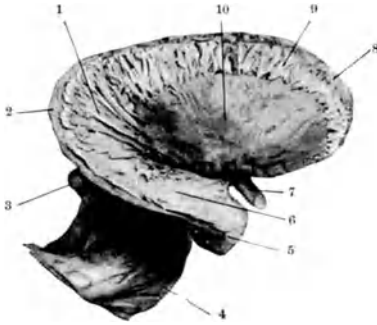


Abb. 108. Capsula interna, Nucl. caudatus u. Nucl. lentiformis von der lateralen Seite her ($\frac{2}{3}$ nat. Gr.). Insula und Capsula externa sind abgetragen, Nucl. amygdalae aus dem Temporallappen herausgefäsert. Man sieht den Rand des Nucleus caudatus, der durch die Capsula interna von dem Nucl. lentiformis getrennt ist. Zur Orientierung vgl. Abb. S. 181.

1 Caps. int., P. retrolenticul.; 2 Nucl. caudat.; 3 Corp. geniculat. lat.; 4 Pons; 5 Nucl. amygdalae; 6 Caps. int., P. sublenticul.; 7 Opticus; 8 Caput nucl. caudati; 9 Caps. int., P. supralenticul.; 10 Putamen.
(Aus HULTKRANZ: Gehirnpräparationen 1929.)

lenticularis. Die Faserung des prälenticulären Teiles gehört zum Stirnlappen, die des supralenticulären zum Stirn- und Scheitellappen, des retrolenticulären zum Hinterhaupts-, des sublenticulären zum Temporallappen. Im sublenticulären Teil verläuft außerdem die Sehstrahlung, im unteren Abschnitt des retrolenticulären die Hörstrahlung (Abb. S. 181).

Der keilförmige Globus pallidus des Linsenkernes erzeugt an der lateralen Fläche der inneren Kapsel eine Delle, so daß auf dem Horizontalschnitt die Capsula interna nicht gerade gestreckt, sondern gebogen erscheint. Den Scheitel des nach lateral offenen Bogens nennt man das Knie der inneren Kapsel (Abb. S. 94).

Stabkranz
des Thalamus,
Corona radiata
Abb. S. 171

Zwischen Thalamus und Großhirn sind im Stabkranz des Thalamus mächtige Systeme gegeben, deren Leitungsrichtung nicht vollkommen bekannt ist. Von corticopetalen Systemen ist außer der Tastbahn sicher festgestellt ein mächtiger Faserzug aus medialen Kernen des Thalamus, der in der oberen Stirnwinding an Konvexität und Medialfläche, vom Sulcus praecentralis bis etwa halben Wegs zum Stirnpol, sowie im benachbarten Abschnitt des Gyrus cinguli endigt. Für die übrigen Rindengebiete sind corticopetale Systeme aus dem Thalamus zwar wahrscheinlich, aber noch nicht völlig einwandfrei erwiesen. Durch corticofugale Fasern scheint die gesamte Großhirnrinde mit dem Thalamus verbunden zu sein, vielleicht mit Ausnahme des unteren Scheitellappens: für Gyrus supra-marginalis und Gyrus angularis sind Stabkranzfasern nicht sicher festgestellt.

Über einen Teil des Stabkranzes unterrichtet Abb. S. 171, unter anderen über die dem mittleren Abschnitt angehörigen Fasern, welche im Bogen zu Stirnpol und Pars orbitalis ziehen. Mächtige Stabkranzanteile, und zwar im retro-lenticulären Teil der Capsula interna, weisen Cuneus und Gyrus lingualis (außerhalb der Sehsphäre) und Gyrus fusiformis auf, einen geringeren der Isthmus des Gyrus fornicatus. Der Stabkranz des Cuneus ist der Sehbahn dorsal angeschlossen — beide zusammen erzeugen im wesentlichen das Bild der GRATIOLETSCHEN Strahlung —, weiter nach medial folgt der Anteil für Gyrus lingualis

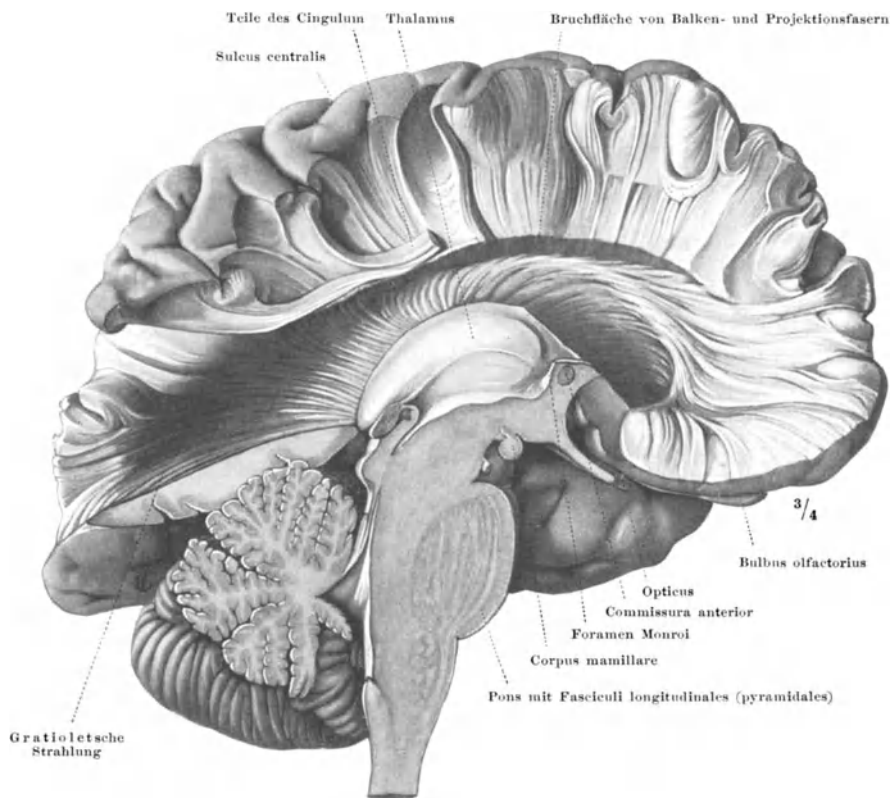


Abb. 109. Stabkranz des Thalamus, von medial her unter Wegnahme des Nucleus caudatus dargestellt. Die Stelle des Caput nucleus caudati ist als Vertiefung kenntlich. Der Sagittalschnitt durch den Hirnstamm ist etwas links von der Medianebene geführt, daher sind im Bereich der Brücke u. a. die Bündel der Pyramidenbahn, in der Medulla oblongata der Nucl. dentatus olivae getroffen.

und Gyrus fusiformis, der sich in scharfem Bogen um den Forceps maior des Balkens herum biegt und als rückwärtiger Abschnitt des Cingulum erscheint. Der Stabkranz für den Isthmus des Gyrus fornicatus zieht sublenticulär erst lateral, dann basal vom Unterhorn des Seitenventrikels zu seinem Rindengebiet. Der Stabkranz des Temporallappens bildet die Hauptmasse des sublenticulären Teiles der inneren Kapsel. Die für den Temporalpol bestimmten Faserbündel durchziehen zusammen mit dem Anfangsstück der Sehbahn das Markgebiet lateral vom Corpus geniculatum laterale, das als WERNICKESCHES Feld oder Meditullium laterale (Abb. S. 94, 113) bezeichnet wird. Und zwar liegt der Stabkranz hier dorsal von der Sehstrahlung.

Unter den Projektionssystemen nehmen die großen corticopetalen Sinnesleitungen, Tast-, Seh- und Hörbahn, zusammen mit der corticofugalen

Pyramidenbahn die Stellung von Grundpfeilern ein, denen alle übrigen Leitungen der Projektions-, Commissuren- und Assoziationssysteme sich in stammesgeschichtlich immer reicherer Ausbildung angliedern. Sie enden in den „Primärgebieten“ der Rinde (S. 168).

Die Tastleitung geht als Fortsetzung der in der Medulla oblongata gekreuzten Schleife aus den ventrolateralen Kernen des Thalamus hervor, in denen der Lemniscus medialis endet. Als frühestes markreifes Bündel des Novopalliums zieht sie im supralenticulären Teil der inneren Kapsel, den „mittleren (oberen) Thalamusstiel“ bildend, zur Rinde des Gyrus postcentralis und der Seitenwände des Sulcus centralis Rolandi.

Aus dem Gyrus praecentralis nimmt die corticofugale Pyramidenbahn ihren Ursprung. Ohne Unterbrechung ziehen ihre Neuriten durch Zwischenhirn (Capsula interna, Abb. S. 169), Mittelhirn (Pes pedunculi), Brücke (Fasciculi longitudinales pontis, Abb. S. 171), Medulla oblongata (Pyramide) zu den motorischen Wurzelzellen der Rückenmarksnerven, nachdem die Fasern für die Wurzelzellen der Hirnnerven schon in Brückenhöhe sich allmählich aus der geschlossenen Faserung herausgelöst und die Mittellinie überschritten haben (S. 109). An der Grenze zwischen Gehirn und Rückenmark tritt die Hauptmasse der Pyramidenfasern auf die Gegenseite (Pyramidenkreuzung, S. 55). Unterbrechung der Pyramidenbahn im Gehirn bedingt also Lähmung der Muskulatur nicht der gleichen, sondern der anderen Körperseite.

Die Anordnung der Ursprungszellen ergibt das Bild einer corticalen Repräsentation der peripheren Skelettmuskulatur im Gyrus praecentralis. Die BETZschen Zellen für die Innervation der Muskeln der unteren Extremität liegen in der Mantelkante, zum Teil auf der Medialfläche der Hemisphären. Daran schließen sich unmittelbar die Ursprungsgebiete für die Muskeln der oberen Extremität. Es folgen, vielleicht durch einen Zwischenraum getrennt, die Zellen für die Muskulatur des unsegmentierten Körpergebietes, für Kopf- und Kiemenmuskulatur, und zwar der Reihe nach für die mimische Muskulatur und, gegen die Fissura Sylvii hin, für Kaumuskeln, Zungenmuskeln und schließlich Stimmbandmuskeln. Aus diesen Gebieten der vorderen Centralwindung entspringen die ohne Unterbrechung zu den motorischen Zellen in den Vorder säulen des Rückenmarks ziehenden Pyramidenbahnen. Für die Nacken- und Rumpfmuskeln ist die Lokalisation beim Menschen nicht ganz sichergestellt. Die Augenmuskeln haben keine Vertretung im Gyrus centralis anterior. Sie werden von der eigentlichen motorischen Sphäre her nicht unmittelbar erregt. Ein Gebiet, von dem aus sie mittelbar gemeinsam in Tätigkeit gesetzt werden können, liegt nachbarlich im Fuß der oberen und mittleren Stirnwindung (corticales Blickzentrum). Welchen Weg von hier aus die Bahnen zu den motorischen Wurzelzellen dieser Muskeln nehmen, ist nicht bekannt.

Nach dem Zwischenhirn zu ordnen sich die Pyramidenfasern so, daß in der Capsula interna von occipital nach frontal sich folgen die Fasern für die Muskeln der unteren Extremität, der oberen Extremität, die Zungen-, Kau- und Kehlkopfmuskeln, die mimischen Muskeln. Die Fasern für die letzteren liegen am „Knie“ der inneren Kapsel.

Die Repräsentation der Muskeln in der motorischen Sphäre ist gegeben nicht nach Einzelmuskeln, sondern nach den Muskelgruppen, die die einzelnen Gelenke betätigen. Richtiger könnte man sagen, nicht die Muskeln, sondern der aktive Bewegungsapparat jedes Gelenkes hat seine Repräsentation: Ellbogengelenk mit Beugung und Streckung, Radioulnargelenk mit Pro- und Supination, Handgelenk mit Dorsal- und Volar-, Radial- und Ulnarbeugung usw. In solcher Art entspricht jedem Gelenk ein bestimmtes Areal der

motorischen Sphäre. Die Muskeln sind also mit Rücksicht auf ihre Wirkung auf die Gelenke geordnet.

Mit dieser für die corticale Repräsentation charakteristischen Art der Zusammenfügung mag man es erklären, daß Augen-, Nacken- und Rumpfmuskeln hier nicht vertreten sind: für sie ist wohl eine andere Art der Zusammenordnung nötig.

Zusammen mit der Schleifenbahn bildet die Pyramidenbahn den Großhirnleitungsbogen für die epikritische Sensibilität, für die Stereognose. Durch welche Rindenelemente dabei die Tastsphäre im Gyrus postcentralis und die motorische Sphäre im Gyrus praecentralis verbunden sind, wie also der Leitungsbogen geschlossen ist, ist nicht bekannt, ob durch die infracorticalen Fibrae arcuatae oder intracortical durch Tangentialfasern der Rinde. Zugleich aber ist die Pyramidenbahn gemeinsame corticofugale Bahn für das gesamte Novopallium. In dem üblichen Sprachgebrauch findet dies darin Ausdruck, daß die Pyramidenbahn als Bahn für die „willkürlichen Bewegungen“ bezeichnet wird. Sie ist die einzige unmittelbar bis zu den Wurzelneuren führende prä-radiculäre Leitung für alle Teile der Großhirnrinde, von denen aus überhaupt Impulse zu beabsichtigten Bewegungen ausgehen können, und das ist wahrscheinlich die gesamte Rinde. Wird also die Pyramidenbahn unterbrochen, so hört jede bewußt intendierte Bewegung auch bei völlig intakter Rinde auf, abgesehen von der Störung im Getriebe der Wurzelzellen (S. 56). Daß zugleich mit der Pyramidenbahn stets auch Nebenschlüsse von der Großhirnrinde mindestens über Basalganglion und Kleinhirn betätigt werden, ändert nichts an ihrer Sonderstellung gegenüber allen anderen corticofugalen Systemen.

Die von der Rinde über das Basalganglion geführten Nebenschlüsse bilden in ihrer Anfangsstrecke bis zum Thalamus einen Teil des Stabkranzes (S. 170), die über das Kleinhirn geführten sind die Großhirnbrückenbahnen. An Großhirnbrückenbahnen können nach dem Ursprungsgebiet 3 unterschieden werden: der Tract. cortico-pontanus frontalis (ARNOLDSches Bündel) aus der oberen und mittleren Stirnwindung, besonders vom Stirnpol, der Tract. cortico-pontanus parietalis aus dem oberen Scheitellappen, und der Tract. cortico-pontanus temporalis (TÜRCKSches Bündel) hauptsächlich aus rückwärtigen Teilen der oberen und mittleren Schläfenwindung an der Konvexität. Als vordere, mittlere und hintere Bestandteile der Capsula interna durchziehen sie die weiße Substanz des Zwischenhirns und bilden zusammen mit der Pyramidenbahn den Hirnschenkelfuß. In diesem macht die Pyramidenbahn kaum ein Viertel der gesamten Fasermasse aus. Die Ordnung der Bündel im Pes pedunculi ist ganz charakteristisch: am weitesten lateral liegt die temporale Brückenbahn, nach medial zu folgen parietale Brückenbahn, Pyramidenbahn und die am weitesten medial gelagerte frontale Brückenbahn. Die Brückenbahnen endigen an den Zellen der Nuclei pontis, deren Neuriten als Fibrae transversae pontis nach Überschreitung der Mittellinie zum Brachium pontis vereinigt in das Kleinhirn der Gegenseite eintreten, wo sie zur Rinde der Hemisphären, nicht des Wurmes, ziehen, wie in dem Abschnitt über das Kleinhirn des Näheren dargestellt ist. Dort sind auch die den Großhirn-Brücken-Kleinhirnbahnen zugehörigen corticopetalen Kleinhirn-Großhirnbahnen abgehandelt (S. 138).

Die zweite Sinnesleitung, die Sehbahn, zieht vom Corpus geniculatum laterale zum Occipitallappen, und zwar ausschließlich zu dem Rindengebiet, das durch den mit bloßem Auge erkennbaren V10Q D'AZYRSchen Streifen ausgezeichnet ist und als Area striata die unmittelbare Umgebung des Sulcus calcarinus an Medialfläche und Konvexität der Hemisphäre am Occipitalpol bildet. Vom Corpus geniculatum laterale aus ziehen die Fasern (Abb. 174, 181) zunächst nach vorn gegen den Temporalpol, indem sie sich zugleich zu Platten

formieren, biegen in der Höhe des Nucleus amygdalae in scharfem Bogen nach rückwärts um (FLECHSIG's temporales Knie der Sehstrahlung) und verlaufen in sagittaler Richtung occipitalwärts. Diese sagittale Richtung behalten sie bis zur Höhe ihrer Rindenendigung bei und biegen in scharfem Bogen zur Rinde ab (occipitales Knie).

Von der Sehspähre zieht in umgekehrter Richtung eine corticofugale Bahn in der GRATIOLETSchen Strahlung zum Pulvinar thalami (Abb. S. 171). Ihr fehlt das occipitale Knie, und auch die temporale Biegung ist weniger stark ausgeprägt als an der corticopetalen Sehleitung.

Die dritte Sinnesleitung, die Hörbahn, geht vom Corpus geniculatum mediale aus zum Gyrus temporalis transversus (Abb. S. 154). Sie zieht zunächst ein wenig nach lateral, dann nach dorsal und wieder im scharfen Bogen nach basal, um zur vorderen HESCHL'schen Querwindung zu gelangen (Abb. S. 181). Im ganzen bildet sie eine annähernd frontal gestellte Platte.

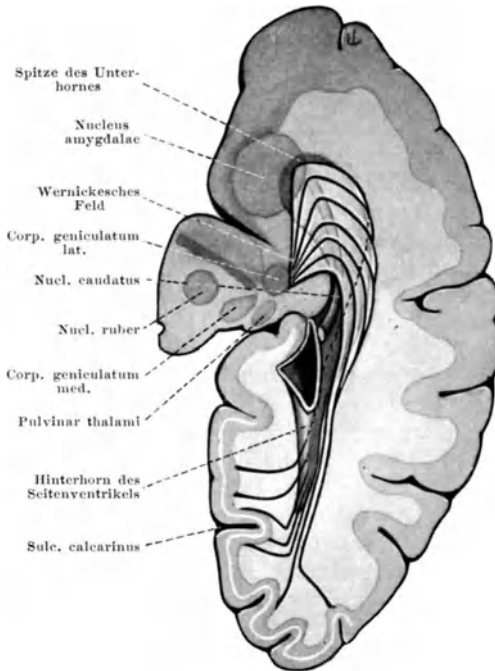
Die bisher betrachteten Sinnes- und motorischen Leitungen bilden den Grundstock der weißen Substanz. Die übrigen Projektions-systeme sowie die Commissuren- und Assoziationssysteme fügen sich ihnen an. Sie stehen mit der Peripherie nicht in unmittelbarer Verbindung.

Die Assoziationssysteme, Faserzüge, welche verschiedene Rindenabschnitte der gleichen Großhirnhälfte miteinander verbinden, sind beim Menschen außerordentlich mächtig entwickelt. Sie verlaufen entweder im Mark oder in der Rinde, und werden danach als in-

fracortical oder subcortical bezeichnet im Gegensatz zu den intracorticalen, die in den Tangentialfasern der Rinde gegeben sind. Die subcorticalen Assoziationssysteme, von denen hier zu handeln ist, teilt man in kurze und lange ein.

Die kurzen Assoziationssysteme ziehen von Gyrus zu Gyrus bogenförmig um die Tiefe des Sulcus herum: Fibrae arcuatae gyrorum (Abb. S. 169, 171 rechts oben), verbinden also unmittelbar benachbarte Windungen miteinander. Ihr Verlauf ist stets quer zur Furche, subcortical Assoziationsbündel in der Längsrichtung einer Windung gibt es nicht. Innerhalb dieser Fibrae arcuatae liegen diejenigen Fasern, welche die Kuppen der Windungen verbinden, am tiefsten im Mark, die der Seitenwände am nächsten der Rinde, die ersteren also außen, die letzteren innen an der U-förmigen Rinne, die von der Gesamtheit der Fasern gebildet wird. Die Fibrae arcuatae scheinen, wenn auch in sehr verschiedener Mächtigkeit, im ganzen Novopallium vorhanden zu sein.

Hörbahn
Tab. S. 196



Assozia-
tions-
systeme

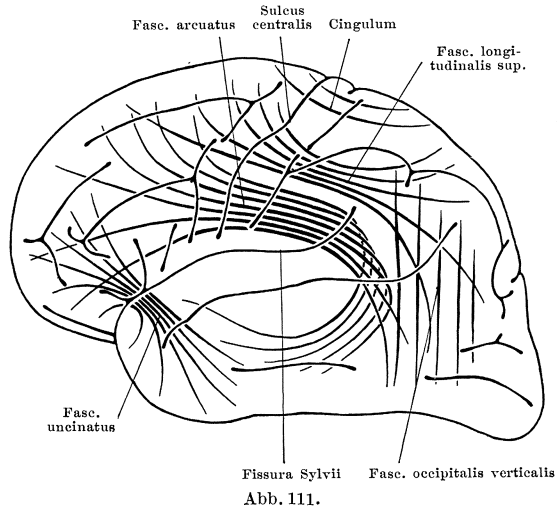
Abb. 110. Sehstrahlung von dorsal. Halbschematisch. Ventrikel als Hohlform mit Cauda nuclei caudati auf eine schräg von occipital nach temporal-basal gelegte Schnittfläche gezeichnet. Nur wenige Platten der Sehstrahlung angedeutet, und von denen, welche basal vom Unterhorn des Seitenventrikels verlaufen, nur die vorderste durchpunktiert. [Aus Z. Anat. 88, 169 (1928).]

Kurze
Assozia-
tions-
systeme
Abb. S. 169,
171

Außer diesen kurzen Bogenfasern, die unmittelbar benachbarte Windungen miteinander verbinden — wahrscheinlich doppelläufig —, kommen auch längere vor, die eine oder zwei Furchen überspringen: *Fibrae arcuatae longae*. Sie sind weniger stark entwickelt und fehlen vielleicht vielerorten ganz. Sie liegen den *Fibrae breves* markwärts unmittelbar auf.

Die langen Assoziationsysteme — wahrscheinlich ebenfalls doppelläufig — verbinden Teile der verschiedenen Lappen des Großhirns miteinander, also etwa des Stirn- und Schläfenlappens. Abgesehen von der Insel und dem Cuneus (zwischen *Sulc. parieto-occipitalis* und *Sulc. calcarinus*) scheint jeder Teil der Großhirnlappen mit einem Teil eines anderen verbunden zu sein. Als fast geschlossene Lage findet sich die Gesamtheit dieser Assoziationsysteme von dem *Limen insulae* bis zur *Stria tecta* des Balkens, freilich allenthalben durchsetzt von Projektions- oder Commissurensystemen oder beiden zugleich. Innerhalb dieser Gesamtheit lassen sich eine Anzahl Einzelsysteme mehr oder weniger scharf gegeneinander abgrenzen (Abb. S. 175).

Unmittelbar unter dem Grau des *Limen insulae* liegt als gedrängtes Bündel der *Fasciculus uncinatus*. Frontal- und occipitalwärts strahlen seine dünnen Faserplatten fächerförmig auseinander. Die basalsten verbinden in ganz scharfen Bögen die rückwärtigen Teile der *Pars orbitalis* des Stirnlappens mit dem Ende des *Gyrus hippocampi*. Je weiter von der Basis entfernt, desto flacher werden die Bögen, vordere Abschnitte der *Pars orbitalis* und untere Stirnwindung mit dem Schläfenpol verbindend. Fast gerade gestreckte Platten, die obersten sogar in leichten scheidelwärts offenen Bögen, ziehen von der mittleren Stirnwindung durch die *Capsula externa* zur unteren Schläfenwindung, schräg von vorn oben nach hinten unten, entsprechend der verschiedenen Höhenlage der verbundenen Gebiete. Im ganzen ist der *Fasc. uncinatus* ein temporofrontales System.



Lange Assoziationsysteme
Abb. S. 175,
171

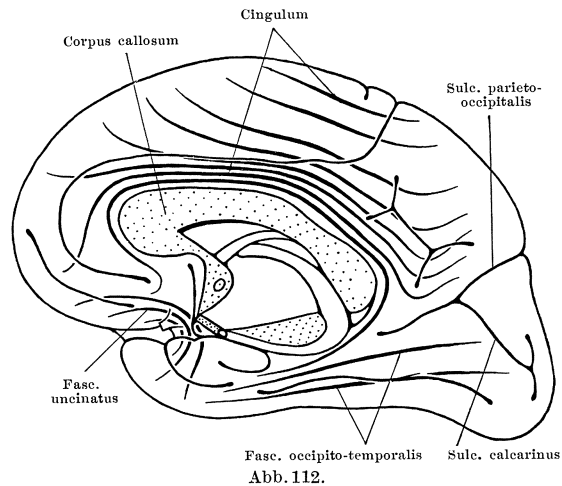


Abb. 111 u. 112. Schema der großen Assoziationsysteme im Großhirnmark, Abb. 111 auf die laterale Großhirnhälfte projiziert, Abb. 112 auf den Sagittalschnitt projiziert. Für die Furchen und Windungen vgl. Abb. S. 149.

An ihn schließt sich scheidelwärts der *Fasciculus arcuatus* an, ebenfalls ein temporo-frontales System, auch in der Gestalt ähnlich: mit einem zusammengedrängten mittleren Abschnitt und fächerförmig ausstrahlenden Enden. Die sehr dicken, horizontal liegenden Platten finden sich im *Operculum parietale* der Insel als kompakte Lage. Die untersten streichen durch die *Capsula externa*, die Hauptmasse umzieht bogenförmig die Insel, parallel dem *Sulcus circularis insulae*. Der *Fasc. arcuatus*, ohne Rücksicht auf die Leitungsrichtung seiner Fasern betrachtet, verbindet obere und mittlere Stirnwindung, im Anschluß an das Gebiet des *Fasc. uncinatus*, mit oberer und mittlerer Schläfenwindung bis zum Schläfenpol, auch auf die basale Fläche noch übergreifend. Dabei überkreuzen sich die Faserplatten sehr charakteristisch occipital vom occipitalen Pol der Insel: die im frontalen Teile des Stirnlappens entspringenden Platten ziehen zu rückwärtigen Teilen des Temporallappens ziemlich gerade gestreckt; die in rückwärtigen Teilen des Stirnlappens entspringenden verlaufen bogenförmig um die Insel zu vorderen Abschnitten des Schläfenlappens, und zwar um so mehr zum Schläfenpol, je weiter rückwärts sie im Stirnlappen entspringen. Diese letzteren Platten liegen im ganzen *Fasc. arcuatus* am tiefsten, die gestreckten Platten am oberflächlichsten.

In das frontale Ursprungsgebiet des *Fasc. arcuatus* greift mit noch oberflächlicher gelagerten Platten das nächst anschließende System über, der *Fasciculus longitudinalis superior*. Seine Züge verbinden die oberen Abschnitte des Stirnlappens, einschließlich *Gyrus praecentralis*, mit dem Hinterhauptlappen, angrenzenden Teilen des Schläfenlappens und dem Scheitellappen. Jedoch reicht sein Gebiet nicht bis zur Mantelkante hinauf.

Die Assoziationszüge nahe der Mantelkante gehören dem System an, zu welchem alle Assoziationszüge der Medialfläche der Hemisphäre vereinigt sind, dem *Cingulum*, das im Mark durch eine etwa 1 cm dicke Lage Projektions- und Commissurenfasern vom *Fasc. longitudinalis superior* getrennt ist, während die Rindengebiete unmittelbar aneinanderschließen. Das *Cingulum* enthält alle Assoziationsfasern der Medialfläche vom Stirnpol bis zum *Sulc. parieto-occipitalis*, also bis zum *Praecuneus*. Der *Cuneus* erhält keine oder fast keine langen Assoziationsfasern (Abb. S. 175). Ein kleiner Teil des *Cingulum* erstreckt sich in den Isthmus des *Gyrus fornicatus* und in den *Gyrus hippocampi*. Die oberflächlichsten Faserplatten des *Cingulum* verlaufen im *Gyrus cinguli* unmittelbar auf der Balkenstrahlung und in der *Stria longitudinalis lateralis s. tecta* des Balkens. Dem rückwärtigen Abschnitt des *Cingulum*, der den Balkenwulst umzieht und nur noch sehr zart ist, sind mächtige Projektionsfaserzüge, Stabkranzfasern zum *Gyrus lingualis* und *Gyrus fusiformis* (S. 171), beigesellt, außerdem Fasern des *Fornix longus* (S. 197), die als *Fibrae perforantes* den Balken durchsetzen haben und an seiner Oberfläche weiterziehen. Was hier als *Cingulum* erscheint, ist nur zum allergeringsten Teil Assoziationssystem.

Durch die bisher aufgeführten Systeme sind noch nicht miteinander verbunden Scheitel- mit Hinterhauptlappen und Hinterhaupt- mit Schläfenlappen. Die Assoziationszüge zwischen Scheitel- und Hinterhauptlappen und dem Übergangsgebiet zum Schläfenlappen sind nur sehr schwach ausgebildet. Als *Fasciculus occipitalis verticalis* (WERNICKE) verlaufen sie an der Konvexität in dünner Lage. Verbindungen zwischen Scheitellappen und vorderen Teilen des Schläfenlappens, besonders dem Schläfenpol, sind nicht bekannt.

Zwischen Hinterhaupt- und Schläfenlappen in ganzer Ausdehnung sowohl an der Konvexität wie an der basalen Fläche erstrecken sich dünne Platten, welche der mächtigen sagittalen Strahlung im Temporo-occipitalmark, der GRATIOLETSchen Strahlung, außen aufgelagert sind. Man hat bei ihrer Entdeckung die ganze Strahlung für ein Assoziationssystem gehalten und *Fasc.*

longitudinalis inferior genannt. Der Hauptmasse nach ist sie Projektions-, vorwiegend Sehstrahlung. Der geringe Anteil an Assoziationsfasern sollte zur Vermeidung von Irrtümern Fasciculus occipito-temporalis genannt werden.

Quere Verbindungen von der konvexen Außenfläche zur Medialfläche sind nirgends nachgewiesen, auch nicht im Occipitallappen, welchem durch irrthümliche Deutung von Schnittbildern ein „Fasciculus cunei transversus“ zugeschrieben worden ist. Ebensowenig senkrechte Verbindungen etwa von der Mantelkante zum Gyrus cinguli oder zum Operculum insulae.

Ein Überblick über die Anordnung und den Verlauf der langen Assoziationsysteme lehrt, daß sie die Längsrichtung des Großhirns einhalten. Ihre Biegungen erklären sich aus der phylo- und ontogenetischen Biegung der ursprünglich gestreckten Hemisphäre.

Die 3 Systeme der Projektions-, Commissuren- und Assoziationsfasern sind im Prinzip rechtwinklig zueinander angeordnet: die Projektionsfasern laufen in der Richtung vom Scheitel zur Basis, die Commissurenfasern quer von rechts nach links, die Assoziationsfasern von vorn nach hinten. Durch die Entwicklung der Hemisphäre zur Bogenform erleidet dieses Grundschema im einzelnen mancherlei Abänderungen, besonders im Mark des von der bogenförmigen Entwicklung am meisten betroffenen Temporal- und Occipitallappens. Hier bekommen Projektions- und Assoziationsfasern größtenteils eine sagittale Richtung und bilden insgesamt eine vorwiegend sagittale Markstrahlung höchst verwickelter Zusammensetzung. Sie hat je nach der Methode ihrer Darstellung verschiedene Bezeichnungen erhalten: Fasciculus longitudinalis inferior (BURDACH) bei der Abfaserung von lateral her, GRATIOLETSche Strahlung (Abb. S. 171) bei der Abfaserung von medial her, Stratum sagittale (SACHS) nach markscheidengefärbten Schnitten. Sie ist am ausgeprägtesten im Übergangsbereich von Temporal- und Occipitallappen. So einheitlich sie im anatomischen und mikroskopischen Bilde erscheint, so enthält sie doch Anteile einer ganzen Anzahl von Fasersystemen verschiedener Art: corticopetale und corticofugale Sehstrahlung, Stabkranz des Cuneus, Teile der temporalen Brückenbahn (des TÜRKCKEN Bündels), Teile der Commissura anterior, des Fasc. arcuatus und uncinatus, das occipito-temporale Assoziationsbündel und noch andere Fasern. Dies Beispiel mag zeigen, wie stark die Faserplatten der verschiedensten Systeme miteinander vermischt sind. Bei einer Schädigung des Marks wird kaum an einer einzigen Stelle nur ein einziges Fasersystem unterbrochen werden, sondern stets mehrere, es sei denn, die Schädigung sei außerordentlich klein an Umfang. Dann aber wird sie sich für den Kranken wie für den Arzt überhaupt nicht bemerkbar machen.

Zwischen beiden Hemisphären verlaufen Fasermassen, welche die Mittellinie überschreiten und Rindenteile beider Großhirnhälften verbinden. Entsprechend ihrer Entwicklung als dorsaler seitlicher Ausstülpungen des ursprünglichen Endabschnittes der Hirnanlage, des späteren Zwischenhirns, bleiben die Hemisphären durch das Zwischenhirn dauernd verbunden. Fasern, welche von einer Hemisphäre zur anderen gelangen sollen, müssen also durch die Wand des Zwischenhirns hindurchgehen. Wegen der dorsalen Lage der Hemisphärenausstülpungen wird die basale Wand des Zwischenhirns von den die Mittellinie kreuzenden Fasern nicht benützt, ebensowenig die dorsale Wand, welche zur Lamina epithelialis ventriculi III. umgebildet wird. Alle Fasern ziehen wie die kreuzenden Fasern des Zwischenhirns selber (z. B. Chiasma opticum) durch die vordere, rostrale Wand des Zwischenhirns, die Lamina terminalis. Diese läßt schon sehr frühzeitig in ihrer Entwicklung zwei verschieden dicke Abschnitte unterscheiden: einen sehr dünnen oberhalb

Com-
missuren-
systeme

des künftigen Chiasma opticum, Lamina terminalis im engeren Sinne, auch Lamina terminalis cinerea genannt, und einen dickeren dorsal anschließenden, welcher in das dünne Dach des 3. Ventrikels übergeht, Lamina terminalis alba oder Commissurenplatte (Abb. S. 9, 11). Diese Commissurenplatte liefert den alleinigen Weg für die die Mittellinie überschreitenden Commissurenfasern des Endhirns.

Schon die niedersten Wirbeltiere weisen solche Fasern auf, welche den Riechhirnen zugehören und zu einem geschlossenen Bündel vereinigt die Commissura anterior bilden, in der Hauptsache, wenn nicht ausschließlich Neuren, welche aus dem Riechlappen der einen Seite zum Priscopallium der anderen hinüberkreuzen. In erster Linie ist also die Commissura anterior eine Riechfaserkreuzung, eine Decussatio olfactoria. Ob sie überhaupt schon echte Commissurenfasern enthält, welche übereinstimmende Teile des Palliums miteinander verbinden, ist zweifelhaft. Auch bei den Säugetieren ist die sog. Commissura anterior zunächst Decussatio olfactoria. So auch ursprünglich beim Menschen, bei welchem als einer mikrosomatischen Form dieser Anteil freilich sehr schwach entwickelt ist.

Mit zunehmender Ausbildung des Pallium wird die Commissura anterior faserreicher, indem der Riechkreuzung Fasern hinzutreten, welche von einem Pallium zum anderen ziehen und echte Commissurenfasern darstellen. Danach unterscheidet man an der Commissura anterior der Säuger eine Pars olfactoria und eine Pars palliaris. Zu dieser phylogenetisch ältesten Endhirncommissur tritt ein neues Commissurensystem hinzu, das unabhängig von der Commissura anterior, welche den ventralen Abschnitt der Commissurenplatte benutzt (Abb. S. 11), durch den dorsalen Abschnitt hindurchzieht, daher Commissura pallii dorsalis genannt wird. Die ältesten dieser Fasern verbinden die Teile des Pallium, welche zur Hippocampusformation umgebildet sind und dem Riechhirn zugehören: Commissura hippocampi, auch Psalterium genannt. Ihnen gesellen sich Fasern aus allen Teilen des Hirnmantels zu, auch solche, welche bei niederen Formen durch die Commissura anterior ziehen. Dadurch entsteht eine mit zunehmender Entfaltung des Pallium gewaltig anwachsende Faser-masse, der Balken, Corpus callosum, wobei die Commissurenplatte eine entsprechende Umbildung erfahren muß (Abb. S. 11, Nr. 12).

Commissura
anterior
Abb. S. 179,
181, 77, 11

Die Commissura anterior des menschlichen Gehirns besteht aus zwei Anteilen: der Decussatio olfactoria, Pars anterior commissurae anterioris genannt, und dem palliaren Anteil, Pars posterior. Von der Mittellinie aus zieht sie sogleich ein klein wenig nach vorn, biegt in einem sich mehr und mehr abflachenden Bogen nach lateral und hinten um, wobei sie den basalen Teil des Linsenkerns durchsetzt, manchmal auch nur in eine tiefe Furche des Linsenkerns eingesenkt ist (Abb. S. 179, 181). Vor dem Eintritt in den Linsenkern zweigt sich die Pars anterior als zartes Bündel, oft ganz in Einzelfäden zersplittert, von dem basalen Umfang ab und begibt sich zur Substantia perforata anterior. Der verbleibende weitaus dickere Teil, die Pars posterior, behält zunächst die Form eines geschlossenen runden Bündels bei, das sich leicht aus seiner Umgebung herauslösen läßt. An der Außenfläche des Linsenkerns angelangt nimmt es plötzlich die Gestalt eines flachen horizontal stehenden Fächers an, wobei die schon im geschlossenen Bündel erkennbare leichte Schraubendrehung der Fasern sehr deutlich wird: die rostralen Fasern ziehen im Bogen über die obere Fläche nach rückwärts, die occipitalen in scharfer Krümmung an der Unterfläche nach vorwärts, ein Ausdruck der entwicklungsgeschichtlichen Verschiebung der zugehörigen Palliumteile.

Der weitere Verlauf der Fasern ist nur mit Mühe zu bestimmen. Die zarten Lamellen, zu welchen sie geordnet sind, werden von den mächtigeren Lamellen

anderer Systeme, besonders der Stabkranzfaserung des Thalamus durchkreuzt. Durch Abfaserung läßt sich als Endgebiet der basale und der Kantenteil der unteren Schläfenwindung, vorzugsweise der Gyrus fusiformis, vom Schläfenpol bis in den Hinterhauptslappen hinein feststellen. Das negative Bild dieser Ausbreitung ist durch Untersuchung der Degeneration bei Zerstörung des Gyrus fusiformis gefunden worden.

Im mikroskopischen Bilde ist die Pars anterior durch dünnere Markscheiden gegenüber der Pars posterior ausgezeichnet. — Ob die Commissura anterior

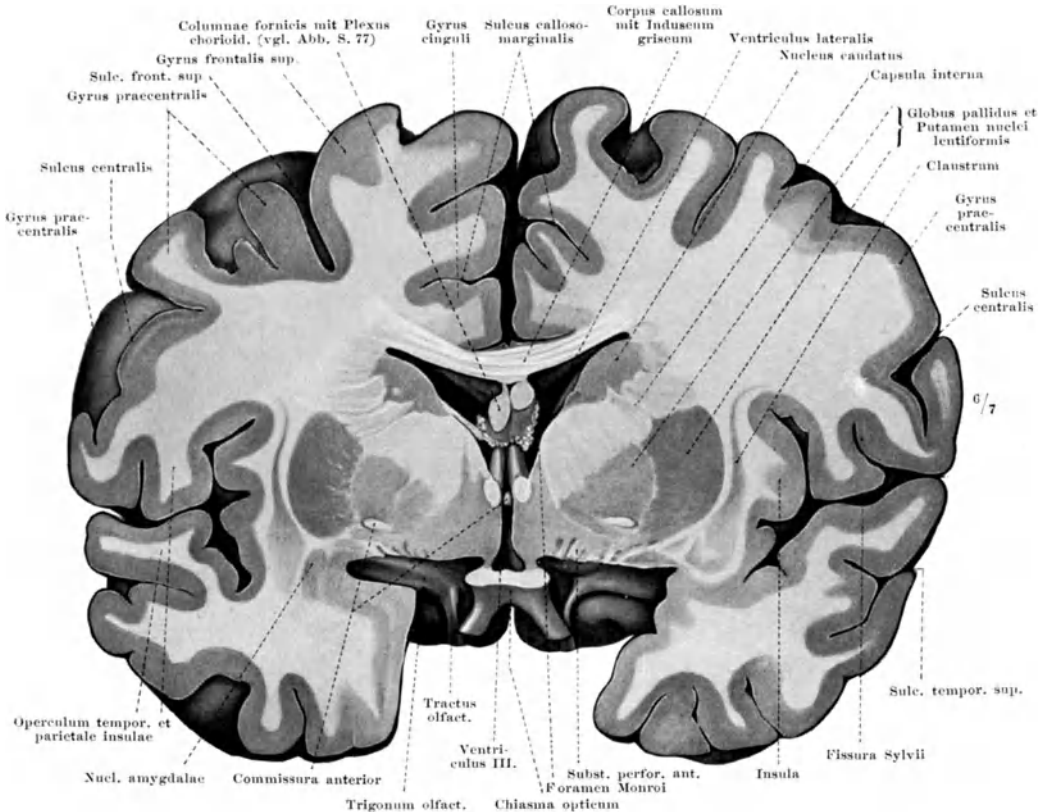


Abb. 113. Frontalschnitt durch das Gehirn in Höhe des Foramen interventriculare Monroi. Ansicht von hinten. Vom gleichen Gehirn wie Abb. S. 90, 92.

noch andere Fasern, etwa aus den Nuclei amygdalae oder den Corpora striata enthält, ist für den Menschen nicht erwiesen. — Die von älteren Autoren behaupteten Beziehungen der Pars posterior zur Inselrinde haben niemals wirklich dargestellt werden können.

