

(Aus dem Anatomischen Laboratorium [Prof. *Spatz*] der Psychiatrischen und Nerven-
klinik München [Geheimrat *Bumke*] und aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für
Hirnforschung Berlin-Buch.)

Die Zentrale Haubenbahn und ihre Bedeutung für das extrapyramidal-motorische System ^{1, 2}.

Von

Ewald Weisschedel, Berlin-Buch.

Mit 40 zum Teil farbigen Textabbildungen (= 48 Einzelbilder).

(Eingegangen am 29. Juli 1937.)

Inhalt.	Seite
I. Einleitung	443
II. Methode	446
III. Anatomie.	446
1. Der Verlauf der Zentralen Haubenbahn auf Querschnitten im Übersichtsbild S. 447. — 2. Der orale Verlauf der Zentralen Hauben- bahn auf Längsschnitten S. 459. — <i>Zusammenfassung</i> : Die Markkapsel des Roten Kerns S. 478. — 3. Der Ursprung der Zentralen Haubenbahn S. 482. — <i>Zusammenfassung</i> S. 489. — 4. Der feinere Bau der Zentralen Haubenbahn S. 491. — <i>Zusammenfassung</i> S. 529. — 5. Die Endstätten der Zentralen Haubenbahn S. 531. — 6. <i>Zusammenfassung der anatomo- mischen Ergebnisse</i> S. 537.	
IV. Myelogenese	538
V. Phylogenese	539
VI. Fälle von Degeneration der Zentralen Haubenbahn aus der menschlichen Pathologie	542
VII. Kritische Bemerkungen zu früheren Befunden	553
A. Über den Ursprung der Zentralen Haubenbahn S. 553. — B. Über die Teilbündel der Zentralen Haubenbahn S. 558. — C. Über die En- digungen der Zentralen Haubenbahn S. 560.	
VIII. Die Zentrale Haubenbahn als Glied des extrapyramidalmotorischen Systems	562
A. Der fasersystematische Aufbau S. 562. — B. Nomenklatur S. 565. — C. Die physiologische Bedeutung der Zentralen Haubenbahn S. 565. — D. Der Nucleus tegmenti motorius S. 569. — E. Die untere Olive S. 572. — F. Die klinisch-neurologische Bedeutung der Zentralen Haubenbahn S. 573. — G. Schlußbetrachtung S. 575.	
IX. Zusammenfassung	576

I. Einleitung.

Die Zentrale Haubenbahn (Z.H.B) fällt als gesondertes Bündel am
deutlichsten auf Querschnitten durch die Haube der Brücke und des

¹ Mit Hilfe der Rockefeller-Foundation. Auszugsweise als Vortrag gehalten
auf der zweiten Jahresversammlung der Gesellschaft deutscher Neurologen und
Psychiater in Frankfurt a. M. am 23. August 1936.

² Dissertation der Medizinischen Fakultät der Universität München.

anschließenden Teils des Mittelhirns auf. Sie stellt hier eine sehr ansehnliche Fasermasse dar. Infolge ihrer Ausdehnung ist sie in diesem Abschnitt ihres Verlaufs schon frühzeitig beobachtet worden. *Stilling* hat sie bereits im Jahre 1846 in seinem Atlas „Über den Bau des Hirnknotens“ prachtvoll zur Anschauung gebracht, obwohl ihm für sein Studium nur alkoholfixierte, ungefärbte Rasiermesserschnitte zur Verfügung standen (Abb. 1). Er bezeichnete ihr Querschnittsfeld als Seitenstrang. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts beschrieb *Wernicke* in der

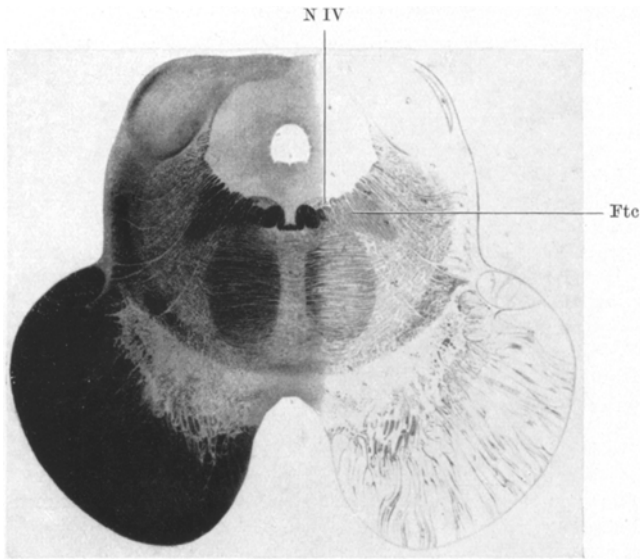


Abb. 1. Mittelhirnquerschnitt auf der Höhe des Trochleariskernes (N IV) mit der Z.H.B. (Ftc) nach *Stilling* (l. c. Tab. X). Die Ebene entspricht der Abb. 8, S. 454.

Haube des Mittelhirns und der oralen Brückenhälfte zwei Bündel, die ihrer Lage nach mit der Z.H.B. identisch sind. Er bezeichnete das eine als „Haubenursprung aus der hinteren Commissur“, das andere als „*ungekreuzten Haubenursprung aus dem roten Kern*“. Später verfolgte *Bechterew* den Verlauf des Systems eingehender, stellte seine absteigende Leitungsrichtung sowie die Endigung in der unteren Olive fest und gab dem Bündel den Namen „Zentrale Haubenbahn“. *Bechterew* setzte „diese mächtigen Längsfaserzüge der *Formatio reticularis* ... zu der Funktion des Körpergleichgewichts in Beziehung“.

Den *Ursprung* der Z.H.B. sahen die älteren Autoren im *Thalamus*. *Edingers* Bezeichnung *Tractus thalamo-olivaris* hat sich bis heute erhalten. Dann setzten sich aber *Flechsig*, *Jelgersma*, *Wallenberg*, *Muskens* u. a. für einen Ursprung im *Striatum* bzw. *Pallidum* ein. *Wallenberg* schlug die Bezeichnung *Tractus strio-olivaris* vor. In neuerer Zeit endlich hat

insbesondere das Studium von Anencephalen gelehrt, daß man den Ursprung der Z.H.B. zum mindesten nicht ausschließlich im Zwischen- oder Endhirn suchen darf; *Gamper* ist auf Grund der Beobachtungen an seinem „Mittelhirnwesen“, das bei fehlendem Zwischenhirn eine gut entwickelte Z.H.B. besaß, zur Anschauung gelangt, daß der *Nucleus ruber* ein wesentlicher Ursprungsort sein müsse; er nennt die Z.H.B. daher *Tractus rubro-olivaris*.

Eine Zeitlang hat man sich überhaupt nur wenig mit dieser Bahn beschäftigt, deren Mächtigkeit bereits *Bechterew* betonte. Auch heute noch, nachdem bald 100 Jahre seit ihrer ersten Beobachtung verfloßen sind, gehen die Angaben über den Ursprung und die erste Strecke des Verlaufs sowie über die physiologische Bedeutung der Bahn auseinander; auch wird sie in den neueren Lehrbüchern meist nur ganz kurz erwähnt. Das erscheint bei der Größe des Bündels und seiner besonderen Entfaltung gerade beim Menschen erstaunlich, hat aber seinen Grund wohl darin, daß sämtliche Methoden der Faseranatomie bei der Z.H.B. auf große Schwierigkeiten stoßen. Die rein anatomische Verfolgung und Abgrenzung der Z.H.B. am normalen menschlichen Gehirn wird dadurch erschwert, daß die Bahn an mehreren Stellen ihres Verlaufs, besonders in der Nähe ihres Ursprungsgebietes, sich mit fremden Fasern vermischt. Fälle aus der menschlichen Pathologie, bei denen der Ursprung der Z.H.B. isoliert zerstört ist, sind sehr selten und können allein nicht als beweiskräftig angesehen werden, weil der Einwand gemacht werden kann, daß durch den Herd nicht die Ursprungszellen, sondern die Fasern selber während ihres Verlaufs geschädigt sein können. Die Untersuchung der Markreifung hat bis jetzt für die Frage des Ursprungs zu keinem eindeutigen Ergebnis geführt. Die experimentelle Methode hat wenig Aussicht auf Erfolg, weil die Bahn bei niederen Säugetieren ganz hinter anderen Fasersystemen zurücktritt und erst beim Menschen ihre stärkste Ausbildung erfährt.

Durch diese letztgenannte Tatsache ist aber der Weg, den wir zur Erforschung der Z.H.B. im folgenden zu gehen haben, vorgezeichnet. Den Ausgangspunkt bildet die Untersuchung der Bahn an normalen menschlichen Gehirnen. Dabei werden vor allem auch Längsschnitte benutzt, die bisher viel zu wenig berücksichtigt worden sind, aber gerade an sonst unübersichtlichen Stellen oft überraschend klare Bilder ergeben. Die normal anatomischen Ergebnisse werden dann durch die mit anderen Methoden gewonnenen Befunde geprüft und ergänzt. Es war notwendig, im folgenden die anatomischen Verhältnisse der Z.H.B. in allen Einzelheiten zu schildern. Dabei mußte auch die Nachbarschaft der Bahn an manchen Stellen eingehend beschrieben werden. Denn nur so war es möglich, die Z.H.B. aus der Masse der sie umgebenden fremden Fasern herauszuschälen. Die Aufstellung eines genauen normal-anatomischen Bildes hatte aber außerdem den Zweck, eine geeignete

Vergleichsmöglichkeit zu schaffen für die Beurteilung pathologischer Fälle, von der wir die Lösung mancher wichtiger physiologischer und neurologischer Fragen erwarten können.

Der Leser, der sich nicht für die anatomischen Einzelheiten interessiert, findet am Ende eines jeden Abschnitts des anatomischen Kapitels dessen Inhalt in einer kurzen Übersicht zusammengefaßt. Auch die übrigen Kapitel enthalten eine Zusammenfassung ihrer Ergebnisse. Auf diese Weise hoffe ich eine übersichtliche Darstellung des ganzen Stoffes erreicht zu haben.

II. Methode.

Die Untersuchungen wurden an normalen¹ menschlichen Gehirnen im Alter von 19—49 Jahren vorgenommen. Zunächst kamen 13 nach *Kultschitzky-Wolters* gefärbte, lückenlose Markscheidenserien zur Betrachtung, die teils die ganze Z.H.B., teils nur besonders wichtige Stellen ihres Verlaufs enthalten. Neben Querschnittserien (senkrecht zur *Meynertschen* Achse) wurden Horizontal- und Sagittalschnittserien verwendet². Außerdem wurden schräge Längsschnitte angelegt, die dem Längsverlauf der Bahn möglichst angepaßt wurden. Das hat nicht nur den Vorteil eine einzelne Faser ohne Unterbrechung auf ein längeres Stück betrachten zu können, sondern es gewährt auch die Möglichkeit, fremde Fasern, welche die Z.H.B. durchflechten, aber eine etwas verschiedene Verlaufsrichtung haben, leichter unterscheiden zu können.

Um die Beziehungen der grauen Substanz der Z.H.B. vor allem an manchen Stellen ihres Verlaufs in der Brückenhaube untersuchen zu können, war es nötig, auch *Nissl*-Präparate heranzuziehen. Die Nachfärbung gebeizter Schnitte aus den Markscheidenserien mit verschiedenen Farbstoffen und Methoden ergab keine befriedigenden Bilder. Es wurde deshalb eine vollständige *Nissl*-Serie verwendet, welche von dem Hirnstamm eines 25jährigen Hingerichteten angefertigt wurde. An besonders wichtigen Stellen wurden Gefriererien hergestellt, und aufeinanderfolgende Schnitte abwechselnd nach *Spielmeyer*, *Nissl*, *Bielschowsky* und *Holzer* gefärbt.

III. Anatomie.

Vorbemerkung.

Die Z.H.B., wie sie im folgenden beschrieben wird, schließt eine Reihe von Faserzügen ein, welche im Schrifttum vielfach unter besonderem Namen geführt werden.