Entsprechend ihrem Durchzug durch den ventralen Abschnitt der Commissurenplatte zieht die Commissura anterior in einer basal vom Foramen interventriculare Monroi, der Balken hingegen in einer dorsal davon gelegenen Ebene, gemäß seinem Durchtritt durch den dorsalen Teil der Commissurenplatte. Auf dem Sagittalschnitt betrachtet (Abb. S. 77) lagert sich der Balken, das Corpus callosum, wie ein Dach über den Hirnstamm. Er stellt eine dicke Platte, nicht einen „Balken“ dar, welche sich frontal scharf umbiegt und sich verdünnt, Balkenknie und Balkenschnabel, Genu und Rostrum

Corpus callosum
Abb. S. 77,
90, 92, 119,
147, 169,
179—181,
191—193. 11

corporis callosi, hingegen occipital mit einer leicht gebogenen Verdickung endet, Balkenwulst, Splenium. Der Teil zwischen Knie und Wulst wird Balkenkörper genannt. Die Biegung der Faserplatte, ihre Länge und die Dicke in ihren verschiedenen Anteilen wechseln sehr. Am auffallendsten ist eine stets angedeutete, oft sehr tiefe Delle der oberen Fläche in der Gegend, wo die Verlängerung der Pars marginalis des Sulcus cinguli den Balken treffen würde (Abb. S. 77). Hier kann die Dicke des Balkens auf 1–2 mm (an in situ gehärteten Gehirnen) reduziert sein.

Die Betrachtung der Frontalschnitte (Abb. S. 179, 180, 90, 92) lehrt, daß die Faserplatte des Corpus callosum eine leichte dorsal konkave Aufbiegung

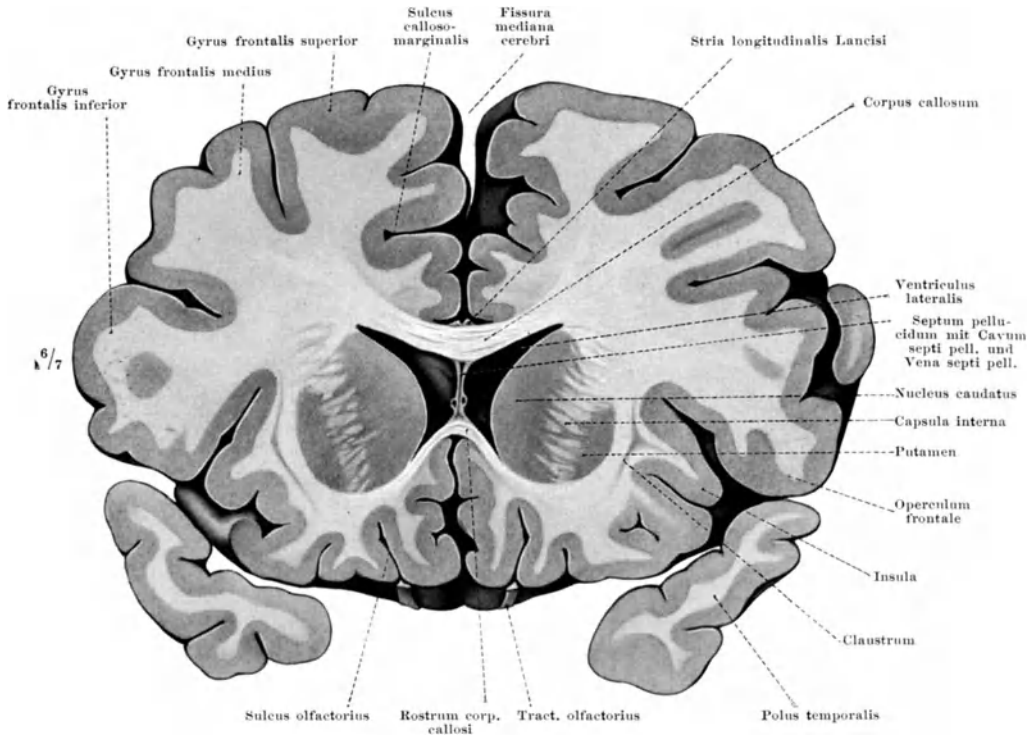


Abb. 114. Frontalschnitt durch das Stirnhirn. Ansicht von hinten. Vgl. Abb. S. 90, 92, 179.

zeigt (wie eine Fahrradfelge), deren tiefster Punkt in der Medianebene, der höchste über dem Seitenrande des Ventriculus lateralis gelegen ist. Diese konkave Biegung setzt sich auch auf Genu und Rostrum, ebenso auf das Splenium fort, es ist also die Platte in ganzer Ausdehnung seitlich aufgebogen. Diese aufgebogenen Seitenteile bilden im Bereich des Balkenkörpers und des Splenium das Dach des Seitenventrikels, im Bereich des Genu dessen Vorderwand, in dem des Rostrum die Medialwand. Da der Balken vom Frontalpol, und noch mehr vom Occipitalpol ein beträchtliches Stück entfernt bleibt (Abb. S. 77), so müssen seine Fasern, welche rechten und linken Stirn- bzw. Hinterhauptspol miteinander verbinden, in einem U-förmigen Bogen von Pol durch Genu bzw. Splenium zu Pol ziehen. Diese beiden Bögen werden als vordere und hintere Balkenzwinde, Forceps minor et maior, bezeichnet. Lateral vom Seitenventrikel verliert der Balken infolge des Auseinanderweichens seiner Fasern den Charakter einer geschlossenen Platte und ist in der Markmasse der

Hemisphäre nicht ohne weiteres verfolgbare. Die für basale Abschnitte des Occipital- und Temporallappens bestimmten Fasern bilden eine dünne, dem Unterhorn des Seitenventrikels außen aufgelagerte Membran, das Tapetum (Abb. S. 181).

Die Commissurenplatte enthält außer den von einer Seite zur anderen quer durchziehenden Fasern der Commissura anterior und des Corpus callosum auch längsverlaufende Fasern, welche neben der Mittellinie an ihrer occipitalen bzw.

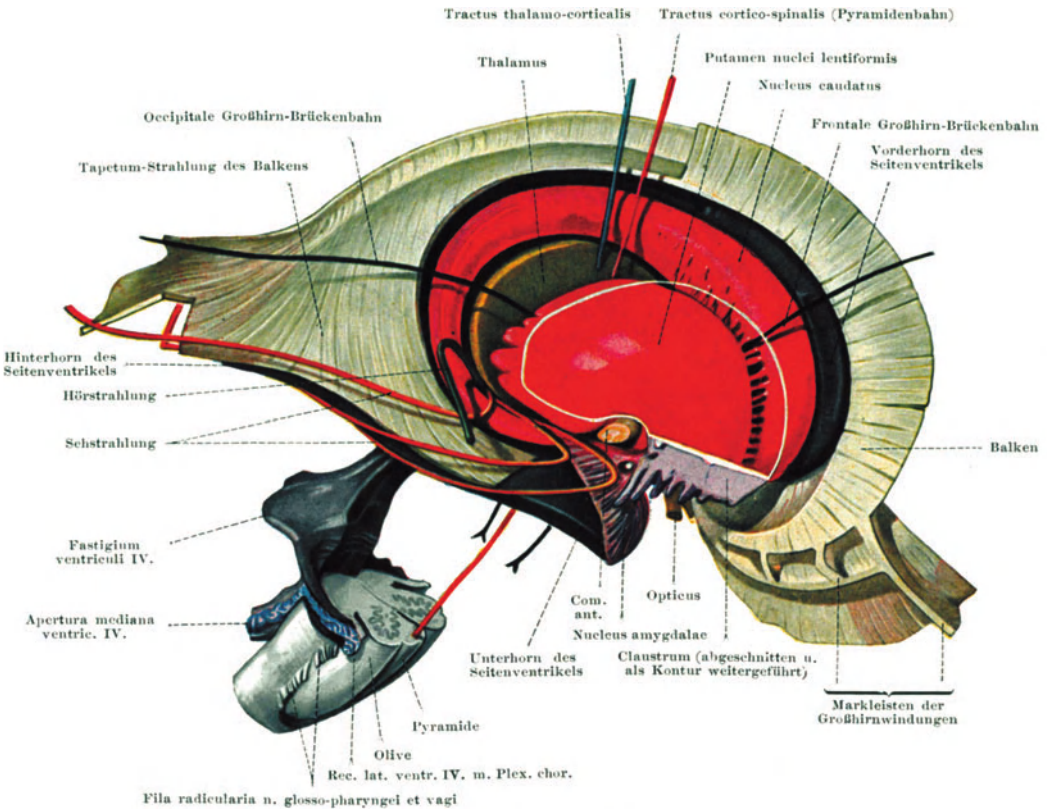


Abb. 115. Balkenstrahlung, Basalganglion, Thalamus und Seitenventrikel in ihrer gegenseitigen Lage. Modell von A. VIERLING-Heidelberg (vgl. Abb. S. 158 u. 192). Frontale Brückenbahn, Pyramidenbahn, temporale Brückenbahn und Sehstrahlung als Typen für die Fasern im prä-, supra-, retro- und sublentikulären Teil der Capsula interna (vgl. Abb. S. 170). — Umzeichnung der von BRAUS bereits approbierten ursprünglichen Abbildung, die in einigen Punkten, besonders Hör- und Sehstrahlung, durch neuere Untersuchungen überholt war.

unteren Oberfläche gelegen sind und die Commissurenplatte benützen, um von der Innenfläche des Temporallappens zum Zwischenhirn zu gelangen: den Tractus hippocampo-mamillaris oder Fornix (S. 195). Auch der Fornix longus (S. 197) verläuft eine Strecke weit in der Commissurenplatte. Zwischen Fornix einerseits, Commissura anterior und Balken andererseits bleibt die Commissurenplatte faserfrei und ist im fertigen Gehirn zu einer dünnen Platte ausgezogen: Septum pellucidum, die sich zwischen den Fasermassen ausspannt.

Das Septum pellucidum, der nervenfaserfrei gebliebene Teil der Commissurenplatte, ist im Beginn seiner Entwicklung durchaus keine Scheidewand, kein Septum, vielmehr ein Teil jener verdickten Partie der frontalen Zwischenhirnwand, welche wegen des Durchtritts der Commissurenfasern

Septum pellucidum
Abb. S. 77,
119, 147,
180

(Commissura anterior und Balken) als Commissurenplatte bezeichnet wird. Anfangs liegt die ganze Commissurenplatte basal vom Foramen interventriculare Monroi (Abb. S. 11). Später überschreitet ihr dorsaler Teil infolge ihres Wachstums besonders an Höhe die Horizontalebene des Foramen Monroi (Abb. S. 11, Nr. 11 u. 12). Durch den ventralen Teil, der seine Lage unterhalb des Foramen Monroi beibehält, ziehen die Fasern der Commissura anterior, wogegen die Balkenfasern den dorsalsten Bezirk benutzen, so daß sie von Anfang an in der Höhe des Foramen Monroi, weiterhin oberhalb von ihm gelagert sind. Der Teil zwischen Commissura anterior und Balken bleibt faserfrei. Dadurch, daß zunehmend mehr Balkenfasern den dorsalen Randteil der Commissurenplatte durchsetzen, wird der Balken und damit der Rand der Commissurenplatte zunächst in der frontalen, dann aber besonders in der fronto-occipitalen Richtung ausgedehnt, während der basale Teil mit der Commissura anterior nur wenig an Breite gewinnt (Abb. S. 11). So wird der faserfreie Teil zwischen dem schmalen basalen und dem breiten dorsalen Teil mehr und mehr von frontal nach occipital über das Foramen Monroi hinweg gespannt, so daß im fertig ausgebildeten Gehirn die ausgespannte dünne Membran im Sagittalschnitt ungefähr ein stumpfwinkliges Dreieck darstellt, dessen Spitze basalwärts gerichtet ist, dessen Basis dem Balken anhaftet, und dessen beide Ecken gegen Rostrum und Splenium des Balkens gerichtet sind (Abb. S. 11, 77).

Die Commissurenplatte enthält, wie S. 181 erörtert wurde, außer den quer verbindenden auch Längsfasern: der Tractus hippocampo-mamillaris oder Fornix benutzt den occipitalen Rand der Commissurenplatte als Weg vom Hippocampus zum Zwischenhirn. Die Formänderungen des Fornix im Zusammenhang mit der Ausbildung des Schläfenlappens (S. 146) müssen also ebenfalls auf die Commissurenplatte zurückwirken. Die Hippocampi, die Ursprungsstätten der Fornices, liegen als Teile der medialen Hemisphärenwände ursprünglich dicht neben der Medianebene, die Fornices laufen im Rande der Commissurenplatte nahe der Medianebene parallel nebeneinander. In dem Maße wie die Hippocampi bei dem Wachstum der Hemisphären (gelb in Abb. S. 9, 11) erst occipitalwärts, dann über die Seitenwand des Zwischenhirns hinweg basalwärts und gleichzeitig lateralwärts (Abb. S. 90) verlagert werden, folgen die Hippocampusenden der Fornices dieser Abweichung von der Sagittalebene, wodurch der sie beherbergende Rand der Commissurenplatte entsprechend in der Querrichtung verbreitert wird. Schließlich erscheint — bei der Betrachtung des Balkens von seiner Unterfläche her — die Commissurenplatte in diesem Bereich als eine dünne dreieckige Membran zwischen den Fornixschenkeln und dem Splenium corporis callosi: Lyra Davidis.

Die Commissurenplatte wird also durch das frontooccipitale Wachstum des Balkens in der sagittalen Richtung ausgedehnt, in ihrem hinteren Abschnitt durch die Seitwärtsverlagerung der Hippocampi und Fornices außerdem in der queren Richtung. Anfangs basal vom Foramen interventriculare Monroi als Verdickung der frontalen Zwischenhirnwand gelegen, erscheint sie bei ihrer dorsal- und occipitalwärts gerichteten Ausdehnung zwischen die beiden gleichzeitig nach vorn wachsenden Seitenventrikel hineingeschoben, wie ein dicker Sporn. Indem sie gegenüber der gewaltigen Dickenzunahme der medialen Hemisphärenwand, an welcher sie als Zwischenhirnteil unbeteiligt ist, an Dickenwachstum zurückbleibt, bekommt der Sporn zwischen beiden Seitenventrikeln allmählich das Aussehen einer dünnen, durchscheinenden Scheidewand, daher „Septum pellucidum“ (Abb. S. 77, 119, 180).

Im Innern dieses Sporns, also im nervenfaserfreien Teil der Commissurenplatte, bildet sich bald nach Auftreten der ersten Balkenfasern durch Auseinanderweichen der Zellen ein flüssigkeitserfülltes System unregelmäßiger

Hohlräume (Abb. S. 11, Nr. 11), die weiterhin zu einem gemeinsamen Hohlraum zusammenfließen: *Cavum septi pellucidi* (Abb. S. 11, Nr. 12, S. 147, 77, 119, 180), Er dehnt sich in dem ganzen faserfreien Teil der Commissurenplatte aus, beginnend etwas oberhalb der *Commissura anterior* und reichend bis zum *Splenium corporis callosi*. Von dem Gewebe der Commissurenplatte bleiben schließlich nur die beiden dünnen Wände übrig, welche das *Cavum septi pellucidi* von den Seitenventrikeln trennen.

Das *Cavum septi pellucidi* bleibt in der ganzen Ausdehnung, die es in fetaler Zeit gewinnt (Abb. S. 147), nicht erhalten. Schon gegen Ende der Fetalperiode verödet es in seinem rückwärtigen Abschnitt, und seine dünne Wand verschmilzt mit der Unterfläche des Balkens, indem sich seine Unter- und Seitenwand an den Balken anlegen. Auch zwischen den *Fornices* pflegt der Hohlraum zu verschwinden, so daß die *Fornices* nicht mehr durch ein *Cavum septi pellucidi* getrennt, sondern durch eine solide Gewebsmasse verbunden sind. Auf dem Sagittalschnitt durch das Gehirn des Erwachsenen nimmt das *Cavum septi pellucidi* wegen seiner partiellen Obliteration nicht mehr den ganzen Raum des Septum ein: vom *Rostrum corporis callosi* schräg nach rückwärts pflegt die Wand am dünnsten zu sein (*Lamina rostralis*), die basale Wand ist mehrere Millimeter, ja einen Zentimeter dick, so daß es den Anschein hat, als wäre einer der *Fornices* durch den Schnitt getroffen (Abb. S. 77). Der Grad der Verödung des *Cavum* ist individuell sehr verschieden. Sie kann bis zum völligen Verschwinden führen, kann aber auch ausbleiben. Im letzteren Falle reicht das *Cavum* auch beim Erwachsenen bis an das *Splenium corporis callosi*. Tritt die Verödung nur an der engsten Stelle des *Cavum* ein, dort wo die *Fornices* der Mittellinie am nächsten verlaufen, so wird das *Cavum* in zwei getrennte Räume unterteilt: einen frontalen, sagittal gestellten, das *Cavum septi pellucidi* im engeren Sinne, und einen occipitalen, horizontal gestellten, im Bereiche der *Lyra Davidis* belegenen Raum, welcher als *Ventriculus Vergae* benannt worden ist. — Manchmal findet sich ein angeborener Defekt im *Septum pellucidum*, eine Öffnung, durch welche dann die Vorderhörner der beiden Seitenventrikel in unmittelbarer Verbindung stehen.

Die Commissurenplatte ist ein verdickter Teil der frontalen Zwischenhirnwand, schließt nach vorn unten an die *Lamina terminalis cinerea* an und nach rückwärts an die dünne Decke der 3. Hirnkammer. Welche Formänderungen sie auch erfährt, sie bleibt ein Abschnitt der Begrenzung des 3. Ventrikels im Zusammenhang mit *Lamina terminalis* und übriger Wand. Der Übergang in die *Lamina terminalis* ist auch am Gehirn des Erwachsenen ohne weiteres ersichtlich; der Übergang in die dünne Decke des 3. Ventrikels wird leicht übersehen, weil er nicht unter allmählicher Verjüngung, sondern ganz plötzlich erfolgt. Die Stelle dieses Übergangs, ursprünglich frontal vom *Foramen Monroi* gelegen (Abb. S. 11), wird mit wachsendem Balken und wachsender Umbildung der Commissurenplatte zum *Septum pellucidum dorsal* und etwas occipital vom *Foramen Monroi* verlagert (Abb. S. 147). Dicht hinter dem *Foramen Monroi* setzt die dünne Decke des Zwischenhirnes an dem unteren, die *Fornices* enthaltenden Rande des *Septum pellucidum* an (Abb. S. 77, 179).

Bleibt in der Entwicklung die Bildung des Balkens aus (angeborener Balkenmangel, Abb. S. 184), so wird auch kein *Septum pellucidum* gebildet, die Commissurenplatte wird nur von den Fasern der *Commissura anterior* durchzogen und behält ihre frühembryonale Form und Lagebeziehung bei (vgl. Abb. S. 11 mit Abb. S. 184). Das gleiche gilt für die dünne Decke der 3. Hirnkammer, die *Tela chorioidea ventriculi III*. Ob ein *Recessus suprapinealis* gebildet wird, der in der normalen Entwicklung dadurch zu entstehen scheint, daß die nach dorsal gewölbte Decke des Zwischenhirns durch das occipitalwärts vorwachsende

Ende des Balkens weggedrängt wird (Abb. S. 11), ist noch nicht erwiesen, die Richtigkeit seiner Ergänzung in Abb. S. 184 ist also zweifelhaft. — Wird nur der vordere Abschnitt statt des ganzen Balkens gebildet (partieller Balkenmangel, Hypoplasie des Balkens), so entsteht ein Septum pellucidum nicht immer so weit wie der Balken.

Die Commissurenfasern, welche in ihrer Gesamtheit den Balken darstellen, sind zum größten Teile doppelläufige Verbindungen zwischen übereinstimmenden Rindenstellen der beiden Großhirnhemisphären, sie verbinden also hinüber und herüber die Rindengebiete der einen Seite mit denen der anderen. Sicherlich enthält der Balken aber auch Fasern, welche verschiedenartige Gebiete miteinander in Beziehung setzen. Doch ist im einzelnen darüber nichts Näheres bekannt. Die Anordnung der Fasern im Balken ist jedenfalls sehr verwickelt.

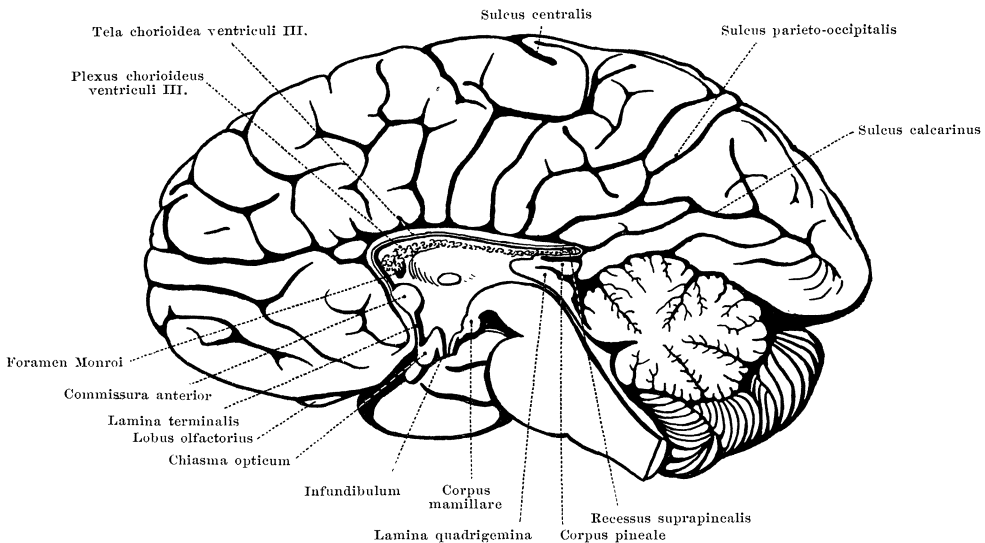


Abb. 116. Balkenloses Gehirn, Sagittalschnitt.
(Nach MARCHAND: Abh. K. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl. 31, Taf. 3, Abb. 2 [1909].)
(Recessus suprapinealis von mir [richtig?] ergänzt. E.)

Sie ist keineswegs derartig, daß die Fasern einfach von basal nach dorsal übereinander geschichtet wären wie die Rindengebiete, die sie verbinden. Es findet vielmehr eine starke Durchflechtung der Fasern statt, besonders im Truncus, dem mittleren Abschnitt zwischen Genu und Splenium. Bislang ist es nicht möglich gewesen, in der Schnittfläche des Balkens auf dem medianen Schnitt (Abb. S. 77), die Faserareale zu bestimmen, welche zu den verschiedenen Stellen der Hemisphäre gehören. Im allgemeinen ist in der Richtung von frontal nach occipital die Reihenfolge der großen Hemisphärenabschnitte gewahrt: im Rostrum und Genu liegen die Verbindungsfasern der Stirnlappen, es folgen, etwa in der Mitte, die der Centralwindungen, dann die der Parietal- und Temporalgegend. Das letzte Ende des Balkens besetzen die Fasern aus Occipitalpol, Gegend des Sulcus calcarinus, Sulcus occipito-temporalis (collateralis) und aus dem Hippocampus, letztere an der Unterfläche des Splenium gelegen (Commissura hippocampi).

Außer den echten Commissurenfasern sind im Balken fremde Fasern enthalten, die ihn von basal nach dorsal durchsetzen. Am mächtigsten sind diese *Fibrae perforantes* im Bereiche des Spleniums. Alle *Fibrae perforantes* sind Anteile der Riechbahnen, vorwiegend des Fornix longus (S. 197).

Ob die durch die Commissura anterior verbundenen Hemisphärenteile der Verbindung durch Balkenfasern ermangeln, ist nicht erwiesen.

Welche Stellung der Balken im Getriebe des Großhirns einnimmt, ist schwer zu beurteilen. Er ermöglicht die gleichzeitige Betätigung der beidseitigen Großhirnhälften und die im Laufe des Jugendalters mehr und mehr sich ausbildende Suprematie der linken Großhirnhemisphäre, ihr funktionelles Übergewicht über die rechte (vgl. S. 189). Zerstörung des Balkens und damit der Verbindung von der linken zur rechten Hemisphäre beeinträchtigt deshalb die Funktion der rechten Hemisphäre, führt zur Apraxie des gekreuzten, also linken Armes und zu Störungen der Stereognose in der linken Hand, außerdem z. B. zu Störungen in den Leistungen der Mund- und Zungenmuskeln, soweit sie nicht das Sprechen betreffen.

Bei angeborenem Balkenmangel sind aber die Abweichungen von der normalen Funktion so gering, daß diese Hemmungsbildung noch niemals während des Lebens ihres Trägers diagnostiziert worden ist.

e) Die Großhirnrinde als Integrationsort.

In seiner Gesamtheit stellt die Rinde des Novopallium den Integrationsort höchster Ordnung dar. Das zeigt schon der anatomische Bau: einerseits führen aus der gesamten Peripherie alle Sinnesleitungen zu ihm hin, ableitende Bahnen bilden mit ihnen Leitungsbögen zur Peripherie zurück, andererseits ist er mit vielen anderen Teilen des Centralnervensystems besonders verbunden, vor allem auch mit den Integrationsorten in Mittel- und Kleinhirn. Ein gewaltiger Apparat von Schaltneuren in Gestalt der intra- und subcorticalen Assoziationssysteme und des Commissurensystemes setzen die verschiedenen Teile der Rinde untereinander und mit denen der Gegenseite in Verbindung, so daß ein ungeheuer mannigfaltiges Getriebe entsteht, in dem ein Teil den anderen dauernd in Erregung hält und aus Wirkung und Gegenwirkung, die von der Körperperipherie ausgeht und sich wieder auf sie überträgt, die mit Worten nicht faßbare Einheit der lebendigen Gesamterscheinung Mensch erzeugt. Jede erheblichere Störung dieses Getriebes muß zu einer Veränderung dieser Gesamterscheinung führen, liege die Schädigung in der Peripherie oder wo immer im Centralnervensystem. Der Verlust eines Armes oder Beines wie der Verlust der Sehrinde beeinflußt die Gesamtpersönlichkeit. Er trifft nur verschiedene Seiten der lebendigen Einheit und äußert sich deshalb verschieden.

Aus dem Getriebe des Palliums führt eine einzige Bahn unmittelbar zu den motorischen Wurzelzellen, die Pyramidenbahn. Alle efferenten Impulse des Integrationsortes Pallium werden über diese Bahn geleitet. Stets aber treten mit ihr zugleich andere efferente Systeme in Tätigkeit: die Brückenbahnen über das Kleinhirn (S. 138), die Radiatio cortico-thalamica über Thalamus und Basalganglien (S. 111). Jede vom Pallium aus auf der Pyramidenbahn veranlaßte Bewegung erfolgt im richtigen Zusammenspiel der Muskeln, Synergisten und Antagonisten werden nach Zahl und Maß abgestuft den durch die Pyramidenbahn erregten Agonisten hinzugefügt und zugleich alle jene Bewegungen des Gesamtkörpers veranlaßt, die das Körpergleichgewicht aufrecht erhalten (Kleinhirn), und es werden die unwillkürlichen Mitbewegungen ausgelöst, welche jeder Bewegung den Charakter der individuellen Gebärde verleihen (Basalganglion).

Jeder Impuls, welcher der Rinde zugeführt wird, wird nur durch Zwischenschaltung von Schaltneuren auf die efferenten Bahnen übergeleitet. Je komplexer die getätigte Bewegung, desto mehr Schaltneuren sind eingefügt. Je spezifisch menschlicher die Bewegung, desto höher deren Zahl, wie bei der

Sprache. Bei der großen Flächenausdehnung der Rinde ist es möglich gewesen, eine beträchtliche Anzahl der Umschaltungsstellen kennenzulernen. Die Physiologie spricht von ihnen als „Centren“ der Großhirnrinde und bezeichnet damit Gebiete der Rinde, welche für den richtigen Ablauf einer bestimmten Funktion unentbehrlich und durch keine anderen Teile ersetzbar sind. Der Ausfall des „Sehcentrums“, der Sehsphäre in der Umgebung des Sulcus calcarinus, hebt unweigerlich die Fähigkeit zu optischen Wahrnehmungen auf. Die Zerstörung der motorischen Sphäre im Sulcus praecentralis führt zum unersetzbaren Verlust der Absichtsbewegungen. Mit den Arealen der „Hirnkarten“ stimmen diese Gebiete gar nicht oder nur sehr unvollkommen überein, am besten noch die Rindencentren der Tast-, Seh- und Hörbahn mit den entsprechenden Sinnessphären, die ja auch auf den verschiedenen Hirnkarten einige Übereinstimmung zeigen. Die verschiedenen Centren für eine Funktion sind hintereinandergeschaltet. Je nachdem, welches in der Reihe etwa ausfällt, sind die Ausfallserscheinungen sehr verschieden.

Tastcentren

Das 1. Rindencentrum der Tastleitung ist die Tastsphäre im Gyrus centralis posterior, die Rindenendigung ist Voraussetzung für alle Tastempfindungen überhaupt. Aber es vermittelt nur die Empfindung, daß ein „Etwas“ den Finger berührt. Daß es der Finger ist, den das Etwas berührt, wird nicht mit Hilfe dieses ersten Centrums erkannt, sondern mit einem zweiten, das benachbart im Gyrus praecentralis liegt. Intracorticale Assoziationsfasern übertragen den Reiz zum „Centrum für räumliche Beziehungen“. Dieses Rindengebiet ist außer für die Absichtsbewegungen überhaupt und im besonderen hier für die Tastbewegungen — für die Lokalisation der berührten Stelle des Körpers unentbehrlich. Ob das berührende Etwas spitz oder stumpf, sanft oder stark berührt, wird mit Hilfe der Rinde des Scheitellappens entschieden. Die Beurteilung, welcher Art das berührende Etwas ist („epikritische“ Sensibilität), ist an ein anderes Centrum gebunden, an das Centrum der Stereognose in der hinteren Centralwindung. Hier sind, bildlich gesprochen, die Tasterfahrungen, die im Laufe des Lebens gesammelt wurden, niedergelegt und ermöglichen, das „Etwas“, das das 1. Rindencentrum nur überhaupt empfindet, nach Form, Gewicht und Oberflächenbeschaffenheit etwa als Schlüssel zu erkennen (um das Beispiel genauer durchzuführen, das für die Leistung des Großhirnleitungsbogens im Getriebe des Rückenmarks herangezogen wurde, vgl. S. 57). Mit Hilfe dieses stereognostischen Centrums wird auf Grund der Tastempfindungen des 1. Centrums der Schlüssel als Schlüssel erkannt, agnosziert, und von anderen in der Tasche befindlichen Gegenständen unterschieden. Voraussetzung für dieses Erkennen ist das Vorhandensein der entsprechenden Tasterfahrung. Tastempfindungen, welche von Gegenständen ausgehen, die vorher nie bewußt getastet worden waren, werden so wenig verstanden wie eine nie gehörte Sprache. Das Tasturteil „Schlüssel“ ruft unwillkürlich die optische Vorstellung des Schlüssels und die akustische des rasselnden Schlüsselbundes hervor: von den Tastcentren werden Impulse zu den optischen und akustischen Centren im Occipital- bzw. Temporallappen geleitet auf Assoziationsbahnen, wahrscheinlich subcorticalen. Die optischen, akustischen und Tastbilder rufen eine ganze Reihe von Vorstellungen wach über den Zweck des Schlüssels, über verschiedene Arten und Größen von Schlüsseln, über das, was geschehen kann, wenn jetzt etwa der richtige Schlüssel nicht gefunden wird. Diese reiche Kette von Vorstellungen, Erinnerungen, Begriffen, Absichten, zu denen auch eben jetzt die Suche nach dem ganz bestimmten Schlüssel, dem Hausschlüssel, gehört, läuft nicht in den Sinnescentren ab, sondern in der ganzen Hirnrinde, auch im Stirnhirn, zu welchen die Erregungen auf den intra- und subcorticalen Assoziationssystemen gelangen. Von hier werden die Antriebe

zur bewußten, beabsichtigten Bewegung zum Gyrus parencialis und zu den Ursprungsgebieten der frontalen Brückenbahn und der frontalen cortico-thalamischen Bahn geführt. Mit dem beidseitigen Verlust des „Begriffscentrums“ im Stirnhirn (vgl. S. 189) hört die Fähigkeit zur gedanklichen Ordnung der Tastwahrnehmungen zu Begriffen, die Umsetzung in zielbewußte Handlung auf.

Diese kurze, sehr unvollständige Analyse des im Pallium gegebenen Getriebes für die Tastwahrnehmungen und daran anschließende Handlungen ergibt also im groben folgende Reihe von hintereinander geschalteten Rindengebieten, deren jedes für einen Teil des ganzen Vorganges unentbehrlich ist: 1. Centrum, Tastsphäre im vorderen Gebiet des Gyrus centralis posterior: Tastempfindung überhaupt; Verbindung zur motorischen Rinde im Gyrus centralis anterior: Bewegungen zur Vermehrung der Tastempfindungen von dem getasteten Etwas; 2. Centrum, Centrum der Stereognose, hauptsächlich im Gyrus centralis posterior: Tastwahrnehmung, Erkennen des Etwas als Schlüssel; zugleich: 2a) Centrum für räumliche Beziehungen, vordere Centralwindung: das Etwas berührt den Zeigefinger, nicht Nase oder Zehe oder Daumen; 2b) Centrum für die Intensität sensibler Reize, Scheitellappen einschließlich Operculum parietale der Insel: das Etwas berührt nur leise, nicht stark; 3. Centrum für Begriff und bewußte Handlung, Stirnhirn: Einordnung der Tastwahrnehmung „Schlüssel“ in den auf optischen, akustischen und Tasterfahrungen gegründeten allgemeinen Begriff Schlüssel, Erhebung der Wahrnehmung zum Bewußtseinsinhalt und Umsetzung dieses Bewußtseinsinhaltes in ziel-,bewußte“ Handlung. — Die unter 1. und 2. genannten Centren bilden die „Körperfühlsphäre“.

Diese Kette hintereinandergefügtter „Centren“, von denen das folgende jeweils eine höhere Funktion vollzieht als das voranstehende, wobei jedes für seine besondere Funktion unentbehrlich und durch kein anderes ersetzbar ist, wobei jedes Glied der Kette die richtige Tätigkeit der vorangehenden zur Voraussetzung hat, diese Kette ist für jede der drei großen Sinnesleitungen gegeben, für die optische und akustische wie für die Tastleitung. In ähnlicher, wenngleich weniger vollkommener Art muß sie auch für Temperatur-, Schmerz- und Geschmackswahrnehmungen vorhanden sein, nur ist nicht genauer bekannt, welche Gebiete der Rinde diesen „Centren“ entsprechen. Ingegen hat für die optischen und akustischen Centren diese Lokalisation genau durchgeführt werden können.

Das 1. optische Rindencentrum ist identisch mit der Sehsphäre, der Area striata am Sulcus calcarinus. Das 2. Centrum, das der optischen Erinnerungsbilder, liegt an der Konvexität des Hinterhauptslappens und ist durch Tangentialfasern der Rinde mit dem ersten verbunden.

Seh- und
Hör-
centren

Das 1. akustische Centrum liegt in der HESCHLSchen Windung des Temporal-lappens, das 2., das der Klangerinnerungsbilder, in dem Gyrus temporalis superior an der Konvexität. Das 3. Centrum ist das Begriffscentrum im Stirnhirn wie auch für optische und Tastwahrnehmungen.

Eine weit größere Zahl von Centren weist die phylogenetisch jüngste und ganz spezifisch menschliche Funktion auf, die Sprache. Sie zeigt zugleich, wie die Hirnrinde trotz der Gliederung in Einzelcentren immer als harmonische Einheit tätig ist.

Sprach-
centren

Das Kind, das bisher nur Laute von sich zu geben vermochte, lernt zunächst einzelne vorgesprochene Silben nachzuahmen, dann zwei gleiche Silben hintereinander (ma-ma), dann andere Silben mit anderen Konsonanten und Vokalen. Allmählich lernt es nachzu-,sprechen“, d. h. es lernt diejenigen besonderen Bewegungsimpulse an die motorischen Zellen der Atem-, Lippen-, Kau-, Zungen-, Gaumen- usw. Muskeln zu geben, die alle diese Muskeln unabhängig von ihren sonstigen Leistungen bei der Nahrungsaufnahme usw. zu der besonderen

gemeinsamen Tätigkeit des Sprechens koordinieren. Dies geschieht mit Hilfe des „motorischen Sprachcentrums“ (BROCA) in der Pars triangularis der unteren Stirnwindung. Vom 1. akustischen Rindencentrum geht der Gehörseindruck der Silben zum BROCASchen Centrum, von dort der Bewegungsimpuls zu dem Ursprungsgebiet der Pyramidenbahn im unteren Abschnitt des Gyrus praecentralis, von dort zu den beiderseitigen motorischen Wurzelzellen der Sprechmuskeln. — Alsbald lernt das Kind von sich aus zu sprechen, was es bisher nur nachsprach. Die Silben- und Wortklänge sind als Erinnerungsbilder in der Hirnrinde sozusagen niedergelegt worden. Und zwar im „sensorischen Sprachcentrum“ (WERNICKE) im rückwärtigen Abschnitt des Gyrus temporalis superior. Auch von hier aus geht wie vom 1. akustischen Rindencentrum die Verbindung zum BROCASchen Centrum, in welchem die erlernten Bewegungskombinationen allmählich zu „gefühlsmäßigen“ Impulsen geworden sind, d. h. die bei den Sprechbewegungen auftretenden Haut- und Muskelspannungsgefühle sind als Erinnerungsbilder aufbewahrt (Centrum der kinästhetischen Erinnerungsbilder für die Sprechbewegungen). — Weiter lernt das Kind die akustischen Eindrücke gesprochener Worte und die optischen Eindrücke der betreffenden Person oder des Gegenstandes zu kombinieren und Person oder Gegenstand mit dem zugehörigen Wort zu benennen: die optischen Centren (und ebenso die der Tastwahrnehmungen) werden in das Getriebe des Sprechens durch Assoziationsbahnen einbezogen. Allmählich wird das Sprechen, das bisher „rein mechanisch“ war, zur Sprache: mehrere Worte werden zu einem Satz zusammengefügt, und mit Worten und Sätzen wird ein „Sinn“ verbunden. Das „Begriffscentrum“ im Stirnhirn ist in die Kette der Sprachcentren eingetreten. — Später lernt das Kind lesen: es lernt gewisse symbolische Formen, die Buchstaben, dann Buchstabenfolgen, Silben und Worte, mit den Worterinnerungsbildern zu identifizieren und die optischen Wahrnehmungen von Symbolen und nicht nur von Gegenständen in Sprechbewegungen umzusetzen. Zwischen optische Centren und WERNICKESches Centrum der Worterinnerungsbilder wird das „optische Sprachcentrum“ oder „Lesecentrum“ im Gyrus angularis eingefügt. — Gleichzeitig lernt das Kind schreiben: die gelesenen und gesprochenen Buchstaben, Silben, Worte durch Bewegungen in ihren symbolischen Gestalten wiederzugeben. Vom Lesecentrum und vom WERNICKESchen Centrum führt die Verbindung zu dem Centrum der Bewegungsbilder für Hand-, Kopf- und Augenbewegungen, zum kinästhetischen Centrum im Gyrus praecentralis. Auch Lesen und Schreiben geschieht anfangs „mechanisch“, erst später wird „mit Verständnis“ gelesen und geschrieben: das Begriffscentrum im Stirnhirn hat weitere Bedeutung gewonnen. — Mit zunehmendem Alter lernt das Kind die Sprache mehr und mehr „beherrschen“, die Schätze an akustischen, optischen, kinästhetischen Erinnerungsbildern, die Begriffe und Vorstellungen werden reicher, immer mehr Sinnescentren und mehr Bewegungscentren werden einbezogen, die Sprache wird inhaltreicher, lebendiger, persönlicher.

In der Kette der Centren hat jedes seine besondere, nicht vertretbare Funktion. Zerstörung des Stirnhirns macht die sinnvolle Sprache unmöglich, die des Gyrus angularis hebt das Schriftverständnis auf, läßt die Buchstabensymbole völlig fremd erscheinen wie unentzifferbare Hieroglyphen. Verlust des WERNICKESchen Centrums bringt den des Sprachverständnisses mit sich, die Muttersprache klingt wie eine fremde nie gehörte, kann aber mechanisch nachgesprochen werden. Erst die Zerstörung des BROCASchen Centrums hebt die Fähigkeit zu sprechen auf.

Die Verbindung der Centren untereinander geschieht durch intracorticale Assoziationszüge. Nur die Verbindung vom WERNICKESchen zum BROCASchen

Centrum und von diesem zum Gyrus praecentralis geht subcortical durch das Mark.

An dem Gesamtgetriebe der Sprachfunktionen sind die beiden Großhirnhemisphären beteiligt. Jedoch überwiegt die Tätigkeit der linken Großhirnhälfte (beim Linkshänder die rechte) so stark, daß bei der linksseitigen Zerstörung auch nur eines der Sprachcentren die diesem zukommende Funktion vollkommen ausfällt: das entsprechende Rindengebiet der rechten Hemisphäre tritt nicht ersetzend ein.

Dieses funktionelle Übergewicht der linken, beim Linkshänder der rechten Hemisphäre, diese funktionelle Asymmetrie gilt für das ganze Novopallium überhaupt, wenn auch nicht in so starkem Maße wie bei der Sprachfunktion. Zerstörung des rechten Gyrus praecentralis führt zur Lähmung der Muskulatur lediglich der linken Körperhälfte (infolge der Kreuzung der Pyramidenbahn). Zerstörung des linken Gyrus praecentralis hat außer der vollständigen rechtsseitigen Lähmung auch Störungen der linksseitigen Bewegungen zur Folge. Nur die beiden oberen Stirnwindungen scheinen gleichmäßig und stets beidseitig in Tätigkeit zu sein, jedenfalls macht sich ihre einseitige Schädigung kaum bemerkbar. Dieses mehr oder weniger innige Zusammenarbeiten der beiden Hemisphären hat seine anatomische Grundlage im Commissurensystem des Balkens (vgl. S. 185). Die funktionelle Asymmetrie mit Überwiegen der linken Hemisphäre ist eine sekundäre Erscheinung. Wenn die Kinder, die anfänglich zum größten Teil Ambidextri sind, allmählich mit mehr oder weniger Gewalt zu Rechtshändern, also zu funktioneller Asymmetrie, erzogen worden sind, so sind sie zwar Rechtshänder geworden, aber Linksfüßer: als Standbein dient vorwiegend das linke, beim Abspringen wird das linke Bein bevorzugt, und die Exerziervorschriften fast aller Nationen lassen beim Marschieren mit dem linken Bein antreten. Die körperliche Asymmetrie bleibt während des ganzen Lebens bestehen: rechter Arm und linkes Bein sind die längeren. Anders die funktionelle Asymmetrie: die linke Großhirnhälfte gewinnt allmählich das funktionelle Übergewicht, und nun wird z. B. beim Springen das rechte Bein bevorzugt.

Für große Rindengebiete ist eine spezifische Funktion im Sinne eines „Centrums“, überhaupt eine Funktion nicht bekannt. Vielleicht steht es damit wie mit denjenigen rechtsseitigen Rindenabschnitten, die linksseitig als Sprachcentren tätig sind: sie sind vorhanden, aber ihre Funktion tritt nicht erkennbar in Erscheinung. Aus dem anatomischen Bau ist für die Art der Betätigung nichts zu erschließen. Soweit die anatomischen Untersuchungen überhaupt den Bau des Gehirns erkennen lassen, ergeben sie, daß von kleinen Verschiedenheiten zwischen rechts und links und von individuellen Variationen abgesehen, die beide nicht bedeutend genug sind, um die funktionellen Verschiedenheiten zu erklären, die Gehirne aller Menschen durchaus den gleichen Bau aufweisen. Die großen Verschiedenheiten sind funktioneller, aber nicht anatomischer Art. Von der ungeheuren Zahl von Schaltungsmöglichkeiten in dem Gesamtgetriebe des Novopalliums wie des ganzen Centralnervensystems macht jeder einzelne Mensch unbewußt verschiedenen Gebrauch. Eine große Zahl von Schaltungen und Leitungen wird vom einen wie vom anderen Menschen benutzt. Aber über diese Grundsaltungen hinaus werden, um es grob auszudrücken, beim einen die einen, beim anderen andere Leitungen hinzugenommen, beim einen wenige, beim anderen viele. Eingeschaltet sind alle Leitungen, aber ständig benutzt wird eine verschiedene Zahl und in verschiedener Kombination. Da die Zahl der anatomisch gegebenen Schaltungen schon unübersehbar groß, die Zahl der möglichen Kombinationen dieser Schaltungen vollends unendlich ist, so stimmen trotz gleichen Baues niemals zwei Gehirne in ihren Leistungen überein.

4. Riechhirn.

a) Äußere Form.

Das Riechhirn stellt zusammen mit dem Basalganglion den Urhirnanteil des Endhirns dar. Es bildet einen Teil der Basis des Endhirns, aber auch einen Teil des Mantels, des Pallium. Und zwar ist es der an die Basis anschließende Abschnitt der medialen Wand des Endhirnventrikels, also der medialen Endhirnwand, welche dem Riechhirn zugehört. Durch die mächtige Entwicklung des Novopalliums, der Großhirnhemisphären, beim Menschen erfährt der palliare Teil des Riechhirns eine typische Form- und Lageänderung: er wird mehr und mehr bogenförmig (Abb. S. 9, 11, gelb) und kommt schließlich mit seinem Ende und dem Hippocampus, basal zu liegen (Abb. S. 11, 66, 149). Ein Faserbündel, welches in der medialen Hemisphärenwand vom Hippocampus zum Corpus mamillare zieht, der Tractus hippocampo-mamillaris, Fornix, erhält gleiche Form und Lage (Abb. S. 11, rot). Das Bild ihrer Zusammengehörigkeit wird freilich dadurch gestört, daß die Fasern des Balkens zwischen ihnen

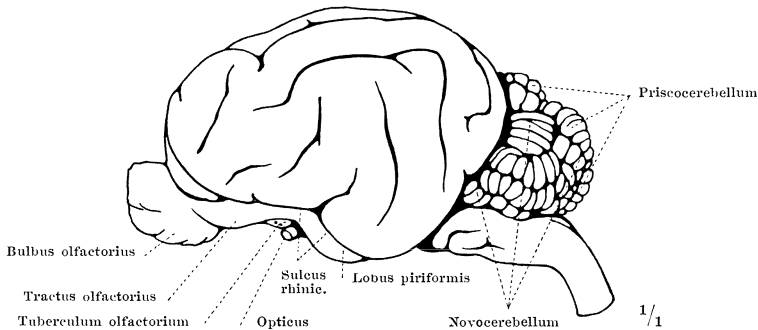


Abb. 117. Gehirn der Hauskatze (*Felis domestica*).

hindurchtreten und sie trennen (Abb. S. 11, Nr. 11 u. 12). — Der äußerlich am menschlichen Großhirn sichtbare palliare Anteil des Riechhirns ist vor allem der Gyrus hippocampi des Schläfenlappens (Abb. S. 66, 149, 191). Bei den Säugetieren ist dieser palliare Teil auch an der lateralen Großhirnfläche deutlich abgegrenzt durch eine Furche, den Sulcus rhinicus s. limbicus (Abb. S. 190). Am fertig ausgebildeten Gehirn des Menschen sind die Anteile des Riechhirns nicht ohne weiteres sichtbar (Abb. S. 66). Klar erkennbar sind an der Basis Bulbus und Tractus olfactorius, auf der orbitalen Fläche des Stirnhirns gelegen. Die eigene Piascheide, in welche sie eingehüllt sind, bringt die alte Selbständigkeit noch zum Ausdruck. Das vordere kolbig verdickte Ende, der Bulbus olfactorius, unterliegt in Form und Größe vielfachen Schwankungen, gewöhnlich auch zwischen rechts und links, ebenso die von den Bulbi ausgehenden Tractus olfactorii. Im vorderen Teile platt, nehmen sie nach rückwärts dreikantige Form an und lagern sich mit der dorsalen Kante tief in den Sulcus rectus (olfactorius) der Orbitalfläche des Stirnhirns ein, während der Bulbus meist auf dem Gyrus rectus, neben der Furche liegt (Abb. S. 66, 191, 180). An ihrem hinteren Ende verbreitern sie sich zum Trigonum olfactorium, dem Anfangsstück des Crus olfactorium mediale und laterale (Abb. S. 191). Das erstere biegt von der orbitalen Fläche um die Hemisphärenkante um und geht ohne äußerlich sichtbare Grenze in die Windungen der Medialfläche des Stirnhirns vor der Lamina terminalis über. Das Crus laterale bildet das Limen insulae und setzt sich als Gyrus ambiens auf

das Ende des Gyrus hippocampi fort, dessen Kuppe vom buckelförmigen Gyrus lunaris gebildet wird (Abb. S. 193). Gyrus lunaris und der ihn umgebende Gyrus ambiens sind an den meisten Gehirnen durch eine seichte Furche getrennt. Weniger sicher ist der Übergang des Crus olfactorium laterale in den Gyrus ambiens zu erkennen, wie es denn auch bemerkt werden muß, daß dieser Übergang nur äußerlich und morphologisch nicht von wesentlicher Bedeutung ist.

Das Crus olfactorium mediale und laterale sind am fetalen Gehirn klarer erkennbar als am erwachsenen. Besonders die Bildung der Inselschwelle

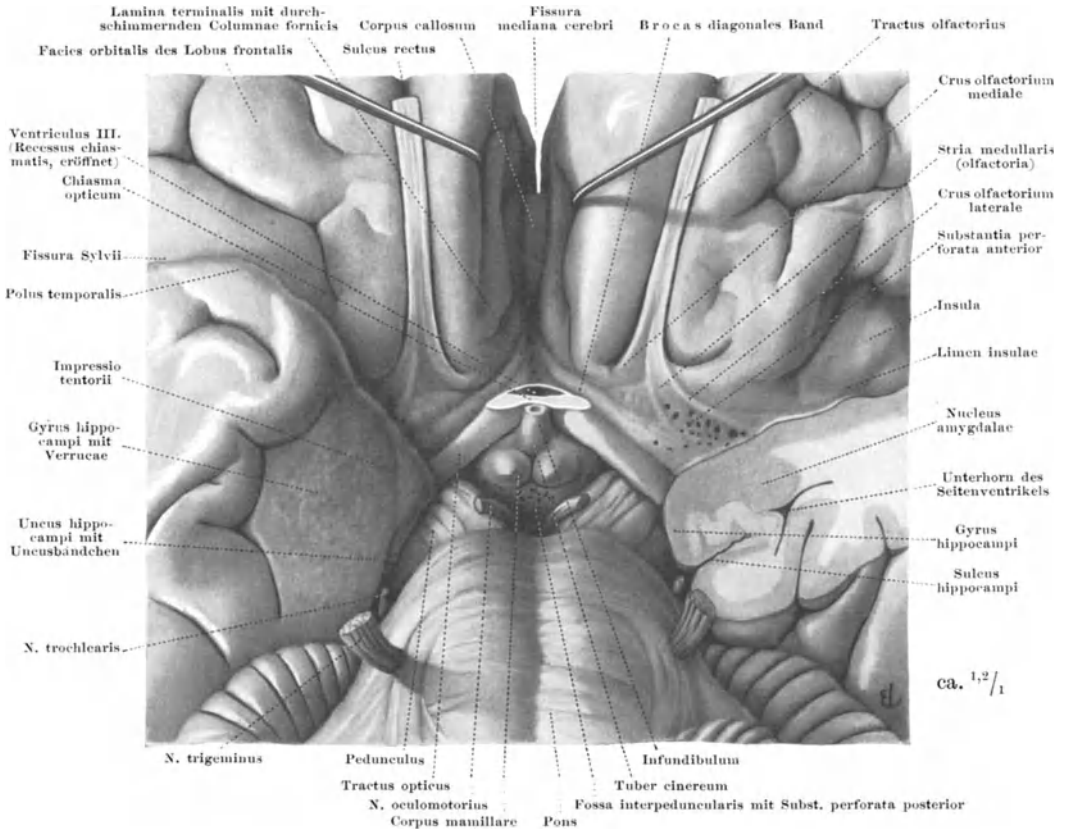


Abb. 118. Basale Anteile des Riechhirns. Der linke Schläfenpol und die Fasciculi optici mit einem Teil des Chiasma opticum sind entfernt.

durch das Crus laterale ist sehr deutlich, da es nach medial durch eine scharfe Furche begrenzt ist, die auch beim Erwachsenen noch erhalten bleibt. Sein äußerer Rand ist nur in einem schnell vorübergehenden Stadium einigermaßen deutlich abgesetzt. Er verläuft zunächst bogenförmig, sehr bald aber scharf geknickt. In diesem Stadium verliert sich dann die klare Begrenzung. Bei den makrosomatischen Säugern wird sie im Gegensatz dazu immer deutlicher und scheidet als Sulcus limbicus s. rhinicus Riechhirn und Pallium (Abb. S. 190). Auf den Crura olfactoria werden gelegentlich weiße Markstreifen sichtbar, welche vom Tractus beginnend nach rückwärts ziehen (Striae olfactoriae) (Abb. S. 191).

Hinter dem Trigonum olfactorium liegt vertieft die Substantia perforata anterior, so genannt, wegen der zahlreichen Gefäßlöcher, die nach Entfernung

der Pia mater sichtbar werden. Sie hat mit der Riechfunktion nur teilweise zu tun. Bei makrosomatischen Säugern ist ihr an das Trigonum olfactorium anschließender Teil zu einem Höcker erhoben (Tuberculum olfactorium, Abb. S. 190), besonders deutlich bei den schnüffelnden Säugern. Beim Menschen ist dieses Tuberculum olfactorium nicht mit Sicherheit festzustellen, gelegentlich vorkommende Höckerchen dürfen aber vielleicht so angesprochen werden (Abb.

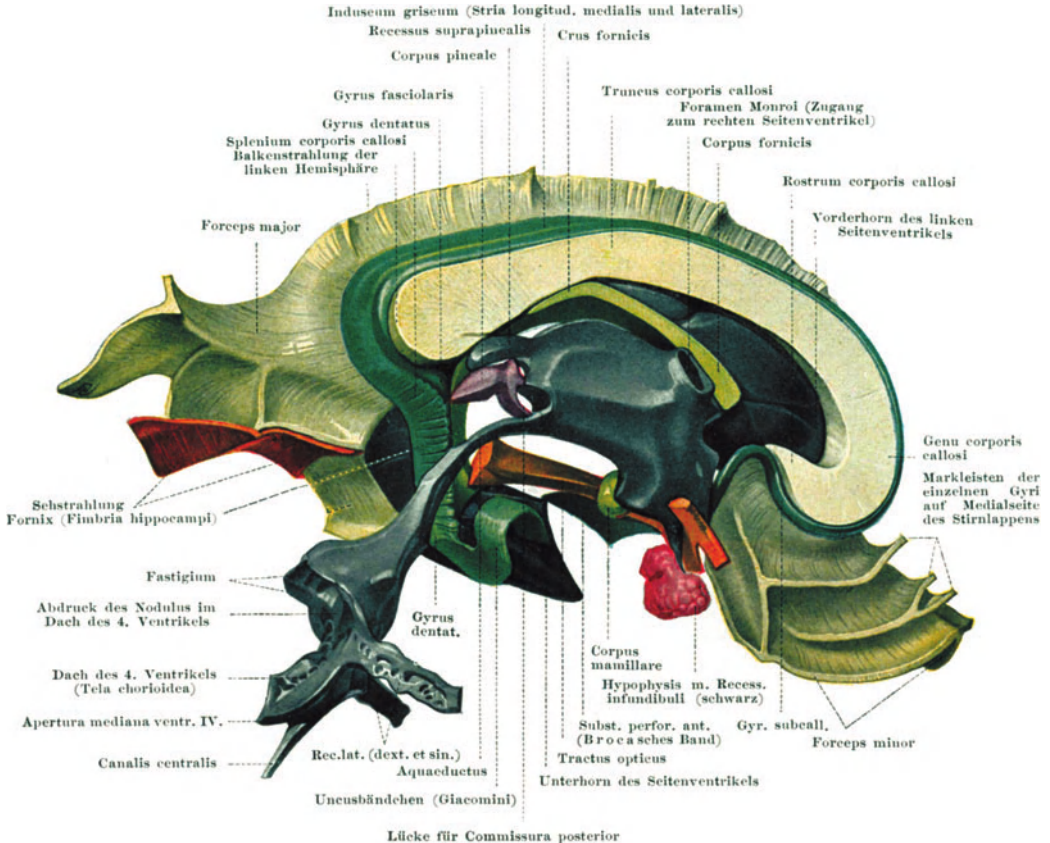


Abb. 119. Induseum griseum des Balkens. Modell von A. VIERLING-Heidelberg (vgl. Abb. S. 158 u. 181). An dem Ventrikelausguß (schwarz) ist der rechte Seitenventrikel bis auf das Foramen interventriculare Monroi entfernt, Balken und Fornix sind median durchschnitten, also nur ihre linke Hälfte dargestellt. Hellgelb: Balken und Teile der Balkenstrahlung; dunkelgelb: Optici, Chiasma, linker Tractus opticus, Ende der Schstrahlung; rot: Hypophyse; violett: Epiphyse (davor am Ventrikelausguß Abdruck der Commissura posterior, darüber, nicht bezeichnet, Abdruck der Commissura habenularum); hellgrün: Fornix und Corpus mamillare; dunkelgrün: diagonales Band (BROCA), Gyrus subcallosus, Induseum griseum corporis callosi mit Striae Lancisi, Gyrus dentatus, Uncusbündchen (GIACOMINI). — Br.

S. 191, medial von der Stria medullaris). Vor dem Tractus opticus ist in einem streifenförmigen Gebiet die Zahl der Gefäßlöcher geringer, die Oberfläche erscheint glatter und weißer. Dieser als „diagonales Band“ (BROCA) (Abb. S. 191) bezeichnete Streifen setzt sich nach medial auf die mediale Fläche des Stirnhirns fort, steigt unter Annahme des Charakters einer schmalen Windung vor der Lamina terminalis zum vorderen Ende des Balkens auf, oft sehr deutlich durch eine Furche stirnwärts begrenzt (Abb. S. 77, 149). Jedoch fehlt diese Abgrenzung häufig, und der schmale von ihr begrenzte Gyrus subcallosus ist dann als eigene Windung nicht ausgestaltet. Immer aber setzt sich die vor der Lamina terminalis aufsteigende Windungspartie, mag sie

als Gyrus subcallosus erkennbar sein oder nicht, um das Balkenknie herum auf die Oberfläche des Balkens fort, wobei der Windungscharakter verloren geht und nur eine dünne graue Bedeckung des Balkens verbleibt: Induseum griseum corporis callosi. Nahe der Mittellinie und unter dem Gyrus cinguli erhebt sich das Induseum jederseits zu zwei schmalen Leisten: Striae Lancisi medialis et lateralis (Abb. S. 119, 180, 192). Die Stria lateralis wird vom Gyrus cinguli verdeckt, daher auch Stria tecta genannt. Diese Streifen sind

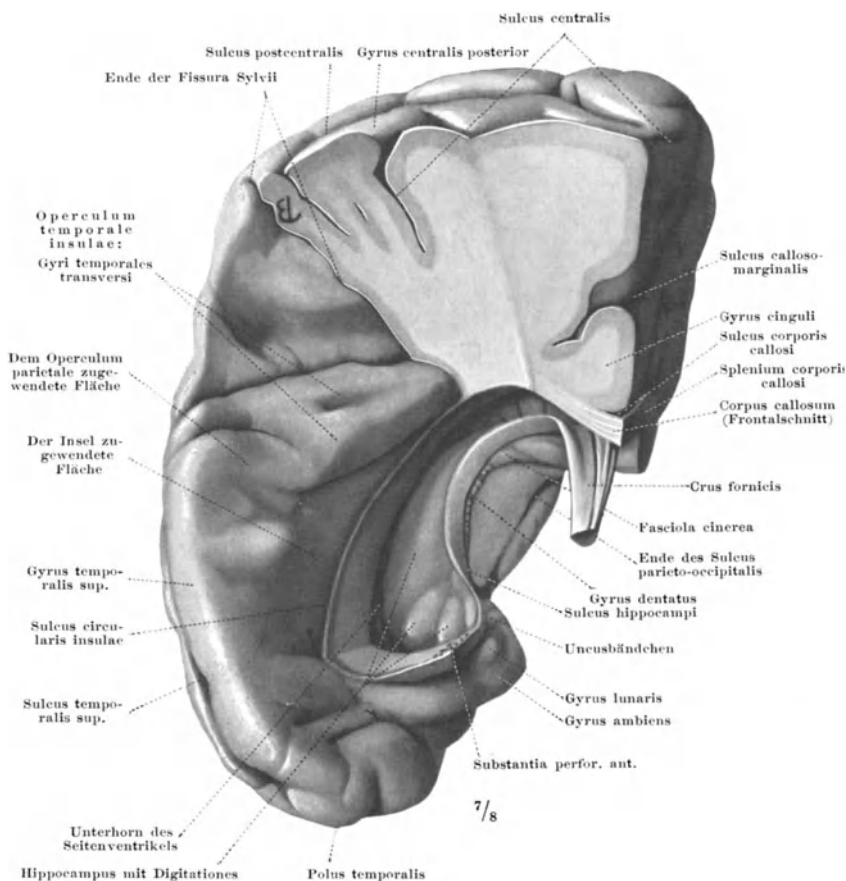


Abb. 120. Schläfenlappen: Unterhorn des Seitenventrikels mit Hippocampus von oben her freigelegt.

Rudimente eines Gyrus supracallosus (Abb. S. 192, dunkelgrün). Sie setzen sich um hintere Balkenende herum außer in den grauen Überzug auf dessen Unterfläche temporalwärts in den sehr schmalen Gyrus dentatus fort, welcher vom Medialrande des Gyrus hippocampi überlagert gegen den Uncus hippocampi verläuft (Abb. S. 192, 193). Seine Oberfläche ist durch zarte quere Furchen gekerbt. Er ist oft kaum erkennbar, auch kann ausnahmsweise der Sulcus hippocampi fehlen, welcher ihn vom Gyrus hippocampi trennt. Dieser Sulcus hippocampi schneidet mit seinem temporalen Ende in den verdickten Teil des Gyrus hippocampi eine Strecke weit ein, so daß dieser in einen medialen und lateralen Teil gespalten wird, wodurch der Gyrus hippocampi hakenförmig nach medial und rückwärts gekrümmt erscheint (Uncus hippocampi, Abb. S. 191, 149, 147).

Wird der Gyrus hippocampi bis zum Ende des Sulcus hippocampi weggenommen, so wird der Gyrus dentatus in seinem ganzen Verlaufe sichtbar, auch sein im Spalt des Uncus gelegenes Endstück, das unter Verlust der Zähnelung sich in ganz scharfem Winkel auf die laterale und auch noch auf die basale Fläche des medialen Uncusschenkels aufbiegt, auf welchem es, nur durch seichte Furchen begrenzt, als Uncusbändchen, GLACOMINISCHES Bändchen, sichtbar ist (Abb. S. 191, 192, 193, 147).

Der Gyrus dentatus und das Uncusbändchen bilden zusammen mit dem Gyrus supracallosus, Gyrus subcallosus und dem diagonalen Band von BROCA eine durchlaufende Windung (Abb. S. 192, dunkelgrün), welche bei makrosomatischen niederen Säugetieren in deutlicher Ausprägung als ein Teil des Riechhirns an der Medialfläche des Endhirns besteht.

Beim Menschen wie bei dem höheren Säugetier ermöglicht der feinere Bau der Hirnrinde die Abgrenzung dieses Riechhirnanteils gegen das übrige Pallium. Seine Rinde ist ganz abweichend von der übrigen Rinde gebaut, man stellt sie als „Allocortex“ dem „Isocortex“ gegenüber (S. 161). Den Allocortex weisen auf: Bulbus und Tractus olfactorius mit den Crura, die Substantia perforata anterior, Hippocampus, Gyrus dentatus, Induseum griseum mit Striae Lancisi, Gyrus subcallosus und Gyrus hippocampi.

Beim Fehlen der Bulbi und Tractus olfactorii, das gelegentlich beim Menschen beobachtet worden ist, ist der mit dem BROCASchen Bande beginnende und mit dem Uncusbändchen endende Windungszug und der Gyrus hippocampi ohne Abweichung vom gewöhnlichen Verhalten gefunden worden.

Der Gyrus dentatus wird medial von einem weißen Riechfaserstrange begleitet und überlagert (Abb. S. 192, 193), dem Fornix, der weiterhin unter dem Balken nach vorn zum Corpus mamillare zieht (S. 195). Manchmal bleibt zwischen Medialrand des Gyrus dentatus und dem Fornix eine schmale Zone, deren Oberfläche wie die des Gyrus dentatus grau erscheint. Gegen das hintere Balkenende zu trifft man sie regelmäßig als ein sehr spitzwinkliges Dreieck, dessen schmale Basis dem Balken zugekehrt ist (Fasciola cinerea). In diesem Gebiete kann sie zu einer schmalen Windung erhoben sein (Gyrus fasciolaris), deren Bedeutung unbekannt ist (Abb. S. 192, 193).

Der Gyrus hippocampi verdankt seinen Namen einer ihm zugehörigen Bildung, welche in den Hohlraum des Endhirns, das Unterhorn des Seitenventrikels vorgebuchtet ist, dem Hippocampus (Cornu Ammonis). Er erscheint vom Ventrikel her betrachtet (Abb. S. 193) als ein gegen den Temporalpol hin verbreiteter rundlicher Wulst, dessen Ende durch radiäre Furchen in kleine Erhebungen unterteilt zu sein pflegt (Digitationes hippocampi). Über den Gyrus hippocampi s. S. 193.

Zum Riechhirn gehört auch ein Teil des Basalganglions, und zwar des Pallidum, der Mandelkern, Nucleus amygdalae. Er liegt vor dem Ende des Unterhorns des Seitenventrikels (Abb. S. 181) und stellt eine im Schnitt rundliche, von Markstreifen durchsetzte graue Masse dar (Abb. S. 92), welche mit der Rinde des Gyrus hippocampi zusammenhängt. Seinem Zellbau nach jedoch ist er vom Basalganglion abzuleiten.

Der Nucleus amygdalae steht in Verbindung mit Crus olfactorium laterale, Tuber olfactorium, Hippocampus, Thalamus, Commissura anterior. Die Faserrichtungen in diesen Verbindungen sind nicht sicher festgestellt, und so ist auch einstweilen die Einfügung des Mandelkerns in das System der Riechbahnen noch ungeklärt.

Leitungsbögen des Riechhirns.**I. Elementarapparat.**

- a) *Fila olfactoria* — *Bulbus olfactorius* — *Tractus olfactorius*, weiter zum
1. *Nucleus reticularis* des Mittelhirns via *Tractus olfacto-mesencephalicus* („basales Riechbündel“) — *Tractus reticulo-spinalis* — Wurzelzellen.
 2. *Ganglion habenulae* via *Stria medullaris thalami* — Mittelhirn (*Ganglion interpedunculare* via *Fasciculus retroflexus*) — *Nucleus reticularis* — *Tractus reticulo-spinalis*.

II. Integrationsapparat.

Fila olfactoria — *Bulbus* — *Tractus*, weiter:

3. *Crus olfactorium laterale* — *Hippocampus* über *Limen insulae* — *Corpus mamillare* via *Tractus hippocampo-mamillaris* (*Fornix*) — *Nucleus corporis mamillaris*, weiter zum
 - a) *Colliculus superior laminae quadrigeminae*.
 - b) *Nucleus anterior thalami* via *Fasciculus mamillo-thalamicus* (VICQ D'AZYR). (Anschließend: *Nucleus medialis thalami* — *Pallidum* — absteigende Bahnen des *Pallidum*?)
4. *Crus olfactorium mediale* — *Gyrus subcallosus* — *Stria Lancisi* — *Gyrus dentatus* — *Hippocampus*, weiter:
 - a) Wie sub 3.
 - b) Zur Rinde des *Gyrus hippocampi* und durch intracorticale und subcorticale (*Fasc. uncinatus*, *Cingulum*) Assoziationsfasern zum *Cortex frontalis*.
 - c) Zur Rinde der Medialfläche des Stirnhirns via *Fornix longus*.

Verbindungen der *Substantia perforata anterior*, der *Pars olfactoria commissurae anterioris*, des *Nucleus amygdalae* nicht genauer bekannt, daher auch nicht ihre Einfügung in die Leitungswege.

b) Leitungsbögen des Riechhirns.

Obwohl beim Menschen das Geruchsorgan rudimentär ist, sind doch die Riechbahnen entsprechend ihrer stammesgeschichtlichen Bedeutung noch sehr mannigfaltig entwickelt, wie denn auch nicht so sehr selten Menschen mit einem erstaunlich feinen Geruchsvermögen gefunden werden. Wie von den übrigen Sinnesorganen, so gehen auch vom Geruchsorgan Leitungsbögen über verschiedene Teile des Gehirns zu den motorischen Wurzelzellen für die Muskulatur, teils als Elementarapparat nur über den *Nucleus reticularis*, teils als Integrationsapparat über die verschiedenen Integrationsorte. Die afferenten Neuren der Riechbahnen, die *Fila olfactoria* aus der Riechschleimhaut endigen im *Lobus olfactorius*. Ihre rundlich gestalteten Endbäumchen verbinden sich mit ähnlich gestalteten Dendritenenden der zweiten Neuren, deren Zellen („Mitralzellen“) ebenfalls im *Bulbus olfactorius* gelegen sind. Die kugelig geformten Verbindungsstellen zwischen beiden Neuren stellen die „*Glomeruli olfactorii*“ dar. Die Neuriten der Mitralzellen, also der zweiten Neuren, ziehen im *Tractus olfactorius* centralwärts teils zum Zwischen- und Mittelhirn, teils zum Riechanteil des Endhirns, zum *Hippocampus* und zum *Nucleus amygdalae*, von wo sie ebenfalls zu Zwischen- und Mittelhirn und damit zur Körpermuskulatur weitergeführt werden.

Die wesentlichsten Riechbahnen sind in der Übersicht S. 195 zusammengestellt. Hier seien in Kürze nur einige Anteile geschildert, deren Verlauf nicht ohne weiteres verständlich ist.

Aus dem *Hippocampus* entspringt ein in der medialen Hemisphärenwand verlaufendes Bündel (Abb. S. 159), das zunächst dem *Hippocampus* als *Fimbria hippocampi* unmittelbar anliegend (Abb. S. 193) sich gegen das hintere Balkenende erhebt und im Bogen unter dem Balken nach vorn (*Crus fornicis*), dann nach basal (*Columna fornicis*, Abb. S. 77, 179) zum *Corpus mamillare* zieht: *Tractus hippocampo-mamillaris*, gewöhnlich *Fornix* genannt (Abb. S. 193, 90, 92, 94, 179). Seine Bogenform verdankt es dem Entwicklungsgange der Hemisphären (S. 146, Abb. S. 11, rot). Es liegt von vornherein

Tractus hippocampo-mamillaris (*Fornix*)

Übersicht über die Leitungsbögen der Großhirnrinde.

I. Afferente Bahnen.

Ursprung	Weg	Primärgebiet der Rinde (I. Rindencentrum)	Sekundäre Gebiete der Rinde (weitere Rindencentren)	Letztes Rindencentrum
1. Oberfläche und Tiefe des segmentierten Körpers	Hinterstrangbahn (u. Tractus spinothalam.), Lemniscus medialis, Thalamus	Umgebung des Sulcus centralis	Gyrus centralis anterior et posterior, Scheitellappen	a) Gyrus centralis {anterior b) Stirnlappen
2. Oberfläche und Tiefe des Kopfes	Radix descendens trigemini	wahrscheinlich wie bei 1.	wahrscheinlich wie bei 1.	dsgl.
3. Sehorgan	Tractus opticus, Corpus geniculat. laterale	Umgebung des Sulcus calcarinus (Area striata)	a) Außenfläche des Occipitallappens b) Weiter zu Gyrus angularis (Lesecentrum) und Sprachcentren (sub 3.)	dsgl.
4. Gehörorgan	Lemniscus lateralis, Corpus geniculat. mediale	Vorderer Gyrus temporalis transversus	a) Außenfläche des Gyrus temp. sup. b) WERNICKESCHES und BROCASCHES Sprachcentrum	dsgl.
5. Geruchsorgan	Lobus et Tractus olfactorius	Hippocampus	Gyrus hippocampi	dsgl. ?
6. Geschmackorgan	N. facialis (Chorda tympani) und N. glossopharyngeus, Lemniscus medialis, Thalamus	Wie 4. ?	Wie 4. ?	dsgl. ?

Außerdem: vom Thalamus in der Corona radiata zu a) Gyrus frontalis sup. (an lateraler und medialer Fläche) vor Gyrus centralis anterior, b) übriger Rinde?

II. Efferente Bahnen.

Bezeichnung	Ursprungsgebiet in der Rinde	Haupt-Umschaltstellen	Endigung an den motorischen Wurzelzellen
1. Pyramidenbahn, Tractus cortico-bulbaris et -spinalis	Gyrus centralis anterior	Ohne Umschaltung	nur der gekreuzten Seite; für Kau-, Schlund-, Kehlkopf- und mimische Muskeln (aber nur an Auge, Stirn und Hinterhaupt) auch der gleichen Seite
2. Großhirn-Brückenbahnen			
a) Tract. cortico-pontanus frontalis (ARNOLDSCHES Bündel)	Gyrus frontalis sup. et med. (vordere Abschnitte)	Brückenkerne, Kleinhirn	beider Seiten
b) Tractus cortico-pontanus parietalis	Oberer Teil des Scheitellappens	dsgl.	dsgl.
c) Tractus cortico-pontanus temporalis (TÜRCKSCHES Bündel)	Gyrus temporalis superior et medius (am Übergang zum Occipitallappen)	dsgl.	dsgl.
3. Striatum - Bahn („extrapyramidale“ Bahn)	Stirnlappen einschl. Gyrus centralis	Thalamus, Basalganglion	dsgl.

Außerdem: Radiatio cortico-thalamica in der Corona radiata, vielleicht aus der gesamten Rinde. Anschlüsse nicht näher bekannt.

in der medialen Wand der Großhirnhemisphäre an dem Übergang in die Lamina epithelialis der Tela chorioidea des Seitenventrikels (Abb. S. 159, 90, 92). Wird die Tela abgerissen, so bleibt am Fornix der Rest als Taenia fornicis erhalten. — Vom Corpus mamillare gehen Anschlußfasern unmittelbar zum Nucleus reticularis des Mittelhirns, außerdem zu dem Integrationsort im Mittelhirn (Colliculus quadrigeminus anterior), von da aus teils unmittelbar, teils über das Kleinhirn zu den motorischen Wurzelzellen. Das mächtigste Faserbündel aus dem Corpus mamillare geht nach dorsal durch den Thalamus hindurch zum Nucleus anterior thalami als Tractus mamillo-thalamicus, VICQ D'AZYRSches Bündel (Abb. S. 94). — Die Fasern des Fornix bleiben ungekreuzt, eine „Commissura fornicis“ besteht nicht.

Vom Tractus olfactorius zieht ein beim Menschen sehr zartes Bündel an der Ventrikelfläche des Thalamus, längs der Taenia chorioidea, in welcher die Zwischenhirnwand sich unvermittelt zur Lamina epithelialis der Tela chorioidea verdünnt, nach rückwärts: Stria medullaris thalami (Abb. S. 119, 113, 171 nicht bez. und Pall.). Die Fasern enden im Ganglion habenulæ, einer Zellgruppe in der Habenula der Epiphysis (Abb. S. 90, 119). Von hier zieht ein Bündel nach rück- und abwärts (Fasciculus retroflexus, MEYNER) zu einer im Boden des Mittelhirns gelegenen Zellgruppe, Ganglion interpedunculare.

Als Fornix longus wird ein zartes teils unter, teils über dem Balken ziehendes Bündel bezeichnet, das zwei Fasersysteme wahrscheinlich entgegengesetzter Leitungsrichtung enthält. Der eine Anteil entspringt aus dem Nucleus amygdalæ und verläuft über dem BROCASchen diagonalen Band frontal von der Commissura anterior als „Pendunculus septi pellucidi“ zu dem Tractus hippocampo-mamillaris (Fornix), trennt sich wieder von ihm, zieht unter Überkreuzung der Mittellinie nahe dieser unmittelbar unter dem Balken, durchsetzt diesen in zarten Bündelchen (Fibrae perforantes corporis callosi), besonders im Bereiche des Spleniums, und gelangt auf der Oberfläche des Balkens in die Striae Lancisi und zum Hippocampus.

Der zweite Anteil entspringt im Hippocampus, zieht mit dem vorigen erst über, dann durch und unter den Balken, breitet sich als ganz dünne Faserlage im Septum pellucidum aus und endigt in der Rinde der Medialfläche des Stirnhirns anschließend an den Gyrus rectus.

Ursprung und Ende der beiden Anteile des Fornix longus sind noch nicht wirklich sicher gestellt.

Aus der Substantia perforata anterior (Tuber olfactorium) zieht ein dünnes Faserbündel zum Sulcus terminalis zwischen Nucleus caudatus und Thalamus (Abb. S. 119), verläuft in dieser Rinne der Bogenform des Nucleus caudatus folgend zum Nucleus amygdalæ: Taenia semicircularis (Stria cornea). Da das Tuber olfactorium wahrscheinlich keine eigentliche Riechfunktion hat, sondern im Dienste der mit der Betätigung des Geruchsinnens einhergehenden Schnüffelbewegungen steht, so dient wohl auch die Taenia semicircularis wie andere Verbindungen der Substantia perforata anterior, z. B. mit den Trigeminuskernen, diesen Bewegungen bzw. den besonderen Funktionen der Schnauze bei den Säugetieren („Oralsinn“).

5. Das Nervensystem als Ganzes.

Das Nervensystem, centrales und peripheres, ist dem Bau wie der Leistung nach eine Einheit. Es entwickelt sich in allen seinen Teilen aus der einheitlichen Anlage der Medullarplatte, und alle Teile bewahren auch im ausgebildeten Zustande diesen ursprünglichen Zusammenhang, denn die anfangs in Form eines Epithels nur nebeneinander gelagerten Zellen schließen sich durch ihre

Stria
medullaris
thalami

Fornix
longus

Taenia
semi-
circularis

Fortsätze aufs innigste aneinander. Dieser Zusammenschluß geschieht nicht wahllos, sondern in ganz bestimmter Ordnung: Es werden Leitungsbögen gebildet von der Körperperipherie über das Centralorgan zur Peripherie zurück, Leitungswege, welche den Erregungsvorgang nur in dieser einen Richtung führen: vom receptorischen Organ zum effectorischen. Die einfachsten Leitungsbögen sind streng an das Körpersegment gebunden: von der Sehne des Muskels zu den Muskelfasern des gleichen Muskels zurück (Grundlage der Sehnenreflexe), von Haut (Dermatom) und Periost (Sclerotom) zum Muskel (Myotom) des gleichen Segmentes (Grundlage der Haut- und Periostreflexe). Dieser ursprüngliche segmentale Zusammenhang, der in ähnlicher Art auch im Kiemenbereich besteht, wird außerordentlich zähe festgehalten (z. B. Innervation des Zwerchfells durch Halsnerven, der mimischen Muskulatur auch an Stirn und Hinterhaupt, durch den Nerven des 2. Kiemenbogens), er ist das charakteristische Merkmal für das stammesgeschichtlich alte animale Nervensystem, im Gegensatz zu dem jüngeren vegetativen, das an den segmentalen Grundplan nicht gebunden und nach ganz anderer Gesetzmäßigkeit eingefügt wird.