Im folgenden Abschnitt werden zunächst nur die groben Lageverhältnisse der Bahn beschrieben. Um von Bekanntem auszugehen, wird die Bahn entgegen ihrer vorherrschenden Leitungsrichtung, also von caudal nach oral, verfolgt. Dabei halte ich mich in der *Medulla oblongata* und in den caudalen Abschnitten der Brücke zunächst an den in der

¹ Da an der hiesigen Klinik keine völlig „normalen“ Gehirne zur Sektion kommen und von anderen Instituten kein genügend frisches Material zu erhalten war, wurden die Gehirne von solchen Geisteskranken verwendet, die zu Lebzeiten keine neurologischen Störungen aufwiesen hatten. Die Zeit, welche zwischen Tod und Sektion vergangen war, betrug durchschnittlich 9 Stunden und war in keinem Fall länger als 24 Stunden.

² Unter Horizontalschnitten werden im folgenden solche verstanden, deren transversale Achse horizontal, deren sagittale Achse parallel zur *Meynertschen* Achse gerichtet ist.

unteren Olive endigenden Teil der Z.H.B., welcher auf den Abbildungen immer mit der Abkürzung vFtc bezeichnet wird, während die gesamte Bahn die Bezeichnung Ftc trägt.

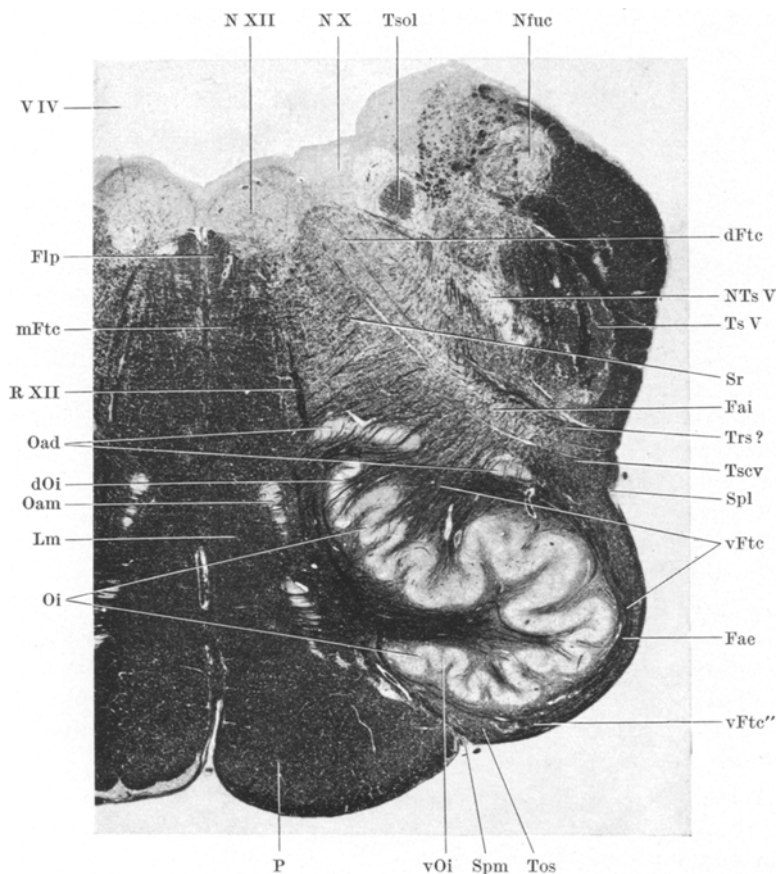


Abb. 2. Normalserie Q, Schnitt 130. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die Medulla oblongata auf der Höhe der unteren Olive. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. dOi dorsaler Olivarschenkel. Fae Fibræ arcuatae externae. Fai Fibræ arcuatae internae. Flp hinteres Längsbündel. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel der Z.H.B. Nfuc Nucleus funiculi cuneati. NTs V Nucleus tractus spinalis trigemini. N X Nucleus nervi vagi. N XII Nucleus nervi hypoglossi. Oad dorsale, Oam mediale Nebenolive. Oi untere Olive. P Pyramidenbahn. R XII Radix hypoglossi. Spl Sulcus parolivaris lateralis. Spm Sulcus parolivaris medialis. Sr Substantia reticularis. Tos Tractus olivospinalis. Trs? vermutlich Tractus rubro-spinalis. Tscv Tractus spino-cerebellaris ventralis. Tsol Tractus solitarius. Ts V Tractus spinalis trigemini. vFtc ventrale Teilbündel der Z.H.B. vFtc'' dessen ventromedialster Ausläufer. vOi ventraler Olivarschenkel. V IV 4. Ventrikel.

1. Verlauf auf Querschnitten im Übersichtsbild.

Im Bereich der caudalen Hälfte der unteren Olive (Abb. 2) ¹ finden wir die Z.H.B. (vFtc) in dem schmalen Saum, der die laterale Fläche des

¹ Sämtliche Abbildungen der Normalserien und des Anencephalen sind nach unretuschierten Photographien der Originalschnitte hergestellt.

Nucleus olivaris inferior (Oi) von der Oberfläche der Medulla oblongata trennt. Das Feld der Z.H.B. reicht ventromedial nicht ganz bis an den Sulcus parolivaris medialis (Spm); vielmehr findet sich in dessen Umgebung ein kleines heller gefärbtes Feld (Tos), welches die *Helwegssche* Dreikantenbahn enthält. Dorsolateral deutet der Sulcus parolivaris lateralis (Spl) die ungefähre Grenze der Z.H.B. gegen das *Gowerssche* Bündel (Tscv) an. Dorsomedial sind die Lageverhältnisse der Bahn infolge der stark ausgebildeten Fibræ arcuatae internæ (Fai) sehr unübersichtlich. Es mag einstweilen der Hinweis genügen, daß Fasern der Z.H.B. entlang der ganzen dorsalen Oberfläche des dorsalen Schenkels der unteren Olive (dOi) zu finden sind.

Im Bereich der oralen Olivenhälfte (Abb. 3) nimmt die Z.H.B. (vFtc) rasch an Umfang zu. Die Fasern sammeln sich vor allem an der Außenseite des dorsalen Olivenschenkels (dOi). Hier reicht das Feld mit einem dorsomedialen Ausläufer (vFtc') bereits in die Substantia reticularis (Sr) hinein. Aber auch der Teil des Feldes, der sich wie ein Halbring um die laterale Kante der unteren Olive legt, ist faserreicher geworden. Die *Helwegssche* Bahn ist nicht mehr sicher nachweisbar. Die Z.H.B. reicht jetzt ventralwärts bis zum Sulcus parolivaris medialis (Spm). Von hier aus schiebt sich ein immer schmaler werdender Ausläufer des Feldes medialwärts vor (vFtc''), der sich als zarter Saum dem ventralen Olivenschkel (vOi) anlegt.

Je mehr sich oralwärts der Querschnitt der unteren Olive verkleinert, desto faserreicher wird die Z.H.B. und desto deutlicher tritt ihr Charakter als selbständiges Faserbündel hervor. Zugleich nimmt ihr Querschnittsfeld die Form eines länglichen Ovals mit annähernd dorsoventral gestelltem, größtem Durchmesser an, wie sie für den Verlauf der Bahn im caudalen Brückenabschnitt typisch ist.

Auf Abb. 4 ist die Hauptmasse der Z.H.B. (vFtc) vom oralen Olivenpol (Oi) abgerückt und durch ein etwas heller gefärbtes Feld getrennt. Die Verbindung zwischen Z.H.B. und der Olive wird aber noch durch eine beträchtliche Anzahl schräggeschnittener Fasern aufrechterhalten, welche durch dieses hellere Gebiet in den Olivenkern übertreten.

Mit seiner ventralen Basis grenzt das Feld der Z.H.B. noch an die Oberfläche der Medulla oblongata. Sein ventralster Punkt wird auch hier durch die orale Fortsetzung des Sulcus parolivaris medialis (Spm') gekennzeichnet. Lateral hebt sich die Z.H.B. gut von dem Gebiet des *Gowersschen* und des *Monakowschen* Bündels (Tscv bzw. Trs?) ab. Der dorsale Abschnitt der Bahn (vFtc') hat sich weiter in die Substantia reticularis (Sr) vorgeschoben. Sein Faseraufbau gleicht sich dabei dem der Substantia reticularis an, indem sich die Fasern hier etwas auflockern. Dadurch wird eine genaue Abgrenzung dieses Feldabschnittes im Übersichtsbild sehr erschwert.

Nachdem die untere Olive als laterale Begrenzung der medialen Schleife verschwunden ist, breitet sich diese lateralwärts wie eine Decke

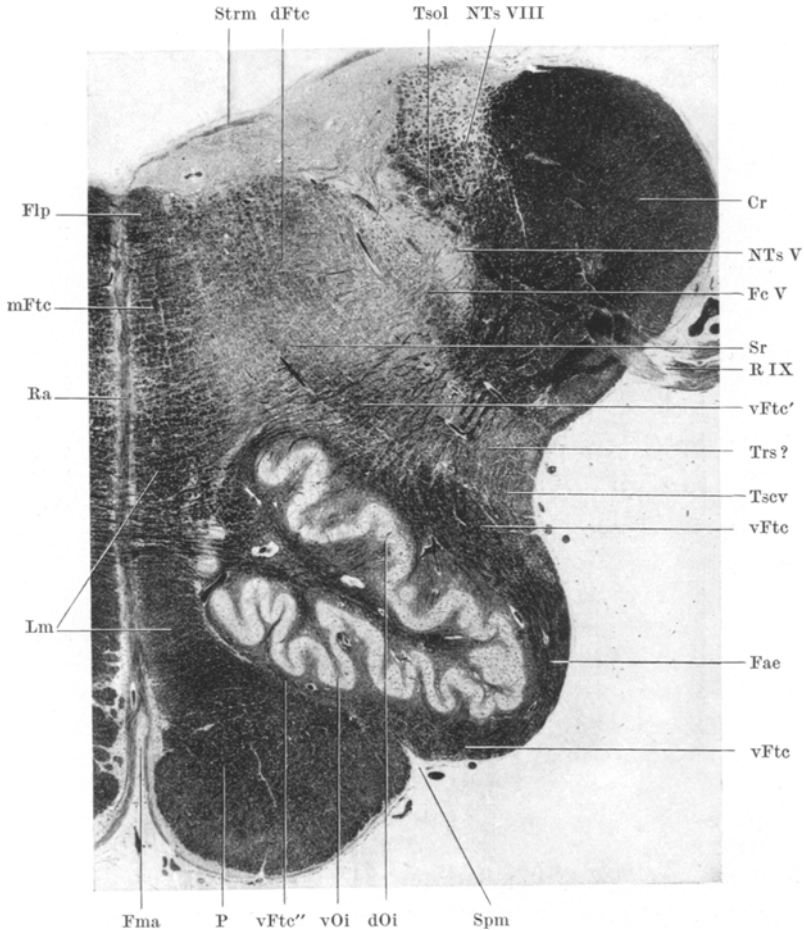


Abb. 3. Normalserie Q, Schnitt 20. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die Medulla oblongata auf der Höhe der größten Ausdehnung der unteren Olive. Cr Corpus restiforme. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. dOi dorsaler Schenkel der unteren Olive. Fae Fibrae arcuatae externae. Fc V Fasciculi comitantes trigemini. Flp hinteres Längsbündel. Fma Fossa mediana anterior. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel der Z.H.B. NTs V Nucleus tractus spinalis trigemini. NTs VIII Nucleus tractus spinalis octavi. P Pyramidenbahn. Ra Raphe. R IX Radix nervi glossopharyngei. Spm Sulcus parolivaris medialis. Sr Substantia reticularis. Strm Striae medullares. Trs? vermutlich Tractus rubro-spinalis. Tscv Tractus spino-cerebellaris ventralis. Tsol Tractus solitarius. vFtc ventrales Teilbündel der Z.H.B. vFtc' dessen dorsalster Abschnitt, vFtc'' dessen medioventralster Ausläufer. vOi ventraler Olivenschengel.

über den Fuß der Brücke aus (Abb. 5, Lm) und drängt die Z.H.B. (vFtc) nach dorsal. Wir finden sie deshalb von hier an in ihrer typischen Lage im Zentrum der Haube, die zur Namensgebung geführt hat.