Dieser segmentale Grundplan ist erweitert — und das macht das Wesentliche des nervösen Centralorgans aus — durch centrale Leitungswege, welche die Grenzen der Segmente, die Grenzen der Neurotome und damit mittelbar auch der Myotome, überschreiten. Benachbarte Segmente sind zu gemeinsamer Tätigkeit verbunden, ebenso Kopf mit Rumpf (Strangzellsystem des Rückenmarks und motorischer Haubenkern). Ein elementarer Leitungsapparat ist gebildet, dank welchem alle Reflexbewegungen ablaufen können, von einem Hautsinnesorgan aus die Muskulatur mehrerer Segmente (vgl. Abb. S. 60 u. 61), von einem Kopfsinnesorgan aus die Muskulatur des Rumpfes erregt werden kann.

Zugleich werden alle Impulse von der gesamten Peripherie an bestimmten Stellen im vorderen Abschnitt des Centralnervensystems — und das macht die besondere Gestaltung des Gehirns aus — zusammengeführt und von dort aus vereinigt, zusammengerafft an die Peripherie zurückgeleitet (Integrationsorte). Das primitive Wirbeltiergehirn enthält zwei solche Integrationsorte: im Dach des Hinterhirns das Kleinhirn, und im Dach des Mittelhirns das „Tectum opticum“. Über diese Integrationsorte führen eigene Leitungswege von der Peripherie und wieder zur Peripherie zurück, der Elementarapparat ist erweitert und ergänzt durch den Integrationsapparat, der seinem Wesen nach übersegmental ist und den gesamten Körper, Kopf, Rumpf und Extremitäten, und seinen Bewegungsapparat zu einheitlicher, harmonischer Tätigkeit zusammenschließt. Bei den Säugetieren kommt in Gestalt der Großhirnrinde ein neuer, dritter Integrationsort hinzu, der mit seinen Leitungswegen das Neuhirn gegenüber dem Urhirn darstellt, am vollkommensten entwickelt beim Menschen.

Obwohl der Integrationsapparat seine eigenen Leitungswege hat, ist er dennoch dem Elementarapparat nicht einfach neben- oder übergeordnet, vielmehr sind beide eng miteinander verbunden. Die afferenten Leitungswege der Integrationsorte senden bei ihrem Eintritt in das Centralorgan Kollateralen zum Elementarapparat derart, daß jeder Reiz, der von der Peripherie zu den Integrationsorten läuft, zugleich über die Kollateralen auch dem Elementarapparat zugeleitet wird. Beide Apparate, der im Prinzip segmentale Elementar- und der übersegmentale Integrationsapparat, werden also stets gleichzeitig betätigt. Überdies ist für beide Apparate die Endstrecke, das motorische Wurzelneuron, gemeinsam (vgl. Abb. S. 59, woraus sich die Tatsache erklärt, daß die Zahl der afferenten Wurzelfasern ganz erheblich, mindestens 3—4mal größer ist als die der efferenten).

Die Leitungswege des Integrationsapparates sind durch 2 Besonderheiten aus- Kreuzungen gezeichnet: durch die Einfügung einer Anzahl von Umschaltstellen und durch die Kreuzungen über die Mittellinie hinweg. An sich sind Fasern, welche die Mittellinie überkreuzen, allenthalben auch im Elementarapparat gegeben, und zwar in dem Strangzellsystem. Sie sind notwendig, um die Kontraktion von Muskeln beider Körperseiten auch auf einseitigen Reiz hin zu bewirken, da die Wurzelneuren nicht zur anderen Seite hinüberziehen. Das Eigen- tümliche des Integrations- apparates liegt darin, daß die zu den Integrations- orten Mittelhirndach und Großhirnrinde führenden afferenten und ebenso die von ihnen unmittelbar zu den Wurzelzellen ziehenden efferenten Leitungs- wege einer vollständigen Kreuzung unterliegen, also

Tractus spino - tectalis und tecto-spinalis, Schlei- fen- und Pyramidenbahn. Würde also nur dieser eine Leitungsbogen des Integra- tionsortes bestehen, so würde ein einseitig gesetz- ter Reiz zum Integrations- ort der Gegenseite und von dort, infolge der Rückkreuzung des efferen- ten Schenkels, zu den Muskeln lediglich der ge- reizten, nicht aber auch der anderen Seite geführt. Daß trotzdem stets die Muskeln beider Körper- seiten in Tätigkeit gesetzt werden, wird erreicht durch die beiden anderen efferen- ten Leitungswege aus den Integrationsorten: Über das Kleinhirn und über das Basalganglion (vgl. Abb. S. 199). Sie bewirken zugleich das richtige Zusammenspiel der Muskeln und die Mitbewegungen. — In den Leitungswegen des Kleinhirns kommen zwar an einigen Strecken ebenfalls totale Kreuzungen vor (Oliven-, Brücken- bahnen, Brachia conjunctiva), aber nicht in solcher Ausschließlichkeit wie bei den beiden anderen Integrationsorten: durch die Anordnung der anderen Strecken der Leitungswege ist dafür gesorgt, daß die vom Kleinhirn ausgehenden Impulse immer zur Muskulatur beider Körperseiten gelangen (vgl. Abb. S. 134 u. 135). — Immerhin führt im Elementar- wie im Integrations- apparat jeder Reiz zur Betätigung der Muskulatur vorwiegend der gereizten Seite.

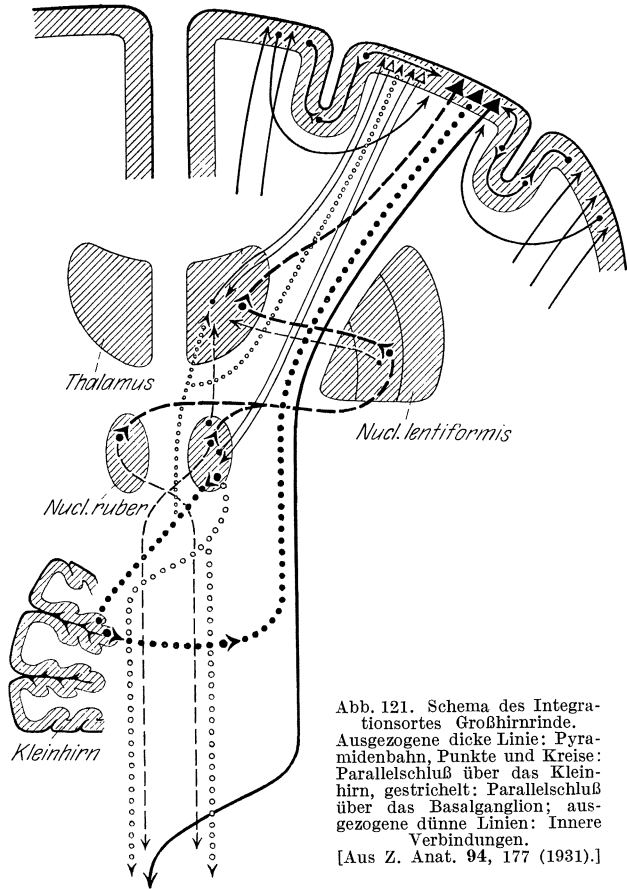


Abb. 121. Schema des Integra- tionsortes Großhirnrinde. Ausgezogene dicke Linie: Pyra- midenbahn, Punkte und Kreise: Parallelschluß über das Klein- hirn, gestrichelt: Parallelschluß über das Basalganglion; aus- gezogene dünne Linien: Innere Verbindungen. [Aus Z. Anat. 94, 177 (1931).]

Die Umschaltstellen, welche in die Leitungswege des Integrationsapparates eingefügt sind, stellen keineswegs nur einfache Unterbrechungen der Neuron-

Umschalt- stellen

ketten dar. Sie geben vielmehr die sehr wesentliche Grundlage ab für eine Zusammenarbeit der Leitungswege untereinander und mit den Integrationsorten, und damit die Möglichkeit, den motorischen Wurzelzellen Impulse in den mannigfachsten Kombinationen und Abstufungen zukommen zu lassen. Denn die Umschaltstellen stehen unter sich und mit den Integrationsorten (durch „rückläufige“ Fasern) in Zusammenhang. Einige Beispiele solcher Verbindungen — sie seien „innere“ Verbindungen des Gehirns genannt sind in Abb. S. 199 dargestellt und zeigen, wieso der Impuls bei seiner Umschaltung im Nucleus ruber von der Großhirnrinde her, wie umgekehrt vom Nucleus ruber aus der Erregungszustand der Großhirnrinde beeinflußt werden kann; oder aber wie der Thalamus mit Großhirn, Kleinhirn, Basalganglion, Nucleus ruber in Wechselwirkung steht. Durch die Umschaltstellen und die inneren Verbindungen — sie bestehen allenthalben im Gehirn, nicht etwa nur in den genannten Beispielen — sind alle Teile des Integrationsapparates, besonders auch die Integrationsorte untereinander, wechselweise verbunden und in ihrer Tätigkeit aufs feinste aufeinander abgestimmt zu harmonischer Gesamtleistung. Irgendeine Störung an irgendeiner Stelle des Getriebes stört irgendwie das Gesamtgetriebe („Fernwirkungen“).

Die Einheit des gesamten Nervensystems findet ihren sinnfälligsten Ausdruck in der Organisation des Integrationsortes Großhirnrinde (vgl. das Schema S. 199). Von der gesamten Körperperipherie werden ihm die Impulse auf besonderen Leitungswegen zugeführt. Kollateralen bringen sie zugleich dem Elementarapparat zu. In der Großhirnrinde langen die Impulse an verschiedenen Stellen, den „Centren“, an; aber durch intra- und subcorticale Assoziationsysteme werden sie weitergeleitet, und die Centren untereinander (und mit denen der Gegenseite durch den Balken) so in Verbindung gesetzt, daß die Großhirnrinde eine einzige Einheit darstellt. Von der Großhirnrinde werden die Impulse zu den motorischen Wurzelzellen gegeben auf dem unmittelbaren Wege der Pyramidenbahn, gleichzeitig aber auch auf den zwei Parallelwegen über das Kleinhirn und über das Basalganglion (man kann deshalb diese beiden Wege „exopyramidale“ nennen; gewöhnlich wird nur der über das Basalganglion als „extrapyramidales System“ bezeichnet). Die Umschaltstellen dieser beiden Wege stehen durch innere Verbindungen wieder mit der Großhirnrinde in Zusammenhang, ebenso auch die beiden anderen Integrationsorte Mittelhirndach und Kleinhirn. Jeder Reiz, welcher irgendwo die Peripherie trifft, gelangt außer zum Elementarapparat und zu Kleinhirn und Mittelhirndach auch zur Großhirnrinde, trifft hier mit allen anderen Reizen, die ständig auf der Oberfläche und im Innern des Körpers und in den Umschaltstellen im nervösen Centralorgan entstehen, zusammen. Von der Großhirnrinde aus wird das Gesamtgetriebe des Nervensystems wie des peripheren Bewegungsapparates beherrscht. In der Großhirnrinde ist zugleich die Möglichkeit gegeben, alle Sinnesindrücke nicht nur sofort in harmonische Bewegungsimpulse umzusetzen, sondern sie auch zu bewahren und später zu kombinieren. So kann der Erblindete auf Grund von Tast- statt von Gesichtswahrnehmungen lesen, so kann überhaupt die unerschöpfliche Fülle geistiger Funktionen vollzogen werden, die alle irgendwie in Sinneswahrnehmungen wurzeln und sich als Bewegungen äußern. Körper und centrales Nervensystem stehen in ständiger lebendiger Wechselwirkung. Fließen dem centralen Nervensystem keine Impulse mehr zu, so ist es untätig, und mit ihm der ganze Mensch, wie sich andererseits bei demjenigen, welcher mit „offenen“ Sinnen lebt, die ganze Bewegtheit seines Centralnervenssystems auch äußerlich kundgibt.

IV. Hüllen (Meninges) und Gefäße des Centralnervensystems.

Rückenmark und Gehirn sind ihrer Konsistenz nach weich und plastisch. In ihrer Form werden sie durch 2 Momente erhalten: dadurch daß sie von einer bindegewebigen Hülle (Pia mater) fest umschlossen sind, die eine Art äußeren Skeletes darstellt (Abb. S. 201) und dadurch daß sie, so umhüllt, in Flüssigkeit suspendiert und der Wirkung der Schwerkraft weitgehend entzogen sind. Die Flüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) füllt einen durch eine dünne Membran (Arachnoidea) vollständig abgeschlossenen Raum aus (Subarachnoidalraum). Pia mater und Arachnoidea bilden zusammen die zarten Hüllen des Centralnervensystems, die Lepto meninges.

Im Bereiche der Schädelhöhle liegt die Arachnoidea dem Periost unmittelbar an. Im Wirbelkanal ist, im Zusammenhang mit der Beweglichkeit der Wirbelsäule, eine röhrenförmige derbe Haut vom Periost abgespalten, welche der Arachnoidea als festes, aber biegsames Widerlager dient, die Dura mater spinalis. Sie bildet die derbe, dicke Hülle des Rückenmarks, Pachymeninx. Unter diesem Namen begreift man zugleich das Periost der Innenfläche des Schädels unter der Bezeichnung Dura mater cerebri.

Die Blutgefäße des Gehirns und Rückenmarks liegen in der Pia mater, nur ihre Stämme durchziehen den Subarachnoidalraum ebenso wie die Wurzeln der Hirn- und Rückenmarksnerven.

Die Lymphgefäße des centralen Nervensystems werden wahrscheinlich von den gliaumschlossenen Spalten um die Blutgefäße (VIRCHOW-ROBINSche Räume, S. 28) gebildet, welche mit dem Subarachnoidalraum in Verbindung stehen.

1. Hüllen des Rückenmarks.

Der Schlauch der Dura mater spinalis beginnt am Foramen occipitale magnum, dessen Umfang die einzige Stelle darbietet, wo sie unmittelbar am Knochen angeheftet ist. Er erstreckt sich unter ganz allmählicher Verjüngung, schließlich nach einer nicht unerheblichen Erweiterung im unteren Lendenbereich mit stumpfer Spitze endend, bis in den Canalis sacralis, an dessen Wand er durch schräg caudalwärts verlaufende Fäden befestigt ist, von denen gewöhnlich einer unpaarig von der Spitze des Duralschlauches ausgeht (Filum terminale [externum] durae matris) (Abb. S. 34).

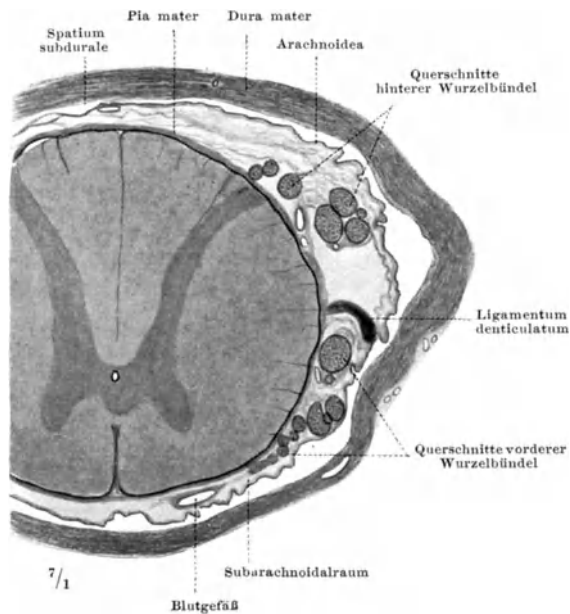


Abb. 122. Hüllen des Rückenmarks, mikroskopischer Schnitt, Brustmark, 3jähriges Kind. — Br. Dura und Arachnoidea geschrumpft, daher auch die Abhebung der Arachnoidea von der Dura.

Dura mater spinalis
Abb. S. 31,
34, 201, 202,
206

Von der mit Periost („Endorhachis“) ausgekleideten Wand des Wirbelkanals ist die Dura mater durch einen von mächtigen Venengeflechten und von Fettgewebe gefüllten Raum getrennt, das Spatium supra-(epi-)durale. Nur im Bereiche der Kyphose der Brustwirbelsäule liegt sie der Wand des Wirbelkanals unmittelbar an, und auch hier nur mit ihrer Ventralfläche welche neben dem Ligamentum longitudinale posterius durch kurze, eine Verschiebung gestattende Bindegewebszüge mit dem Periost verbunden ist. Im Bereiche der Hals- und Lendenlordose bestehen hier besondere Bindegewebsformationen (siehe S. 203).

Das caudale Ende des Duraschlauches findet man nach Eröffnung des Canalis sacralis gewöhnlich, unabhängig vom Stande des Conus terminalis des Rücken-

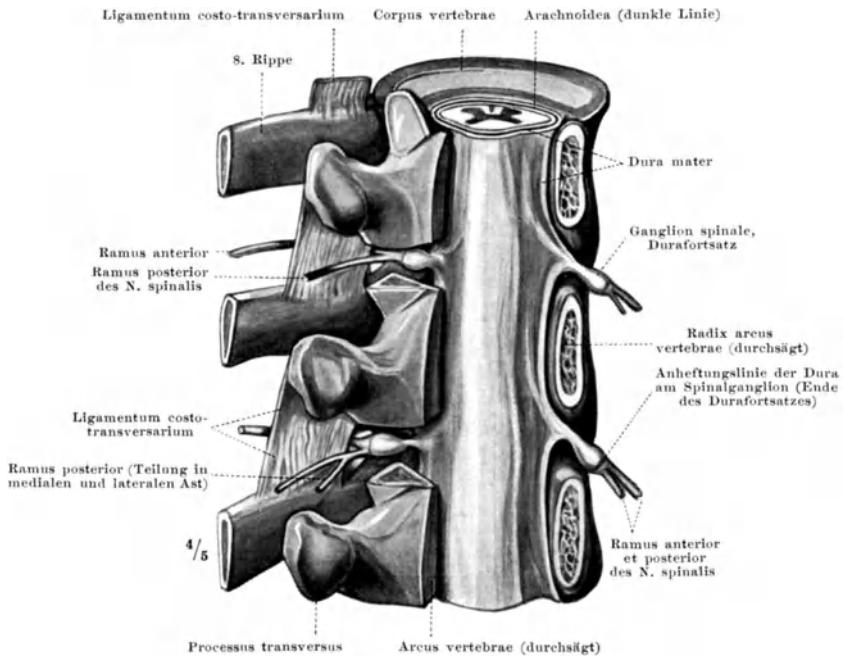


Abb. 123. Dura mater spinalis mit ihren Fortsätzen längs der Nervenwurzeln, von dorsal freigelegt. — Br.

marks, in Höhe des 1.—2. Foramen sacrale internum (Abb. S. 34). Nur wenn der Conus terminalis sehr hoch steht (12. Brustwirbel), liegt die Spitze der Dura wohl immer in der Höhe des 1. inneren Sacralloches. Bei dem S. 33 erwähnten Tiefstand des Conus terminalis (1. Sacralloch) reichte die Dura bis zum 4. Foramen sacrale.

In jeden Canalis intervertebralis sendet die Dura mater einen engen zylindrischen Fortsatz, welcher die vorderen und hinteren Wurzeln des Rückenmarksnerven mit dem Spinalganglion umschließt und in das Perineurium des Spinalnerven übergeht (Abb. S. 202, 206). Innerhalb dieses Fortsatzes sind vordere und hintere Wurzel noch getrennt, vereinigen sich erst an seinem Ende zum Stamm des Spinalnerven. Die Verlaufsrichtung dieser Fortsätze von dem Duraschlauch zu den Zwischenwirbelkanälen ist in verschiedenen Höhen des Rückenmarks verschieden. Im Bereich der Hals- und Lendenlordose verlaufen sie ausgesprochen nach ventral, im Bereiche der Brustkyphose mehr oder weniger nach dorsal, außerdem pflegen sie im Hals- und oberen Brustabschnitt etwas

schräg caudalwärts zu ziehen, im mittleren Brustabschnitt rein quer, vom unteren Brustabschnitt an wieder schräg caudalwärts, je weiter caudal, desto schräger. Gelegentlich verlaufen sie auch im Halsabschnitt rein quer, und häufig im mittleren Brustabschnitt etwas schräg kranialwärts, also rückläufig. Dies hängt zum Teil von der Haltung der Wirbelsäule ab (s. u.), ist aber hauptsächlich Folge von Wachstumsverschiebungen. Wie das Rückenmark, so ist auch der Duraschlauch im Längenwachstum gegenüber der Wirbelsäule zurückgeblieben, wenn auch in geringerem Maße und in anderer Art. Bis zum Bereiche der unteren Halsnerven liegen Nervenaustritt aus dem Rückenmark und Abgangsstelle des Durafortsatzes ungefähr in gleicher Höhe. Dann wird je weiter caudalwärts der Höhenunterschied desto größer, die Nervenwurzeln verlaufen zu ihren Durafortsätzen in der Dura desto schräger. Die Bildung der *Cauda equina* (S. 33 u. Abb. S. 31, 34) erfolgt also innerhalb des Schlauches der Dura und auch der *Arachnoidea*.

Die *Dura mater* ist aufgebaut aus kollagenen Fasern, denen elastische Fasern beigefügt sind. Die Anordnung der Fasern läßt sich als trajektorielle Struktur mit der Hauptbeanspruchung in der Längsrichtung deuten. Ganz ausgesprochen überwiegt in allen Lagen die fast reine Längsrichtung der Fasern, welche von sehr viel weniger queren Fasern, hauptsächlich in den inneren Schichten, rechtwinklig überschritten werden. An den Abgangsstellen der die Nervenwurzeln umhüllenden Fortsätze zeigt sich eine andere, in den verschiedenen Höhen verschiedene Struktur, welche mit der Beanspruchung der Fortsätze als queren und schrägen Verspannungen des Duraschlauches zusammenhängen.

Wie der Bau der *Dura mater* so ist auch die Art ihrer Befestigung im Wirbelkanal den besonderen Beanspruchungen angepaßt. Bei jeder Bewegung des Kopfes und der Halswirbelsäule wird der Duraschlauch mitbewegt. Bei extremer Beugung nach ventral macht sich die Mitbewegung der Dura bis in das untere Brustbereich geltend. Die Dura wird bei der Beugung kranialwärts gezogen und kehrt bei der Streckung in ihre vorige Lage zurück. Ähnliche, aber geringere Verziehungen erleidet sie bei Seit- und Drehbewegungen der Halswirbelsäule, weit geringere bei sonstigen Bewegungen. Sie gleitet dabei mit ihrer Ventralfläche auf dem *Ligamentum longitudinale posterius* der Brustwirbelkörper. Zu dessen Seiten ist sie mit den Wirbelkörpern und Bogenwurzeln durch ganz zartes Bindegewebe verbunden. Nur im Halsbereich ist diese Verbindung, offenbar infolge der Beanspruchung bei den Drehbewegungen, fester und erstreckt sich in Gestalt von derben Zügen auch zwischen die Nervenscheiden: *Ligamentum interspinale cervicale durae matris*. Ein besonderer Befestigungs- und Verstärkungsapparat ist im Bereiche des Atlanto-occipital- und Atlanto-epistrophealgelenkes entwickelt: *Ligamentum craniale durae matris*.

Vom unteren Brustbereich an ändert sich allmählich die Art der Verbindung mit den Wirbelkörpern. In der bis dahin freien Medianebene treten erst schwächere, dann stärkere Faserzüge auf, welche vom *Ligamentum longitudinale posterius* schräg caudalwärts verlaufend sich an der Dura festheften. Gleichzeitig verlieren sich die seitlichen Verbindungen. Die medianen Verbindungen werden im Lendenbereich mächtiger und bilden eine von fetterfüllten unregelmäßigen Lücken durchbrochene sagittale Platte, das *Ligamentum lumbo-sacrale durae matris*, das sich bis in den *Canalis sacralis* erstreckt.

In der Fortsetzung des Filum terminale des Rückenmarks geht von der Spitze des Duraschlauches einer der schon erwähnten Befestigungsstränge zur Wand des Sacralkanals, und zwar zum *Hiatus sacralis*: *Filum terminale durae matris* (Abb. S. 31 u. 34).

Die *Arachnoidea* wiederholt genau die Form des Duraschlauches, auch bezügl. der in die Zwischenwirbelkanäle eintretenden Fortsätze. Sie legt sich *Arachnoidea spinalis*
Abb. S. 32,
201, 202

der Innenfläche der Dura unmittelbar an, ohne jedoch an ihr wirklich befestigt zu sein, außer an den Stellen, wo die Zacken des Lig. denticulatum der Pia mater sich an die Dura anheften und die Arachnoidea sozusagen an die Dura anzwecken. Zwischen Dura und Arachnoidea liegt also nur ein capillarer Spalt, ein „Spatium subdurale“ besteht nur potentia, wird aber in der Leiche häufig gefunden, nachdem der Liquor cerebrospinalis versickert ist, der im Leben den Schlauch der Arachnoidea vollkommen ausfüllt und an die Dura andrückt.

Die Arachnoidea ist eine zarte, durchsichtige, gefäßlose Haut, die in der Längsrichtung leichter spaltbar ist als in der queren. Mit der Pia mater ist sie durch zahlreiche feinste Fädchen verbunden, die als zartes Balkenwerk den liquorerfüllten Subarachnoidalraum durchsetzen. Nur an der Dorsalfläche des Rückenmarks sind sie in der Medianebene dichter gedrängt und können auf kürzere oder längere Strecken eine zwischen Arachnoidea und Pia längsverlaufende Scheidewand bilden, wie sie als Septum posterius manchen Säugtieren regelmäßig zukommt.

Im übrigen wird der Raum zwischen Arachnoidea und pia-umschlossenem Rückenmark von den vorderen und hinteren Wurzeln der Spinalnerven und von vereinzelt größeren Venen durchzogen.

Pia mater
spinalis
Abb. S. 32,
201, 211

Die Pia mater spinalis hüllt das Rückenmark unmittelbar ein, indem sie sich dem marginalen Gliabelag anlegt. Auf die Fila radicularia und die Spinalnerven setzt sie sich als Perineurium fort. Die Fissura ventralis füllt sie mit einer Platte vollkommen aus, so daß diese erst nach Entfernung der Pia sichtbar ist. Die Pia ist die Trägerin der Blutgefäße des Rückenmarks und sendet mit deren Ästen schmale Bindegewebssepten in radiärer Richtung in die weiße Substanz hinein, die sich bei der Ablösung der Pia leicht durchreißen lassen. Die kollagenen Fasern, welche die Pia ebenso wie die Dura und Arachnoidea aufbauen, sind wie bei diesen vorwiegend in der Längsrichtung geordnet. Durch ihre meist sehr ausgesprochene Parallelordnung erhält die Pia den perlmutterartigen Glanz der Sehnen und Bänder, der besonders das Filum terminale als schillernden Faden in der Cauda equina erkennen läßt. Die Längsrichtung der Fasern ist am deutlichsten an der Ventralfläche, wo über der Fissura ventralis ein oft 2—3 mm breites förmliches Längsband ausgebildet zu sein pflegt.

Die Pia bildet eine Art äußeren Skeletes für das Rückenmark, dessen weiche Substanz für sich die Form kaum halten würde. An diesem Skelet ist zugleich der Aufhängeapparat entwickelt, der das Rückenmark im Liquor cerebrospinalis in Schwebelage hält, die beiden Ligamenta denticulata (Abb. S. 31). Als frontal gestellte sehr verschieden breite Platte läuft jedes von ihnen am seitlichen Umfang des Rückenmarks (Abb. S. 201) von der Höhe des 1. Halsnerven bis etwa zu der des 3. Lendennerven herab. Der laterale Rand ist frei, und nur zwischen den Austrittsstellen je zweier Nerven in ihren Durafortsatz ist er mit einer spitzen Zacke an der Dura befestigt, wodurch er ausgebogen wird wie der Rand einer mit Stricken gespannten Wagenplane. Die Zacken setzen nicht immer in der Mitte zwischen den Nerven an der Dura an, gelegentlich fällt einmal eine Zacke ganz aus oder zwei Nachbarzacken rücken nahe an den Nervenfortsatz der Dura und verbinden sich über seiner Öffnung mit einem Sehnenbogen. Die Zacken sind teils kranial- teils caudalwärts gerichtet. Bei der Beugung der Halswirbelsäule werden die Ligamenta denticulata wie die Dura gespannt. — Die Anheftung des Ligamentum denticulatum an der Seitenfläche des Rückenmarks bringt es mit sich, daß die vorderen Wurzeln ventral, die hinteren dorsal von dieser frontalen Platte verlaufen (Abb. S. 31, 201).

Nach neueren klinischen Erfahrungen wird angenommen, daß die Pia mater spinalis an der Bildung des im Cavum subarachnoidale enthaltenen Liquor cerebrospinalis beteiligt ist. Welche ihrer Gewebsteile solche Funktion ausüben, ist nicht geklärt.

Der Liquor cerebrospinalis ist eine wasserklare, von geformten Bestandteilen freie Flüssigkeit, die außer im Subarachnoidalraum des Rückenmarks und Gehirns auch in den Ventrikeln des Gehirns und im Centralkanal des Rückenmarks enthalten ist. Trübung des Liquor und Zellgehalt sind stets krankhaften Ursprungs. Seine Gewinnung für die diagnostische Untersuchung geschieht durch die Lumbalpunktion: das Einstechen einer Hohlnadel zwischen den Dornen des 4. und 5. Lumbalwirbels. Die Wahl des Einstichortes hat dreifache anatomische Begründung: 1. das Rückenmark kann nicht verletzt werden, da es schon höher oben endigt; die Wurzelbündel der Cauda equina weichen der vordringenden Nadel aus, 2. zwischen den Dornfortsätzen und Bögen der Lendenwirbel ist, im Gegensatz zur Brustwirbelsäule, hinreichend Zwischenraum für die Nadel, 3. der Liquor cerebrospinalis wird aus dem Ende des Subarachnoidalraumes entnommen, wohin etwa vorhandene zellige Elemente sich senken.

Liquor
cerebro-
spinalis

Über die Gewinnung des Liquor durch den Suboccipitalstich siehe S. 209.

2. Hüllen des Gehirns.

Im Umfang des Foramen occipitale magnum geht die Dura mater spinalis in die Dura mater cerebri über, indem sie sich zugleich mit dem Periost des Wirbelkanals zu einer einheitlichen Haut verbindet: die Dura cerebri bildet gleichzeitig das Periost an der Innenfläche der Schädelknochen. Sie ist denn auch viel mehr ein wesentlicher Bestandteil der Schädelkapsel als eine Hülle des Gehirns. Als solche erscheint sie lediglich, wenn die Knochen des Schädels entfernt sind (Abb. S. 206).

Dura mater
cerebri
Abb. S. 206,
208

Als Bestandteil der Schädelkapsel bietet sie zum Teil stammesgeschichtlich primitivere Verhältnisse als der knöcherne Schädel, besonders mit Rücksicht auf die Lage der Ganglien der Kiemennerven. Diese Ganglien liegen ursprünglich sämtlich außerhalb des Schädels, wie es das Ganglion nodosum des Vagus und das Ganglion petrosus des Glossopharyngeus auch beim Menschen noch tun. Die beiden anderen Ganglien dieser Nerven liegen schon in der Schädelwand selber, im Foramen jugulare, das Ganglion geniculi des Facialis ebenso im Canalis facialis des Os petrosus, das Ganglion des Trigeminus vollkommen innerhalb des knöchernen Schädels, auf der Impressio trigemini der vorderen Fläche der Felsenbeinpyramide. Betrachtet man aber die duraausgekleidete Innenfläche der Schädelwand, so liegen sämtliche Ganglien außerhalb des von der Dura umschlossenen Schädelraumes, auch das Trigeminusganglion. Vom Gehirn her verfolgt tritt der Trigeminus durch die Dura hindurch, und erst jenseits des Durchtrittes findet sich das Ganglion semilunare zwischen Dura und Knochen (im sog. MECKELschen Raum). Die Entwicklungsgeschichte zeigt, daß die Dura im Bereiche des Trigeminusdurchtrittes an der Stelle der ursprünglichen Seitenwand des Schädels liegt, die im übrigen zugrunde gegangen ist. Der Nervus hypoglossus tritt in zwei getrennten Bündeln durch die Dura, Accessorius und Vagus und Glossopharyngeus durchsetzen sie gesondert (Abb. S. 208).

Die Fossa hypophyseos und damit die Hypophyse liegen außerhalb des von der Dura umschlossenen Schädelraumes: zwischen den Processus clinoides ist eine Duraplatte ausgespannt wie der Baldachin eines Renaissancebettes: Diaphragma sellae turcicae. Es hat eine Öffnung für den Durchtritt des Hypophysenstieles (Abb. S. 208).

Die Dura ist jedoch nicht nur das innere Periost des Schädels (Dura parietalis), sondern sie bildet durch eine frei in den Schädelraum einspringende sagittale und quere Platte (Abb. S. 208) ein inneres Spannungssystem des

Schädels, das besonders in dem leicht deformierbaren Schädel des Neugeborenen und dem wachsenden des Kindes von Wichtigkeit für den Zusammenhalt des Schädelgewölbes ist. Die sagittale Platte heißt Sichel, Falx cerebri, die quere das Zelt, Tentorium cerebelli.

Die Falx beginnt vorn an der Crista galli und ist am Schädeldach längs der ganzen Mittellinie bis zur Protuberantia occipitalis interna befestigt (Abb. S. 208). Ihr rückwärtiger Abschnitt geht jederseits in die quere Verspannung, das

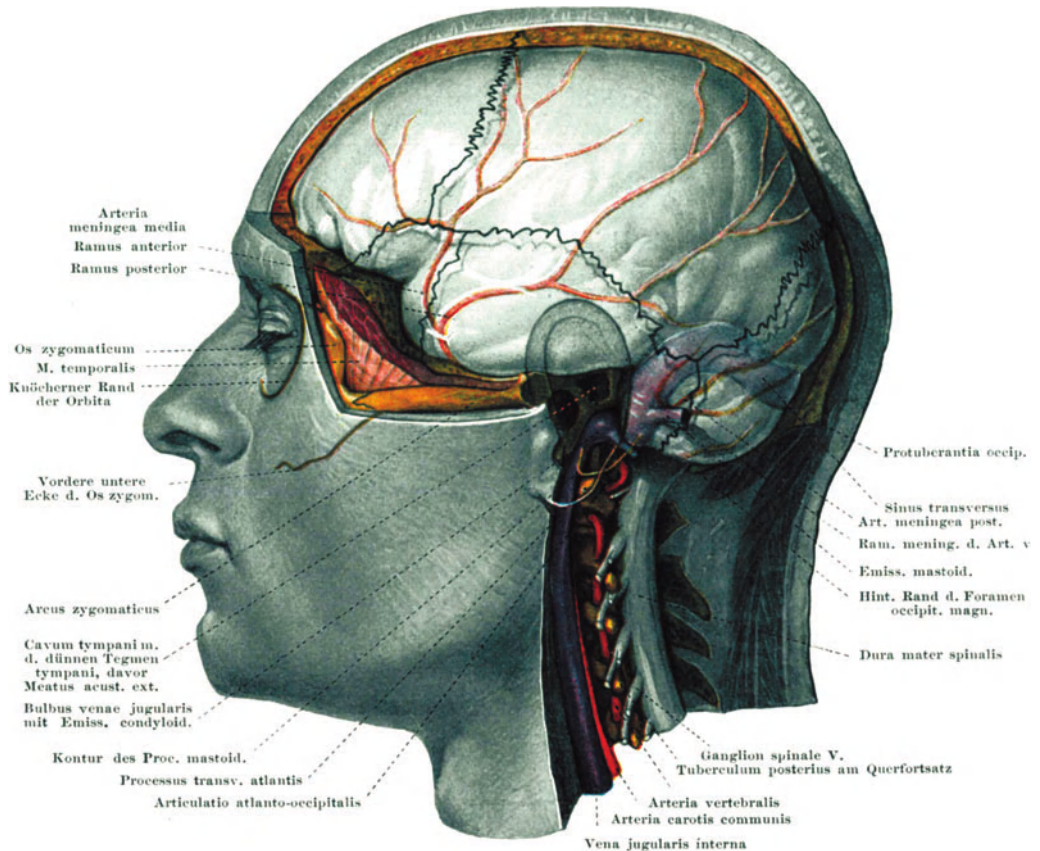


Abb. 124. Dura mater cerebri und kranialer Teil der Dura mater spinalis mit ihren topographischen Beziehungen. Für die Orientierung über die Lage der A. meningea media und des Sinus sigmoides sind die äußeren Schädelnähte eingezeichnet, die Reste der inneren Nähte an der Dura sind weggelassen. Präparat von Prof. Dr. VOSS. Zeichnung von E. LEVIN, überarbeitet von A. VIERLING.

Tentorium über, das, der Gestalt eines geschwungenen chinesischen Daches ähnlich, gegen die Seitenwand des Schädels abfällt und sich längs des Sulcus transversus und der oberen Felsenbeinkante bis zum Processus clinoides posterior und anterior anheftet. Falx wie Tentorium haben bogenförmige freie Ränder. Die Falx ist zwischen die beiden Großhirnhemisphären, in die Fissura mediana cerebri, eingelagert, erreicht jedoch nicht den Balken, das Tentorium zwischen die Hinterhauptslappen des Großhirns und das Kleinhirn (daher Tentorium „cerebelli“). Der vordere Rand des Tentoriums umgreift in weitem Bogen das Mittelhirn.

Wie die ganze Dura, so zeigen auch Falx und Tentorium den sehnigen Glanz parallelfaserigen Bindegewebes. Die Dura parietalis an der Seitenwand und am

Dach des Schädels besteht aus zwei Lagen sich winklig überschneidender Faserbündel. In der inneren Lage ziehen die Bündel in der Richtung von hinten unten schräg nach vorn oben. In der Falx überwiegen zwei Strahlungen: die vordere Sichelstrahlung breitet sich von der Crista galli fächerförmig aus. Die vordersten, kürzesten Fasern, heften sich an die Squama frontalis längs der Mittellinie an, die längeren erreichen die Kranznaht, die längsten mitunter die Squama occipitalis. Die längsten Fasern bilden den vorderen Abschnitt des unteren Randes der Sichel. Die Fasern der sehr viel mächtigeren und höheren hinteren Sichelstrahlung, welche zugleich die Verspannung des Tentoriums darstellt, beginnen an der Protuberantia occipitalis interna und am Sulcus transversus sowie an der oberen Felsenbeinkante, bilden zunächst die obere Schicht des Tentorium und biegen, an der Mittellinie angelangt, in scharfen Bögen nach aufwärts in die sagittale Richtung der Falx um. Die Fasern von der Felsenbeinkante heften sich hauptsächlich an der Hinterhauptsschuppe fest, die vom Sulcus transversus, stärker ausgeprägten, bilden, oft in einzelnen Büscheln, einen breiten Fächer, der von der Hinterhauptsschuppe, die Felsenbeinfasern verdeckend, bis zur Stirnschuppe reicht (Abb. S. 208). Die vordersten Fasern bilden den freien Sichelrand in seinem rückwärtigen Abschnitte. Ihre Enden überschneiden sich mit den Fasern der vorderen Sichelstrahlung. Dort, wo die randbildenden Fasern der vorderen und hinteren Sichelstrahlung sich treffen, ist die dünnste Stelle der Sichel. Sie liegt unterhalb der Kranznaht. Im höheren Alter ist sie meist netzartig durchbrochen oder zusammen mit der vorderen Sichelstrahlung großenteils geschwunden, so daß von der Sichel im vorderen Abschnitt nur noch eine niedrige Platte übrig bleibt. Auch bei jugendlichen Individuen wird gelegentlich dieses Verhalten gefunden.

Das Tentorium besteht aus zwei fest miteinander verbundenen Lagen. Die obere Lage wird von den queren Anteilen der hinteren Sichelstrahlung gebildet. Die Fasern der unteren Lage beginnen an der Eminentia cruciata und ziehen in der Längsrichtung nach vorn, die seitlichen zur oberen Felsenbeinkante gegen die Spitze der Pyramide hin, die mittleren, besonders stark im freien Tentoriumrande, zu den Processus clinoidi und zum anschließenden Teile des kleinen Keilbeinflügels. In der Mittellinie schließen die Längsfasern der unteren Tentoriumlage nicht aneinander, sondern lassen unter der Sichel bzw. unter dem hier eingelagerten Sinus rectus (Abb. S. 208) einen Streifen frei bis zum freien vorderen Rande des Tentoriums, der deshalb neben der Sichel dünner ist als seitlich. Die neben der Mittellinie laufenden, besonders dicht gedrängten Fasern setzen sich nach rückwärts und abwärts deutlich in die Dura parietalis der Fossae cerebellares des Occipitale fort, vereinigen sich dabei zu einer niedrigen sagittalen Platte, die sich am unteren Schenkel der Eminentia cruciata anheftet (Falx cerebelli).

Bei Neugeborenen ist die Dura allenthalben fest mit dem Knochen verbunden. Mit der Festigung des Schädels durch Bildung der Compacta während des Wachstums geht jedoch darin eine Änderung vor sich: spätestens vom 10. Lebensjahre an läßt sich die Dura vom Knochen verhältnismäßig leicht lösen außer von den mittleren Partien der Schädelbasis. Auch am Ansatz von Sichel und Tentorium längs des Sulcus sagittalis bzw. transversus haftet sie fester. Am festesten und nur mit dem Messer löslich ist die Verbindung mit Crista galli, Processus clinoidi und Crista petrosa.

Die Dura des Schädels besitzt ein eigenes Gefäßsystem, das aus einer Anzahl von Arterien, Arteria meningeae, aus dem Gebiete der Arteria carotis externa gespeist wird. Nur in der vorderen Schädelgrube wird sie von der Arteria carotis interna durch die Arteria ophthalmica und ihre Zweige, die Arteriae ethmoidales, versorgt. Die stärkste Arterie ist die durch das Foramen spinosum eintretende

Arteria meningea media aus der Maxillaris interna (Abb. S. 206). Sie anastomosiert regelmäßig durch die Fissura orbitalis superior oder durch ein eigenes Foramen seitlich von ihr mit der Arteria lacrimalis, einem Aste der Arteria

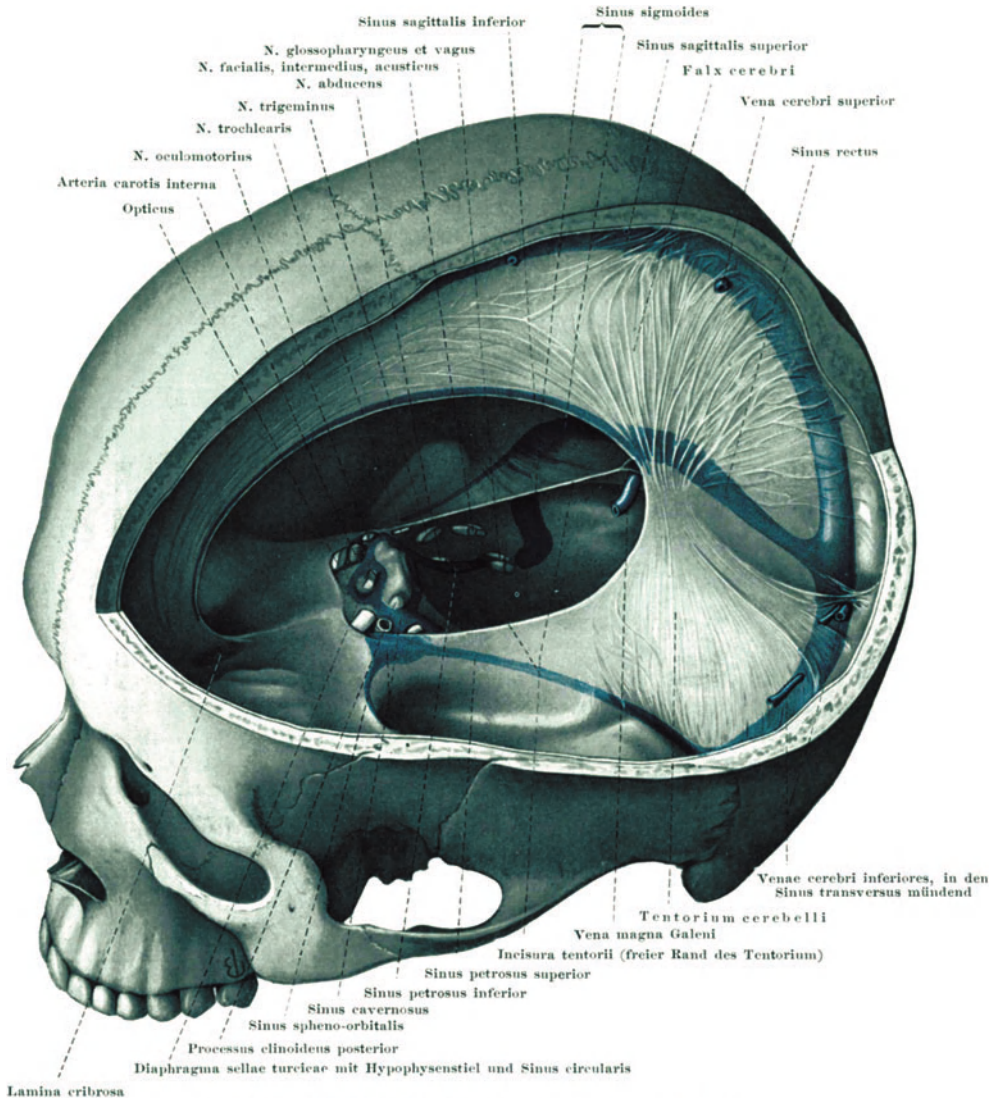


Abb. 125. Dura mater cerebri mit den Sinus durae matris.

ophthalmica. Gelegentlich fehlt der typische Ursprung aus der Maxillaris interna, und die Meningea media kommt aus der Lacrimalis. Die Dura der Hinterhauptsgegend wird versorgt von einem Aste der A. pharyngea ascendens (aus der Carotis externa), der mit dem N. vagus durch das Foramen jugulare in den Schädel eintritt: A. meningea posterior. Sehr regelmäßig kommt noch ein Ast der A. vertebralis hinzu (Abb. S. 206). — Die Venen der Dura mater verlaufen, meist paarig, mit den Arterien.

Entsprechend dem Aufbau der Dura aus zwei Faserlagen sind auch die Gefäße in ihr in zwei Lagen angeordnet, die der äußeren Lage geben zahlreiche Äste in den Knochen ab, die der inneren Lage sind durch ihren, besonders im höheren Alter stark ausgeprägten gewundenen Verlauf ausgezeichnet. Die Gefäße beider Lagen stehen in vielfacher Verbindung miteinander.

Die Arachnoidea des Rückenmarks erweitert sich im Bereiche der oberen Halssegmente allmählich kegelförmig (Bd. 2, Abb. S. 75) und nimmt im Schädel die Form des duraausgekleideten Schädelinnenraumes an, dem sie sich allenthalben unmittelbar anschmiegt. Sie bildet also einen rundlichen Sack, mit den tiefen durch Falx und Tentorium bedingten Einschnitten. Der von der Pia mater überzogenen Oberfläche des Gehirns liegt sie nur dort auf, wo sich diese Oberfläche der Dura anlagert: den Kuppen der Großhirnwindungen und der Oberfläche des Kleinhirns. Überall sonst ist sie durch den mehr oder weniger weiten, von Liquor cerebrospinalis erfüllten Subarachnoidalraum vom Gehirn getrennt. Sie ist der Form des Schädelraumes, nicht der des Gehirnes angepaßt. Infolgedessen erscheint sie über alle Einsenkungen der Gehirnoberfläche glatt hinweggespannt, über die Furchen des Großhirns wie über die Fossa interpeduncularis oder über die Einsenkung zwischen Unterfläche des Kleinhirns und Medulla oblongata. An diesen Stellen ist infolgedessen der Subarachnoidalraum entsprechend tief, und man hat sich gewöhnt, diesen besonders tiefen Stellen des einheitlichen Raumes die Bezeichnung Cisternen zu geben. So unterscheidet man eine Cisterna cerebello-medullaris zwischen Kleinhirn und Medulla (Bd. 2, Abb. S. 75), aus welcher durch den „Suboccipitalstich“ (Einführen der Hohlneedle zwischen Os occipitale und Atlas) der Liquor cerebrospinalis entnommen wird; eine Cisterna basalis von den Pyramiden bis zum Chiasma opticum, gewöhnlich eingeteilt in Cisterna pontis, Cisterna interpeduncularis und Cisterna chiasmatis; die Cisterna corporis callosi längs des Balkens, dem Abstand des Randes der Falx vom Balken entsprechend vorn vor dem Balkenknie und der Lamina terminalis sehr tief, gegen das Splenium hin zunehmend flacher; die Cisterna fossae Sylvii. Zwischen Vorderfläche des Kleinhirns, Vierhügelplatte und Splenium corporis callosi besteht keine eigentliche Cisterne, der Raum ist vielmehr durch derbes, wenn auch weitmaschiges piales Bindegewebe ausgefüllt, in welches die Epiphyse und der Recessus suprapinealis eingebettet sind.

Die Gehirnnerven und der Fasciculus opticus sind von trichterförmigen Fortsätzen der Arachnoidea begleitet ähnlich wie die Spinalnerven. Längs des Opticus reicht die Arachnoidea mit der Dura bis zum Augapfel.

Der einheitliche Subarachnoidalraum steht mit dem Hohlraum des Hinterhirns, dem Ventriculus IV., infolge nachträglicher Eröffnung der Hirnwand in offener Verbindung: Apertura mediana und Aperturæ laterales ventriculi quarti (S. 72).

In der Nachbarschaft der venösen Blutleiter der Dura mater, der Sinus duræ matris, besonders des Sinus sagittalis superior finden sich an der Oberfläche der Arachnoidea kurze gefäßlose Fortsätze in Form gestielter Knötchen, Arachnoidalzotten, PACCHIONISCHE Granulationen. Sie sind sozusagen nach außen vorspringende Verdichtungen der zarten Bindegewebsfädchen, welche von der Pia zur Arachnoidea durch den Subarachnoidalraum sich ausspannen, sind also an ihrer Außenfläche von der Membran der Arachnoidea überzogen. Sie dringen in das Gewebe der Dura ein, besonders im Bereiche der Sinus und ihrer seitlichen Ausbuchtungen, liegen also in die Dura mater eingebettet, die über ihnen zu einer ganz zarten, mit bloßem Auge nicht erkennbaren Hülle verdünnt ist. Die größte Zahl der Arachnoidalzotten ist in die mittlere Partie des Sinus sagittalis superior und seine Lacunen vorgetrieben, doch kommen sie auch in Sinus

rectus, Sinus transversus und Sinus petrosus superior vor. Sie treten erst etwa im 10. Lebensjahre auf und nehmen mit dem Alter an Zahl zu, jedoch individuell außerordentlich verschieden. Im höheren Alter können sie auch unabhängig von den venösen Blutleitern in die Dura, ja in den Knochen eindringen und die als Foveolae granulares (PACCHIONI) benannten Grübchen der Innenfläche der Schädelkapsel erzeugen, an deren Bildung auch die Lacunae lateralis der Sinus beteiligt sein können. Selten stehen die Zotten einzeln, meist in dichten Rasen. Beim Abheben der Dura von der Arachnoidea reißt der größte Teil von ihnen an den dünnen Stielen ab und bleibt in der Dura stecken.

Pia mater
cerebri
Abb. S. 127

Die Pia mater cerebri überzieht das Gehirn, allen Einzelheiten seiner Oberflächenausgestaltung folgend. Sie senkt sich in die Furchen des Groß- und Kleinhirns, bildet mit den zu einer Lamina epithelialis verdünnten Teilen der Hirnwand die Telae chorioideae und dringt demgemäß mit dem Plexus chorioidei in die Hirnkammern ein. Überall kennzeichnet sie die äußere Oberfläche des Gehirns, auch dort, wo diese durch Überlagerung von anderen Hirnteilen in der Tiefe versteckt ist wie die äußere Oberfläche etwa des Thalamus (zwischen Taenia thalami und Rand der Lamina affixa (Abb. S. 119, 159, 90). Während sie im Bereiche des Rückenmarks aus vorwiegend längsgerichteten Fasern besteht, ist sie am Hirnstamm hauptsächlich quergefasert.

In der Pia mater laufen die Blutgefäße, ein reiches Netz bildend, ehe sie in die Substanz des Gehirns eintreten bzw. nachdem sie als Venen aus ihr ausgetreten sind. Jedoch liegen innerhalb der Pia nur die Gefäße bis zu $\frac{1}{2}$ —1 mm Querschnitt, die größeren verlaufen mehr oder weniger frei im Subarachnoidalraum.

3. Die Blutgefäße des Rückenmarks.

Dem segmentalen Bau des Rückenmarks, der segmentalen Anordnung seiner Nerven entspricht die Versorgung mit segmentalen Blutgefäßen. In embryonaler Zeit geht von jedem segmentalen Aste der Aorta ein Zweig mit dem segmentalen Nerven zum Rückenmark, so daß dieses in streng segmentaler Abfolge von Arterien versorgt wird, denen segmentale Venen entsprechen. Diese segmentalen Rami spinales bleiben weiterhin erhalten, jedoch erreichen sie nicht mehr alle das Rückenmark, sondern erschöpfen sich in der Versorgung des Spinalnerven mit seinem Ganglion und seinen vorderen und hinteren Wurzeln. Von den der Zahl der Nerven entsprechenden etwa 30 Arterien jederseits sind an der Versorgung des Rückenmarks nur durchschnittlich 12 auf jeder Seite beteiligt. Sie treten entweder längs der hinteren oder der vorderen, seltener mit je einem Zweige längs beider Wurzeln an das Rückenmark, teilen sich in einen auf- und einen absteigenden Ast und bilden durch deren Verbindungen drei Längsstämme, die Arteria spinalis anterior in der Fissura anterior, und die Arteriae spinales posteriores, jederseits im Winkel zwischen hinteren Wurzeln und Seitenfläche des Rückenmarks.

Die niemals symmetrisch angeordneten und nach Zahl und Verlauf individuell sehr schwankenden Arterien verteilen sich nicht gleichmäßig auf die verschiedenen Abschnitte des Rückenmarks: die mit vorderen Wurzeln verlaufenden sind am zahlreichsten am Halsmark, die mit hinteren Wurzeln am Brust- und oberen Lendenmark, caudal vom 3. Lendennerven erhalten die Arteriae spinales keinen neuen Zufluß mehr. Ihre kranialsten Zuflüsse erhalten sie aus den Arteriae vertebrales. Unmittelbar nach dem Durchtritt durch die Dura mater gibt jede von diesen eine Arteria spinalis posterior an das Rückenmark, und kurz vor der Vereinigung zur Arteria basilaris entspringt jederseits eine Arteria spinalis anterior, welche längs der Pyramide der Medulla oblongata gegen das Rückenmark zieht, wobei die eine sich meist erschöpft, so daß

nur eine von beiden als *Arteria spinalis anterior* in die *Fissura ventralis* des Rückenmarks eintritt.

Die drei Längsstämme sind durch zahlreiche Anastomosen miteinander verbunden, so daß das Rückenmark im ganzen von einem weitmaschigen Arterien-netz umgeben ist.

Die Venen bilden ein ähnliches Netz, in welchem auf Vorder- und Rück-fläche je ein Längsstamm besonders entwickelt ist. Die Abflüsse dieser beiden Längsstämme ziehen mit den vorderen bzw. hinteren Wurzeln und münden nach Durchsetzung der *Dura mater* in die mächtigen Venengeflechte des Wirbelkanals. Sie sind bis zum Durchtritt durch die *Dura* klappenlos. In ihrem Verlaufe sind sie unabhängig von den Arterien.

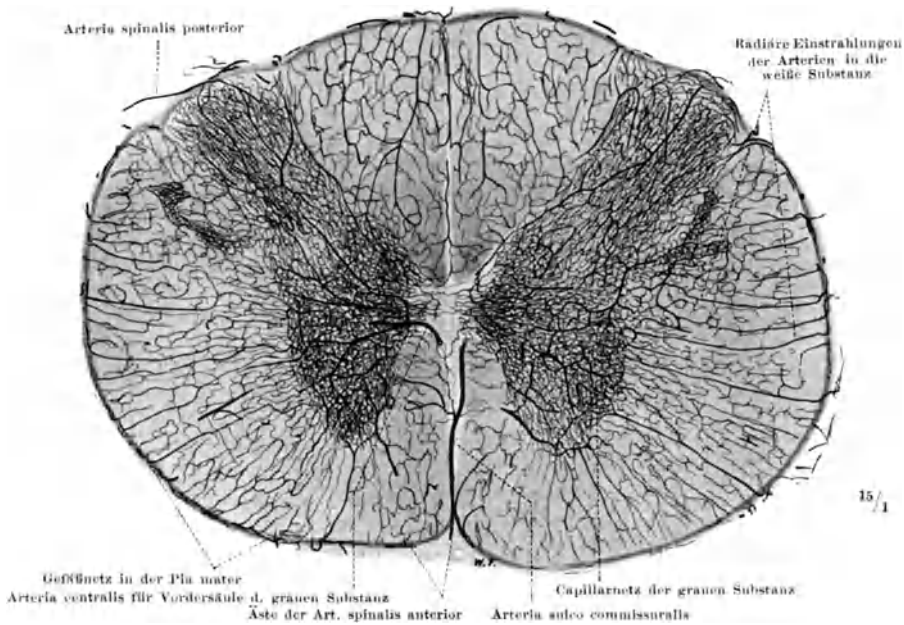


Abb. 126. Rückenmark (Mensch?), Querschnitt, Blutgefäße injiziert — Br.

Alle bisher geschilderten Gefäße liegen und verzweigen sich in der *Pia mater*, in ihr ein feines Gefäßnetz bildend. Aus diesem treten die Äste in großer Zahl in die Substanz des Rückenmarks, in welcher sie längs der Pia-septen in radiärer Richtung verlaufen (Abb. S. 211). Die von ihnen abgehenden Zweige halten vorwiegend die Längsrichtung ein. Besonders starke und einigermaßen regelmäßige Äste (*Arteriae sulco-commissurales*) entspringen aus der *Arteria spinalis anterior*, und zwar unmittelbar: in jedes Rückenmarksegment entsendet diese etwa sechs Zweige, die für rechte und linke Seite getrennt und meist alternierend ihren Ursprung zu nehmen pflegen. Ventral von der *Commissura alba* treten sie in das Rückenmark ein und verzweigen sich, hauptsächlich in der Längsrichtung, in der grauen Vordersäule (*Arteriae centrales*).

Alle in das Rückenmark eintretenden Arterien sind Endarterien: sie haben keine präcapillaren Anastomosen untereinander. Aber das Capillarnetz ist gemeinsam, und so wird jede Ganglienzellgruppe von verschiedenen Arterien mit Blut versorgt. Das Capillarsystem selbst ist in der grauen Substanz, entsprechend dem lebhaften Stoffwechsel der Ganglienzellen, erheblich reicher als in der weißen Substanz (Abb. S. 211).

4. Blutgefäße des Gehirns.

a) Arterien des Gehirns.

Das Gehirn wird mit Arterien aus zwei Quellen versorgt: aus der Arteria vertebralis, der Längsanastomose zwischen den segmentalen Arterien des Halses, und aus der Arteria carotis interna. Ohne Rücksicht auf die stammesgeschichtliche Entwicklung des Gehirns, besonders des Großhirns, verteilen sich beim Menschen (bei den verschiedenen Säugetieren verhalten sich die Hirnarterien sehr verschieden) die beiden Arterien derart, daß die Arteria carotis interna den vorderen, die Arteria vertebralis den rückwärtigen Abschnitt des Gehirns versorgt. Die Grenze zwischen beiden Arteriengebieten liegt ziemlich genau in einer schrägen Ebene, welche man sich am Sagittalschnitt (Abb. S. 77) darstellen kann, indem man von Beginn des Sulcus parieto-occipitalis an der Mantelkante aus an das Corpus mamillare die Tangente legt. Was stirnwärts von dieser Linie liegt, ist Gebiet der Carotis interna, was rück- und abwärts Gebiet der Vertebralis. Letztere versorgt also Hinterhirn einschließlich Kleinhirn, Mittelhirn, rückwärtigsten Teil des Thalamus und der Capsula interna, einen kleinen Teil des Splenium corporis callosi, den Hinterhauptslappen des Großhirns und den basalen Teil des Schläfenlappens. Der Pol des Schläfenlappens ist schon Carotisgebiet wie der ganze Zwischenhirnboden einschließlich Hypophyse. Selbstverständlich wird diese Linie nicht streng als Grenze eingehalten, sie bezeichnet jedoch sehr gut das schmale Übergangsgebiet zwischen den beiden Arterienbereichen, das bald mehr von der einen, bald von der andern Arterie versorgt wird, zumal sich regelmäßig sowohl an der Basis des Hirnstammes wie an der Konvexität und Medialfläche der Großhirnhemisphären Anastomosen zwischen den Ästen der Carotis und der Vertebralis finden.

An der Hirnbasis zeigen die Arterien mit ihren Anastomosen eine sehr typische Anordnung, die als der *Circulus arteriosus Willisii* bezeichnet wird. Die beiden Arteriae vertebralis, meist ungleichen Kalibers, nachdem sie die Querfortsatzlöcher der Halswirbel durchsetzt, sich im Sulcus arteriae vertebralis des Atlas medialwärts gewendet und die Dura mater und Arachnoidea zusammen mit dem ersten Cervicalnerven durchsetzt haben, ziehen im Cavum subarachnoidale schräg nach vorn und vereinigen sich am hinteren Rande der Brücke unter spitzem Winkel (beim Fetus am Hinterrande der Oliven unter rechtem Winkel) zur unpaaren Arteria basilaris. Inselbildungen an dieser Arterie oder eine kurze, unvollständige Scheidewand in ihrem Innern deuten nicht selten noch ihren ursprünglichen paarigen Zustand an. Am vorderen Rande der Brücke teilt sie sich in die beiden Arteriae cerebri posteriores, welche vor den Nervi oculomotorii seitwärts um den Hirnschenkel herumlaufen.

Von ihnen zieht jederseits ein Verbindungszweig (*Ramus communicans posterior*) zur Arteria carotis interna, welche zwischen *Processus clinoides anterior* und *medius* die Dura mater durchsetzt hat (Abb. S. 208) und in die *Cisterna chiasmatis* eingetreten ist. Sie teilt sich alsbald in zwei große Äste, die Arteria cerebri media (*Arteria fossae Sylvii*) und die Arteria cerebri anterior (*Arteria corporis callosi*). Die beiden Arteriae cerebri anteriores sind vor dem *Chiasma opticum* durch eine kurze quere Anastomose (*Ramus communicans anterior*) in Verbindung gesetzt, wodurch der „*Circulus*“ geschlossen ist. — Die Weite der Verbindung zwischen *Vertebrales* und *Carotiden* durch die *Rami communicantes posteriores* ist nur gering — gelegentlich kann auch einer der *Rami communicantes* fehlen —, so daß der etwa plötzlich unterbrochene Zustrom des Blutes in einer der *Carotiden* nicht völlig von den *Vertebrales* her ersetzt werden kann.

Die Äste der *Vertebralis* schließen mit den *Arteriae spinales* (S. 210) an die Arterien des Rückenmarks an. Die *Vertebrales* und die *Basilaris* versorgen weiterhin mit zahlreichen Zweigen das Hinterhirn bis einschließlich Brücke.

Mit drei besonderen Arterien wird das Kleinhirn versorgt: die *Arteria cerebelli inferior* entspringt von der *Vertebralis* und tritt zwischen den Wurzelbündeln des *Nervus hypoglossus* zur Unterfläche des Kleinhirns; die *Arteria cerebelli media* aus der *Basilaris* wendet sich zur Seitenfläche, die *Arteria cerebelli superior* zur oberen Fläche des Kleinhirns. Die beiden *Arteriae cerebelli superiores* entspringen aus der *Basilaris* kurz vor deren Teilung in die *Arteriae cerebri posteriores* und verlaufen zunächst annähernd parallel mit diesen um die Hirnschenkel herum. Zwischen beiden Arterien tritt der *Nervus oculomotorius* hervor. — Die in ihrer Stärke und in ihren Versorgungsgebieten individuell und zwischen rechts und links sehr variablen *Arteriae cerebelli* verzweigen sich an der Oberfläche des Kleinhirns, ihre Äste dringen als Enderarterien von den Kuppen der Windungen und von den Furchen aus in die Hirnsubstanz ein und geben bei ihrem Verlauf in die Tiefe sowohl an die Rinde wie an das Mark Zweige für das Capillarnetz ab. Eigene Rinden- bzw. Markarterien gibt es nicht. Das durchgehende Capillarnetz ist in der grauen Substanz dichter als in der weißen, besonders dicht in den Kleinhirnkernen.

Das Mittelhirn ist Gebiet der *Arteria cerebri posterior*. Bei und unmittelbar nach ihrem Ursprung aus der *Arteria basilaris* sendet sie ein Büschel feiner Äste in die *Fossa interpeduncularis* (*Substantia perforata posterior*), gibt bei ihrem Verlauf um den Hirnschenkel Äste ab zum Hirnschenkel, zum Dach des Mittelhirns, zur *Tela chorioidea ventriculi III.* und zum *Splenium corporis callosi*. Der stärkste Ast wendet sich zum Hinterhauptslappen des Großhirns und versorgt diesen ganz und gar, sowie den basalen Teil des Schläfenlappens.

Die *Arteria carotis interna* teilt sich in der *Cisterna chiasmatis* in zwei große Äste, *Arteria cerebri anterior* und *media*. Die *Arteria cerebri anterior* begibt sich dorsal vom *Opticus* zur *Fissura mediana cerebri*, an deren Eingang sie sich mit ihrem Partner von der Gegenseite durch den *Ramus communicans anterior* in Verbindung setzt, und läuft an der Medialfläche der Hemisphäre vor dem Balkenknie nach aufwärts und nahe dem Balken nach rückwärts (daher auch *Arteria corporis callosi* genannt). Im ganzen versorgt sie die basale und mediale Fläche des Stirnlappens sowie die mediale Fläche des Scheitellappens. Sie reicht bis zur Mantelkante und greift von hier aus auch noch ein wenig auf die laterale Fläche über. Ihre Zweige laufen wie die der anderen Großhirnarterien teils in den Furchen, teils über die Windungen. — Die *Arteria cerebri media* tritt über die *Substantia perforata anterior* und das *Limen insulae* in die *Fossa Sylvii* ein (daher *Arteria fossae Sylvii*), teilt sich hier in eine Anzahl von Zweigen auf, welche um die Ränder der *Opercula* herumgreifend auf die Konvexität der Hemisphäre treten und sich hier verteilen. Ihr Gebiet ist außer der Insel die laterale Fläche von Stirn-, Scheitel- und Schläfenlappen sowie Schläfenpol (auch dessen basale Fläche). Unmittelbar nach ihrem Ursprung aus der *Arteria carotis interna* gibt die *Arteria cerebri media* die *Arteria chorioidea* ab, welche nach rückwärts ziehend in den *Plexus chorioideus* des Seitenventrikels eintritt, vorher noch den *Tractus opticus*, *Nucleus amygdalae* und den *Pes hippocampi* versorgt. Weiter entsendet die *Arteria cerebri media* eine Anzahl Zweige (10—18) in die *Substantia perforata anterior* und durch diese, vor ihrem Verlauf über die Inselschwelle, zu Basalganglion, *Capsula interna* und *Thalamus*. Diese Zweige ziehen innerhalb der Hirnsubstanz durch den Linsenkern nach aufwärts und im Bogen medialwärts. Die medialen von ihnen versorgen *Globus pallidus*, *Capsula interna* und *Thalamus* (*Arteriae lenticulo-thalamicae*), die

lateralen Putamen, Capsula interna und Nucleus caudatus (Arteriae lenticulo-striatae). Unter diesen lateralen ist meist eine, welche an der Außenfläche des Putamen emporzieht, besonders groß. Sie ist es, welche bei krankhaften Veränderungen am häufigsten zerreißt und eine innere Hirnblutung erzeugt, daher wird sie auch als „Arterie der Hirnhämorrhagie“ bezeichnet. — Der Kopf des Nucleus caudatus und der mit ihm zusammenhängende vorderste Teil des Linsenkerns werden nicht von der Arteria cerebri media, sondern von der Arteria cerebri anterior versorgt, durch einen kleinen Zweig, welcher am Vorder- rand der Substantia perforata anterior in die Hirnsubstanz eintritt (Arteria striata anterior, HEUBNERSche Arterie).

Das Ver-
halten der
Arterien
innerhalb
der Hirn-
substanz

Die ganz überwiegende Zahl der feinen Arterienäste, welche aus der Pia in die Hirnsubstanz selber eintreten, geht nicht wie die beschriebenen größeren unmittelbar aus den großen Arterien und ihren größeren Verzweigungen hervor, sondern aus einem Netz, zu welchem sich innerhalb der Pia die Äste der Arterien verbinden. Erst aus diesem reichen Netz gehen die Zweige hervor, die die Substanz des Gehirns selber versorgen: die Pia verhält sich zu Hirn und Rückenmark ähnlich wie das Periost zum Knochen.

In der Hirnsubstanz laufen die Äste zunächst senkrecht zur Oberfläche in die Tiefe und biegen erst in der Tiefe, und auch nur zum Teil, aus dieser Richtung ab. Anastomosen der Arterien oder ihrer Zweige untereinander werden nur ganz selten gefunden. Hingegen ist das Capillarnetz, das ununterbrochen durch das Gehirn ausgebreitet ist, allen Arterien gemeinsam. Bei dem Mangel an präcapillaren Verbindungen sind sie als Endarterien zu betrachten. So wie die Vertebralis und Carotis in ihren Verbreitungsgebieten sich nicht an die stammes- oder einzelgeschichtliche Zugehörigkeit der Hirnabschnitte halten, so auch nicht die feinen Zweige in der Hirnsubstanz selber. Sie dringen von der Oberfläche in die Tiefe und versorgen alle Teile, die sie dabei durchsetzen. Es gibt also keine eigenen Arterien für Rinde, Mark oder Kerne, sondern die gleiche Arterie gibt, etwa im Kleinhirn, Zweige an die Rinde, das Mark, den Nucleus dentatus ab, oder zieht etwa von der Furche aus durch Rinde und Mark quer zur Rinde am anderen Abhang der Windung hinüber.

b) Venen des Gehirns.

Die Venen des Gehirns halten sich in ihrem Verlauf nirgends an die Arterien, treten als feine Zweige in die Pia ein und bilden hier ein feines Netz ähnlich dem der Arterien. Aus diesem Netz sammeln sich größere Stämme, welche man meint, wenn man von „Hirnvenen“ spricht. Sie verlaufen noch in der Pia, treten dann aber durch den Subarachnoidalraum in die Dura ein, in welcher sie einige große Blutleiter, die Sinus durae matris (Abb. S. 208), bilden, die sich schließlich vereinigen und jederseits als Vena jugularis interna den Schädel verlassen. Die großen venösen Blutleiter der Dura führen also Blut aus dem Gehirn, während die Arterien der Dura (Arteriae meningae) niemals Zweige an das Gehirn abgeben.

Sinus durae
matris
Abb. S. 208

In der Falx ziehen die Sinus sagittales von vorn nach rückwärts: der Sinus sagittalis superior liegt unter dem Schädeldach im Sulcus sagittalis und reicht mit zunehmendem Kaliber bis zur Protuberantia occipitalis interna. In seinem mittleren Abschnitt weist er einige manchmal sehr große seitliche Ausbuchtungen auf, Lacunae laterales, in welche Arachnoidalzotten, PACCHIONISCHE Granulationen, hineinragen. — Der Sinus sagittalis inferior, sehr viel kleiner, liegt im freien Rande der Falx und geht nach rückwärts in den Sinus rectus über, welcher in der Verbindung der Falx mit dem Tentorium steil nach abwärts gegen die Protuberantia occipitalis interna läuft,

an der er sich mit dem Sinus sagittalis superior vereinigt. Von hier aus geht jederseits im Ansatz des Tentorium am Sulcus transversus des Occipitale der Sinus transversus seitwärts und nach vorn, biegt an der Basis der Felsenbeinpyramide dem Sulcus sigmoides folgend gegen das Foramen jugulare hin ab: Sinus sigmoides. An der Protuberantia occipitalis interna mündet aus der Falx cerebelli noch ein kleiner Sinus in die großen ein. Die Stelle des Zusammentritts des Sinus sagittalis superior und Sinus rectus und des Auseinandergehens in die Sinus transversus wird das Confluens sinuum (Torcular Herophili) genannt. Es ist asymmetrisch gestaltet und im einzelnen individuell sehr variabel. Ein wirkliches Zusammentreffen der vier Sinus findet nur in etwa 10% der Fälle statt. Die häufigste Anordnung ist die, daß Sinus sagittalis und Sinus rectus vor ihrer Vereinigung sich je in einen rechten und linken Ast teilen, die dann zur Bildung der Sinus transversus zusammentreten. Meist ist der rechte Ast des Sinus sagittalis und der linke des Sinus rectus der stärkere. Auch können sich Sinus sagittalis und Sinus rectus ungeteilt und unvereinigt der eine in den rechten, der andere in den linken Sinus transversus fortsetzen, so daß ein Confluens nicht zustande kommt. — Der Sinus transversus ist in 60—70% der Fälle rechts stärker als links, eine Asymmetrie, mit der man zu Unrecht die Rechts- und Linkshändigkeit in Beziehung zu setzen versucht hat.

In den Sinus transversus mündet jederseits an der Stelle der Umbiegung in den Sinus sigmoides der Sinus petrosus superior ein, der im Sulcus petrosus superior der Felsenbeinpyramide im Ansatz des Tentorium verläuft. Er ist einer der Abflüsse eines großen, an der Schädelbasis gelegenen Sinus, des Sinus cavernosus. Der größte Anteil des Sinus cavernosus, der seinen Namen von dem Balkenwerk führt, das ihn durchzieht und ihm ein ähnliches Aussehen wie das eines Schwellkörpers verleiht, liegt zur Seite des Keilbeinkörpers neben der Sella turcica (Abb. S. 208). Durch diese hindurch ist er vor und hinter der Hypophyse mit dem der Gegenseite verbunden (Sinus intercavernosus anterior et posterior), so daß die Hypophyse von diesen beiden wie von einem Ring umgeben ist („Sinus circularis“). Auch an der Rückfläche des Dorsum sellae sind beide Sinus cavernosi durch ein in die Gruben des Knochens eingelagertes engmaschiges Venengeflecht verbunden, das sich mit weiteren Maschen bis zum Foramen occipitale magnum erstreckt (Plexus basilaris) und sich dort in das Venengeflecht des Wirbelkanals fortsetzt. Ein kleinerer geflechtartiger Ausläufer des Sinus cavernosus zieht gegen das Foramen ovale (Rete foraminis ovalis) und durch dieses nach außen zum Plexus pterygoideus. Durch den Sinus cavernosus hindurch laufen Arteria carotis interna und Nervus abducens, in seiner Seitenwand liegen Nervus oculomotorius, trochlearis und ophthalmicus. In den Sinus cavernosus münden, außer der noch zu besprechenden Vena cerebri media, der Sinus sphenoparietalis, welcher längs des Randes des kleinen Keilbeinflügels verläuft (Abb. S. 208), und, aus der Augenhöhle, die Vena ophthalmica superior. Sein Hauptabfluß ist neben dem Sinus petrosus superior der Sinus petrosus inferior, der in den Sulcus petrosus inferior an der Grenze von Pyramide und Clivus eingelagert zum Foramen jugulare zieht, durch dessen vordersten Teil austritt und außerhalb des Schädels in die Vena jugularis interna mündet.

So wie der Sinus cavernosus Abflüsse außer zur Vena jugularis interna (durch Sinus petrosus superior et inferior) auch zu anderen Venengebieten hat (durch den Plexus basilaris und das Rete foraminis ovalis), so haben auch andere Sinus solche Verbindungen zu äußeren Venen des Schädels. Diese Verbindungen werden als Emissaria bezeichnet. Das größte und regelmäßigste ist das Emissarium mastoideum, das vom Sinus sigmoides durch das Foramen mastoideum hinausführt (Abb. S. 206). Vor dem Übergang des Sinus sigmoides

in den Bulbus venae jugularis kann ein Emissarium condyloideum durch den Canalis condyloideus nach außen ziehen. Ebenso führen solche Emissarien aus dem Sinus sagittalis superior durch das Foramen parietale (Emissarium parietale) und aus dem Confluens sinuum durch die Hinterhauptsschuppe (Emissarium occipitale).

Ein Überblick über die Sinus lehrt, daß sie alle untereinander so weit verbunden sind, daß Strömungsbehinderungen an einzelnen Stellen ausgeglichen werden können, wobei die Verbindungen mit den äußeren Venen des Schädels außer dem Hauptabfluß der Vena jugularis interna noch unterstützend hinzukommen können.

In der praktischen Medizin hat besondere Bedeutung der Sinus sigmoides wegen seiner nahen nachbarlichen Beziehungen zu den Zellen des Warzenfortsatzes und zur Paukenhöhle (Abb. S. 206).

Eigentliche
Hirnvenen

Die eigentlichen Hirnvenen sind wie die Sinus durae matris klappenlos und frei von Muskulatur, nur die größeren weisen gelegentlich einzelne glatte Muskelzellen in ihrer Wand auf. Sie laufen unabhängig von den Arterien, tragen deshalb auch andere Bezeichnungen als die Arterien. Zum größten Teile nehmen sie in der Pia einen dorsalwärts gerichteten Verlauf, so daß — im Gegensatz zu den Arterien — an der Hirnbasis fast nur ihre Wurzeln, nicht aber ihre größeren Stämme gefunden werden. Sie münden in die Sinus durae matris ein, die meisten unter spitzen Winkeln, und zwar entgegen der Strömungsrichtung des Blutes in den Sinus.

Die Venen der Medulla oblongata stehen mit denen des Rückenmarks in unmittelbarer Verbindung. Nach vorn schließen sich die Venen der Brücke an, welche gewöhnlich jederseits zu einem größeren Stämmchen vereinigt in den Sinus petrosus superior einmünden. Die Venen des Kleinhirns begeben sich, soweit sie der Hinterfläche des Kleinhirns angehören (Venae cerebelli inferiores) teils nach rückwärts zum Sinus transversus, teils nach vorwärts zu einem im Sulcus horizontalis und an der Flocke vorbei in den Sinus petrosus superior ziehenden Stamm, welcher sich noch mit den Brückenvenen zu vereinigen pflegt. Dieser Stamm (Vena floccularis) nimmt unter anderem die Venen des Nucleus dentatus und der anderen Kerne auf. Die Venen der oberen Fläche (Venae cerebelli superiores) vereinigen sich zu einem meist paarigen Längsstamm, welcher dem Wurm aufliegt und unter plötzlicher Abbiegung nach dorsal in eine der Venae cerebri internae oder in die Vena magna Galeni einmündet. — Die paarigen Venen des Mittelhirndaches vereinigen sich zu einem kurzen unpaaren Stamm, welcher von rückwärts her in die Vena magna Galeni eintritt. Aus den basalen Teilen des Mittel- und Zwischenhirns, aus dem Gebiete der Substantia perforata anterior und anschließenden Teilen der Facies orbitalis des Stirnlappens, der Insel und der Spitze des Gyrus hippocampi, sowie aus dem Ende des Plexus chorioideus des Unterhorns, sammelt sich jederseits ein Venenstamm, welcher den Hirnschenkel nach dorsal umzieht und in die Vena magna Galeni einmündet: Vena basalis (ROSENTHALSche Vene). Die noch übrigen Teile des Hirnstamms sind mit anschließenden Teilen des Endhirns Ursprungsgebiet der paarigen Vena cerebri interna [Vena parva Galeni, (Abb. S. 90)]. Diese beginnt jederseits als Vena chorioidea im Plexus chorioideus des Unterhorns, zieht in diesem nach vorn, biegt am Foramen inter-ventriculare Monroi in die Tela chorioidea ventriculi III. um und läuft in dieser nach rückwärts. In der Gegend des Foramen Monroi legen sich die beiden Venen dicht aneinander, entfernen sich aber nach rückwärts etwas, umziehen seitlich den Recessus suprapinealis und vereinigen sich hinter diesem zur Vena magna Galeni, welche um das Splenium corporis callosi dorsalwärts biegt und unter spitzem Winkel in den Sinus rectus eintritt (Abb. S. 208).