Zunächst liegt sie medial von der oberen Olive (Os) und vom Facialiskern (N VII) und tritt durch den Bogen, welchen die austretenden Wurzeln

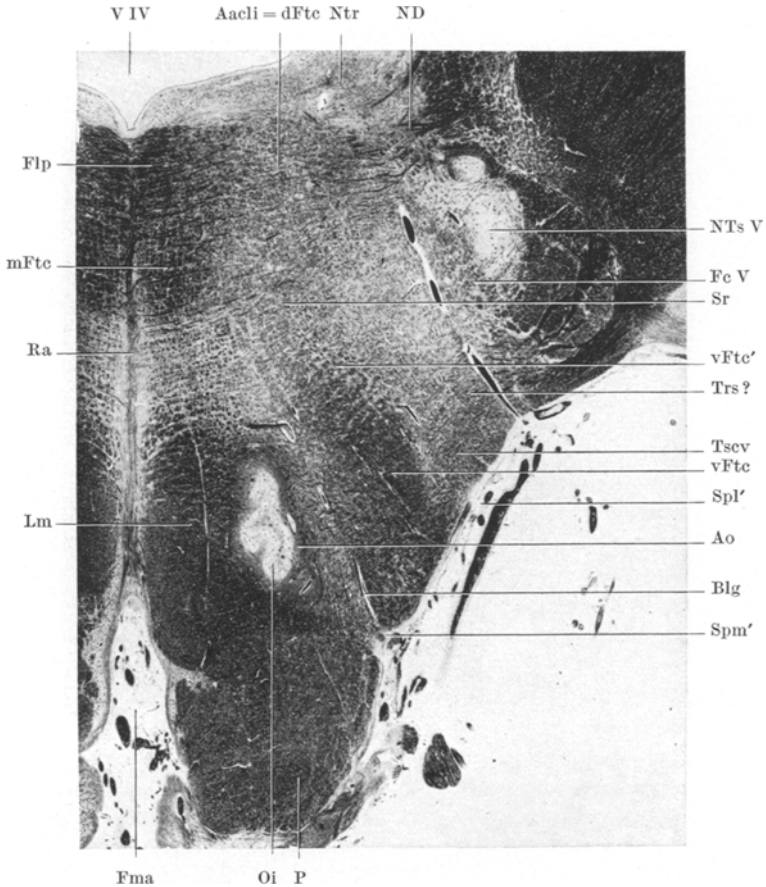


Abb. 4. Normalserie Q. Schnitt 110. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die Medulla oblongata an ihrer Grenze zur Brücke. Oraler Pol der unteren Olive. Acli Area acclinis interna. Ao Amiculum olivae. Blg Blutgefäß. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. Fc V Fasciculi comitantes trigemini. Flp hinteres Längsbündel. Fma Fossa mediana anterior. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel der Z.H.B. ND Nucleus Deitersi. Ntr Nucleus triangularis. NTs V Nucleus tractus spinalis trigemini. Oi untere Olive. P Pyramidenbahn. Ra Raphe. Spl' Fortsetzung des Sulcus parolivaris lateralis. Spm' Fortsetzung des Sulcus parolivaris medialis. Sr Substantia reticularis. Trs? vermutlich Tractus rubro-spinalis. Tscv Tractus spino-cerebellaris ventralis. vFtc ventrales Teilbündel der Z.H.B. vFtc' dessen dorsalster Abschnitt. V IV 4. Ventrikel.

des Abducens (R VI) und des Facialis (R VII'') miteinander bilden. Ventral liegt die Z.H.B. jetzt der medialen Schleife (Lm) dicht an. Die dorsalen Fasern der Z.H.B. (g) haben sich weiterhin aufgelockert. Sie treten zwar durch ihre dunklere Färbung noch etwas hervor, doch lassen

sie sich nicht scharf von der Substantia reticularis (Sr) abgrenzen. Dieser dorsale Teil der Z.H.B. wird von *Marburg* u. a. als „Dorsolaterales Haubenbündel“ von der Z.H.B. unterschieden (vgl. die Vorbemerkung S. 446).

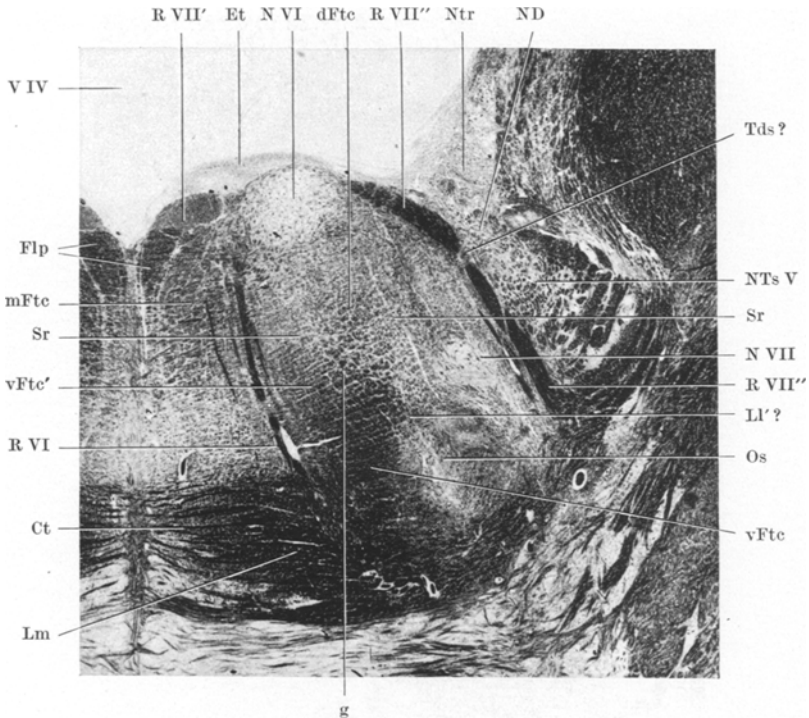


Abb. 5. Normalserie Q. Schnitt 270. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die Brückenhaube auf der Höhe des Austritts der Facialis- und Abducenswurzel. Ct Corpus trapezoides. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. Et Eminentia teres. Flp hinteres Längsbündel. g „gebündelter Anteil“ der Z.H.B. (vgl. S. 517). LI' ? vermutlich Beginn der lateralen Schleife. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel der Z.H.B. ND *Deitersscher* Kern. Ntr Nucleus triangularis. NTs V Nucleus tractus spinalis trigemini. N VI Nucleus nervi abducentis. N VII Nucleus nervi facialis. Os obere Olive. R VI Abducenswurzel. R VII' + R VII'' Facialiswurzel, R VII' deren Kernschenkel, R VII'' deren Austrittsschenkel. Sr Substantia reticularis. Tds ? vielleicht Tractus deitersospinalis. vFtc ventrales Teilbündel der Z.H.B. vFtc' dessen medialer „diffuser Anteil“. V IV 4. Ventrikel.

Die Schwierigkeit der Abgrenzung der Z.H.B. nimmt gegen die Brückenmitte zu, sobald die Abducenswurzel sowie die obere Olive und der Facialis Kern aus der Nachbarschaft der Z.H.B. verschwunden sind. Damit ist nämlich ihr ganzes Feld bis auf seine ventrale Fläche, die der medialen Schleife zunächst noch anliegt, von Substantia reticularis umgeben. Die Faserauflockerung, die zuerst nur in dorsalem Teil der Z.H.B. aufgetreten war, ergreift nun mehr oder weniger das ganze Gebiet der Bahn. Ferner vermischen sich mit dem bisher betrachteten Teil der Z.H.B. noch andere Faserbündel, welche weiter caudal in medialen

und dorsalen Gebieten der Haube verliefen (mFtc bzw. dFtc, vgl. S. 512). Man kann jetzt nach dem normalen Querschnittsbild (Abb. 6) nicht mehr von einer geschlossenen Bahn sprechen, die während ihres Verlaufs in der Haube zufällig in die Nachbarschaft der Substantia reticularis gelangt; vielmehr hat es den Anschein, als sei die Z.H.B. in dieser Gegend weitgehend

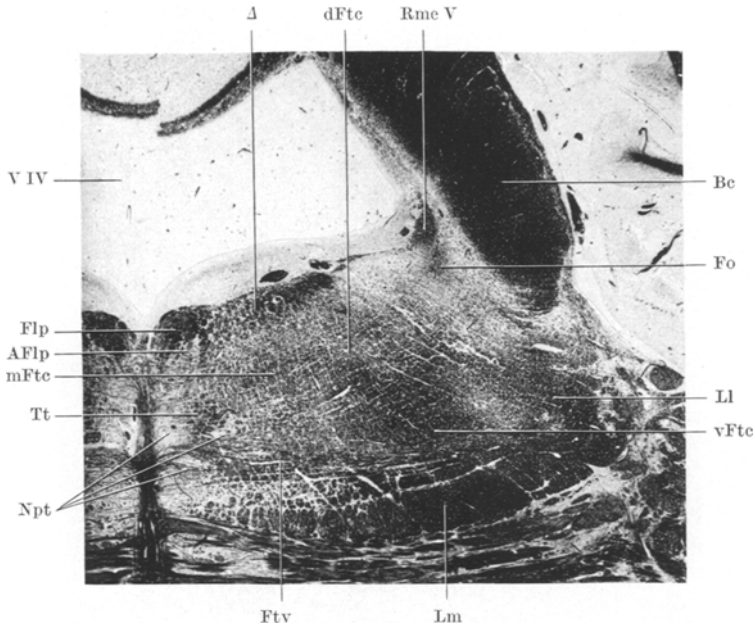


Abb. 6. Normalserie Q. Schnitt 565. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 \times . Querschnitt durch die Brückenhaube auf der Höhe der Brückenmitte, Aufsplitterung der Z.H.B. AFlp Anulus fasciculi longitudinalis posterioris. Bc Brachium conjunctivum. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. Flp hinteres Längsbündel. Fo Fasciculus ovalis. Ftv ventrales Haubenbündel. Ll laterale Schleife. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel der Z.H.B. Npt Nucleus pterygoideus. Rme V Radix mesencephalica trigemini. Tt Tractus tecto-bulbaris. vFtc ventrales Teilbündel der Z.H.B. V IV 4. Ventrikel. A Radiatio deltoidea.

zu einem unlösbaren Bestandteil der Substantia reticularis geworden. Abb. 6 zeigt diese Entwicklung auf ihrem Höhepunkt.

In dieser Ebene beginnt der ventrale Anteil der Z.H.B. (vFtc) sich bereits von der medialen Schleife (Lm) nach dorsal zu entfernen. Von medial schiebt sich zwischen diese beiden Faserfelder das ventrale Haubenbündel Spitzers (Ftv) hinein. In der lateralen Nachbarschaft liegt jetzt die laterale Schleife (Ll).

Von den beiden Schleifen (Lm und Ll) entfernt sich die Z.H.B. (Ftc) gegen das orale Brückenende zu mehr und mehr (Abb. 7). Während jene beiden am ventralen bzw. lateralen Rand des inzwischen wieder größer gewordenen Haubenquerschnitts weiterziehen, nähert sich die Z.H.B. dem zentralen Höhlengrau (Gc) und dem hinteren Längsbündel (Flp).