Die Hauptzuflüsse der *Venae cerebri internae* sind, außer der *Vena chorioidea*, die *Vena septi pellucidi* (Abb. S. 180) und die *Vena terminalis* (Abb. S. 119, 92), welche im *Sulcus terminalis* verlaufend, die Venen des *Corpus striatum*, der *Capsula interna* und Venen aus dem *Thalamus* aufnimmt. Die *Vena septi pellucidi* erhält ihr Blut aus dem *Caput nuclei caudati* und der benachbarten weißen Substanz, sowie vom vorderen Ende des Balkens. Die Venen des hinteren Endes des Balkens münden in die *Venae cerebri internae*. *Vena terminalis* und *Vena septi pellucidi* vereinigen sich mit der *Vena chorioidea* zur *Vena cerebri interna* in der Gegend des *Foramen Monroi*.

Die Venen aus Mark und Rinde des Großhirns treten an dessen Oberflächen hervor und bilden eine Anzahl größerer Stämme, welche in die *Sinus durae matris* eintreten. An der Außenfläche der Hemisphären ziehen etwa 10 bis 15 Venen aufwärts gegen die Mantelkante, *Venae cerebri superiores*. Ehe die mittleren und hinteren dieser Venen — die mittleren, den Centralwindungen entsprechenden, sind die stärksten — in den *Sinus sagittalis superior* bzw. seine *Lacunae laterales* einmünden, wenden sie sich nach vorn, verlaufen häufig eine kurze Strecke weit in der *Dura mater* parallel dem *Sinus sagittalis superior* und treten unter ganz spitzem Winkel entgegen der Richtung des Blutstromes in ihn ein. Vorher pflegen sich die Venen der Medialfläche der Hemisphäre mit ihnen zu vereinigen. Die Venen der Konvexität des Occipitallappens (*Venae occipitales externae*) ziehen zum Teil zum *Sinus transversus*. Aus dem Gebiete der *Opercula* der Insel sammelt sich eine längs der *Fissura Sylvii* oberflächlich verlaufende Vene, *Vena cerebri media*, welche in den *Sinus cavernosus* oder in seiner Nähe in den *Sinus sphenoparietalis* eintritt. Sie steht mit den übrigen Venen der Konvexität durch eine Anzahl von Anastomosen in Verbindung. — Die Venen der basalen Fläche von Temporal- und Occipitallappen, *Venae cerebri inferiores*, wenden sich zum *Sinus transversus* nahe der Umbiegung in den *Sinus sigmoides* (Abb. S. 208) und münden unter spitzem Winkel entgegen der Stromrichtung.

Im ganzen sind die Venen der Großhirn- wie der Kleinhirnhemisphären sehr variabel, während die des Hirnstamms größere Konstanz zeigen.

Sachverzeichnis für Text und Abbildungen.

- Abnutzungspigment 16.
 Abstimmung der Muskeln auf Erregungen 27.
 Achsencylinder 20, 17, 19, 21.
 Adenohypophyse 94.
 Affenspalte 157.
 Afferentes Neuron der Hirnnerven 99.
 — — der Rückenmarksnerven 37.
 — — Lage der Ganglienzelle 4.
 — und efferentes Neuron 3, 37.
 Afferente und efferente Nervenbahn 1.
 — — Nervenfasern, Markscheide 18.
 Afferenter und efferenter Schenkel des Leitungsbogens 3.
 Agranulärer Typ der Großhirnrinde 164, 160.
 Akromegalie 95.
 Ala cinerea 74, 73, 158.
 — lobuli centralis 122 **Тб**, 119.
 Allocortex 163, 194.
 Ammonshorn s. Hippocampus.
 Amyotrophische Lateralsklerose 56.
 Anfractus vermis 118, 122 **Тб**.
 Animales und vegetatives Nervensystem, Lage der Umschaltstellen 4.
 Ansa lenticularis 96, 113, 113 **С** j.
 Anstrengungsgefühl 140.
 Apertura lateralis ventriculi quarti (LUSCHKA) 72, 209, 66, 70, 71, 158.
 — mediana ventriculi quarti (MAGENDIE) 72, 209, 70, 71, 98, 181, 192.
 Äquivalentbilder der Ganglienzellen 16.
 Aquaeductus cerebri (SYLVII) 7, 75, 70, 71, 77 **С**, 87 **С**, 89 **С**, 94 **С**, 98 **С**, 113 **С**, 158, 192.
 Arachnoidea 201, 203, 209, 32 **С**, 201 **С**, 202.
 Arachnoidalzotten 209, 214.
 Arbor vitae 118, 121 **Тб**, 70, 77, 169, 171.
 Archencephalon und Neencephalon 143.
 Area acustica 74.
 — angularis 162.
 — cochlearis 74.
 — parastriata 163.
 — postrema 74.
 — striata 167, 196 **Тб**, 163.
 — vestibularis 74, 73, 158.
 ARNOLDSches Bündel s. Tractus cortico-pontanus frontalis.
 Arteria (Arteriae):
 — basilaris 212.
 — carotis communis 206.
 — — interna 212, 213, 208.
 — centrales des Rückenmarks 211, 211 **С**.
 — cerebelli 213.
 — cerebri anterior (Arteria corporis callosi) 212, 213.
 — — media (Arteria fossae Sylvii) 212, 213.
 — — posterior 212, 213.
 — chorioidea 213.
 — corporis callosi 213.
 — fossae Sylvii 213.
 — lacrimalis 208.
 — lenticulo-striatae 214.
 — lenticulo-thalamicae 213.
 — meningeae 207, 206.
 — spinalis anterior 210, 211, 211 **С**.
 — spinales posteriores 210, 211 **С**.
 — striata anterior 214 (HEUBNERSche Arterie).
 — sulco-commisurales 211, 211 **С**.
 — vertebralis 212, 206.
 — — Ramus meningeus 206.
 Arterie der Hirnhämorrhagie 214.
 Assoziationsfasern 176, 177.
 — intracorticale und subcorticale 174, 186, 195 **Тб**.
 Assoziationsgebiete 168.
 Assoziationsneuren 44.
 — intrathalamische 111.
 Assoziationsysteme des Großhirns 167, 168, 174, 185, 175 j.
 — des Kleinhirns 126.
 Assoziationszellen 165.
 Astrocyten 28, 28.
 Asymmetrie, funktionelle der Großhirnhemisphären 189.
 Atemzentrum 104.
 Atrophie, gekreuzte cerebro-cerebellare 138, 138 **С**.
 Aufrechter Gang und Großhirnentfaltung 2.
 Augenbecher 7 **С**.
 Augenblase 7 **С**.
 Augenblasenstiel **С** 8, 9.
 Augenmuskelnerven, Fehlen peripherer Ganglien 99.
 Axon 20.
 Axoplasma 20.
 Bahnung 5.
 BAILLARGERSche Streifen 167, 160 **С**, 161 **С** j.
 Balken s. Corpus callosum.
 — Hypoplasie 184.
 Balkenfasern, Myelogenese 167.
 Balkenknie 179.
 Balkenmangel, angeborener 183, 185, 184 **С**.
 — partieller 184.
 — Verhalten der Gyri bei 157.
 Balkenschnabel 179.
 Balkenstrahlung 192.
 Balkenzwinde s. Forceps.
 Basalganglion s. Corpus striatum.
 Bauelemente des Nervensystems 13—30.
 BECHTEREWScher Kern 105.
 Begriffszentrum 187, 188.
 Berührungsreize 39.
 BELL-MAGENDIESches Gesetz 37.
 Betriebsfunktionen des Nervensystems 4.

Alle Zahlen bedeuten Seitenzahlen. Gewöhnlicher Druck: Texthinweise; *kursiv*: Abbildungshinweise; **fett**: Haupthinweise. **С**: betrifft Entwicklung; **С**: Schnittbild; **j**: schematisches Bild; **Тб**: Tabelle.

- BETZsche (Riesenpyramiden-) Zellen 164, 165, 172.
 Bewegungen, individuelle 115.
 — willkürliche 57.
 Binnenbündel s. Grundbündel.
 Biologische Nervenheilung 27.
 Bipolare Ganglienzellen 16f.
 Blutgefäße des Gehirns 212.
 — des Rückenmarkes 204, 210.
 BOCHDALEKSches Blumenkörnchen 73, 66.
 Bodenplatte d. Hirnkammern 6.
 Bogenfasern 39, s. a. *Fibrae arcuatae*.
 Brachium conjunctivum 108
 T**b**, 109, 116, 123 T**b**, 126, 139, 59 f., 68, 69, 73, 86 E , 87 E , 107 f., 125 E , 135 f.
 — Abdruck 158.
 — pontis 71, 108 T**b**, 116, 123 T**b**, 126, 139, 68, 70, 71, 73, 85 E , 86 E , 125 E .
 Brachy-Encephalie 144.
 Branchiomerie 97.
 BROCASches Sprachcentrum 188, 196 T**b**.
 BROCAS diagonales Band 192, s. diagonales Band.
 Brücke s. Pons.
 Brückenarm s. Brachium pontis.
 Brückenbahnen s. Tractus cortico-pontanus.
 Brückenkerne s. Nuclei pontis.
 Brückenbeuge des Hinterhirns 10, 8—11 E .
 Brustmark 30, 31.
 Buddhagesicht 140.
 Bulbäres Sprachcentrum 104.
 Bulbus cerebri s. u. *Medulla oblongata*.
 — olfactorius 190, 194, 195 T**b**, 8—11 E , 66, 68, 146, 171, 184, 190.
 — venae jugularis 206.
 BÜNGNERSche Bänder 30.
 BURDACHScher Kern s. *Nucleus fasciculi cuneati*.
 — Strang s. *Fasciculus cuneatus*.
 CAJALS laterales absteigendes Kleinhirnbündel 139, 143 T**b**, 135 f.
 — *Nucleus interstitialis* s. *Nucleus*.
 Calamus scriptorius 74.
 Calcar avis 157, 159.
 Calorischer Nystagmus 106.
 Campus FORELI 91, 93, s. a. *Nucleus*.
 Canalis centralis 6, 36 T**b**, 41, 46 E , 73, 98 f., 158, 192.
 — cranio-pharyngeus 95.
 Capsula externa 96, 92, 94, 113.
 — extrema 96, 92, 94.
 — inferior s. basalis 96.
 — interna 79, 91, 95, 96, 169, 170, 172, 173, 59 E , 69, 90 E , 92 E , 94 E , 113 E , 119, 169, 170, 171, 179 E , 180 E , 199 E f.
 Caput nuclei caudati 79, 94 E , s. a. *Nucl. caudatus*.
 Cauda equina 35, 203, 31, 34.
 — nuclei caudati 79, 94 E , s. a. *Nucl. caudatus*.
 Cavum septi pellucidi 183, 11 E , 77 E , 147 E , 180 E .
 — subarachnoidale 201, 204, 209, 32 E , 201.
 Centrale Haubenbahn s. *Haubenbahn, centrale*.
 — Leitungsbahnen 3, 4.
 Centrales Grau des Kleinhirns 124.
 — Nervensystem:
 — — Allgemeines 1—30.
 — — allgemeine Morphologie 2—5.
 — — und Körperbau 1.
 — — und Körper, Wechselbeziehungen 2, 4.
 — — Entwicklung 5—13, 8 bis 11.
 — — Grundplan 5—13.
 — — Hauptabschnitte 2.
 — — Hohlräume 6 f.
 — — kausale Bedingtheit seines Baues 1.
 — — Kopf- und Kiemenbereich 3.
 — — segmentale Gliederung 1—3, 5.
 — — segmentierter und unsegmentierter Abschnitt 2.
 — — weiße Substanz 21.
 Centralkanal des Rückenmarks 36 T**b**, s. *Canalis centralis*.
 Centre médian (LUYS) des Thalamus 93, 112 T**b**.
 Centripetales und centrifugales Neuron 3, 37.
 Centrum, Centren 187, 188, 200.
 — der Großhirnrinde 186.
 — der *Medulla oblongata* 104.
 — der Mitbewegungen 114.
 — der Nackenmuskeln 124.
 — der protopathischen Sensibilität 108.
 — der Speichelsekretion 104.
 Centrum:
 — nervöses 4.
 — semiovale 160.
 Cerebellum s. Kleinhirn.
 Cervicalmark 30, 35 E , 49 f., 54 f., 54 E .
 Cervicalnerven 31.
 Chiasma opticum 75, 76, 11 E , 66, 77 E , 113 E , 147 E , 169, 179, 184 E , 191 E .
 — (Abdruck) 158.
 Chiasmplatte 9 E , 11.
 Chorda tympani 196 T**b**.
 Chromophile Schollen 13.
 Cingulum 176, 195 T**b**, 171, 175 f.
 Circulus arteriosus Willisii 212.
 Cisternen 209.
 CLARKESche Säule s. *Nucleus dorsalis*.
 Claustrum 96, 59 E , 92 E , 94 E , 113 E , 179 E , 180 E , 181.
 Clava 70, 73.
 Coccygealnerven 31.
 Colliculus facialis 74.
 — inferior (acusticus) laminae quadrigeminae 7, 74, 89, 105, 68, 69, 73, 94 E , 107 f., 134 f., 135 f., s. a. *Lamina quadrigemina*.
 — superior (opticus) laminae quadrigeminae 7, 74, 76, 89, 107, 195 T**b**, 197, 59 E , 68, 70, 73, 89 E f., 107 f., 134 f., 135 f.
 — — als Integrationsort 106, 107 f.
 Columna dorsalis des Rückenmarks 36 T**b**.
 — fornicis 78, 195, 77, 119, 179 E .
 — lateralis 36 T**b**, 40.
 — ventralis des Rückenmarks 36 T**b**, 40, 35 E , 41, 46 E , 63, 80 E .
 Commissura, des vorderen Vierhügels 91, 87 E , 89 E .
 — alba 37 T**b**, 45, 32 E , 43 E f., 46 E , 49 E f.
 — anterior 78, 177, 178, 11 E , 77 E , 149 f., 158 (Abdruck), 171 E , 179 E , 181 E , 184 E .
 — — pars olfactoria (anterior) 178, 195 T**b**.
 — fornicis 197.
 — grisea dorsalis 36 T**b**.
 — grisea ventralis 36 T**b**.
 — habenularum 119.
 — hippocampi 178.
 — posterior 78, 91, 77 E , 90 E , 94 E , 113 E , 119 E .

- Commissurenfasern 177.
 Commissurenneuren 44.
 Commissurenplatte 78, 178, 181, 182, 9 € , 11.
 Commissurensysteme des Großhirns 168, 177, 185.
 — des Kleinhirns 126, 127.
 Conarium 77, s. a. Corpus pineale.
 Confluens sinuum (Torcular Herophili) 215.
 Conus medullaris s. terminalis 30, 33, 202, 31, 34.
 Cornu Ammonis 194.
 Cornua des Seitenventrikels s. Ventriculus lateralis.
 Corona radiata 112 T_b, 169, 170, 185, 196 T_b, 171.
 Corpus:
 — callosum 157, 178, 179, 184, 11 € , 59 € , 77, 90 € , 92 € , 119, 147 € , 149 f., 175 f., 179 € , 180 € , 181, 191, 193 f.
 — candicans s. Corpus mamillare.
 — geniculatum laterale (opticum) 74, 76, 91, 106, 196 T_b, 68, 69, 94 € , 113 € , 170, 174 € .
 — geniculatum mediale (acusticum) 74, 91, 105, 196 T_b, 69, 94 € , 113 € , 134 f., 135 f., 174 € .
 — mamillare 75, 195, 195 T_b, 11 € , 59 € , 66, 68, 69, 77, 171 € , 184 € , 191, 192.
 — medullare des Kleinhirns 117, 121 T_b, 70.
 — pineale 77, 11 € , 68, 69, 77 € , 98 € , 113 € , 119, 134, 169 € , 171 € , 184 € , 192.
 — quadrigeminum inferius s. Colliculus.
 — quadrigeminum superius s. Colliculus.
 — restiforme 70, 83, 116, 123 T_b, 126, 69, 70, 71, 73, 84 € , 85 € , 125 € , 138 € , 169.
 — striatum (Basalganglion) 8, 66, 79, 88, 95, 111, 114 T_b, 196 T_b, 92 € , 94 € , 113 f., 119, 179 € , 180 € , 181 f., 199 f.
 — — Faserbeziehungen 113 f.
 — — Verbindungen 114 T_b.
 — subthalamicum Luysi 93, 111, 114 T_b, 94 € , 113 € .
 — trapezoides 87, 105, 108 T_b, 85 € .
- Cortex 6.
 — cerebelli s. Kleinhirnrinde.
 — cerebri s. Großhirnrinde.
 Corticale Repräsentation 172, 173.
 Corticofugales, corticopetales System, Myelogenese 167.
 Crista galli 207.
 Crus:
 — cerebelli ad medullam oblongatam s. Corpus restiforme.
 — — ad mesencephalon s. Brachium conjunctivum.
 — — ad pontem s. a. Brachium pontis.
 — cerebello-cerebrale 123 T_b, s. a. Brachium conjunctivum.
 — fornicis 195, 192, 193.
 — medullo-cerebellare 123 T_b, s. Corpus restiforme.
 — medullae oblongatae ad cerebellum 123 T_b, s. a. Corpus restiforme.
 — olfactorium laterale 190, 195 T_b, 191.
 — olfactorium mediale 190, 195 T_b, 191.
 — ponto-cerebellare 123 T_b, s. Brachium pontis.
 — pontis ad cerebellum 71, s. a. Brachium pontis.
 Culmen monticuli 118, 122 T_b, 69, 70, 119.
 Cuneus 150, 155, 175, 77, 149 f.
 Cytoarchitektonik 161.
- Dachkern s. u. Nucl. fastigii.
 DARKSCHEWITSCHScher Kern 91, s. Nucleus commissurae posterioris.
 Decke der 3. Hirnkammer 183, s. a. Plexus u. Tela chorioidea.
 Deckplatte der Hirnkammern 6 f.
 — des Rückenmarks 46 € € .
 Declive monticuli 118, 122 T_b, 70, 119.
 Decussatio alba 37 T_b.
 — brachiorum conjunctivorum (WERNEKINCK) 139, 134 f.
 — interfastigiosa 133, 136, 125 € .
 — intracentralis ventralis et dorsalis des Rückenmarks 36 T_b.
 — lemniscorum 82, 108 T_b, 81 € , 82 € , 84 € .
- Decussatio:
 — olfactoria 178.
 — pyramidum 55, 69, 172, 59 f., 66, 80 € , 135 f.
 — tecto-spinalis (MEYNERT) s. Haubenkreuzung, fontäneartige.
 Degeneration von Nerven und Endapparaten 26.
 — von Neuriten 18, 26.
 — absteigende, aufsteigende, retrograde 26.
 DEITERSsche Zellen 17.
 DEITERSscher Kern s. Nucleus vestibularis lateralis.
 Dendrit 17, 14, 15, 16, 43.
 Dermotome 61.
 Diagonales Band (BROCA) 192, 191, 192.
 Diaphragma sellae turcicae 205, 208.
 Digitationes hippocampi 194, 193.
 Diencephalon 6.
 Direkte und indirekte Reflexbögen 3, 37, 48.
 Dolicho-Encephalie 144.
 Dorsalnerven 31.
 Dreikantenbahn (Tractus spino-olivaris) 64 T_b.
 Dura mater 201.
 — — cerebri 206, 208.
 — — parietalis 205.
 — — spinalis 201 f., 31, 34, 201 € , 202, 206.
 Durascheiden der Spinalnerven 202, 34, 202.
 Durchschneidungsversuche am Rückenmark 2.
 Ductus craniopharyngeus 95.
- EDINGERSches Bündel 44, 53, 65 T_b.
 Effectorisches Organ 1, 3.
 Efferente Fasern der Leitungsbögen des Rückenmarks 37.
 — und afferente Nervenbahn 1.
 — — Nervenfasern, Markreife 18.
 Efferente und afferente Schenkel des Leitungsbogens 3.
 Efferentes Neuron 37.
 — — der Hirnnerven 99.
 — — Lage der Ganglienzelle 4.
 — und afferentes Neuron 12.
 Eigenapparat s. Elementarapparat.
 Eigenreflexe der Muskeln 12.
 Einkerbungen der Markscheiden 18.

- Elementarapparat 3, 4, 12, 198.
 — Bausteine 37.
 — des Hinterhirns 99.
 — des Hirnstamms 96—106.
 — und Integrationsapparat 12, 13.
 — Markreife 18.
 — des Mittelhirns 106.
 — des Riechhirns 195 **Tb**.
 — des Rückenmarks 37, 49 f.
 Embryonalentwicklung des Gehirns 8, 8—11 **€**.
 Eminentia arcuata des Os petrosum (Abdruck) 66.
 — collateralis 157, 159.
 — medialis 74, 73.
 — teres 74.
 Emissaria 215.
 Emissarium condyloideum 216, 206.
 — mastoideum 215, 206.
 — occipitale 216.
 — parietale 216.
 Encephalon s. a. Gehirn.
 Endapparate, sensible 25.
 Endarterien 214.
 Endbäumchen des Neuriten 20.
 Endhirn 6.
 Endhirnhohlraum 8.
 Endkörnchen 24.
 Endoneuralscheide 17.
 Endoneurium 21, 20, 21, **29**.
 Endorhachis 202.
 Endplatten, motorische 25, 26.
 Endreticularen 22, 24, 25, 26.
 Endringe und -ösen 23 f., 130, 22, 25, 26.
 Enthirnungsstarre 110.
 Ependym 30, 80, 89.
 Ependymfasern 30, 89.
 Epikritische Sensibilität 57, 109, 173.
 Epiphysis cerebri 7, 77, 11 **€**, 68, 69, 77 **€**, 98 **€**, 113 **€**, 119, 134, 169 **€**, 171 **€**, 184 **€**, 192.
 Erfolgsorgan s. a. effectorisches Organ.
 Erregungsleitung 1.
 Erregungsumleitung 27.
 Erregungsverlauf im Centralnervensystem 6.
 Eumetrie der Bewegungen 115.
 Exopyramidale Wege 200.
 Exterozeptive Reize 39.
 — — Leitung 58.
 Extero- und propriozeptive Fasern der Hirnnerven 97.
 — — der Spinalnerven 58.
 Extrapyramidale Bahn (Striatum-Bahn) 196 **Tb**, 200.
 Extremitätenanschwellungen des Rückenmarks 5, 30, 31.
 Facialisknie 86, 85 **€**, 98.
 Falx cerebri 145, 206, 207, 214, 208.
 Fascia dentata Tarini 155.
 Fasciculus, Fasciculi:
 — antero-lateralis s. Tractus spino-cerebellaris ventralis (GOWERS).
 — arcuatus 176, 175 f.
 — cuneatus (BURDACH) 54, 65 **Tb**, 81, 109, 136, 142 **Tb**, 196 **Tb**, 31, 35 **€**, 49 **€** f., 54, 59 f., 73, 80 **€**, 81 **€**, 135 f.
 — cunei transversus 177.
 — descendens posterior (HOCHÉ) 50, 54, 65 **Tb**, 49 f **€**.
 — dorso-medialis et dorso-lateralis 65 **Tb**.
 — gracilis (GOLL) 54, 65 **Tb**, 81, 109, 136, 142 **Tb**, 196 **Tb**, 31, 35 **€**, 49 f **€**, 54, 59 f., 73, 81 **€**.
 — — Degeneration 54 **€**.
 — longitudinalis inferior (BURDACH) 177.
 — longitudinalis medialis (posterior) 50, 64 **Tb**, 83, 100 **Tb**, 101, 106, 108 **Tb**, 143 **Tb**, 49 **€** f., 84 **€**, 85 **€**, 86 **€**, 134 f.
 — longitudinalis posterior s. medialis.
 — longitud. superior 176, 175 f.
 — mamillo-thalamicus (VICQ D'AZYR) 110, 195 **Tb**, 197, 94 **€**.
 — obliquus pontis 71, 191.
 — occipitalis verticalis (WERNICKE) 176, 175.
 — occipito-temporalis 177, 175 f.
 — opticus 8, 76, 106, 8—11 **€**, 66, 68, 69, 77, 169, 170, 171, 179, 181, 190, 208.
 — postero-medialis 65 **Tb**.
 — praedorsalis 88, 106, 108 **Tb**, 86 **€**.
 — proprius anterior (ventralis) 49, 64 **Tb**.
 — proprius lateralis 49, 64 **Tb**.
 — proprius posterior 49, 64 **Tb**.
 — pyramidales (Pyramidenbündel) 85, 85 **€**, 86 **€**, 125 **€**.
 — retroflexus (MEYNERT) 195 **Tb**, 197.
 — sulco-marginalis 50, 64 **Tb**, 60 f.
 Fasciculus, Fasciculi:
 — uncinatus 175, 195 **Tb**, 175 f.
 Fasciola cinerea 194, 193.
 Faserkorb 22, 130.
 Faserkreuzungen, Integrationsapparat 199.
 — Wurzelnerven 97.
 Fasern, afferente und efferente, der Leitungsbögen des Rückenmarks 37.
 — visceromotorische 38.
 Fasersysteme des Großhirns 168, 196 **Tb**, 199 f.
 — des Hirnstamms 108 **Tb**.
 — des Integrationsapparates des Hirnstammes 108.
 — des Kleinhirns 142 **Tb**.
 — des Neukleinhirns 143 **Tb**, 135.
 — des Urkleinhirns 142 **Tb**, 134.
 — des Thalamus 112 **Tb**.
 Fastigium ventriculi quarti 72, 116, 70, 71, 77 **€**, 98, 158, 169, 181, 192.
 Feld H₁ und H₂ 91, 93, 113 **€**.
 Fibrae arcuatae externae (anteriores et posteriores) 70, 82, 83, 137, 69, 70, 81 **€**, 84 **€**, 134 f.
 — — gyrorum 126, 167, 174, 169, 171.
 — — internae 81, 83, 108 **Tb**, 136, 59 f., 81 **€**, 84 **€**, 134 f., 135 f.
 — circumlivares pyramidis 70, 69.
 — perforantes corporis callosi 184, 197.
 — perpendicularares pontis 86, 109.
 — transversae pontis 85, 87, 108 **Tb**, 85 **€**, 125 **€**, 135 **€**.
 Fila (Filum) lateralia pontis 71, 73.
 — olfactoria 195 **Tb**.
 — radicularia des Spinalnerven 32.
 — terminale durae matris 201, 203, 31, 34.
 — terminale medullae 30, 31, 34.
 Fimbria hippocampi 192.
 Fischflossenstruktur 19.
 Fissura calcarina s. Sulcus calcarinus.
 — chorioidea 159.
 — collateralis s. Sulcus collateralis.
 — hippocampi s. Sulcus hippocampi.
 — horizontalis cerebelli s. Sulcus horizontalis.

- Fissura calcarina s. Sulcus calcarinus:
 — lateralis cerebri (SYLVII) 145, 150, 152, 153, 68, 90 ♂, 92 ♂, 146, 149 ♀, 154, 175 ♀, 179 ♂, 191, 193.
 — mediana cerebri 144, 180 ♂, 151.
 — paramediana 120.
 — parieto-occipitalis s. Sulcus parieto-occipitalis.
 — mediana posterior s. Sulcus medianus dorsalis.
 — — — medullae oblongatae 81 ♂.
 — sagittalis cerebri s. F. mediana.
 — Sylvii s. Fissura lateralis cerebri.
 — transversa cerebri 159.
 — ventralis des Rückenmarks 30, 36 ♀, 69, 204, 35 ♂, 41, 66.
FLECHSIG'SCHE Kleinhirnseitenstrangbahn s. Tractus spinocerebellaris dorsalis.
 Flechtwerk, interradiäres 167.
 Flocculus 118, 122 ♀, 136, 66, 68, 70, 71, 117, 125 ♂, 134, 138 ♂.
 — secundarius 118, 122 ♀, 70, 71.
 Flocke s. Flocculus.
 Flockenstiel 124, 117.
 Fluchtreflex 51, 106.
 Folium vermis cerebelli 118, 122 ♀, 70, 117, 169.
 Fontäneartige Haubenkreuzung s. Haubenkreuzung.
 Foramen caecum 69.
 — interventriculare Monroi 78, 158, 9 ♂, 11 ♂, 77, 94 ♂, 119, 147 ♂, 153, 171, 179 ♂, 184 ♂, 192.
 — Luschkae s. Apertura lateralis ventriculi quarti.
 — Magendie s. Apertura mediana Ventr. quarti.
 Forceps major 180, 192.
 — minor 180, 192.
FOREL'S Haubenfeld 91, 93, 113 ♂.
FOREL'SCHE Kreuzung 52, 65 ♀, 113 ♂ ♀, 134 ♀.
 Formatio floccularis 118, 122 ♀, 133.
 — reticularis (Processus reticularis) des Rückenmarks 36 ♀, 41, 35.
 — — (Substantia reticularis) des Hirnstamms 82, 83, 88, 96, 81 ♂, 82 ♂, 84 ♂, 85 ♂.
 Fornix s. Tractus hippocampo-mamillaris.
 — longus 181, 184, 195 ♀, 197.
 Fortsätze der Ganglienzellen 16 f.
 Fossa hypophyseos 205.
 — interpeduncularis 75, 77, 90 ♂, 191.
 — lateralis cerebelli 120, 122 ♀.
 — rhomboides 7, 68, 74, 6, 73.
 — Sylvii 150 ♂, 147 ♂, s. a. Fissura lateralis cerebri.
 Foveolae granulares (PACCHIONI) 210.
 Frenulum 73.
 Frontale Brückenbahn s. u. Tractus cortico-pontanus.
 Frochhirn 6.
 Funiculus anterior s. Funiculus ventralis.
 — cuneatus s. Fasciculus cuneatus.
 — dorsalis (Hinterstrang) 36 ♀, 46, 65 ♀, 35, 49 ♀, s. a. Fasciculus gracilis u. cuneatus.
 — gracilis s. Fasciculus gracilis.
 — lateralis (Seitenstrang) 36 ♀, 46, 64 ♀, 35 ♂, 41, 46 ♂, 49 ♂ ♀.
 — posterior s. Funiculus dorsalis.
 — separans 74.
 — ventralis (Vorderstrang) 36 ♀, 46, 64, ♀, 35 ♂, 41, 46 ♂ ♀, 49 ♀, 54 ♂.
 Fußbahnen 85 f.
 Fußregion 67, 85, 87.
 — Fasersysteme 108 ♀.
Ganglien der Kopfnerven, Lage 4.
 Ganglienzellen 13 f., 14, 15, 16, 22, 29, 43, 82, 89, 128, 129, 131.
 — der afferenten Neuren, Lage außerhalb des Centralorgans 4.
 — des sympathischen Nervensystems im Spinalganglion 32.
 — Fortsätze 16 f.
 — multipolare, des Spinalganglions 32.
 — multi-, bi-, unipolare 16.
 — pseudo-unipolare 17.
 — Spinal- 17, 32.
 — Teilungsunfähigkeit 5, 27.
 — Typen 17 f.
 Ganglion Gasseri s. Ganglion semilunare.
 — geniculi 99.
 — habenulae 195 ♀, 197, 90 ♂.
 — interpedunculare 107, 195 ♀.
 — intervertebrale 32, s. Ganglion spinale.
 — jugulare 99.
 — mesencephali laterale 88, 100 ♀, 101.
 — nodosum 99.
 — petrosum 99.
 — semilunare (GASSER) 99, 102.
 — spinale 4, 32, 202, 32 ♂, 34, 46 ♂ ♀, 59 ♀, 202, 206.
 — superius (EHRENBITTER) s. N. glossopharyngeus 99.
 — vestibulare SCARPAE 133.
 Gebärdenspiel 114.
 Gefäßreflexe, Schaltzellen im Spinalganglion 32.
 Gehirn, Abschnitte 6.
 — balkenloses 183, 184 ♂.
 — Einteilung 66.
 — Embryonalentwicklung 8, 8—11, 147, 159.
 — Frosch 6.
 — Katze 190.
 — Kiemenanschwellung 6.
 — Querschnittsentfaltung 6.
 — Riechanschwellung 6.
 — und Rückenmark 2, 5.
 — Schnitte 90, 92, 94, 179, 180.
 — Sehanschwellung 6.
 — Überblick 6.
 Gehörorgan 196 ♀.
 GENNARISCHER Streifen 167, 174.
 Genu corporis callosi 179, 68, 77 ♂, 181.
 — nervi facialis 86, 85, 98.
 Geruchsorgan 196 ♀.
 Geschmacksorgan 196 ♀.
 Gestaltungsfunktionen des Nervensystems 4.
GIACOMINISCHES (UNCUS-) Bändchen 194, 147, 192.
GIERKESCHE Zellen 40, 45.
 Girlandenfasern 126.
 Gitterschicht d. Thalamus 93.
 Gleichgewichtsnerv s. u. N. vestibularis.
 Gleichgewichtsstörungen 124.
 Gliä 27, 30, 14, 28.
 — des Kleinhirns 132.
 — marginale 28, 37 ♀.
 Gliafasern 28.
 Gliasyncytium 28.

- Gliöse Randschicht des Rückenmarks 37 **Tb**.
 Globus pallidus 79, **95**, 111, 195 **Tb**, 59 **⊗**, **92** **⊗**, **94** **⊗**, **113** **⊗**, 179 **⊗**.
 — — Verbindungen 114 **Tb**, 195 **Tb**, 113 **f**.
 GOLGI-Typ I. u. II der Ganglienzellen 17.
 GOLGISCHE Trichter 19.
 GOLGISCHES Silberimprägnationsverfahren 22.
 GOLLSCHER Kern s. Nucleus fasciculi gracilis.
 — Strang s. Fasciculus gracilis.
 GOWERSSCHES Bündel s. Tractus spino-cerebellaris ventralis.
 Graue Substanz des Rückenmarks 36 **Tb**, **40** bis **45**, 32 **⊗**, **35** **⊗**, 41 **f**, 43 **⊗** **f**, 46 **⊗**, 49, 54, 59 bis 61 **⊗** **f**, 63 **f**.
 — — Capillarnetz 211 **⊗**.
 GRATIOLETSCHES Strahlung 171, 174, **177**, **171**, 174 **f**, 184 **⊗**, 192.
 Grenzmembranen der Glia 28.
 Großhirn (Pallium) **143—189**, **66**, 68, 77, 146, 149 **f**, 151, 154, 169, 8—11 **⊗**, 147 **⊗**, 90 **⊗**, 92 **⊗**, 94 **⊗**, 179 **⊗**, 180 **⊗**, 159 **⊗** **⊗**.
 — äußere Form 143—157, 66, 146, 151, 154, 147 **⊗**, 149 **f**.
 — brückenbahn s. Tractus cortico-pontanus.
 — entfaltung und aufrechter Gang 1.
 — feinerer Bau 159—185.
 — fetales 148, 8—11, 147.
 — Hemisphären 6, 144.
 — Mark 168—185.
 — Rinde 6, 159—168, 160 bis 163.
 — agranulärer Typ 164, 160.
 — Gesamtoberfläche 166.
 — granulärer Typ 165, 163.
 — als Integrationsort 12, 185.
 — Ventrikel 157, 158.
 Grundbündel des Hinterstrangs 49, 65 **Tb**, 49 **f** **⊗**, 60 **f**.
 — der Stränge des Rückenmarks 49.
 — des Seitenstrangs 49, 64 **Tb**, 49 **f** **⊗**, 60 **f**, 61 **f**.
 — des Vorderstrangs 49, 64 **Tb**, 49 **f** **⊗**, 60 **f**, 61 **f**.
 Gyr-encephal 144.
 Gyri und Sulci des Großhirns 144 **f**.
 Gyrus (Gyri) ambiens 190, 193.
 — angularis 150, 153, 164, 188, 196 **Tb**, 146, 149 **f**, 151, 162 **⊗**.
 — breves insulae 156, 69, 154.
 — calcarinus superior et inferior 155, 147, 163 **⊗**.
 — centralis anterior (praecentralis) **150**, 152, 164, 165, 172, 186, 196 **Tb**, 59 **⊗**, 68, 92 **⊗**, **146**, 147 **⊗**, **149** **f**, 151, 154, 169, 179.
 — — posterior (postcentralis) **152**, 172, 186, 196 **Tb**, 59 **⊗**, 68, 90 **⊗**, 92 **⊗**, 146, 147 **⊗**, **149** **f**, 151, 154, 193.
 — cinguli 150, 155, **77**, 90 **⊗**, 92 **⊗**, 119, 147 **⊗**, **149** **f**, 179 **⊗**, 193 **⊗**.
 — dentatus 155, 193, 195 **Tb**, 90 **⊗**, 192, 193.
 — fasciolaris 194, 192.
 — fornicatus 156, 157.
 — frontalis inferior 150, 152, **146**, 147 **⊗**, **149** **f**, 180 **⊗**.
 — — — pars opercularis 146, 147 **⊗**.
 — — — pars orbitalis 146, 147 **⊗**.
 — — — pars triangularis 188, 63, 146, 147 **⊗**.
 — — — medius 150, 152, **146**, 147 **⊗**, **149** **f**, 154, 180 **⊗**.
 — — frontalis superior 150, 196 **Tb**, 146, 147 **⊗**, **149** **f**, **151**, 154, 179 **⊗**, 180 **⊗**.
 — fusiformis 155, 149 **f**.
 — hippocampi 150, **154**, 155, 190, **193**, 195 **Tb**, 196 **Tb**, 66, 147 **⊗**, 149 **f**, 191.
 — hyoides 153, 149 **f**, 151.
 — lingualis 155, 149 **f**.
 — longus insulae 156, 69.
 — lunaris 191, 193.
 — occipitalis inferior 153.
 — — superior 153.
 — occipitotemporalis med. et lat. 155.
 — orbitales 66, 191.
 — postcentralis s. Gyrus centralis posterior.
 — praecentralis s. Gyrus centralis anterior.
 — rectus 66.
 Gyrus (Gyri):
 — subcallosus 192, 195 **Tb**, 94 **⊗**, 192.
 — supracallosus 193.
 — supramarginalis 150, 153, 146, 149 **f**, 151.
 — temporalis inferior 155.
 — — medius 153, 155, 196 **Tb**, 146.
 — — superior 150, 153, 188, 196 **Tb**, 90 **⊗**, **146**, 147 **⊗**, 149 **f**, 154, 193.
 — — transversi (HESCHLSCHES Windungen) **153**, 174, 187, 196 **Tb**, 154, 193.
 H₁, H₂ 91, 93, 113 **⊗**.
 Habenulae 76.
 Hakenbündel 136, 125 **⊗**.
 Halsmark s. Cervicalmark.
 Haltungsreflexe, optische 106.
 Haube (Tegmentum) 67, 85 **f**.
 Haubenbahnen 85 **f**, 108 **Tb**.
 — centrale 83, 86, 87, 108, 112 **Tb**, 139, 142, 142 **Tb**, **69**, 84 **⊗**, 85 **⊗**, 86 **⊗**, 134 **f**, **135** **f**.
 Haubenfeld, FORELSCHES 91, 93, 113.
 Haubenkern, motorischer s. Nucleus reticularis.
 Haubenkerne 85 **f**.
 Haubenkreuzung, fontänenartige (MEYNETTSCHES) 51, 88, 106, 87 **⊗**.
 Haubenregion 67, 85, 87, 88.
 — Fasersysteme 108 **Tb**.
 Hautreflexe 198.
 — Segmenthöhen 62.
 HEADSCHE Zonen 61.
 Heilung, biologische, der Nerven 27.
 HELDSCHES Bündel s. Tractus vestibulo-spinalis.
 HELWEGSCHES Bündel s. Tractus spino-olivaris.
 Hemisphaeria cerebelli 116, 119, 122 **Tb**, 71, 119.
 Hemisphären des Großhirns 144.
 — — und des Kleinhirns 6.
 Hemmung 56.
 HENLESCHES Scheide 21, 17.
 HESCHLSCHES Querwindungen s. Gyri temporales transversi.
 HEUBNERSCHES Arterie 214.
 Hexenschuß 124.
 Hinterhauptslappen 144, s. a. Lobus occipitalis.
 Hinterhirn 6, 7, 68, 8, 9 **⊗**.
 — Elementarapparat 99.