Allmählich nimmt ihr Querschnitt wieder das Aussehen eines geschlossenen Faserbündels an. Während auf dem Schnitt der Abb. 6 eine Grenze und damit eine bestimmte Form des Querschnittsfeldes nicht zu erkennen war, tritt jetzt eine solche wieder deutlicher hervor. Man kann die Form mit einem rechtwinkligen Dreieck vergleichen, dessen Hypotenuse vom

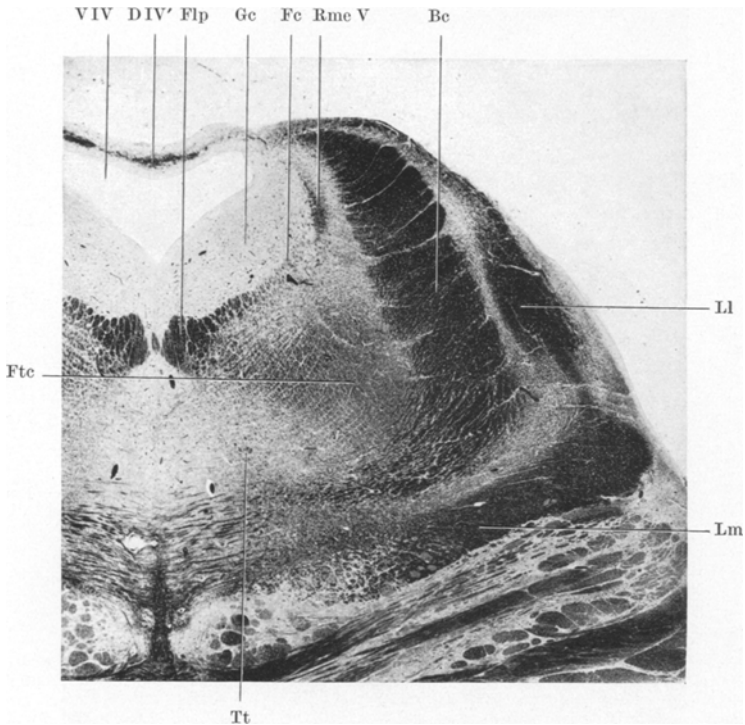


Abb. 7. Normalserie Q. Schnitt 852. Markscheidenfärbung. Vergr. 8×. Querschnitt durch die Brücke auf der Höhe ihrer oralen Hälfte. Die Z.H.B. als einheitliche Fasermasse. Be Bindearm. D IV' caudalste Fasern der Trochleariskreuzung. Fc Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. Gc Zentrales Höhlengrau. Ll laterale Schleife. Lm mediale Schleife. Rme V Radix mesencephalica trigemini. Tt Tractus tecto-bulbaris. V IV 4. Ventrikel.

hinteren Längsbündel bis in die ventrolaterale Haubenecke reicht. Der laterale Teil des Feldes wird jetzt schon vom Bindearm (Be) verdeckt.

Oralwärts von dem Schnitt der Abb. 7 verdeckt der Bindearm von dorsolateralwärts her das Feld der Z.H.B. fast vollständig, wodurch die Untersuchung der Bahn im Übersichtsbild erheblich erschwert wird; nur diejenigen Fasern, welche in der unmittelbaren Nachbarschaft des hinteren Längsbündels verlaufen, bleiben von der Durchflechtung mit Bindearmfasern frei¹. Die Bahn ändert aber währenddessen weder ihre

¹ Als „Durchflechtung“ bezeichne ich im folgenden die Kreuzung der Z.H.B. mit dem Bindearm im Gegensatz zu der Kreuzung des einen Bindearms mit dem der anderen Seite, der Decussatio brachiorum conjunctivorum.

Lage noch ihren Aufbau wesentlich. Bemerkenswert ist nur, daß der transversale Durchmesser des Feldes hier seine größte Ausdehnung erreicht (vgl. S. 461 und Abb. 12).

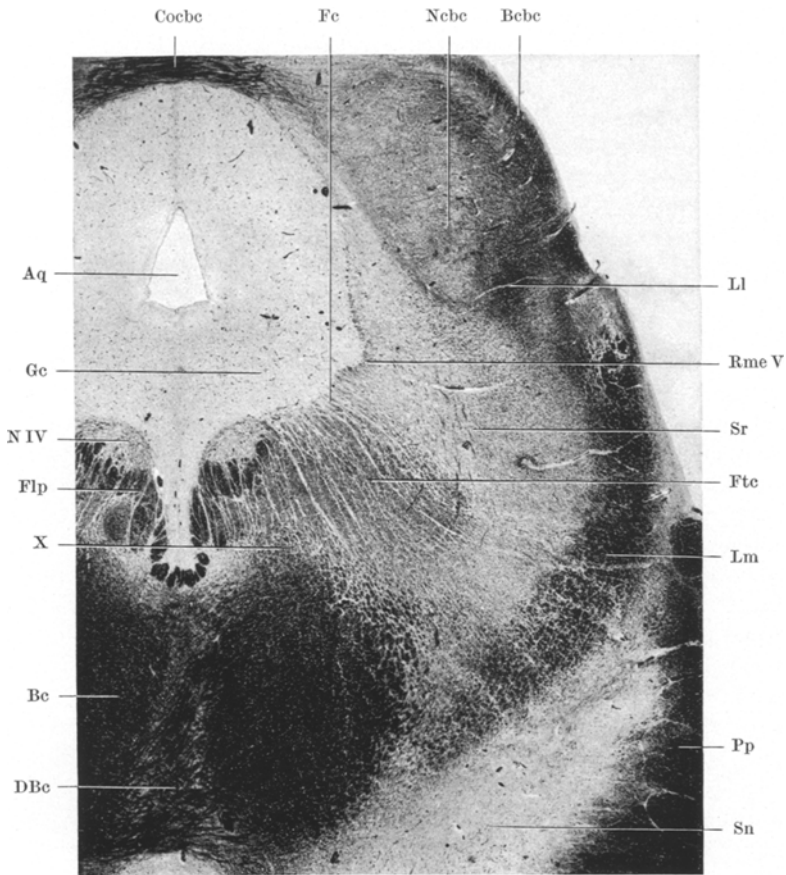


Abb. 8. Normalserie Q. Schnitt 1140. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die caudale Hälfte des Mittelhirns auf der Höhe des Trochleariskernes. Die Z.H.B. als geschlossenes Faserfeld dorsal vom gekreuzten Schenkel des Bindearmes. Aq Aquädukt. Bc Bindearm. Bebe Brachium colliculi bigemini caudalis. Cocbe Commissur der caudalen Zweihügel. DBc Bindearmkreuzung. Fc Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. Gc zentrales Höhlengrau. Ll laterale Schleife. Lm mediale Schleife. Ncbe Nucleus colliculi bigemini caudalis. N IV Nucleus nervi trochlearis. Pp Pes pedunculi. Rme V Radix mesencephalica trigemini. Sn Substantia nigra. Sr Substantia reticularis. X Faserbündel X (vgl. S. 497).

Oralwärts wird der transversale Durchmesser allmählich wieder kleiner; zugleich verschiebt sich das Feld als Ganzes mehr medialwärts. Auf der Höhe des Trochleariskerns (Abb. 8, N IV) liegt die Z.H.B. (Ftc) infolge dieser Verschiebung dem hinteren Längsbündel (Flp) in beträchtlicher Ausdehnung dicht an. Dorsolateral vom Trochleariskern scheint

die Bahn unmittelbar an das zentrale Höhlengrau zu stoßen. Wir werden später (S. 493) sehen, daß hier fremde Fasern, die sog. Fasciculi confines *Ziehens* (Fc), die sich in der Übersicht von der Z.H.B. nicht deutlich unterscheiden lassen, diese von dem Höhlengrau trennen. Der Bindearm (Bc) liegt jetzt in der ventralen Nachbarschaft; zwischen ihm und der Z.H.B. findet sich ein kleines Faserfeld X, das keinem der beiden Bündel angehört (vgl. S. 497). Im übrigen ist die Z.H.B. von der Substantia reticularis (Sr) des Mittelhirns umgeben, die hier gleichmäßig hell gefärbt ist und die Bahn deutlich hervortreten läßt.

Mit dem Auftreten des Roten Kerns (im Text mit R.K. abgekürzt) beginnen die Verhältnisse etwas unübersichtlicher zu werden (Abb. 9). Das hintere Längsbündel (Flp) dehnt sich entlang der lateralen Fläche des Oculomotoriuskerns (Nm III) zu einem langen, geradlinigen Streifen aus und bildet mit dem Bündel der Gegenseite die Form eines V. Ein Teil der gekreuzten, oralwärts strebenden Bindearmfasern (Bc) bildet an der medialen Fläche des R.K. (Nr) seine Markkapsel in Form einer halbmondförmigen Kappe. Die Z.H.B. (Ftc) hat sich gegenüber Abb. 8 noch weiter medialwärts verschoben und drängt sich mit ihrem medio-ventralen Zipfel in das keilförmige Gebiet zwischen dem hinteren Längsbündel und dem Halbmond des Bindearms ein. Dabei legt sie sich dem hinteren Längsbündel fast in seiner ganzen Ausdehnung dicht an, während gegen die Bindearmfasern eine markärmere Zone (h) zunächst noch freibleibt. Die ventrolaterale Fläche der Z.H.B. grenzt an das Haubenfeld H von *Forel* (H), das sich in dieser Ebene an der dorsolateralen Kuppe des R.K. auszubilden beginnt. Nur an der dorsalen und dorso-lateralen Fläche ist die Z.H.B. noch von Substantia reticularis (Sr) umgeben. Am dorsolateralen Rand der Z.H.B. schließen sich auf dieser Höhe einzelne Fasern zu kleinen Bündelchen zusammen, welche sich durch ihre dunklere Färbung von den übrigen Fasern der Z.H.B. abheben (FH); diese Bündelchen sind im Schrifttum unter dem Namen „*Forelsche* Haubenfascikel“ bekannt (nicht zu verwechseln mit den „*Forelschen* Haubenfeldern“). Dorsal trennen die Fasciculi confines (Fc) die Z.H.B. vom zentralen Höhlengrau (Gc). Eine merkliche Verkleinerung des Feldes der Z.H.B. ist bis jetzt nicht eingetreten.

Je mehr der R.K. an Umfang zunimmt, desto mehr verkleinert sich der Bindearmquerschnitt, besonders in seinem dorsalen Abschnitt. Die Z.H.B. schiebt sich immer weiter in das keilförmige Feld zwischen Bindearm und dem hinteren Längsbündel hinein, entfernt sich dadurch vom zentralen Höhlengrau und gewinnt Anschluß an die Markkapsel des R.K. Sie ersetzt oralwärts den Bindearm im dorsomedialen Abschnitt der Kapsel, welcher noch auf Abb. 9 ausschließlich von Bindearmfasern gebildet wurde. Auf Abb. 10 kann man in dem dorsomedialen Abschnitt der Kapsel nur noch Fasern der Z.H.B. erkennen (Ftc). Ihre Abgrenzung gegen die übrigen Kapselbestandteile — lateral gegen das H-Feld (H),

ventromedial gegen den Bindearm (Bc') — ist nur noch mit grober Annäherung möglich. Medial grenzt die Z.H.B. an das hintere Längsbündel

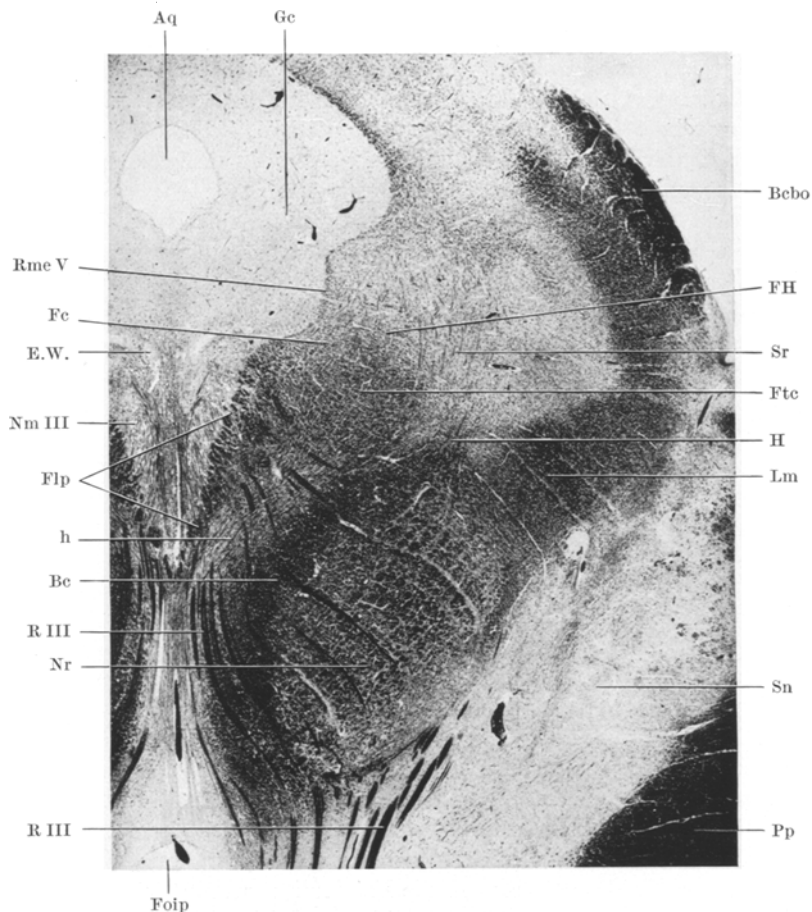


Abb. 9. Normalserie Q. Schnitt 1280. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die orale Hälfte des Mittelhirns auf der Höhe des Oculomotoriuskernes. Die Z.H.B. unmittelbar nach ihrem Austritt aus der Markkapsel des R.K. Aq Aquädukt. Bc Bindearm. Bebo Brachium colliculi bigemini oralis. E.W. *Edinger-Westphalscher Kern*. Fc Fasciculi confines. FH *Forelsche Haubenfaszikel*. Flp hinteres Längsbündel. Foip Fossa interpeduncularis. Ftc Z.H.B. Gc zentrales Höhlengrau. h (vgl. S. 455). H *Forelsches Haubenfeld* H. Lm mediale Schleife. Nm III Nucleus motorius nervi III. Nr Nucleus ruber. Pp Pes pedunculi. Rme V Radix mesencephalica trigemini. R III Oculomotoriuswurzel. Sn Substantia nigra. Sr Substantia reticularis.

(Flp). Dieses hat inzwischen zahlreiche Fasern an den Oculomotoriuskern abgegeben und dadurch den ventralen Winkel seines V-förmigen Querschnittsfeldes von Abb. 9 weitgehend eingebüßt. Dorsomedial liegt die Z.H.B. dem Nucleus interstitialis (Ni) unmittelbar an. Am dorsalen Rand dieses Kerns sieht man Fasern (Cp') an der lateralen Grenze des

zentralen Höhlengraues (Gc) entlang ziehen, welche den ventralen Abschnitt der hinteren Commissur (Cp) bilden. Auf der Höhe unserer



Abb. 10. Normalserie Q'. Schnitt II/205. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Querschnitt durch die orale Hälfte des Mittelhirns auf der Höhe der größten Ausdehnung des R.K. Die Z.H.B. in der Markkapsel des R.K. und ihre Beziehungen zum „Nabel“ des R.K. Aq Aquädukt. Bc Bindearm, Be' seine dorsomedialsten Fasern. Cp hintere Commissur. Cp' deren ventraler Abschnitt. E.W. *Edinger-Westphalscher Kern*. FH *Forelsche Haubenfascikel*. Flp hinteres Längsbündel. Frf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. Gc zentrales Höhlengrau. H H-Feld. Lm mediale Schleife. Ni Nucleus interstitialis. Nr Nucleus ruber. Pp Pes pedunculi. Sn Substantia nigra. UNr „Nabel“ des R.K.

Abb. 10 buchtet sich am dorsomedialen Rand die Markkapsel in das Grau des R.K. vor (UNr). Es muß hier ausdrücklich betont werden, daß diese Vorbuchtung, die wir als „Nabel des Roten Kerns“¹ bezeichnen wollen,

¹ Zum Unterschied von dem „Hilus des Roten Kerns“ (*Winkler*), durch welchen an der lateralen Fläche des R.K. Fasern des Haubenfeldes H in diesen eindringen.

nichts mit dem Fasciculus retroflexus *Meynerts* zu tun hat, wie das auf fast allen Abbildungen des R.K. angegeben wird. Das *Meynertsche* Bündel trifft weiter oral auf die dorsomediale Fläche des R.K. auf und

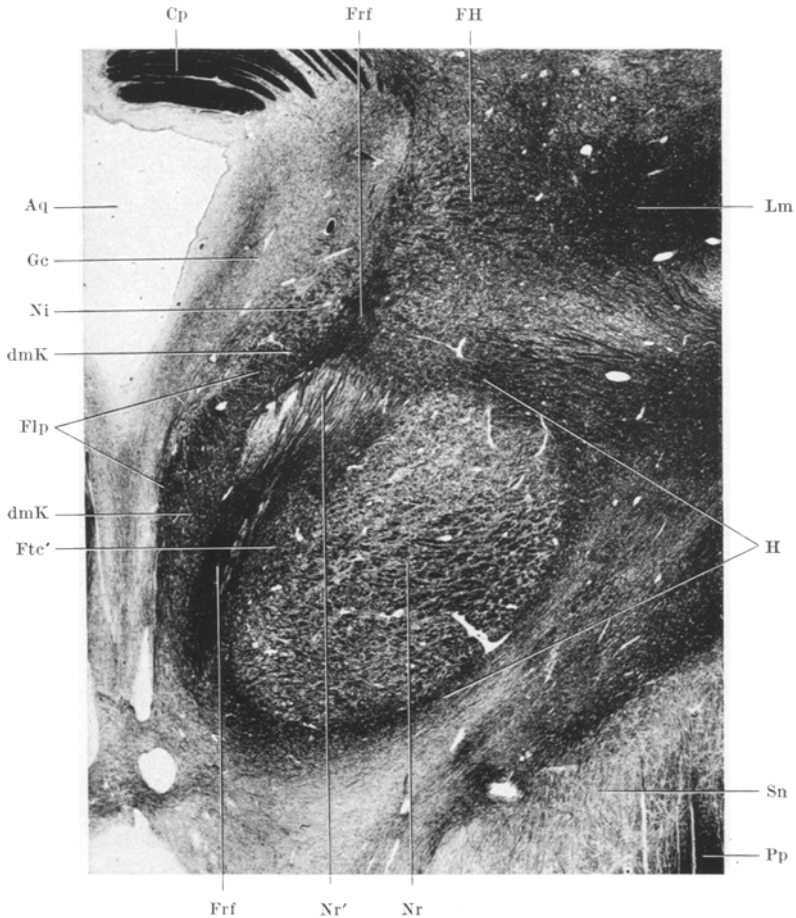


Abb. 11. Normalserie Q. Schnitt II/250. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 \times . Querschnitt durch die oralen Teile des Mittelhirns. Die Z.H.B. in der Markkapsel des R.K. Der Fasciculus retroflexus bei seinem Durchtritt durch den medialen Kapselabschnitt. Aq Aquädukt. Cp hintere Commissur. dmK dorsomedialer Abschnitt der Markkapsel. FH, *Forelsche* Haubenfascikel. Flp hinteres Längsbündel. Frf Fasciculus retroflexus. Fte' bereits im Innern des R.K. liegende Fasern der Z.H.B. Ge zentrales Höhlengran. H H-Feld. Lm mediale Schleife. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. Nr' sein oraler „Nabelwulst“. Pp Pes pedunculi. Sn Substantia nigra.

ist von dem Nabel durch graue Substanz getrennt. Auf der Abb. 10 ist es schon weit ventralwärts gewandert (Frf) und durch seine charakteristische Einlagerung markarmer Fasern kenntlich. Die Z.H.B., die ja in dieser Höhe den dorsomedialen Abschnitt der Markkapsel bildet, drängt also durch den Nabel einen Teil ihrer Fasern ziemlich tief in den

R.K. vor. Ob diese aus dem R.K. entspringen, läßt sich an Hand der Querschnitte nicht entscheiden. — Die *Forelschen* Haubenfascikel (FH) sind dorsalwärts angestiegen und haben sich von der Z.H.B. entfernt. Sie haben seither erheblich an Fasern zugenommen und liegen jetzt zwischen den lateralsten Fasern der hinteren Commissur.

Auf einem Schnitt, der etwa 1,1 mm oral von dem eben beschriebenen liegt (Abb. 11), findet sich das *Meynertsche* Bündel (FrF) in einer Rinne an der medialen Fläche des R.K. (Nr). Am dorsalen Rand des R.K. wird der Fasciculus retroflexus durch einen Abschnitt grauer Substanz (Nr') unterbrochen. Dieser Teil des R.K. bildet die wulstförmige, orale Begrenzung des Nabels (vgl. Abb. 13a u. b). Lateral von den längsgeschnittenen Fasern des *Meynertschen* Bündels finden sich zahlreiche quergetroffene Fasern (Ftc'); bei der schnittweisen Durchsicht der Serie erweisen sich diese Fasern als die Fortsetzung desjenigen Teils der Z.H.B., der auf Abb. 9 im Nabel lag. Der übrige Teil der Z.H.B. ist nun völlig in der dorsomedialen Markkapsel (dmK) aufgegangen. Diese wird auf der Höhe der Abb. 11 auch in ihren ventralen und ventromedialen Teilen vom H-Feld (H) gebildet, der Bindearm scheint vollständig verschwunden zu sein. Eine deutliche Grenze der Z.H.B. gegen die Fasern des H-Feldes läßt sich nicht mehr auffinden. Das hintere Längsbündel (Flp) kann man bei der schwachen Vergrößerung jetzt nur noch undeutlich durch seine etwas dunklere Färbung von der Z.H.B. unterscheiden. Es wendet sich allmählich lateral- und ventralwärts. Vom Nucleus interstitialis (Ni) ist nur noch der orale Pol zu sehen. — Die *Forelschen* Haubenfascikel (FH) wenden sich in dieser Höhe lateralwärts und sind infolgedessen schräg geschnitten; ihre lateralsten Fasern dringen bereits durch den medialen Abschnitt der medialen Schleife (Lm).

Am oralen Pol des R.K. werden die Verhältnisse sehr unübersichtlich. Die Fasern der Z.H.B. liegen zusammen mit denen des hinteren Längsbündels in dem dorsomedialen Abschnitt der Kapsel. Sie sind ebenso wie die Fasern des H-Feldes quergetroffen und scheinen sich innig mit diesen zu vermischen. Irgendeine deutliche Unterscheidung der einzelnen Faserarten wird dadurch auf Querschnitten unmöglich und läßt sich nur mit Hilfe von Längsschnittserien durchführen.

2. Der orale Verlauf der Zentralen Haubenbahn auf Längsschnitten.

a) Horizontalschnitte.

Abb. 12 zeigt einen Horizontalschnitt¹, dessen Ebene etwa parallel zum Boden des vierten Ventrikels gerichtet ist (Richtung und Lage des Schnitts ist auf Abb. 13 durch die Gerade H 430 angedeutet²). Der

¹ Vgl. S. 446 Anmerkung 2.

² Diese Hilfslinien sollen nur die räumliche Vorstellung und die Orientierung auf Präparaten mit ungewohnter Schnittrichtung erleichtern. Infolge der verschiedenen Formveränderungen beim Fixieren und Einbetten, sowie infolge der individuellen Größenunterschiede ist die Übertragung eines Schnitts auf den einer anderen Serie nicht mit mathematischer Genauigkeit möglich.