- Hinterhirnhohlraum 7.
 Hinterhorn des Rückenmarkes s. Hintersäule.
 — des Seitenventrikels s. Ventriculus lateralis.
 Hintersäule des Rückenmarks 36 **Tb**, 40, 35 **€**, 41, 46 **€** **€**, 63.
 — Längsbündel 48, 65 **Tb**, 61 f.
 Hinterstrang des Rückenmarks 36 **Tb**, 48, 65 **Tb**, 136, 35 **€**, 41, 49 f **€**, 54 **€**.
 Hinterstrangbahn 53, 82, 136, 142 **Tb**, 196 **Tb**, s. a. Fasciculus cuneatus, Fasciculus gracilis.
 Hinterstrangbahnen zum Kleinhirn 136.
 Hinterstranggrundbündel 65 **Tb**.
 Hinterstrangkerne 55, 81, 84.
 Hinterstrangsfeld, ovales 65 **Tb**.
 — ventrales 65 **Tb**.
 Hinterwurzelfasern 58, 43 **€** f., 47 **€**, 59 f., 60 f., 61 f.
 — Zahl der 58.
 Hinterwurzelganglion s. Ganglion spinale.
 Hinterwurzelneuron 37.
 Hippocampus 157, 159, 194, 195 **Tb**, 196 **Tb**, 197, 90 **€**, 94 **€**, 193.
 — digitationes 193.
 Hirnanhänge 7.
 Hirnkammern 6f., s. a. Ventriculus.
 Hirnkarten, areale 161, 164, 166, 167, 186.
 Hirnmantel s. Pallium.
 Hirnnerven, afferente Neuren 99.
 — efferente Neuren 99.
 — Faserkreuzung 97.
 — Kleinhirnbahnen 136.
 — motorische Kerne 96, 98 f.
 — sensible Kerne 99, 93 f.
 — und Spinalnerven, Unterschiede 97.
 Hirnrinde des Groß- und Kleinhirns 6.
 Hirschenkel s. a. Pedunculus cerebri.
 Hirschenkelfuß s. Pedunculus cerebri.
 Hirschenkelstrahlung 169, 169.
 Hirnstamm 67—115, 68, 73, 119.
 — Elementarapparat 96—106.
 — Fasersysteme 108 **Tb**.
 — Integrationsapparat 108 f.
 — Strangzellsystem 100 **Tb**, 101.
 Hirnteile 6.
 Höhlengrau, centrales s. Substantia gelatinosa centralis.
 Hörbahn 105, 167, 174, s. a. Lemniscus lateralis.
 Hörcentren 187.
 Hörner der Seitenventrikel s. Ventriculus lateralis, Cornua.
 Hörnerv s. u. N. cochlearis.
 Hornhautreflex 102.
 Hörschleife s. u. Lemniscus lateralis.
 Hörstrahlung 181 f.
 HORTEGA-Glia 28.
 HORTEGAsche Zellen 28, 28.
 Hüllen des Gehirns 205.
 — des Rückenmarkes 201, 201.
 Hydrocephalus 158.
 Hypophysis cerebri 7, 75, 93, 66, 68, 77, 192.
 Hypophysenstiel 205, 208.
 Hypothalamus 78, 93, 170, 77, 92.
 IAK 126.
 Impressio tentorii 154, 191.
 Incisura posterior cerebelli 116.
 — tentorii 208.
 Indirekter Reflexbogen 37.
 Induseum griseum corporis callosi 193, 119, 179 **€**, 192.
 Infundibulum 7, 75, 93, 8—11 **€**, 59 **€**, 69, 77, 92 **€**, 147 **€**, 169, 191, 208.
 Innenkolben der MEISSNERschen Tastkörperchen 25.
 Innere Kapsel s. Capsula interna.
 Innervation, periphere und radiculäre 63 f.
 Insula Reilii 145, 156, 175, 8—11 **€**, 59 **€**, 69, 92, 113 **€**, 119, 147 **€**, 154, 179 **€**, 180.
 Integrationsapparat 12.
 — und Elementarapparat 12, 13.
 — Anteil des Großhirns 185, 196 **Tb**.
 — Anteil des Hirnstamms 108 f.
 — Anteil des Riechhirns 195 **Tb**.
 — Anteil des Rückenmarks 51 f.
 Integrationsort 12, 51, 198.
 — Großhirnrinde 198, 199 f.
 — Kleinhirnrinde 140, 134, 135.
 Integrationsort:
 — Mittelhirndach 106 f., 199, 89 **€**, 107 f.
 Interradiäres Flechtwerk der Großhirnrinde 160 **€**, 161 **€** f.
 Intraepitheliale Nervenendigungen 24.
 Intumescentia cervicalis 30, 31, 35 **€**.
 — lumbalis 31, 31, 43 **€**.
 Isocortex 161, 194.
 Isthmus cerebri 75.
 KAHLERSches Gesetz 53.
 Kapselzellen 30, 29.
 Kern, Kerne, s. auch Nucleus.
 — der afferenten Neuren 4.
 — des Centralnervensystems 4.
 — des Elementarapparates 13.
 — der Ganglienzelle 13.
 — des Kleinhirns 125 **€**, 126, **€**, 134 **€** f., 135 **€** f.
 — der Medulla oblongata 80 **€**, 81 **€**, 84 **€**, 98.
 — motorische, der Hirnnerven 96, 98.
 — der Muskeln 4, 62.
 — des N. oculomotorius 88.
 — des N. vestibularis 100 **Tb**, 105, 85 **€**.
 — sensible, der Hirnnerven 99, 98.
 — des Thalamus 91f., 112 **Tb**, 92 **€**, 113 **€** f., s. a. Nucleus anterior thalami.
 Kiemenanschwellung (des Gehirns) 6.
 Kiemenhirn 6, 66.
 Kiemennerven 97.
 Klauenzellen 128.
 Kleinhirn 6, 7, 10 **€**, 71 **€**, 115—143, 196 **Tb**, 198, 199, 6, 8—11 **€**, 59 f., 66, 68, 69, 70, 71, 77, 117, 119, 125 **€**, 126 **€**, 127 **€**, 128 **€**, 129 **€**, 130 **€**, 131 f., 134 f., 135 f., 138 **€**, 140 f., 146, 190, 199 f.
 — Assoziationssysteme 126.
 — Bahnen, sensorische, direkte 109, 136, 142 **Tb**.
 — Beziehungen zu Oliven 140 f.
 — s. a. Cerebellum.
 — Brückenwinkel 71, 117.
 — Bündel, laterales absteigendes (CAJAL) 139, 143 **Tb**, 135.
 — Commissurensysteme 126.

- Kleinhirn:**
 — Fasersysteme 133, 142 **Tb.**
 — feinerer Bau 124—132.
 — funktionelle Bedeutung 115, 123.
 — Furchen 117.
 — graue Substanz 124.
 — Hemisphären 6, 119.
 — Integrationsort 12, **140.**
 — Kerne 124, **125** **⊗**, **126** **⊗**, **134** **⊗** **f**, **135** **⊗** **f**.
 — — ableitende Bahnen 142 **Tb.**
 — — Feinbau 132.
 — Leitungsbögen 109, 133.
 — Lokalisation 123.
 — Mark 125.
 — Projektionssysteme 126.
 — Rinde 6, 124, **125** **⊗**, **127** **⊗**, **128** **⊗**, **129** **⊗**, **131** **⊗** **f**, **134** **f**, **135** **f**.
 — — Entwicklung 132.
 — — Feinbau **127.**
 — — im ganzen 132.
 — — als Integrationsort **140—143.**
 — Schenkel 123 **Tb.**
 — Seitenstrangbahn s. a. Tractus spinocerebellaris.
 — Stiele 123 **Tb.**, s. Brachium conjunctivum, Brachium pontis und Corpus restiforme.
 — Verlust 140.
 — weiße Substanz 125.
 — Windung, rudimentäre 119, **125** **⊗**.
 Kletterfasern 130, **131.**
 Kniehöcker s. u. Corpus geniculatum laterale et mediale.
 Ko-agitationsgebiete 168.
 Kollateralen 17, **16**, **43**, **43** **f**, **47.**
 Kommaförmiges Bündel (SCHULTZESCHES Komma) 50, 54, 65 **Tb.**, **49** **⊗** **f**.
 Kontiguität und Kontinuität der Nervenverbindung 21, 23.
 Ko-ordinationsgebiete 168.
 Korbzellen 130, **131** **f**.
 Körnchenzellen der Glia 29.
 Körnerschicht des Großhirns 164, **160—163** **⊗**.
 — des Kleinhirns s. u. Stratum granulosum.
 Körnerzellen 128.
 — große 17, 128, **131.**
 — kleine 128, **128**, **131.**
 Körperbau und Centralnervensystem, Wechselwirkung 1, 2.
 Körperfühlsphäre 187.
- Körperperipherie und Großhirn** 172, 196 **Tb.**
 — und Kleinhirn 123.
 — und Rückenmark 60.
 Körperwachstum, Einfluß der Hypophyse 95.
 Krallenzellen 128, **128**, **131** **f**.
 Kratzreflex 48.
 Kreuzungen der Bahnen des Integrationsapparates 199.
 — der Wurzelneuren 97.
 — totale 199.
 Kreuzungskommissuren, STILLINGSche s. STILLINGSche Kreuzung.
 Kugeln s. u. Nucleus globosus.
 Kurz- und Langstrahler (Astrocyten) 28.
- Labyrinthreflex** 106.
 Lacunae laterales 209, 214.
 Lähmung, spastische 56.
 Lamina affixa 158, 159, **119**, **159** **⊗** **⊗**.
 — epithelialis d. Tela chorioidea 9 **⊗**.
 — — — — der Seitenventrikel 158, 159.
 — — — — ventriculi quarti 71, 72, 116.
 — — — — ventriculi tertii 91.
 — medullaris externa d. Thalamus 93.
 — — intermedia d. Thalamus 93.
 — — interna des Thalamus 93.
 — — des Arbor vitae 121 **Tb.**
 — quadrigemina 7, 12, 74, **89**, **106** **f**, **59** **⊗**, **68**, **69**, **70**, **71**, **73**, **77** **⊗**, **87** **⊗**, **89** **⊗** **f**, **94** **⊗**, **98** **f**, **107** **f**, **119**, **134** **f**, **135** **f**, **169** **⊗**, **171** **⊗**, **184** **⊗**.
 — rostralis 183.
 — terminalis 78, 146, 177, 9 **⊗**, **11** **⊗**, **77** **⊗**, **147** **⊗**, **158** (Abdruck), **184** **⊗**, **191.**
 Lang- und Kurzstrahler (Astrocyten) 28.
 Längsbündel der Hintersäule 48, 50, 49 **f** **⊗**, **61** **f**.
 Lateralsklerose, amyotrophische 56.
 Laufreflex 48.
 Leitungsbahnen des Basalganglions 111, 114 **Tb.**, **113** **⊗** **f**.
- Leitungsbahnen:**
 — der Berührungs-, Temperatur- und Schmerzreize 39, 53.
 — centrale 3, 4.
 — der epikritischen Sensibilität 57, 109, 196 **Tb.**
 — des Nucleus reticularis 52, 100 **Tb.**, **101.**
 — periphere und nervöses Centralorgan 2.
 — der protopathischen Sensibilität 39, 53, 109.
 — des Rückenmarks 64 **Tb.**
 Leitungsbögen 3, 11—13, 23, 37.
 — Bildung 5.
 — 1., 2. u. 3. Ordnung 3.
 — des Großhirns 185 **f**, 196 **Tb.**, 199.
 — des Kleinhirns 133.
 — des Neukleinhirns 138.
 — des Riechhirns 195 **Tb.**
 — optischer 51.
 — des Urkleinhirns 133.
 — des vegetativen Nervensystems 12.
 Leistungsvermögen, doppel-sinniges, der Neuriten 23.
 — einsinniges, der Leitungsbögen 23.
 Lemniscus lateralis (acusticus) 75, 82 **f**, 87, 91, **105**, 108 **Tb.**, 167, 196 **Tb.**, **69**, **86** **⊗**, **134** **f**, **135** **f**.
 — medialis (Schleifenbahn, Tractus bulbo-thalamicus) 75, 82 **f**, 87, 88, 91, 108 **Tb.**, 109, 110, 196 **Tb.**, 199, 59 **f**, **69**, **81** **⊗**, **84** **⊗**, **85** **⊗**, **86** **⊗**, **87** **⊗**, **134** **f**, **135** **f**, **169.**
 Lendenmark 30, **43** **⊗** **f**.
 Leptomeninges 201.
 Lesecentrum 188, 196 **Tb.**
 Lidtschluß, reflektorischer 99.
 Liftreaktion 106.
 Ligamentum craniale durae matris 203.
 — denticulatum 204, **31**, **201** **⊗**.
 — interspinale cervicale 203.
 — lumbo-sacrale 203.
 Limen insulae 156, 195 **Tb.**, **63**, **69**, **191.**
 Lingula 118, 122 **Tb.**, **70**, **77.**
 Linsenkern s. u. Nucleus lentiformis.
 Linsenkernschlinge 95, 113.
 Liquor cerebrosinalis 6, 201, 204, 205, 209.

Alle Zahlen bedeuten Seitenzahlen. Gewöhnlicher Druck: Texthinweise; *kursiv*: Abbildungshinweise; fett: Haupthinweise. ⊗: betrifft Entwicklung; ⊗: Schnittbild; f: schematisches Bild; Tb: Tabelle.

- LISSAUERSche Randzone 37 **⊗**, 45.
 Liss-encephal 144.
 Lobus, Lobulus, Lobi.
 — anterior des Kleinhirns 120, 122 **⊗**, 119.
 — — Funktion 123.
 — biventer 122 **⊗**, 70.
 — centralis 118, 122 **⊗**, 70, 119.
 — complicatus 120, 122 **⊗**, 119.
 — — Funktion 123.
 — cuneatus (cuneiformis) 122 **⊗**, 70, 71.
 — frontalis 144, 150.
 — gracilis 122 **⊗**, 70, 71.
 — lunatus ant. et post. 122 **⊗**.
 — occipitalis 144, 153.
 — olfactorii 8.
 — parietalis 144.
 — — superior et. inferior 153.
 — piriformis 190.
 — posterior des Kleinhirns 120, 122 **⊗**.
 — — — Funktion 123.
 — quadrangularis 122 **⊗**, 119.
 — semilunaris superior et inferior 122 **⊗**, 70, 71, 119.
 — simplex 120, 122 **⊗**, 119.
 — — Funktion 123.
 — temporalis 144, 153, 193.
 Locus caeruleus 74, 88.
 — — Pigmentgehalt der Zellen 16.
 LÖWENTHALSches Bündel 51, 64 **⊗**.
 Lumbalmark 30, 43.
 Lumbalnerven 31.
 LUYSScher Körper s. Corpus subthalamicum.
 Lymphraum, perivascularer 28.
 Lyra Davidis 182.
 Makrogliä 28.
 Mandelkern s. Nucl. amygdalae.
 Mandel des Kleinhirns s. Tonsilla.
 Mantel, Pallium 8, 143, s. a. Großhirn.
 Mantelzellen 30, 29.
 MAGENDIEScher Spalt s. Apertura mediana ventriculi quarti.
 Marginale Gliä des Rückenmarks 28, 37 **⊗**.
 Marginalzellen der Substantia gelatinosa Rolandi 45, 65.
 Mark des Großhirns 168.
 — des Kleinhirns 125.
 — verlängertes s. Medulla oblongata.
 Markblätter des Kleinhirns 121 **⊗**, 124, 70.
 Markbrücke 37 **⊗**, 65 **⊗**, s. a. Zona terminalis.
 Markfasern der Großhirnrinde 161, 166, 161.
 — der Kleinhirnrinde 130.
 Markgehalt der peripheren Nervenfasern 21.
 Markreifung 18.
 Markscheide 18, 17, 19.
 — Degeneration 26.
 — Entwicklung 18.
 — — der Pyramidenbahn 56.
 — — im Großhirn 167.
 — — und Funktionsfähigkeit des Neuriten 20.
 — Segmente 18, 19.
 Marksegele s. Velum medullare.
 Markstrahlen des Kleinhirns 124, 125, 127, 131.
 Markstrukturen 18f.
 Marktrichter 18.
 Massa intermedia 78, 11 **⊗**, 77.
 MECKELScher Raum 205.
 Meditullium laterale s. WERNICKESches Feld.
 Medulla oblongata 6, 7, 66, 68, 69, 80, 31, 66, 68 bis 71, 73, 77, 80 **⊗**, 81 **⊗**, 84 **⊗**, 98 **⊗**, 134 **⊗**, 135 **⊗**, 146.
 — — Centren 104.
 Medullarplatte 8.
 Medullarrinne 8.
 Medullarrohr 8.
 Medulla spinalis s. Rückenmark.
 MEISSNERSche Tastkörperchen 25, 24, 25.
 Meninges 201.
 Mesencephalon s. Mittelhirn.
 Meso-Encephalie 144.
 Mesoglia 28.
 Metencephalon s. Hinterhirn.
 MEYNERTSche Kreuzung s. Haubenkreuzung.
 Mikroglia 28.
 Minimum-Maximum-Prinzip 4.
 Mittelfeld des Rückenmarks 36 **⊗**.
 Mittelhirn 6, 7, 74, 88, 195 **⊗**, 6, 8—11 **⊗**, 59, 68—71, 73, 77, 87 **⊗**, 89 **⊗**, 90 **⊗**, 94 **⊗**, 98 **⊗**, 107 **⊗**, 113 **⊗**, 119, 134, 135, 191, 199 **⊗**.
 — Elementarapparat 106.
 Mittelhirndach s. Lamina quadrigemina.
 Mittelzellen 42.
 Molekularschicht s. Stratum moleculare.
 MONAKOWSches Bündel s. Tractus rubro-spinalis.
 Moosfasern 128, 131.
 Motilität, Bedeutung des Basalganglions 114.
 — — des Kleinhirns 115.
 Motorische Kerne der Hirnnerven 96, 98.
 — Vordersäulenzellen 41, 14, 15, 16, 43 **⊗**, 59 **⊗**.
 Motorischer Haubenkern s. Nucleus reticularis.
 Motorisches Neuron 3, 37.
 Multipolare Ganglienzellen 16f., 14, 15, 16, 131.
 — Zellen der Spinalganglien 32.
 Muskelkerne 4, 62, 43 **⊗**, 63 **⊗**.
 Muskeltonus, Einfluß des Basalganglions 114.
 — — des Kleinhirns 115.
 Myelinfiguren 18.
 Myelinscheide 18, 17, 19.
 Myeloarchitektonik der Großhirnrinde 161, 166, 160, 161.
 Myelogenese 18, 167.
 Myelogenetische Gliederung der Großhirnrinde 167.
 Nackenbeuge des Medullarrohrs 9, 8—11.
 Nebenflocke 118, 122 **⊗**, 117.
 Nebenoliven 83, 139, 84 **⊗**, 138 **⊗**, 140 **⊗**.
 Nebenpyramide 122 **⊗**, 71.
 Neencephalon s. Neuhirn.
 — und Archencephalon 143.
 Nerven, periphere, Bau 21.
 Nervenbahn, afferente und efferente 1.
 — Umschaltstellen 1, 3.
 Nervenendigungen 17, 20, 24, 22, 23—26.
 — freie 24.
 — intraepitheliale 24, 23.
 — motorische 25, 25, 26.
 — sensible 24, 23, 24, 25.
 Nervenfasern 17, 18f., 15, 17, 29.
 — markhaltige, markarme, marklose 18, 21.
 — Markscheide 18.
 Nervenheilung, biologische 27.
 Nervenregeneration 25, 26.
 Nervensystem, Bauelemente 13—30.
 — Betriebsfunktionen und Gestaltungsfunktionen 4.

- Nervensystem:
 — Beziehung zwischen Bau und Funktion 2.
 — centrales; Grundplan 5—13.
 — — allgemeine Morphologie 2—5.
 — — Allgemeines 1—30.
 — — und Körperbau 1.
 — — segmentale Gliederung 1—3, 5.
 Nervenzellen s. Ganglienzellen.
 Nervöses Centrum 4, s. a. Centrum.
 Nervöse Erregungen 2f.
 — Repräsentation der Körperteile 4, s. a. Körperperipherie.
 Nervus, Nervi (s. a. Nucleus).
 — abducens 86, 99, **66**, 85, 90, **98** §, 125, 208.
 — accessorius 68, 8 \mathcal{E} , 10 \mathcal{E} , 66, 98.
 — acusticus 68, 71, 105, 8 \mathcal{E} , 10 \mathcal{E} , 66, 69, 98, 208.
 — cochlearis 68, 100 \mathcal{Tb} , 105, 69.
 — facialis 68, 71, 84, **86**, 97, 99, 102, 196 \mathcal{Tb} , 6, 8 \mathcal{E} , 66, 69, 85, **98**, 125, 135, 208.
 — glossopharyngeus 68, 84, 97, 99, 100 \mathcal{Tb} , 103, 196 \mathcal{Tb} , 8 \mathcal{E} , 10 \mathcal{E} , 66, 98, 181, 208.
 — hypoglossus 68, 97, 100, 102, 213, 66, 84 \mathcal{E} , 98.
 — intermedius 66, 208.
 — oculomotorius 75, 97, 99, 213, 66, 87 \mathcal{E} , 98 §, **191**, 208.
 — opticus s. Fasciculus opticus.
 — spinales 31, 32 \mathcal{E} , 34, 46 \mathcal{E} , 66, 202.
 — trigeminus 71, 87, 97, 99, 100 \mathcal{Tb} , **102**, 136, 196 \mathcal{Tb} , **66**, 69, 70, 71, 80 \mathcal{E} , 86, 90, 98 §, 191, 208.
 — trochlearis 75, 97, 66, **73**, **98**, 191, 208.
 — vagus 68, 84, 97, 100 \mathcal{Tb} , 103, 104, 6, 8 \mathcal{E} , 10 \mathcal{E} , **66**, 84, 98 §, 125, 181, 208.
 — vestibularis 68, 86, 100 \mathcal{Tb} , 101, **105**, **133**, 136, 142 \mathcal{Tb} , 59 §, 69, 134, 135.
 Netzwerk, periternales 25, 25, 26.
 Neuhrn und Urhrn 6, 12, 67.
 Neukleinhirn 115, **119**, 122 \mathcal{Tb} , 123, 117.
 — Fasersysteme 143 \mathcal{Tb} .
 — Leitungsbögen 138, 135.
 Neurilemm 27, **30**, 17, 19, 29.
 — Verhalten bei der Degeneration 26, 30.
 Neurit 17 f., 14—16, 43.
 — Degeneration und Regeneration 26.
 — Endigungen 23.
 — Verästelungen 17, 23.
 Neuroblasten 20.
 Neurofibrillen 13, **16**, 15, 17.
 — Degeneration 26.
 — Verbindung zwischen verschiedenen Neuren 23.
 Neuroglia 27, 30, 15, **28**, s. a. Glia.
 Neurohypophyse 93.
 Neurokeratingerüst 18.
 Neuron 3, **13**.
 — afferentes 37.
 — — der Hirnnerven 99.
 — als Bauelement des Leitungsbogens 3.
 — centripetales und centrifugales 3, 37.
 — efferentes 37.
 — — der Hirnnerven 99.
 — als Einheit 21.
 — motorisches 37.
 — präradikuläres 57.
 — radikuläres 57.
 — Schädigungen 21.
 — sensibles 37.
 — Verbindung untereinander 21.
 Neurontheorie 22.
 Neurotome 31, 198, s. a. Segmente des Rückenmarks.
 Nidus avis 119, 121 \mathcal{Tb} .
 Niesreflex 103.
 NISSLSche Schollen 13, 17, 14.
 — — Degeneration 26.
 — — staubförmiger Zerfall 26.
 Nodus (Malacarni) 118, 122 \mathcal{Tb} , 117.
 Novocerebellum 115, **119**, 122 \mathcal{Tb} .
 — Leitungsbögen 138, 135.
 Novocortex 161.
 Novopallium 143, 185.
 Novostriatum 96.
 Nucleolus der Ganglienzellen 13, 14, 15.
 Nucleus, Nuclei:
 — abducentis 100, 98.
 — accessorii 98.
 — alae cinereae 84, 100 \mathcal{Tb} , 84 \mathcal{E} , 98.
 — ambiguus 84, 99, 104, 84 \mathcal{E} , 98.
 — amygdalae 194, 195 \mathcal{Tb} , 59 \mathcal{E} , **92** \mathcal{E} , 170, 174 \mathcal{E} , 179 \mathcal{E} , **181**, 191 \mathcal{E} .
 Nucleus:
 — angularis (BECHTEREW) s. Nucleus vestibularis.
 — anterior thalami 91, 92, 112 \mathcal{Tb} , 195 \mathcal{Tb} , 197, 92 \mathcal{E} , 119, s. a. Kerne des Thalamus.
 — arcuatus s. arciformis 83, 81 \mathcal{E} .
 — — thalami 112 \mathcal{Tb} .
 — campi Foreli (n c F) 93, 113.
 — caudatus 79, **95**, 111, 114 \mathcal{Tb} , 59 \mathcal{E} , 90 \mathcal{E} , 92 \mathcal{E} , **94** \mathcal{E} , 113 \mathcal{E} , **119**, 159 \mathcal{E} , 170, 174 \mathcal{E} , 179 \mathcal{E} , 180 \mathcal{E} , **181** \mathcal{E} .
 — centralis s. arciformis 100 \mathcal{Tb} , 101.
 — centralis superior 88, 100 \mathcal{Tb} , 101, 86 \mathcal{E} , 134 \mathcal{E} .
 — cerebelli 124, 132, **133f.**, 125, 126, 134.
 — cochlearis 85, 105, 98, 125 \mathcal{E} .
 — commissurae posterioris (DARKSHEWITSCH) 91, 100 \mathcal{Tb} , 101, **112**, 113 \mathcal{E} .
 — corporis mamillaris 195 \mathcal{Tb} .
 — dentatus cerebelli 124, 132, 136, 138, 69, 85 \mathcal{E} , **125** \mathcal{E} , 126 \mathcal{E} , 134 §, **135** §.
 — dentatus olivae 83, 139, 81 \mathcal{E} , **84** \mathcal{E} , 98, 125 \mathcal{E} , **135** §, 140 §.
 — descendens vestibularis 100 \mathcal{Tb} , 105.
 — dorsalis (CLARKE-STILLING) 44, 51, 65 \mathcal{Tb} , 43 §, 59 §.
 — emboliformis 124, 132, 133, 125 \mathcal{E} , 126 \mathcal{E} , 134 \mathcal{E} §.
 — facialis 96, 99, 100, 98, s. a. Nucleus salivatorius, Nucleus tractus solitarii.
 — fasciculi cuneati (BURDACH) 55, 65 \mathcal{Tb} , **81**, 84, 109, 59 §, 81 \mathcal{E} , 84 \mathcal{E} , 134, 135.
 — fasciculi gracilis (GOLL) 55, 65 \mathcal{Tb} , **81**, 84, 109, 80, 81 \mathcal{E} , 134.
 — fastigii 124, 132, 59 \mathcal{E} , 125 \mathcal{E} , 126 \mathcal{E} , 134 \mathcal{E} §.
 — globosus 124, 132, 133, 125 \mathcal{E} , 126 \mathcal{E} , 134 \mathcal{E} §.
 — glossopharyngei s. Nucleus ambiguus, Nucleus tractus solitarii, Nucleus salivatorius.
 — hypoglossi 84, 96, **100**, 100 \mathcal{Tb} , 84 \mathcal{E} , 97 \mathcal{E} , 98.
 — hypothalamicus s. Corpus subthalamicum.
 — intercalatus 100 \mathcal{Tb} , 97 \mathcal{E} .

Alle Zahlen bedeuten Seitenzahlen. Gewöhnlicher Druck: Texthinweise; *kursiv*: Abbildungshinweise; fett: Haupthinweise. \mathcal{E} : betrifft Entwicklung; \mathcal{S} : Schnittbild; §: schematisches Bild; \mathcal{Tb} : Tabelle.

- Nucleus:**
 — interstitialis (CAJAL) 91, 100 **Tb**, 101, **113**, **113** **⊗**.
 — lateralis des Kleinhirns 124.
 — lemnisci lateralis 100 **Tb**, 105.
 — lentiformis 79, **95**, **111**, 114 **Tb**, 59 **⊗**, **92** **⊗**, **94** **⊗**, **113** **⊗**, **159** **⊗** **⊗**, **170**, **179** **⊗**, **180** **⊗**, **181**, **199**.
 — magnocellularis s. a. Nucleus reticularis und Nucleus ruber magnocellularis.
 — medialis des Kleinhirns 124.
 — mesencephalicus trigemini 88, 102.
 — motorius tegmenti s. Nucleus reticularis.
 — motorius trigemini 104, 98.
 — — glossopharyngei et vagi s. Nucleus ambiguus.
 — oculomotorii 88, 96, 98 **f**, **134** **⊗**.
 — olivaris inferior s. Nucleus dentatus olivae.
 — — dorsalis et medialis 83, s. Nebenoliven.
 — — superior 87, 100 **Tb**, **105**, **85** **⊗**.
 — parvicellularis s. u. Nucleus reticularis und Nucleus ruber parvicellularis.
 — pontis 87, **139**, 173, 196 **Tb**, **85** **⊗**, **86** **⊗**.
 — praepositus hypoglossi 100 **Tb**, 101.
 — „radicis descendentes“ 99.
 — raphes 100 **Tb**, 101.
 — reticularis (motorischer Haubenkern) 39, 52, 64 **Tb**, 82, 88, **100** **Tb**, **101**, 133, 195 **Tb**, 82 **⊗**, **86** **⊗**, **134** **⊗**.
 — — magno- und parvicellularis 101.
 — — Folgen der Zerstörung 104.
 — ruber (tegmenti) 52, 65 **Tb**, 88, **89**, 91, 100 **Tb**, 101, 106, 108, 108 **Tb**, **109**, **110** **Tb**, 111, 112, 112 **Tb**, 114, 114 **Tb**, 115, 139, 200, 59 **⊗**, 70, 87 **⊗**, **90** **⊗**, **94** **⊗**, **98**, **113** **f** **⊗**, **134** **f** **⊗**, **135** **⊗** **f**, **174** **⊗**, **199**.
 — — magnocellularis 65 **Tb**, 89.
 — — parvicellularis 89.
- Nucleus ruber:**
 — — Verbindungen 110 **Tb**.
 — salivatorius 104, 98.
 — sensibilis s. Nucleus trigemini, vagi.
 — tecti cerebelli 124.
 — thalami **91** **f**, 110, 112 **Tb**, 139, 195 **Tb**, 196 **Tb**, **92** **⊗**, **113** **⊗** **f**, s. a. Nucleus anterior thalami.
 — tractus solitarii 84, 99, **84** **⊗**, **98**.
 — tractus spinalis nervi trigemini, s. Nucleus trigemini sensibilis.
 — trapezoides 100 **Tb**, 105.
 — triangularis, s. Nucleus vestibularis.
 — trigemini motorius 104, 98.
 — — sensibilis (Nucleus tractus spinalis, radicis descendentes trigemini) 81, 84, 99, 109, **80** **⊗**, **81** **⊗**, **84** **⊗**.
 — — tractus mesencephalici 88, 102.
 — vagi motorius s. Nucleus ambiguus.
 — — sensibilis s. Nucleus tractus solitarii.
 — — visceralis s. Nucleus alae cinereae.
 — vestibularis 100 **Tb**, 101, **105**, **142** **Tb**.
 — — angularis (BECHTEREW) 105.
 — — descendens (radicis descendentes) 100 **Tb**, 105.
 — — dorsalis 105.
 — — lateralis (DEITERS) 50, 52, 65 **Tb**, 87, **100** **Tb**, 101, **105**, 133, 136, 59 **⊗**, **85** **⊗**, **134** **⊗**.
 — — medialis (SCHWALBE) 105.
 — — triangularis 87, **105**, **85** **⊗**, **134** **⊗**.
 Nystagmus, calorischer 106, 136.
- Oberflächensensibilität, Reizleitung** 58.
 Occipitallappen 153, 196 **Tb**.
 Occipitalnerv 31.
 Oligodendroglia 28.
 Oliva inferior s. Nebenoliven.
 Olive 70, 83, **66**, **69**, **70**, **73**, **181**.
 — Beziehungen zu Kleinhirn 83, **140** **f**.
 Olivenkerne s. u. Nucl. dentatus olivae und Nebenoliven.
- Olivenkleinhirnbahn 83, 139.
 Operculum insulae 146, **150**, **152**.
 — frontale 150, 152, 188, **180** **⊗**, s. a. Gyrus frontalis inferior.
 — parietale 150, **90** **⊗**, **92** **⊗**, **179** **⊗**.
 — temporale 150, **92** **⊗**, **94** **⊗**, **179** **⊗**, **193**. s. a. Gyrus temporalis superior.
 Opisthencephalon 68.
 Opticus s. Fasciculus opticus.
 Oralsinn 197.
 Organologie der Großhirnrinde 165.
- PACCHIONISCHE Granulationen** 209, 214.
 Pachymeninx 201.
 Paläencephalon 12.
 Palaeocerebellum 121 **Tb**.
 Pallidum s. Globus pallidus.
 Palliocortex 161, 165.
 Pallium 8, 143, s. a. Großhirn.
 Paraflocculus 118, 122 **Tb**, **117**.
 Parencephalon 6.
 Parietalorgan 7.
 Patellarreflex 3, 12.
 Pedunculus cerebri 75, 88, 169, **173**, **59** **⊗**, **66**, **68**, **69**, **70**, **71**, **73**, **77**, **87** **⊗**, **90**, **94**, **98**, **113**, **135**, **191**.
 — flocculi 121 **Tb**, 122 **Tb**, **124**, **117**.
 — septi pellucidi 197.
 Perineurium 21, **20**, **21**.
 Periostr des Schädels 205.
 Periostreflex 198.
 Periphere Leitungsbahnen und nervöses Centralorgan 2.
 Periphere Nerven, allgemeines 21.
 Periterminales Netzwerk 25, **26**.
 Perivascularer Lymphraum 28.
 Pes, s. a. u. Fußregion.
 — pedunculi s. Pedunculus.
 Pfropfkern s. Nucl. emboliciformis.
 Phagocytose der Gliazellen 28.
 Phylogenetisches Trägheitsmoment 5.
 Pia mater 201, **32** **⊗**, **127** **⊗**, **201** **⊗**.
 — — Gefäßnetz **211** **⊗**.
 — — cerebri 210.
 — — spinalis 201.
 Pigmentkörner der Nervenzellen 16.

- Plexus basilaris 215.
 — chorioideus 9.
 — — des dritten Ventrikels 91, 77, 90 **⊗**, 94 **⊗**, 113 **⊗** j, 179 **⊗**, 184.
 — — des Seitenventrikels 159, 213, 216, 90 **⊗**, 92 **⊗**, 94 **⊗**, 159 **⊗** j, 169, 179 **⊗**.
 — — des vierten Ventrikels 73, 11 **⊗**, 70, 77, 98, 117, 125 **⊗**, 138 **⊗**, 181.
 — pterygoideus 215.
 Polarisiertheit der Neurenverbindung (Synapse) 23, 24.
 Pole des Großhirns 144.
 Polus frontalis 66, 77, 151.
 — occipitalis 66, 77, 146, 151.
 — temporalis 66, 77, 146, 154, 180, 191, 193.
 Polymorphe Zellen der Großhirnrinde 164, 160 **⊗**, 161 **⊗** j.
 Pons 68, 70, 85, 10 **⊗**, 11 **⊗**, 66, 68, 69, 77 **⊗**, 85 **⊗**, 86 **⊗**, 90 **⊗**, 98, 125 **⊗**, 135 j, 169, 170, 171, 191, s. a. Tractus cortico-pontanus.
 Ponticulus 71.
 Praecuneus 150, 155, 77, 149 j.
 Prädorsalbündel s. Fasciculus praedorsalis.
 Präganglionäre Neuren des Sympathicus 42.
 Präradikuläres Neuron 57.
 Primärbündel der peripheren Nerven 21, 21.
 Primärgebiete der Großhirnrinde 168.
 Priscocerebellum s. Urkleinhirn.
 Priscocortex 161.
 Prisco-striatum 96.
 Processus reticularis des Rückenmarks 36 **⊗**, 41, 35.
 Projektionssysteme des Großhirns 168, 169, 177.
 — des Kleinhirns 126.
 Proprio- und exterozeptive Fasern der Hirnnerven 97, 102.
 Propriozeptive Reize 39.
 — — Leitung 58, 61 j.
 Prosencephalon 6.
 Protopathische Sensibilität 39.
 — — Centrum 108.
 — — Leitungsweg 53, 109, 111.
 Pseudo-unipolare Ganglienzellen 17.
 Pulvinar thalami 76, 91, 92, 112 **⊗**, 68 **⊗**, 69, 94 **⊗**, 107 j, 113 **⊗**, 119, 134 j, 149, 174.
 PURKINJESCHE Zellen 129, 133, 127 **⊗**, 129, 130, 131 j.
 Putamen 79, 95, 111, 92 **⊗**, 94 **⊗**, 113 **⊗**, 170 **⊗**, 179 **⊗**, 180, 181.
 — Verbindungen 114 **⊗**.
 Pyramide s. Pyramis med. obl.
 Pyramidenbahn s. Tractus cortico-spinalis.
 Pyramidenkreuzung s. Decussatio pyramidum.
 Pyramidenschichten 164, 166.
 Pyramidenseitenstrangbahn s. Tractus cortico-spinalis lateralis.
 Pyramidenvorderstrangbahn s. Tractus cortico-spinalis ventralis.
 Pyramidenzellen der Großhirnrinde 164, 165, 16, 59, 113 **⊗**, 160 **⊗**, 161 **⊗** j, 162 **⊗**, 163 **⊗**.
 Pyramis medullae oblongatae 69, 83, 59 **⊗**, 66, 80 **⊗**, 81 **⊗**, 84 **⊗**, 125, 138, 181.
 — vermis cerebelli 118, 122 **⊗**, 70, 117.
 Radiärfasern der Großhirnrinde 166, 160 **⊗**, 161 **⊗** j.
 Radiatio cortico-thalamica s. Corona radiata.
 Radikuläres Neuron 57, 59 j.
 Radix ascendens et descendens der Hirnnerven 99.
 — descendens trigemini s. Tractus spinalis trigemini.
 — — vestibularis 105.
 — dorsalis des Spinalnerven 32, 37, 31, 32 **⊗**, 43 **⊗**, 46 j **⊗**, 59 j, 60 j, 61 j.
 — mesencephalica trigemini 88, 102.
 — spinalis trigemini s. Tractus spinalis trigemini.
 — ventralis des Spinalnerven 32, 37, 32 **⊗**, 43 **⊗** j, 46 **⊗** **⊗**, 59 j, 60 j, 61 j, 63 j, 66.
 Radspeichenstruktur der Markscheiden 18, 19.
 Ramus communicans anterior et posterior des Circulus arteriosus 212.
 Randschicht, glöse, des Rückenmarks 28, 37 **⊗**.
 RANVIERSCHE Einschnürungen 18, 17, 19.
 Raphe 82, 108 **⊗**, 81 **⊗**, 82 **⊗**, 84 **⊗**, 85 **⊗**.
 RATHKESCHE Tasche 96.
 Rautengrube 7, 68, 74, 6, 73.
 Rautenhirn 7, 68.
 Receptorisches (End-)Organ 3.
 — und effectorisches Organ 1.
 Recessus infundibuli 78, 77 **⊗**, 158, 192.
 — chiasmatis 78, 77 **⊗**, 158, 191 **⊗**.
 — lateralis ventriculi quarti 72, 66, 68, 71, 117, 125 **⊗**, 138 **⊗**, 158 (Ausguß), 181, 192.
 — mamillaris 78, 11 **⊗**.
 — opticus s. Rec. chiasmatis.
 — postcommissuralis 11 **⊗**.
 — suprapinealis 76, 11 **⊗**, 77 **⊗**, 90 **⊗**, 119, 158, 184 **⊗**, 192.
 Reflectorische Kontraktion 37.
 Reflectorischer Lidschluß 99.
 Reflexbogen 37.
 — direkter und indirekter 3, 37, 48.
 Reflexe 12, 198.
 Reflektorkollaterale 48.
 Regeneration 25—27.
 Reizausbreitung 58.
 Reizleitung 58.
 Resonanztheorie der Erregung 27.
 Rete foraminis ovalis 215.
 Rhinencephalon s. u. Riechhirn.
 Rhombencephalon 7, 68.
 Riechanschwellung des Gehirns 6.
 Riechbahnen 107, 195, 195 **⊗**.
 Riechbündel, basale 195 **⊗**.
 Riechhirn 6, 8, 66, 143, 167, 190, 6, 9—11 **⊗**, 66, 77, 90 **⊗**, 147 **⊗**, 149 j, 179 **⊗**, 190, 191, 193.
 — Entstehung der Bogenform 147.
 Riechlappen 8.
 Riesenwuchs, hypophysärer 95.
 Rinde des Großhirns s. Großhirnrinde.
 — des Kleinhirns s. u. Kleinhirnrinde.
 Rindeneindigungen der Sinnesbahnen 168, 196 **⊗**.
 Rindengrau des Kleinhirns 124.
 Rindenzellen, kleine 130, 131 j.
 Rostrum corporis callosi 179, 183, 77, 180, 192.