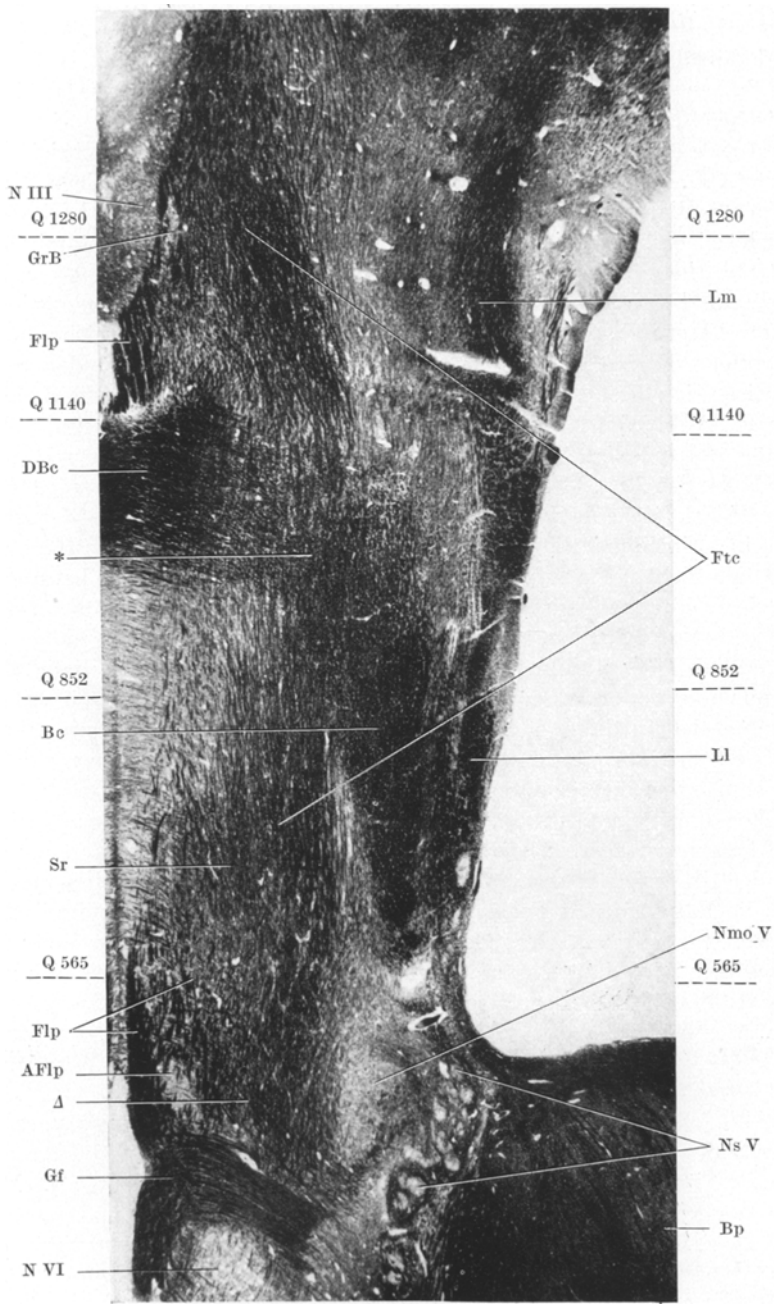


Abb. 12.

Schnitt hat die Z.H.B. (Fte) in großer Ausdehnung getroffen. Unmittelbar oral von Facialisknie (Gf) sind ihre Fasern schräg abgeschnitten, da sie hier ventralwärts gegen die untere Olive abbiegen und in der Höhe des Facialis aus der Ebene dieses Schnitts austreten. In der Umgebung des Querschnitts Q 565 treten auch auf dem Horizontalschnitt die engen Beziehungen zwischen Z.H.B. und Substantia reticularis (Sr) deutlich hervor. In ihrem gemeinsamen Faserfeld lassen sie sich nicht sicher voneinander trennen. Dagegen heben sich die Fasern des hinteren Längsbündels (Flp), die teilweise in diesem Faserfeld verlaufen, durch ihre dunklere Färbung gut ab. Auffallenderweise ist die laterale Grenze der Bahn ziemlich scharf, wenigstens bedeutend schärfer als die mediale. Auf der Höhe des Querschnitts Q 852 ordnen sich die Fasern der Z.H.B. zu langen Strängen, die durch den Schnitt schön längsgetroffen sind. Dabei scheinen sie an Zahl abzunehmen; in Wirklichkeit verläuft ihre Hauptmasse weiter dorsal, um dem Bindearm (Bc) auszuweichen. Aus dem gleichen Grund biegen die ventralen Fasern, die in der Ebene dieses Horizontalschnitts liegen, etwas lateralwärts aus. Dabei durchflechten sie den zu seiner Kreuzung (DBc) ziehenden Bindearm (*); sie bleiben aber gut erkennbar, da sie durch den Schnitt rein längsgeschnitten sind, während die Bindearmfasern schräg bis quer getroffen sind. Am oralen Rand des zur Kreuzung ziehenden Abschnitts des Bindearms, etwas caudal von der Höhe des Querschnitts Q 1140 haben die lateralen Fasern der Z.H.B. ihren größten Abstand von der Mittellinie erreicht. Aus dem Vergleich mit dem Querschnitt der Abb. 8 u. 24, wo die Z.H.B. medial bis an das hintere Längsbündel heranreicht, ergibt sich, daß die Bahn sich hier in transversaler Richtung besonders stark ausbreitet. Von jetzt ab ändern die Fasern ihre Verlaufsrichtung, indem ihre Hauptmasse schräg nach medial abbiegt. Am auffälligsten ist diese Abbiegung im lateralen Teil der Bahn. Die medialen Teile der Bahn, welche während der Durchflechtung mit dem Bindearm in dorsaleren Ebenen verliefen und erst jetzt wieder in die Schnittebene eintreten, laufen dagegen parallel zur Mediane weiter. Als Folge dieser Änderung der Verlaufsrichtung konzentrieren sich die Fasern in Richtung auf das orale Ende des hinteren Längsbündels. Außerdem biegen sie aber auch ventralwärts ab, was sich auf dem Horizontalschnitt darin äußert, daß die Fasern oralwärts (in der Höhe von Q 1280) mehr und mehr schräggesechnitten sind und allmählich aus der Schnittebene austreten.

Text zu Abb. 12.

Abb. 12. Normalserie H. Schnitt 430. Markscheidenfärbung. Vergr. 6×. Horizontalschnitt durch die rechte Hälfte der Brücke und des Mittelhirns. Der Verlauf der Z.H.B. in der Übersicht. AFlp Anulus fasciculi longitudinalis posterioris. Bc Bindearm. Bp Brachium pontis. DBc Bindearmkreuzung. Flp hinteres Längsbündel. Fte Z.H.B. GrB „graue Barriere“ Ziehens (vgl. S. 494). Gf Genu facialis. Ll laterale Schleife. Lm mediale Schleife. NmoV Nucleus motorius trigemini. Ns V Nucleus sensibilis trigemini. N III Nucleus oculomotorii. N VI Abducens Kern. Sr Substantia reticularis. Δ Radiatio deltoidea.

* Durchflechtung der Z.H.B. mit dem Bindearm.

Die Abb. 12a—d zeigen den Verlauf der Z.H.B. auf einer anderen Horizontalserie, die auch die angrenzenden Gebiete des Zwischenhirns enthält. Die Schnittebene dieser Serie liegt annähernd parallel zur Ebene

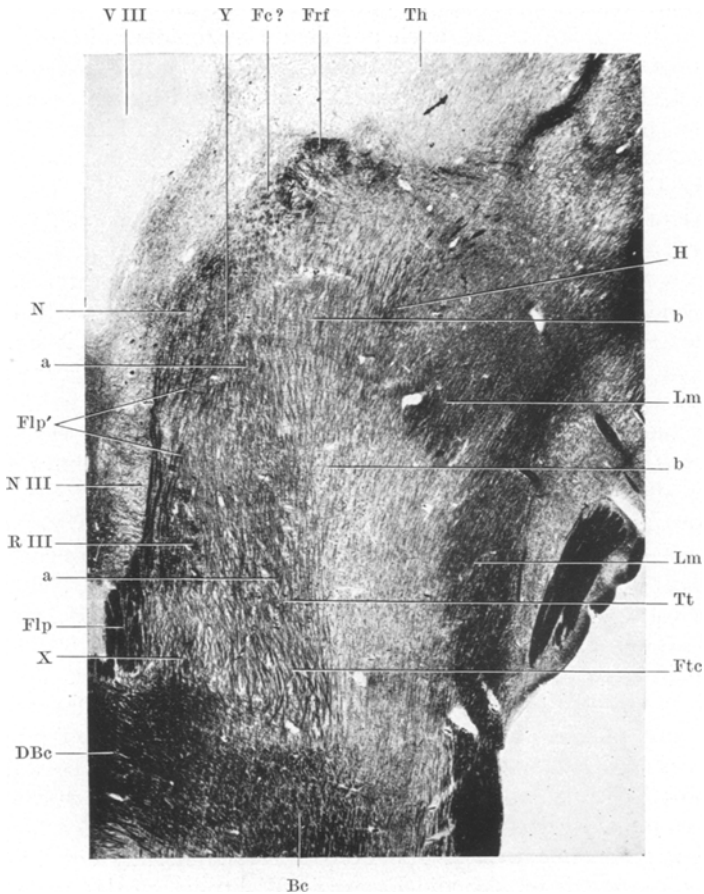


Abb. 12a. Normalserie H". Schnitt 125. Markscheidenfärbung. Vergr. 6×. Horizontalschnitt durch die rechte Hälfte des Mittelhirns und die caudalsten Teile des Zwischenhirns. Der Verlauf der Z.H.B. im Mittelhirn. a, b Abschnitte der Z.H.B. (vgl. S. 462). Be Bindearm. DBc Bindearmkreuzung. Fe? vermutlich Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Flp' dessen lateralste Fasern. Erf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. H H-Feld. Lm mediale Schleife. Ni Nucleus interstitialis. N III Oculomotoriuskern. R III Oculomotoriuswurzel. Th Thalamus. Tt Tractus tectobulbaris. V III 3. Ventrikel. X X-Fasern (vgl. S. 497). Y Y-Fasern (vgl. S. 463).

des vorhergehenden Schnittes (auf den Abb. 13a—d ist die Lage der einzelnen Schnitte eingezeichnet). Auf dem Präparat der Abb. 12a ist der dorsale Teil der Markkapsel des R.K. gerade tangential angeschnitten. Von der Z.H.B. (Ftc) hat der Schnitt mehr die medialen Anteile getroffen; doch ist auch hier deutlich zu sehen, wie die Mehrzahl ihrer Fasern (a)

oralwärts gegeneinander zusammenlaufen und caudolateral vom Nucleus interstitialis (Ni) in ein Feld schräggeschnittener Faserstücke übergeht. Ein kleinerer Teil (b) der Fasern läuft jedoch parallel zur Mittellinie weiter und wendet sich über dem R.K. sogar lateralwärts, um sich dem H-Feld (H) anzuschließen, dessen dorsalste Fasern gerade angeschnitten sind. In dem Feld a finden sich außer den Fasern der Z.H.B. noch längsgetroffene stärker gefärbte Fasern des hinteren Längsbündels (Flp'), die quergeschnittenen Wurzelfasern des Oculomotorius (R III), sowie ebenfalls quergetroffene Bündelchen der Fasciculi tectobulbares (Tt). Außerdem durchziehen etwas caudal vom Nucleus interstitialis zarte, längsgetroffene Faserbündelchen (Y) in transversaler Richtung das Feld ¹. Zwischen Nucleus interstitialis und dem *Meynertschen* Bündel (Fr) finden sich schräggeschnittene Bündelchen (Fc?), die in dorsaleren Ebenen sich in sagittaler Richtung caudalwärts fortsetzen. Dabei kommen sie unmittelbar dorsal von der Z.H.B. zu liegen und sind dann in der Übersicht nicht mehr scharf von dieser zu unterscheiden. Bei stärkerer Vergrößerung kann man aber erkennen, daß diese Bündelchen eine große Anzahl sehr feiner Markfasern enthalten, während Fasern vom Kaliber der Z.H.B. nur in geringer Zahl vorhanden sind. Ich vermute, daß diese Bündel identisch sind mit den Fasciculi confines (*Ziehen*), die bei der Beschreibung der Querschnittserien S. 455 erwähnt wurden. Was die übrigen Teile der Markkapsel des R.K. anbelangt, so wurde schon erwähnt, daß das Haubenfeld H gerade noch in die Schnittebene hineinragt. Seine Fasern verlaufen schräg orolateralwärts und bilden mit dem Feld a der Z.H.B. einen beträchtlichen Winkel. Lateral von H befindet sich die mediale Schleife (Lm), die zwar nicht in die Markkapsel des R.K. eindringt, ihr jedoch dicht anliegt. Der Bindearm (Bc) strahlt in dieser Ebene noch nicht in die Markkapsel ein; die einstrahlenden Fasern liegen weiter ventral. Von der Kreuzungsstelle scheinen sich zwar bereits Bindearmfasern (X) oralwärts herauszulösen; diese Fasern gehören aber nicht dem Bindearm an. Bei genauerer Betrachtung der Abb. 12a kann man erkennen, daß sie die Bindearmkreuzung in sagittaler Richtung caudalwärts durchsetzen. Sie haben aber auch, wie sich später zeigen wird, nichts mit der Z.H.B. zu tun. Es handelt sich um ein offenbar noch unbekanntes Bündel, das sich in oraler Richtung ventral- und medialwärts

¹ Im Schrifttum konnte ich keinen Hinweis auf diese Fasern finden. Auf verschiedenen Serien, vor allem auf Querschnitten konnte ich feststellen, daß diese Y-Fasern medialwärts zwischen den Bündelchen des Fasciculus longitudinalis posterior hindurchtreten und sich am Rand des zentralen Höhlengraus dorsalwärts wenden. Hier vermischen sie sich mit anderen Fasern, die ebenfalls am Rande des zentralen Höhlengraus in dorsoventraler Richtung verlaufen. Über Ursprung und Endigung dieser Y-Fasern kann ich nur angeben, daß sie einerseits in die Markkapsel des R. K. eindringen, andererseits wahrscheinlich den Nucleus interstitialis erreichen. Vielleicht stellen sie also eine Verbindung dieser beiden Kerne her.

wendet (wie schon aus Abb. 12a und b hervorgeht) und dann die Mittellinie überschreitet.

Der Teil a der Z.H.B. strebt in seinem weiteren Verlauf ventralwärts und legt sich dem R.K. unmittelbar an. Dabei biegen entsprechend der Kugelgestalt des R.K. die medialen Fasern stärker nach ventral ab als die lateralen. Während auf der Höhe der Bindearmkreuzung das Faserbündel mehr in die Breite ausgedehnt war, füllt es auf der Höhe des R.K. den dorsoventral gestellten keilförmigen Raum zwischen diesem und dem hinteren Längsbündel aus. Fasern, die weiter caudal nebeneinander (in transversaler Richtung) lagen, kommen jetzt also übereinander (in dorsoventraler Richtung) zu liegen.

Auf Abb. 12b sind diese Verschiebungen deutlich zu erkennen: Die medialen Fasern der Z.H.B. (Ftc') verlaufen schräg ventralwärts und sind dementsprechend auf dem Horizontalschnitt schräg geschnitten; von den lateralen Fasern (Ftc) dagegen sieht man einen ganzen Strang in der Schnittebene schräg medialwärts ziehen und erst auf der Höhe des Nucleus interstitialis (Ni) in das schräggeschnittene Faserfeld übergehen. Fasern, die von der Z.H.B. in das H-Feld übergehen (Teil b, vgl. S. 463) sind hier nicht mehr sicher nachweisbar. Vom R.K. sind auf dieser Abbildung die dorsalsten Teile seiner grauen Substanz (Nr) angeschnitten. Zieht man zur Orientierung die Abb. 13a heran, auf der die Lage dieses Schnitts durch die Gerade H'' 100 angedeutet ist, so wird es verständlich, warum auf diesem Horizontalschnitt das Grau des R.K. in Gestalt zweier getrennter Inseln sich darstellt. Zwischen diesen liegt der oben (S. 457) erwähnte Nabel (UNr). Das Feld schräg geschnittener Fasern der Z.H.B. (Ftc') liegt in der medialen Nachbarschaft des Nabels und füllt ihn größtenteils aus. Es wird auch hier von dunkelgefärbten Fasern des hinteren Längsbündels (Flp') durchzogen, sowie von transversal verlaufenden Y-Fasern (Y), von denen auf dem Schnitt ein ganzes Bündelchen zu sehen ist. Oralwärts reicht die Z.H.B. bis an den Fasciculus retroflexus (Fr) heran. Unmittelbar medial von diesem liegen wahrscheinlich die Fasciculi confines (Fc?), wenigstens findet man hier bei stärkerer Vergrößerung eine größere Anzahl sehr dünner Markfasern; diese sind aber stark durchmischt mit solchen dickeren Kalibers, welche teils der Z.H.B., teils dem hinteren Längsbündel angehören. Schon auf der Höhe der Abb. 12a ziehen diese beiden Bündel am Nucleus interstitialis entlang etwas lateralwärts auf das Feld der Fasciculi confines zu; auf der Abb. 12b sind diese Fasern bereits nach ventral abgebogen und deshalb jetzt schräg bis quer geschnitten. Lateral vom Fasciculus retroflexus wird die Markkapsel hauptsächlich von Fasern des H-Feldes (H) gebildet. Dieses hat an Umfang beträchtlich zugenommen und bildet in dieser Ebene schon eine starke Fasermasse, die teils von der Gegend des Nabels, teils aus caudalen und lateralen Abschnitten des R.K. ihren Ausgang nimmt und schräg orolateral- und ventral-

wärts zieht. Caudal bleibt zwischen Z.H.B. und Bindearm (Bc) ein helleres Feld (h) frei, das wir schon bei der Beschreibung der Quer-

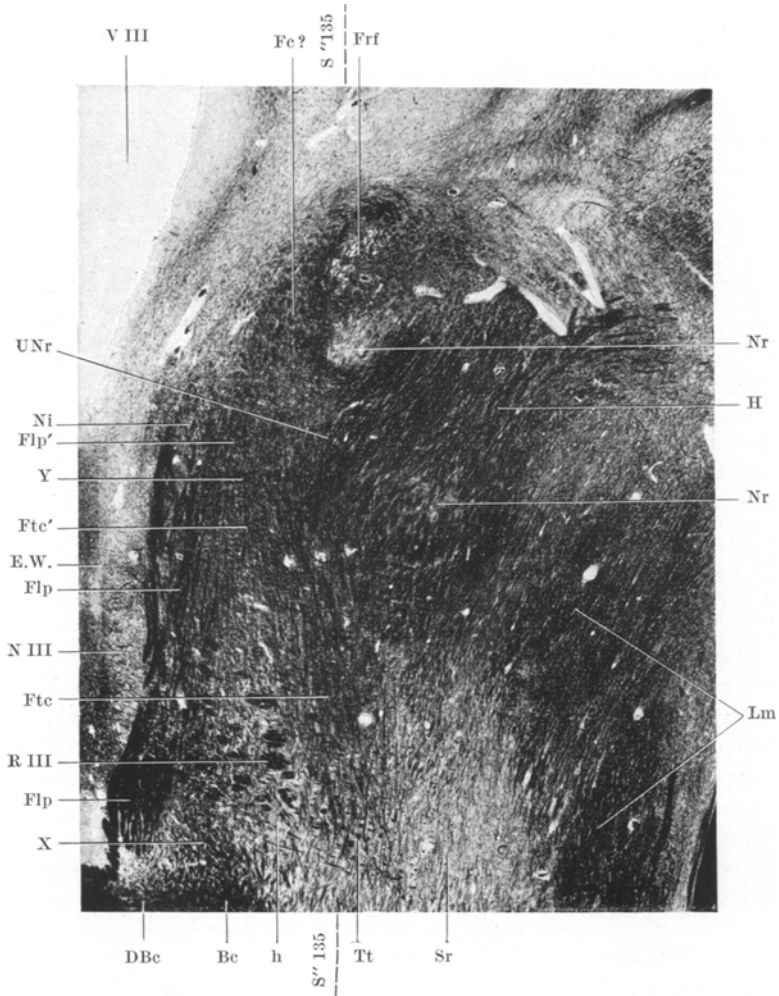


Abb. 12b. Normalserie H'', Schnitt 100, Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Horizontalschnitt durch den dorsalen Abschnitt der Markkapsel des R.K. Austritt der Z.H.B. aus der Markkapsel. Bc Bindearm. DBe Bindearmkreuzung. E.W. *Eninger-Westphalscher Kern*. Fc? vermutlich Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel, Flp' dessen lateralste Fasern. Frf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. Ftc' deren medialste Anteile. h (vgl. S. 465). H H-Feld. Lm mediale Schleife. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. N III Oculomotoriuskern. R III Oculomotoriuswurzel. Sr Substantia reticularis. Tt Tractus tecto-bulbaris. UNr „Nabel“ des R.K. V III 3. Ventrikel. X X-Faser (vgl. S. 497). Y Y-Fasern (vgl. S. 463).

schnitte auf Abb. 9 kennengelernt haben. Am Bindearm selbst hat sich nichts geändert; er strahlt immer noch nicht in die Markkapsel des

R.K. ein. Die X-Fasern (X) haben sich bereits etwas medialwärts gewandt.



Abb. 12c. Normalserie H''. Schnitt 80. Markscheidenfärbung. Vergr. $8\times$. Horizontalschnitt durch die dorsalen Teile des R.K. und seiner Kapsel. Die Z.H.B. als Bestandteil des dorso-medialen Kapselabschnittes. a schräg geschnittenes Faserfeld der Z.H.B. Bc Bindearm, Bc' seine dorsomedialsten Fasern, DBc seine Kreuzung. Fe? vermutlich Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Frf Fasciculus retroflexus. H H-Feld. Lm mediale Schleife. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. N III Oculomotoriuskern. R III Oculomotoriuswurzel. UNr „Nabel“ des R.K. V III 3. Ventrikel. X X-Fasern (vgl. S. 497).

Ventralwärts (Abb. 12c) nimmt das angeschnittene Grau des R.K. (Nr) rasch an Umfang zu. Die beiden Inseln vereinigen sich, lassen aber den Nabel (als Delle am medialen Rand des R.K.) noch deutlich erkennen

(UNr). Das *Meynertsche* Bündel (Fr) tritt schon dicht an den oralen Pol des R.K. heran. Aus der Abbildung geht jedoch deutlich hervor, daß dieses Bündel mit dem Nabel nichts zu tun hat. Das H-Feld (H) scheint Fasern eingebüßt zu haben, was darauf zurückzuführen ist, daß einmal die Markkapsel des R.K. nicht mehr flächenhaft, sondern im Durchschnitt getroffen ist, außerdem aber darauf, daß ein großer Teil der H-Fasern sich um den orolateralen Rand des R.K. ventralwärts wendet. Inzwischen haben auch Bindearmfasern (Bc) die Markkapsel erreicht. Sie umfassen kelchförmig den caudalen Pol des R.K. Der größte Teil der Fasern dringt unmittelbar in den R.K. ein; ein kleiner Zug Bindearmfasern (Bc') läuft am medialen Rand des Kerns oralwärts bis zum Nabel, biegt hier nach lateral ab und tritt in den R.K. ein. Dieser Faserzug hat nach Lage und Verlauf eine große Ähnlichkeit mit den lateralen Fasern der Z.H.B. auf Abb. 12 b (Ftc), zumal er in dieser Ebene noch nicht mit der Bindearmkreuzung (DBc) in Zusammenhang steht (vgl. S. 475). Die Zugehörigkeit der einzelnen Faserzüge zu den entsprechenden Bündeln läßt sich durch schnittweise Verfolgung der Serie jedoch genau feststellen. Es zeigt sich dabei, daß bis auf die Höhe des caudalen Pols des R.K. ein Zwischenraum zwischen Z.H.B. und Bindearm freibleibt, in dem bei der Durchsicht der Serie von dorsal nach ventral das laterale Bündel der Z.H.B. verschwindet, ehe der einstrahlende Bindearm angeschnitten wird. — Die Fasern der Z.H.B. sind nun, soweit sie sich nicht dem H-Feld angeschlossen haben, alle in das Feld a eingetreten, das caudal bis zu den Wurzelfasern des Oculomotorius reicht, medial vom hinteren Längsbündel (Flp) begrenzt wird. Vom R.K. wird es caudal durch Bindearmfasern (Bc') getrennt. Im Nabel gewinnt es Anschluß an das Grau des R.K. und bildet von hier an oralwärts seine Markkapsel.

Im Nabel und den lateral angrenzenden Teilen des R.K. finden sich außer den oben erwähnten, längsgeschnittenen Bindearmfasern (Bc') noch quer- und schräggetroffene Faserstücke, die sich bei der schnittweisen Durchsicht der Serie bis in das Feld a der Z.H.B. verfolgen lassen. Im Feld a liegen die Fasern der Z.H.B., wie sich bei stärkerer Vergrößerung zeigt, ziemlich ungeordnet, haben aber immer noch vorwiegend die schräge Verlaufsrichtung von caudolateral nach oromedial mit gleichzeitiger Neigung nach ventral. Am oralen Rand des R.K. sind sie vermischt mit anderen Kapselfasern, insbesondere mit solchen des H-Feldes (H) und des hinteren Längsbündels (Flp). Das letztgenannte zieht oral vom Nucleus interstitialis (Ni) lateralwärts und ist durch dunkelgefärbte, schräggesechnittene Bündelchen charakterisiert. — Medial vom Fasciculus retroflexus kann man noch die Fasciculi confines (Fc?) vermuten; sicher nachweisbar sind sie in dem dichten Fasergemisch nicht mehr.