- Rückenmark 2, 30—65, 36 **Tb**, 64 **Tb**, 6, **31**, 32 **⊗**, **34**, 34 **⊆**, **35** **⊗**, 41 **⊆**, 43 **⊗**, 46 **⊗** **⊗**, 49 **⊗** **⊆**, 54 **⊗** **⊆**, 59 **⊆**, 60 **⊆**, 61 **⊆**, 63 **⊆**.
 — Arterien 210, 211 **⊗**.
 — als Ganzes 57—62.
 — Bauplan 35—40.
 — Durchschneidungsver-
 suche 2.
 — Elementarapparat 37, 49 **f**, 60 **⊆**, 61 **⊆**.
 — Extremitätenanschwel-
 lungen 5, 30, 31, 31.
 — Form und Lage 30—35, 31, 34, 34 **⊆**, 201, 202.
 — und Gehirn 2.
 — graue und weiße Substanz 40—57.
 — Integrationsapparat 51 **f**, 59 **⊆**.
 — und Körperperipherie 60.
 — Leitungsbahnen 49 **f**, 64 **Tb**, 49 **⊗** **⊆**, 59 **⊗** **⊆**, 60 **⊆**, 61 **⊆**.
 — Nerven 31.
 — Querschnittstopographie 49 **⊆** **⊗**, 54 **⊆** **⊗**.
 — Segmente 31, 33, 34 **⊆**, 63 **⊆**.
- Sacralnerven 31.
 Sacralmark 30, 14, 32.
 Satelliten der Ganglienzellen 30.
 Saugreflex 102.
 Schaltneuren 3.
 Schaltstellen der Nerven-
 bahnen 1.
 Scheitelauge 7.
 Scheitelbeuge 8, 10, 8—11 **⊗**.
 Scheitellappen des Großhirns 144, 196 **Tb**.
 Schichtenbau der Integra-
 tionsorte 89, 107.
 — des Colliculus superior
 laminae quadrigeminae
 89, 89 **⊆**.
 — Großhirnrinde 160 **f**, 160
 bis 163.
 — Kleinhirnrinde 127 **f**, 127,
 131 **⊆**.
 Schlaf, Bedeutung des Thala-
 mus 111.
 Schläfenlappen 144, 193.
 Schlaganfall 56.
 Schleifenbahnen s. Lemniscus
 lateralis et medialis.
 Schleifenkreuzung s. Decussa-
 tio lemniscorum.
 Schluckzentrum 104.
 Schluckreflex 103.
 Schmerzreize 39.
- SCHMIDT-LANTERMANNsche
 Einkerbungen 18, 19.
 SCHULTZesches Komma s. u.
 kommaförmiges Bündel.
 SCHWALBEScher Kern 105.
 SCHWANNsche Scheide 30, 17.
 Schweifkern s. u. Nucleus
 caudatus.
 Segmentale Gliederung des
 Centralnervensystems 1
 bis 3, 5.
 Segmentaler Grundplan des
 Wirbeltierkörpers 1.
 Segmente der Markscheiden 18.
 — des Rückenmarks 31, 33,
 34 **⊆**, 63 **⊆**.
 Segmentgrenzen im Rücken-
 mark 33.
 Sehanschwellung des Gehirns
 6.
 Sehbahn 106, 167, **173**, 196 **Tb**,
 174 **⊆**.
 Sehbündel s. Fasciculus opti-
 cus.
 Sehzentrum 186, 187, 196 **Tb**.
 Sehhirn 6, 66.
 Sehnenreflexe 12, 198.
 — Segmenthöhen 62 **Tb**.
 Sehnerv s. Fasciculus opticus.
 Sehorgane, Embryogenese 7.
 Sehstrahlung 173, 174, 177,
 171, **174** **⊆**, 181 **⊆**, 192.
 Seitenplatte der Hirnkam-
 mern 6 **f**.
 Seitensäule des Rückenmarks
 36 **Tb**, 40.
 Seitenstrang, Grundbündel
 49, 64 **Tb**.
 — des Rückenmarks s. Funi-
 culus lateralis.
 Seitenventrikel s. Ventriculus
 lateralis.
 Selbstdifferenzierung und ab-
 hängige Differenzierung
 der Nervenendigungen 25,
 26.
 Sensibilität, epikritische 57,
 173, 186.
 — — Leitungsweg 109, 196
Tb.
 — protopathische 39, 50, 114.
 — — Centrum 108.
 — — Leitungsweg 109.
 Sensible Kerne der Hirner-
 ven 99, 98.
 — Nervenendigungen 24.
 Sensibles Neuron 37.
 Sensorische Kleinhirnbahnen,
 direkte 109, 136, 142 **Tb**.
 Septum (medianum) dorsale
 36 **Tb**, 35 **⊗**, 41.
 — pellucidum 180, 182, 11 **⊗**,
 77, 119, 147, 180 **⊗**.
 — posterius s. Septum dorsale.
- Silberimprägnationsverfahren
 nach GOLGI 22.
 Sinus cavernosus 215, 208.
 — circularis 215, 208.
 — durae matris **214**, 208.
 — petrosus inferior 215, 208.
 — — superior 215, 208.
 — rectus 214, 208.
 — sagittalis inferior 214, 208.
 — — superior 209, 214, 208.
 — sigmoides 215, 206, 208.
 — spheno-parietalis (spheno-
 orbitalis) 215, 208.
 — transversus 215, 206, 208.
 Sohlenplatte der Muskelfaser
 25.
 Somatopsychie 140.
 Spalierzellen 129.
 Spastische Lähmung 56.
 Spatium subdurale 204, 201 **⊗**.
 — supra-(epi-)durale 202.
 Speichelsekretion, Centrum
 104.
 Spinalganglienzellen 17, 32,
 15.
 Spinalganglion s. Ganglion
 spinale.
 Spinalnerven s. Nervus spi-
 nalis.
 — und Hirnnerven, Unter-
 schiede 97.
 Spindelzellen der Großhirn-
 rinde 165.
 Splenium corporis callosi 180,
 68, 77 **⊗**, 169, 192, 193.
 Spongiosa des Neurilemms 19.
 Sprachfunktionen 189.
 Sprachzentrum 187, 196 **Tb**.
 — bulbäres 104.
 — motorisches (BROCA) 188.
 — optisches 188.
 — sensorisches (WERNICKE)
 188.
 Sprungbereitschaft 106.
 Stabkranz 171.
 — des Cuneus 177.
 — des Thalamus s. Corona
 radiata.
 Stamm des Spinalnerven 32.
 Stammganglion s. Corpus
 striatum.
 Statotonus 115.
 Staubförmiger Zerfall der
 NISSLSchen Schollen 13,
 26.
 Stellreflex 50, 106.
 Stereognose 57, 173.
 — Centrum 186.
 Sternzellen der Kleinhirnrinde
 130, 131 **⊆**.
 STILLINGSche Kreuzungscom-
 missuren 126, 133, 137,
 125 **⊗**, 134 **⊆**.
 — Säule s. Nucleus dorsalis.

- STILLINGScher Kern 44, s. Nucleus dorsalis.
- Stirnlappen des Großhirns 144.
- Stirnwindung s. Gyrus frontalis.
- Stränge des Rückenmarks 38, 46, 49, 49.
- Strangzellen 38, 42, 43, 43 f.
- des verlängerten Marks 38, s. a. Nucleus reticularis.
- Stratum album medium des vorderen Vierhügels 89, 89.
- — profundum des vorderen Vierhügels 89, 89.
- — superficiale des vorderen Vierhügels 89, 89.
- cinereum des vorderen Vierhügels 89, 89.
- — der Kleinhirnrinde 131 f., s. a. Stratum moleculare.
- ganglionare der Kleinhirnrinde 129, 131 f.
- granulosum der Kleinhirnrinde 127, 127 ☉, 131 f.
- griseum medium des vorderen Vierhügels 89.
- — profundum des vorderen Vierhügels 89.
- — superficiale des vorderen Vierhügels 89.
- moleculare der Großhirnrinde 164, 165, 160, 161 f.
- — s. cinereum der Kleinhirnrinde 130, 127 ☉.
- opticum des vorderen Vierhügels 89, 89.
- sagittale (SACHS) 177.
- zonale des vorderen Vierhügels 89, 89.
- — des Thalamus 93.
- Stria, Striae:
- cornea (terminalis) 197.
- longitudinales Lancisi 155, 193, 195 **Tb**, 119, 180 ☉, 192.
- medullares (acusticae PICCOLHOMINI 105, 108 **Tb**, 73, 158.
- — (olfactoria) 191, 191.
- — (thalami) 76, 91, 195 **Tb**, 197, 113 ☉, 119.
- Striatum s. Corpus striatum.
- -Bahn (extrapyramidale Bahn) 196 **Tb**.
- Strychninwirkung auf das Centralnervensystem 5, 58.
- Subarachnoidalraum s. Cavum subarachnoideale.
- Suboccipitalstich 209.
- Substantia:
- alba des Rückenmarks 36 **Tb**, 40, 45 f., 49 f.
- gelatinosa (grisea) centralis 80, 84, 80, 81, 87, 89.
- — (ROLANDI) 36 **Tb**, 40, 44, 81, 82, 41, 43 ☉ f., 49 ☉ f., 60 f., 61 f., 80 ☉, 84 ☉.
- grisea des Rückenmarks 36 **Tb**, 40, 41 f., 41 f.
- neurocellulosa des Rückenmarks 36 **Tb**.
- neurofibrosa des Rückenmarks 36 **Tb**.
- nigra Sömmerringi 88, 91, 111, 114 **Tb**, 115, 70, 87 ☉, 90 ☉, 107 f., 113 ☉, 134 ☉, 135 ☉.
- — Pigmentgehalt der Zellen 16.
- perforata anterior 191, 195 **Tb**, 197, 213, 149 f., 179 ☉, 191, 192, 193.
- — posterior 75, 213, 191.
- reticularis s. a. u. Formatio reticularis.
- Sulcus, Sulci:
- arteriae cerebri anterioris 147 ☉.
- basilaris 71.
- calcarinus 148 ☉, 155, 157, 187, 196 **Tb**, 77, 147 ☉, 149 f., 174, 175 f., 184.
- calloso-marginalis 149, 156, 157, 59 ☉, 77, 90 ☉, 92 ☉, 119, 147 ☉, 149 f., 179 ☉, 180 ☉.
- centralis (ROLANDI) 148 ☉, 151, 172, 196 **Tb**, 59 ☉, 68, 77, 90 ☉, 92 ☉, 146, 147 ☉, 149 f., 151, 154, 171, 175 f., 179, 184, 193.
- — insulae 156.
- cinguli 149, 155.
- circularis insulae (REILII) 148, 152, 156, 193.
- collateralis 155, 157, 66, 147 ☉.
- corporis callosi 149, 11 ☉, 77, 149 f., 193.
- diagonalis 152, 146, 147 ☉, 149 f.
- dorsalis des Rückenmarks 30, s. Sulcus medianus dorsalis.
- frontalis inferior 148, 152, 146, 147 ☉, 149 f.
- — medius 152, 147 ☉, 151, 154.
- — superior 148, 152, 146, 147 ☉, 149 f., 151, 154, 179.
- Sulcus:
- hippocampi 149, 154, 157, 147 ☉, 149 f., 191 ☉, 193.
- horizontalis cerebelli 121, 122 **Tb**, 68, 71, 119, 146.
- hypothalamicus 78, 77, 92 ☉.
- intraparietalis 148, 153, 68, 90 ☉, 146, 147 ☉, 149 f., 151, 154.
- lateralis dorsalis des Rückenmarks 32, 41.
- — ventralis des Rückenmarks 33, 41.
- limitans 74.
- longitudinalis fossae rhomboidis 74.
- — insulae 156.
- lunatus an Affenhirnen 157.
- medianus dorsalis 30, 36 **Tb**, 41.
- — pontis 71.
- occipitalis (transversus) inferior (lateralis) 153, 146, 149 f.
- — — superior 153, 149 f.
- occipito-temporalis 150, 154, 90 ☉, 149 f.
- olfactorius 66, 180 ☉.
- orbitales 152, 66.
- paramedianus 116, 122 **Tb**.
- parieto-occipitalis 143 ☉, 153, 155, 77, 147 ☉, 149 f., 151, 175 f., 184.
- postcentralis 148, 152, 147 ☉, 193.
- — inferior 152, 149 f.
- — superior 152, 149 f.
- postpyramidalis 122 **Tb**.
- praecentralis 148, 152, 146, 151.
- — inferior 152, 147 ☉, 149 f.
- — superior 152, 147 ☉, 149 f.
- praepyramidalis 121 ☉, 122 **Tb**.
- praeterterminalis 149 f.
- primarius cerebelli (superior anterior) 117, 118, 120, 121 ☉, 122 **Tb**, 11 ☉, 69 ☉, 70 ☉, 71 ☉, 77 ☉, 119.
- principalis 117.
- rectus s. olfactorius 152, 149 f., 191.
- rhinicus s. limbicus 155, 190, 190.
- rostralis 149 f.
- subparietalis 149 f.
- superior anterior et posterior des Kleinhirns 122 **Tb**, 119.
- temporalis inferior 155.
- — medius 155, 149.

- Sulcus temporalis:
 — — superior 148, 153, 68, 90 S , 92 S , 146, 147 S , 149 f , 154, 179 S , 193.
 — — terminalis 79, 159 S , 197, 119, 159 S S .
 — — uvulo-nodularis 122 Tb .
 Sympathicus, präganglionäres Neuron 42.
 Sympathisches Nervensystem, Ganglienzellen im Spinalganglion 32.
 Synapse 5, 23, 24.
 Syncytium der Glia 28.
 Synergie der Bewegungen 115.
- Taenia chorioidea ventriculi quarti 71, 73, 84 S .
 — — — tertii s. Taenia thalami.
 — — — fornicis 159.
 — — — pontis 71.
 — — — semicircularis 197.
 — — — thalami 76, 91, 119, 149 f .
 Tangentialfasern der Großhirnrinde 166, 167, 174, 160 S , 161 S f .
- Tapetum 181.
 — — Strahlung des Balkens 181.
 Tastbahn 167, 172, 196 Tb .
 Tastcentren 186, 196 Tb .
 Tastkörperchen, MEISSNERsche 25.
 Tastleitungsbogen 171, 172.
 Tastzellen 24.
 Tectum opticum 7, 66, 75, 198.
 Tegmentum (Haube) 67, 85.
 — — Fasersysteme 108 Tb .
 Teilungsunfähigkeit der Ganglienzellen 27.
 Tela chorioidea 7, 9.
 — — — ventriculi tertii 76, 91, 216, 77 S , 90 S , 92 S , 113 S , 184.
 — — — — quarti 71, 72, 70, 71, 77 S , 117, 125 S , 192.
 Telencephalon 6.
 Temperaturreize 39.
 Tentorium cerebelli 145, 206, 207, 214, 208.
 Thalamus 7, 75, 91 f , 110, 112 Tb , 114 Tb , 170, 196 Tb , 59 S , 77 S , 90 S , 92 S , 94 S , 113 f , 119, 158 (Abdruck), 159 S S , 171, 181, 199 f .
 — — — Faserbeziehungen 112 Tb .
 — — — Kerne 112 Tb .
 Thalamusziel, mittlerer (oberer) 172.
- Thalamustrahlung s. Corona radiata.
 Thoracalmark 30.
 Thoracalnerven 31.
 Tiefensensibilität, Reizleitung 58.
 Tigroidschollen 13, 19.
 Tigrolyse 13.
 Tonische Labyrinthreflexe 106.
 Tonsilla des Kleinhirns 120, 122 Tb , 124, 66, 70, 71, 125 S .
 Tonus s. u. Muskeltonus.
 Tractus:
 — — bulbo-cerebellaris 82, 142 Tb , 134 f , s. Fibrae arcuatae externae.
 — — — — cruciatus 137.
 — — — — directus 137.
 — — bulbo-thalamicus s. Lemniscus medialis.
 — — cerebello-spinalis 133.
 — — cerebello-tegmentalis 133.
 — — commissuro- (mesencephalo-) spinalis 64 Tb , 100 Tb .
 — — cortico-bulbaris 108 Tb , 109, 196 Tb .
 — — cortico-nuclearis 126, 133.
 — — cortico-pontanus 87, 108 Tb , 138, 139, 142, 143 Tb , 173, 185, 86 S , 199 f .
 — — — — frontalis (ARNOLDSches Bündel) 88, 108, 139, 143 Tb , 173, 196 Tb , 135 f , 181 f .
 — — — — occipitalis 181 f .
 — — — — parietalis 88, 108 Tb , 143 Tb , 173, 196 Tb .
 — — — — temporalis (TÜRCKSches Bündel) 88, 108 Tb , 139, 143 Tb , 173, 177, 196 Tb , 135 f , 169.
 — — cortico-spinalis (Pyramidenbahn) 55, 81 f , 83 f , 88, 108 Tb , 109, 172, 173, 185, 196 Tb , 199, 59 f , 80 S , 135 f , 169, 181 f , 199 f .
 — — — — Nebenschlüsse, Nebenbahnen 140.
 — — — — Ursprungsgebiet 165.
 — — — — lateralis 55, 65 Tb , 49 f S , 135 f .
 — — — — ventralis 56, 64 Tb , 49 f S , 135 f .
 — — cortico-tegmentalis 90, 108.
 — — cortico-thalamicus 110, 112 Tb , 199 f .
- Tractus:
 — — descendens trigemini s. Tractus spinalis trigemini.
 — — fastigio-bulbaris 133.
 — — fronto-rubralis 110.
 — — hippocampo-mamillaris (Fornix), 159, 181, 182, 194, 195, 195 Tb , 59 S , 77, 90 S , 92, 94, 113 S , 149 S , 159 S S , 169, 179 S , 192, 193.
 — — interstitio-spinalis 64 Tb , 100 Tb .
 — — mamillo-thalamicus (VICQ D'AZYR) 110, 195 Tb , 197, 94 S .
 — — marginalis ventralis 64 Tb .
 — — mesencephalicus trigemini 88, 86 S , 98.
 — — mesencephalo-olivaris 86.
 — — olfactorius 190, 195 Tb , 196 Tb , 66, 68, 69, 149 f , 169, 179, 180 S , 190, 191.
 — — olfacto-mesencephalicus 195 Tb .
 — — olivo-cerebellaris 83, 139, 142 Tb , 69, 135 f , 140 f .
 — — olivo-spinalis s. spino-oliv.
 — — opticus 76, 91, 106, 169, 196 Tb , 59 f , 66, 69, 92 S , 107 f , 113 S , 149 f , 169, 191, 192.
 — — pallido-peduncularis 88.
 — — pallido-rubralis 109.
 — — ponto-cerebellaris 143 Tb .
 — — quadrigemino-spinalis 64 Tb .
 — — reticulo-bulbaris 39, 136, 143 Tb .
 — — reticulo-spinalis 39, 52, 64 Tb , 65 Tb , 82, 88, 100 Tb , 101, 108 Tb , 136, 143 Tb , 195 Tb , 49 f S , 113 f S , 134 f , 135 f .
 — — rubro-bulbaris 136.
 — — rubro-corticalis 110, 135 f , 199 f .
 — — rubro-olivaris 110.
 — — rubro-parietalis 110, s. Tractus rubro-corticalis.
 — — rubro-reticularis 109, 110 Tb , 135 f .
 — — rubro-spinalis (MONAKOWSches Bündel) 52, 64 Tb , 65 Tb , 84, 88, 89, 101, 108 Tb , 109, 136, 139, 49 f S , 59 f , 86 S , 113 f S , 134 f , 199 f .
 — — rubro-thalamicus 108 Tb , 110, 111.
 — — solitarius 84, 99, 109, 84 S , 98.

- Tractus:**
 — (Radix) spinalis nervi trigemini 81 f., 84, 102, 196 **Tb.**, 80 **⊗**, 81 **⊗**, 84 **⊗**, 85 **⊗**, 98.
 — spino-cerebellaris 39, 44, 52, 65, 65 **Tb.**, 109, 137.
 — — dorsalis (FLECHSIG) 52, 65 **Tb.**, 137, 142 **Tb.**, 43 **⊗**, 49 **⊗**, 59 **⊗**, 134 **⊗**.
 — — ventralis (GOWERS) 44, 52, 65 **Tb.**, 84, 87, 137, 142 **Tb.**, 49 **⊗** **⊗**, 69, 73, 84 **⊗**, 85 **⊗**, 86.
 — spino-mesencephalicus s. Tractus spino-tectalis.
 — spino-olivaris 64 **Tb.**, 49 **⊗** **⊗**.
 — spino-tectalis 39, 53, 65 **Tb.**, 87, 88, 90, 107, 109, 199, 43 **⊗**, 49 **⊗**, 69, 86 **⊗**, 87 **⊗**.
 — spino-thalamicus 39, 44, 53, 65 **Tb.**, 88, 109, 110, 196 **Tb.**, 49 **⊗**, 59 **⊗**, 87 **⊗**.
 — sulco-marginalis 64 **Tb.**, 60 **⊗**.
 — tecto-cerebellaris 142, 142 **Tb.**.
 — tecto-spinalis 51, 64 **Tb.**, 84, 88, 106, 107, 108 **Tb.**, 199, 49 **⊗**, 59 **⊗**.
 — tegmento-bulbaris 39.
 — tegmento-spinalis 39, 64 **Tb.**.
 — thalamo-corticalis 112 **Tb.**, 196 **Tb.**, 181 **⊗**, 199 **⊗**, s. a. Corona radiata.
 — thalamo-olivaris 86.
 — thalamo-rubro-olivaris 108 **Tb.**, 139.
 — thalamo-spinalis 65 **Tb.**, 108, 49 **⊗**, 59 **⊗**.
 — vestibulo-spinalis 39, 50, 52, 64 **Tb.**, 65, 100 **Tb.**, 101, 106, 136, 49 **⊗**, 59 **⊗**, 134 **⊗**.
 Trägheitsmoment, phylogenetisches 5.
 Transitorische Furchen 157.
 Triangle médian 65 **Tb.**.
 Trigeminiusbahn, sekundäre 107, 109.
 Trigeminiusschleife 83, 108 **Tb.**.
 Trigonum habenulae 119.
 — hypoglossi 74, 73.
 — lemnisci 75, 73, 135.
 — olfactorium 190, 192, 66, 179.
 Truncus corporis callosi 192.
 Tuber cinereum 75, 93, 92 **⊗**, 191.
- Tuber:**
 — valvulae (Vermis cerebelli) 118, 122 **Tb.**, 70, 117.
 Tuberculum cinereum (ROLANDI) 70, 82, 73.
 — cuneatum 70, 73.
 — olfactorium 192, 197, 190.
 TÜBCKSCHES Bündel s. Tractus cortico-pontanus temporalis.
 U-Fasern 126.
 Umschaltstellen der Nervenbahnen 1, 3.
 — des Integrationsapparates 109, 199.
 — im Leitungsbogen 12.
 — des vegetativen Nervensystems 4.
 Uncusbündchen (GIACOMINI) 194, 147, 191, 192, 193.
 Uncus hippocampi 154, 193, 147 **⊗**, 149 **⊗**, 191.
 Unipolare Ganglienzellen 16 f.
 Unterhorn des Seitenventrikels s. Ventriculus lateralis.
 Urhirn und Neuhirn 6, 12, 67.
 — — Markreife 18.
 Urkleinhirn 115, 118, 121 **Tb.**, 117, 190.
 — Fasersysteme 142 **Tb.**.
 — Leitungsbögen 133, 134 **⊗**.
 — und Neukleinhirn 115, 116, 133.
 — — funktionelle Bedeutung 123.
 Ursprungskegel des Neuriten 17, 14.
 Uvula vermis cerebelli 118, 122 **Tb.**, 70, 117.
- Vaguskerne 84, 98.
 Vallecula cerebelli 116, 121 **Tb.**.
 Vegetative Centren der Medulla oblongata 104.
 Vegetatives Nervensystem, Anteil am Rückenmark 62—63.
 — — Leitungsbögen 12.
 — — Markgehalt der Nervenfasern 21.
 — — Umschaltstellen 4.
 Vegetative Reflexe, Segmenthöhen 62 **Tb.**.
 Velum medullare anterius 74, 121 **Tb.**, 70, 71, 73, 77, 86 **⊗**, 98 **⊗**.
 — — posterius (TARINI) 72, 118, 121 **Tb.**, 71, 117, 125 **⊗**.
- Vena (Venae) basalis (ROSENTHALSche Vene) 216.
 — cerebelli 216.
 — cerebri inferiores 217, 208.
 — — interna (Vena parva Galeni) 216, 90 **⊗**.
 — — media 217.
 — — superiores 217, 208.
 — floccularis 216.
 — jugularis interna 214, 206.
 — magna Galeni 216, 208.
 — occipitales externae 217.
 — ophthalmica superior 215.
 — septi pellucidi 217, 180 **⊗**.
 — terminalis 217, 92, 119.
 Venen des Gehirns 214 f.
 Ventriculi cerebri 6 f., 9 **⊗**, 9 **⊗**, 11 **⊗**, 158.
 Ventriculus lateralis 8, 157 f., 59 **⊗**, 90 **⊗**, 94 **⊗**, 158, 169, 179 **⊗**, 180 **⊗**.
 — — cornu occipitale (posterius) 158, 158, 174, 181.
 — — — frontale (anterius) 158, 94 **⊗**, 181, 192.
 — — — temporale (inferius) 158, 90 **⊗**, 94 **⊗**, 174, 181, 191 **⊗**, 192, 193.
 — quartus 7, 68, 71, 59 **⊗**, 77 **⊗**, 84 **⊗**, 86 **⊗**, 98, 125 **⊗**, 126 **⊗**, 192, s. a. Apertura mediana, Apertura lateralis.
 — terminalis des Rückenmarks 36 **Tb.**.
 — tertius 7, 78, 77, 92 **⊗**, 94 **⊗**, 119, 158 (Ausguß), 159 **⊗**, 179 **⊗**, 191 **⊗**.
 — Vergae 183.
 Ventrikel des Großhirns s. Ventriculus lateralis.
 Ventrikelraum des Mittelhirns s. u. Aquaeductus cerebri (Sylvii).
 Verbindungen, „innere“ 200, 199 **⊗**.
 Verlängertes Mark s. u. Medulla oblongata.
 Vermis cerebelli 116, 118, 121 **Tb.**, 59 **⊗**, 125 **⊗**, 134 **⊗**, 138 **⊗**, 169.
 Verrucae gyri hippocampi 154, 191.
 Vestibularisbahn 105, 133 f.
 VICQ D'AZYRSches Bündel s. u. Tr. mamillo-thalamicus.
 — Streifen 167, 173, 174.
 Vierhügelbahn, absteigende s. Tractus tecto-spinalis.

Vierhügelplatte s. u. Lamina quadrigemina.	Weißer Substanz des Centralnervensystems 18, 21.	Zellaufbau (Cytoarchitektonik) der Großhirnrinde 161 f., 160—163.
Vinculum lingulae 122 Tb .	— — des Großhirns 168 f.	Zellen vom Typus I. GOLGIS- (DEITERSsche Zellen) 17.
VIRCHOW-ROBINScher Raum 28, 201.	— — des Kleinhirns 125 f.	— vom Typus II. GOLGIS 17, 128, 164.
Viscero-motorische Fasern 37, 38.	— — des Rückenmarks 36 Tb , 38, 40, 45 f., 49 f.	Zentralkanal des Rückenmarks 6, 36 Tb , 71, 11 C .
Vließ des Nucl. dentatus cerebelli 126, 139, 69.	WERNERINCKsche Kreuzung s. Decussatio brachiorum conjunctivorum.	Zerfall, staubförmiger, der NISSL-Schollen 13, 26.
Vorderhirn 6, 8, 78, 8—11 C .	WERNICKESches Sprachzentrum 188, 196 Tb .	Zerfallserscheinungen in Nervenzellen 13.
Vorderhorn des Seitenventrikels s. Ventriculus lateralis.	— Feld 171, 94 C , 113 C , 174 C .	Zirbeldrüse s. Corpus pineale.
Vordersäule s. Columna ventralis.	Willkürliche Bewegung 57, 173.	Zona compacta d. Subst. nigra Sömmerringi 88.
Vordersäulenzelle 41, 58, 14, 15, 16.	Windungen des Großhirns 144 f.	— cornu-marginalis 64 Tb .
Vorderstrang s. Funiculus ventralis.	Wurm des Kleinhirns 118, 121 Tb .	— incerta 93, 113 C .
Vorderstrang-Grundbündel s. Grundbündel.	Wurzeln, auf- und absteigende der Hirnnerven 99.	— reticularis d. Subst. nigra Sömmerringi 88.
Vorderwurzelneuron 37, 57, 59 f., 60 f., 61 f., 63 f.	— der Spinalnerven 32.	— — des Thalamus 93.
Vorderwurzelzellen 57.	— hintere s. Radix dorsalis.	— spongiosa 36 Tb , 45, 43 f. C , 49 f. C , 60 f., 61 f.
WALDEYERSche Randzone 45.	— motorische 37, s. Radix ventralis.	— terminalis 37 Tb , 45, 47, 50, 65 Tb , 81, 43 C f., 49 f. C , 60 f., 61 f.
Wechselwirkung, gestaltende und funktionelle, zwischen Körper und Nervensystem 1, 2, 4.	— sensible s. Radix dorsalis.	Zwergwuchs, hypophysärer 95.
Weißer Commissur des Rückenmarks s. Commissura alba.	— vordere s. Radix ventralis.	Zwischenhirn 6, 7, 75, 91, 110, 6, 9—11 C , 59 f., 66, 69, 77, 90 C , 92 C , 94 C , 113 f., 119, 158 (Ausguß), 169, 171, 179 C , 181, 191, 192, 199 f.
	Wurzeleintrittszone 46, 43 f. C , 49 f. C .	Zwischenhirnventrikel s. Ventriculus tertius.
	Wurzelfäden des Spinalnerven 32.	
	Wurzelfasern, hintere, Teilung 47 C .	
	Wurzelneuron 57.	
	Wurzelzellen 41.	

Alle Zahlen bedeuten Seitenzahlen. Gewöhnlicher Druck: Texthinweise; *kursiv*: Abbildungshinweise; **fett**: Haupthinweise. **C**: betrifft Entwicklung; **C**: Schnittbild; **f**: schematisches Bild; **Tb**: Tabelle.

Anatomie des Menschen. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. Von **Hermann Braus**, weif. o. ö. Professor an der Universität, Direktor der Anatomie Würzburg. In 4 Bänden.

Erster Band: **Bewegungsapparat.** Zweite Auflage. Bearbeitet von Curt Elze, o. ö. Professor an der Universität, Direktor der Anatomie Rostock. Mit 387 zum großen Teil farbigen Abbildungen. XI, 822 Seiten. 1929. Gebunden RM 36.—*

Zweiter Band: **Eingeweide.** (Einschließlich periphere Leitungsbahnen. I. Teil.) Mit 329 zum großen Teil farbigen Abbildungen. VII, 697 Seiten. 1924. Gebunden RM 24.—*

Vierter Band: **Periphere Leitungsbahnen.** (Nerven, Blut- und Lymphgefäße.) **Sinnesorgane. Vegetatives Nervensystem.** In Vorbereitung.

Histologie und mikroskopische Anatomie. Von Professor Dr. **Hans Petersen**, Würzburg.

Erster und zweiter Abschnitt: **Das Mikroskop und allgemeine Histologie.** Mit 122 zum Teil farbigen Textabbildungen. III, 132 Seiten. 1922. RM 3.50*

Dritter Abschnitt: **Spezielle Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen.** Mit 221 zum Teil farbigen Textabbildungen. V, 153 Seiten. 1924. RM 12.—*

Vierter und fünfter Abschnitt: **Organe des Stoffverkehrs. Fortpflanzungsorgane.** Mit 447 zum Teil farbigen Abbildungen. VII, 385 Seiten. 1931. RM 39.—*

Sechster (Schluß-) Abschnitt: **Haut, Nervensystem, Sinnesorgane.** In Vorbereitung.

Lehrbuch der systematischen Anatomie. Von Professor Dr. **Julius Tandler**, Vorstand der I. Anatomischen Lehrkanzel, Wien.

Erster Band: **Knochen-, Gelenk- und Muskellehre.** Zweite Auflage. Mit 352 meist farbigen Abbildungen. VIII, 467 Seiten. 1926. RM 36.—, geb. RM 39.—*

Zweiter Band: **Die Eingeweide.** Mit 285 meist farbigen Abbildungen. IV, 312 Seiten. 1923. RM 20.—, geb. RM 23.—*

Dritter Band: **Das Gefäß-System.** Mit 186 meist farbigen Abbildungen. VIII, 381 Seiten. 1926. RM 24.—, geb. RM 27.—*

Vierter Band: **Nervensystem und Sinnesorgane.** Mit 406 meist farbigen Abbildungen. XIII, 649 Seiten. 1929. RM 65.—, geb. RM 68.—*

Vorlesungen über vergleichende Anatomie. Von **Otto Bütschli**†, Professor der Zoologie in Heidelberg.

1. Lieferung: **Einleitung. Vergleichende Anatomie der Protozoen. Integument und Skelet der Metazoen.** Mit den Textfiguren 1—264. VIII, 401 Seiten. 1910. Unveränderter Neudruck 1928. RM 36.—*

2. Lieferung: **Allgemeine Körper- und Bewegungsmuskulatur. Elektrische Organe und Nervensystem.** Mit den Textfiguren 265—451. IV, 244 Seiten. 1912. Unveränderter Neudruck 1921. RM 9.—*

3. Lieferung: **Sinnesorgane und Leuchtorgane.** Mit den Textfiguren 452—722. 289 Seiten. 1921. Unveränderter Neudruck 1925. RM 24.—*

4. Lieferung: **Ernährungsorgane.** Herausgegeben von **F. Blochmann**, Tübingen, und **C. Hamburger**, Heidelberg. Mit den Textfiguren 1—274. IV, 380 Seiten. 1924. RM 27.—*

5. Lieferung: **Leibeshöhle.** Überarbeitet und herausgegeben von **C. Hamburger**, Heidelberg. Mit den Textfiguren 275—389. IV, 111 Seiten. 1931. RM 16.80*

In Vorbereitung:

6. Lieferung: **Atemorgane. Blutgefäßsystem.**

7. Lieferung: **Excretions- und Geschlechtsorgane.**

* Auf alle vor dem 1. Juli 1931 erschienenen Bücher wird ein Nachlaß von 10% gewährt.

Die Anatomie des Menschen. Mit Hinweisen auf die ärztliche Praxis.

Von Professor Dr. **Friedrich Merkel**, Göttingen.

I. Abteilung: **Einleitung. Allgemeine Gewebelehre, Grundzüge der Entwicklungslehre.** Zweite Auflage, bearbeitet von Erich Kallius, Professor der Anatomie in Heidelberg. Mit 295 zum Teil farbigen Abbildungen im Text. VIII, 288 Seiten. 1927. RM 21.—; gebunden RM 23.10*

II. Abteilung: **Skelettlehre. Passiver Bewegungsapparat: Knochen und Bänder.** Textband: Mit 2 Abbildungen im Text. IX, 200 Seiten. 1913. Gebunden RM 12.—*

Atlas: Mit 281 zum Teil farbigen Abbildungen. V, 143 Seiten. 1913. Gebunden RM 12.—*

III. Abteilung: **Muskellehre. Aktiver Bewegungsapparat.** Textband: Mit 2 Abbildungen. VI, 132 Seiten. 1914. Gebunden RM 10.—*

Atlas: Mit 136 zum Teil farbigen Abbildungen. III, 112 Seiten. 1914. Gebunden RM 10.—*

IV. Abteilung: **Eingeweidelehre.** Textband: IX, 225 Seiten. 1915. Gebunden RM 14.—*

Atlas: Mit 334 Abbildungen. V, 145 Seiten. 1915. Gebunden RM 20.—*

V. Abteilung: **Haut, Sinnesorgane und nervöse Zentralorgane.** Textband: VIII, 206 Seiten. 1917. Gebunden RM 14.—*

Atlas: Mit 242 Abbildungen. V, 125 Seiten. 1917. Gebunden RM 20.—*

VI. Abteilung: **Periphere Nerven. Gefäßsystem. Inhalt der Körperhöhlen.** Textband: VII, 199 Seiten. 1918. Gebunden RM 16.—*

Atlas: Mit 122 Abbildungen. V, 114 Seiten. 1918. Gebunden RM 20.—*

Lehrbuch der topographischen Anatomie. Für Studierende und

Ärzte. Von Dr. **H. K. Corning**, Professor der Anatomie an der Universität Basel.

Sechzehnte und siebzehnte Auflage. Mit 677 meist farbigen Abbildungen. XVI, 817 Seiten. 1931. Gebunden RM 36.—

Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen.

Von Dr. **H. K. Corning**, Professor der Anatomie an der Universität Basel.

Zweite Auflage. Mit 694 Abbildungen, davon 100 farbige. XII, 696 Seiten. 1925. Gebunden RM 36.—*

Grundriß der Entwicklung des Menschen. Von Dr. **Alfred**

Fischel, o. Professor der Embryologie und Vorstand des Embryologischen Institutes der Wiener Universität. Mit 117 zum Teil farbigen Abbildungen. VI, 141 Seiten. 1931.

RM 11.—; gebunden RM 12.60

Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Von Dr. med. **Rudolf**

Höber, o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Kiel. Sechste Auflage. Mit 302 Abbildungen. VIII, 609 Seiten. 1931.

Gebunden RM 24.—

Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Unter Mitwirkung der

Herren R. du Bois-Reymond, Berlin; W. Ellenberger, Dresden; S. Exner, Wien; K. Hürthle, Breslau; J. E. Johansson, Stockholm; O. Kestner, Hamburg; A. Kreidl, Wien; J. v. Kries, Freiburg i. B.; R. Metzner, Basel; E. Mangold, Berlin;

J. Müller, Erlangen (Düsseldorf); A. Scheunert, Leipzig; K. Spiro, Basel; O. Weiss, Königsberg. Herausgegeben von **W. Trendelenburg**, Tübingen, und **A. Loewy**,

Davos. Vierte Auflage des Lehrbuches von Zuntz und Loewy. Mit 280 Abbildungen und 2 Tafeln. XV, 789 Seiten. 1924. RM 24.—; gebunden RM 28.—*

Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie. Begründet von Professor H. Ribbert. Neu bearbeitet

von Dr. **Carl Sternberg**, Professor für Pathologische Anatomie an der Universität in Wien. Mit 739 Abbildungen. XV, 727 Seiten. 1928. RM 45.—; gebunden RM 48.—*

Die pathologisch-histologischen Untersuchungsmethoden. Von Professor Dr. **G. Schmori**, Geh. Medizinalrat und Direktor

der Pathologisch-Anatomischen Abteilung am Stadtkrankenhause Dresden-Friedrichstadt. Fünfzehnte, neu bearbeitete Auflage. X, 495 Seiten. 1928.

RM 30.—; gebunden RM 32.—*

Pathologische Histologie. Ein Unterrichtskurs für Studierende und Ärzte.

Von Dr. **Max Borst**, o. ö. Professor der Allgemeinen Pathologie und der Pathologischen Anatomie an der Universität München. Zweite Auflage. Mit 275 Abbildungen im Text. XIII, 435 Seiten. 1926. RM 48.—; gebunden RM 52.—*

* Auf alle vor dem 1. Juli 1931 erschienenen Bücher wird ein Nachlaß von 10% gewährt.