Stellt man sich den R.K. räumlich als Kugel vor, so wird es klar, daß sich unter (ventral von) dem Faserfeld a der R.K. gegen die Medianlinie vorwölbt. Bei der Durchsicht der Serie zeigt es sich auch tatsächlich,

daß der laterale Rand des Feldes a ventralwärts mehr und mehr nach medial wandert. Sein medialer und oraler Rand, der vom hinteren Längsbündel umsäumt wird, ändert seine Lage nicht wesentlich. Als Folge davon verkleinert sich das Feld a ventralwärts sehr erheblich. Einerseits drängen sich dabei die Fasern dichter zusammen, andererseits nehmen sie aber ohne Zweifel an Zahl stark ab.

Auf Abb. 12d ist der Endzustand dieser Verkleinerung erreicht. Nur durch die genaue Verfolgung der Serie kann man vermuten, daß oral vom Fasciculus retroflexus (Frf) noch ein kleiner Rest der Z.H.B. (Ftc) zu finden ist, der sich mit der eigentlichen Markkapsel des R.K. (Nr) bereits untrennbar vereinigt hat. Der übrige größere Teil der Fasern ist verschwunden; über ihren Verbleib kann man an Hand der Horizontalserien nichts Sicheres aussagen; doch liegt die Annahme nahe, daß der R.K. diese Fasern aufgenommen hat.

Noch ein Wort über die übrigen Fasersysteme der Markkapsel auf der Höhe der Abb. 12d. Das Präparat zeigt sehr schön, wie die H-Fasern (H) den oralen Pol des R.K. etwas von lateral her umgreifen und in ihn eindringen. Fast genau diametral gegenüber vom H-Feld strahlt der Bindearm (Bc) etwas von medial her in den caudalen Pol ein. Von der Bindearmkreuzung ausgehend breiten sich seine Fasern in Richtung auf den R.K. zu fächerförmig aus und dringen direkt in ihn ein, ohne zuvor noch an seiner Oberfläche entlang gelaufen zu sein. Ihre mittlere Verlaufsrichtung ist dabei leicht schräg orolateralwärts geneigt. Die medialsten Fasern (Bc') verlaufen parallel zur Mittellinie; sie ziehen, im Gegensatz zu den übrigen, noch im medialen Abschnitt der Markkapsel bis zum Nabel und treten erst dort in den R.K. ein. Der Fasciculus retroflexus (Frf), der auf Abb. 12d fast nur durch sein markloses Zentrum kenntlich ist, liegt jetzt im Nabel. Auf seinem Weg vom Ganglion habenulae zum Ganglion interpedunculare biegt er von der dorso-ventralen Verlaufsrichtung in die sagittale um und kreuzt dabei den Nabel; diese Kreuzungsstelle ist auf Abb. 12d gerade getroffen.

b) Sagittalschnitte.

Da die meisten Fasern der Z.H.B. im Mittelhirn etwas schräg von caudolateral nach oromedial ziehen, sollen die sagittalgeschnittenen Serien von lateral nach medial durchgesehen werden, damit die Bahn wie bisher entgegen ihrer Leitungsrichtung von caudal zu ihrem Ursprung hin verfolgt werden kann.

Abb. 13 zeigt einen Sagittalschnitt, auf dem der ganze Verlauf der Z.H.B. noch einmal gut zur Anschauung kommt. Die Z.H.B. (Ftc) erscheint hier als ein langes Band, das einen flachen, nach ventral offenen Bogen beschreibt, dessen dorsalster Punkt an der Stelle der Durchflechtung (*) mit dem Bindearm (Bc) liegt. Die Einstrahlung in die untere Olive (Oi) ist nur zu einem sehr geringen Teil zu sehen, da die

Hauptmasse der Fasern sich der lateralen Konvexität des Nucleus olivaris inferior angelegt und sich also seitwärts von dieser Schnittebene befindet. Deutlich tritt in der Brückenhaube die Lage der Z.H.B. dorsal

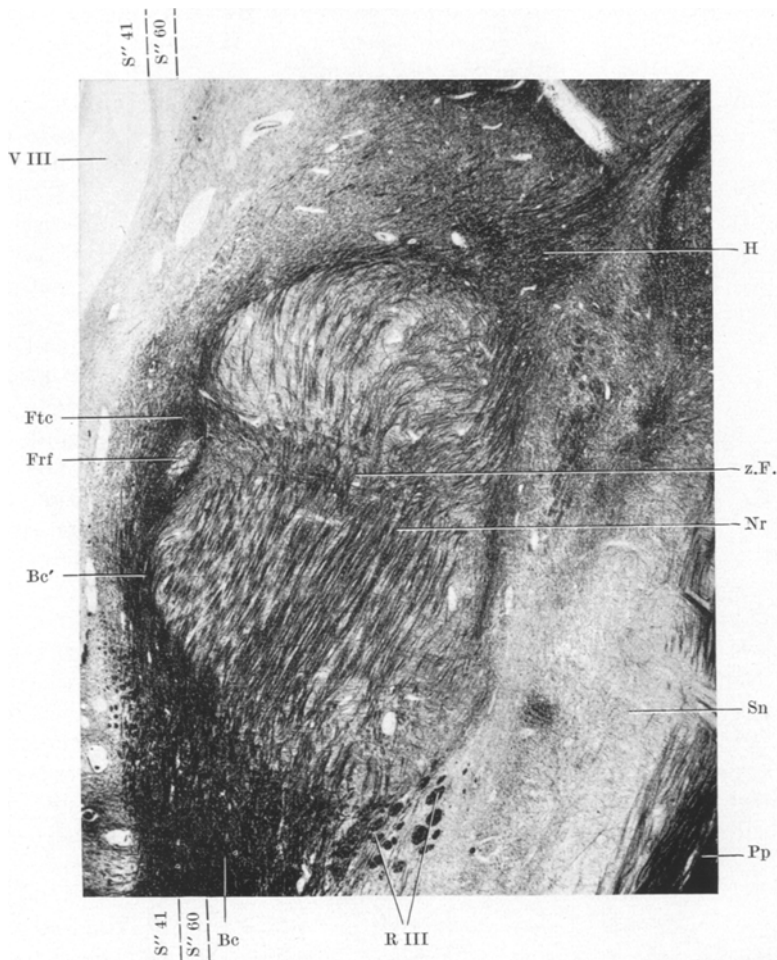


Abb. 12d. Normalserie H''. Schnitt 35 ↓. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Horizontalschnitt durch den R.K. in seiner größten Ausdehnung. Bc Bindearm, Bc' seine medialsten Fasern. Frf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. H H-Feld. Nr R.K. Pp Pes pedunculi. R III Oculomotoriuswurzel. Sn Substantia nigra. V III 3. Ventrikel. z.F. „zentraler Faserwirbel“ (vgl. S. 483).

von der medialen Schleife (Lm) hervor. Ebenso ist hier die Aufsplitterung ihrer Fasern gut zu sehen; man gewinnt den Eindruck, als teilte sich die Bahn in zwei gesonderte Bündel, zwischen denen ein schmales, helleres Feld (Fr₃) gelegen ist. Noch caudal von der Durchflechtung mit dem Bindearm vereinigen sich die Fasern wieder zu einem geschlossenen



Abb. 13.

Bündel. Unmittelbar oral von der Durchflechtung scheint die Z.H.B. merklich Fasern eingebüßt zu haben; wie schon erwähnt, hat sich die Bahn nur in transversaler Richtung flach ausgebreitet und verläuft größtenteils lateral von unserer Schnittebene. Auf der Höhe des caudalen Pols des R.K. (Nr) tritt die Hauptmasse der Fasern wieder in die Schnittebene ein; sie sind aber jetzt entsprechend ihrem schräg medialwärts gerichteten Verlauf an dieser Stelle vorwiegend schräg abgeschnitten (a). Nur zwei dünne Bündelchen lassen sich von diesem Faserfeld aus in der Ebene des Schnittes weiter oralwärts verfolgen: Das eine (b) verläuft in der dorsalen Markkapsel des Nucleus ruber um den oralen Pol des R.K. herum nach ventral und gelangt in das Haubenfeld H von *Forel* (H). Das zweite Bündelchen (FH) steigt leicht dorsalwärts an und verschwindet etwas caudal vom Fasciculus retroflexus (Frf) aus der Schnittebene; es ist seiner Lage nach identisch mit den „*Forelschen* Haubenfascikeln“ (vgl. S. 455).

Die Fasergebilde am oralen Pol des R.K. bieten auf dem Sagittalschnitt ein ungewohntes Bild dar. Man sieht, wie aus dorsalen und ventralen Teilen der Markkapsel Fasern sich am oroventralen Rand des R.K. vereinigen und hier das Haubenfeld H von *Forel* bilden (H). Aus diesem H-Feld tritt ein starkes Bündel oroventralwärts aus; dies ist das Haubenfeld H₂ von *Forel* (H₂) = Fasciculus lenticularis.

Der Hirnstamm erfährt in der Entwicklung an der Grenze zwischen Mittelhirn und Zwischenhirn eine erhebliche Knickung. Infolgedessen bildet die Neuralachse des Mittelhirns mit der des Zwischenhirns einen Winkel von etwa 80°; der Scheitel dieses Winkels liegt etwas dorsal und oral vom R.K.

Berücksichtigt man diese Knickung der Neuralachse, so ergibt sich, daß das Feld H₂ in einer Ebene oral- und lateralwärts zieht, welche der Achse des Zwischenhirns annähernd parallel gerichtet ist. Nach oral tritt aus dem Feld H ein weiterer, unscharf begrenzter Faserzug aus, das Haubenfeld H₁ von *Forel* (H₁) = Fasciculus thalamicus. Oral von dem Feld H₁, von diesem nicht ganz deutlich abgesetzt, findet sich der fast kreisrunde Querschnitt des Fasciculus mamillo-thalamicus *Vicq d'Azyr* (Fmth). Das *Meynertsche* Bündel (Frf) steht dorsal noch mit dem Ganglion habenulae (Gh) in Zusammenhang, ventral hat es bereits die

Text zu Abb. 13.

Abb. 13. Normalserie S'. Schnitt 105. Markscheidenfärbung. Vergr. 3,5 ×. Sagittalschnitt durch die Medulla oblongata, die Brücke, das Mittelhirn und die caudalsten Teile des Zwischenhirns. Der Verlauf der Z.H.B. in der Übersicht. Ihr Zusammenhang mit der Markkapsel des R.K. und dem H-Feld. Ihre Durchflechtung mit dem Bindearm, ihre Aufspaltung in der Brückenhaube und ihre Beziehungen zur unteren Olive. a, b (vgl. S. 471). Be Bindearm. Cbc caudaler Zwielhügel. Cbo oraler Zwielhügel. Cm Corpus mamillare. DBc Bindearmkreuzung. DR IV Trochleariskreuzung. FH *Forelsche* Haubenfascikel. Fmth Fasciculus mamillo-thalamicus. Frf Fasciculus retroflexus. Fr₂ Teil der Substantia reticularis (vgl. S. 512). Ftc Z.H.B. Gc zentrales Höhlengrau. Gf Genu facialis. Gh Ganglion habenulae. H H-Feld. H₁ H₁-Feld. H₂ H₂-Feld. Lm mediale Schleife. Nr R.K. Oi untere Olive. P Pyramidenbahn. Rme V Radix mesencephalica trigemini. R III Oculomotoriuswurzel. Sn Substantia nigra. Th Thalamus. T II Tractus opticus. UNr „Nabel“ des R.K. 4 Radiatio deltoidea. * Durchflechtung der Z.H.B. mit dem Bindearm.

Oberfläche des R.K. erreicht, und zwar oral vom Nabel (UNr). Der Strang markloser Fasern im Innern des Bündels ist gut erkennbar.

Die Abb. 13a—d zeigen den oralen Teil der Z.H.B. auf einer anderen Sagittalserie bei stärkerer Vergrößerung (für die Lage der einzelnen

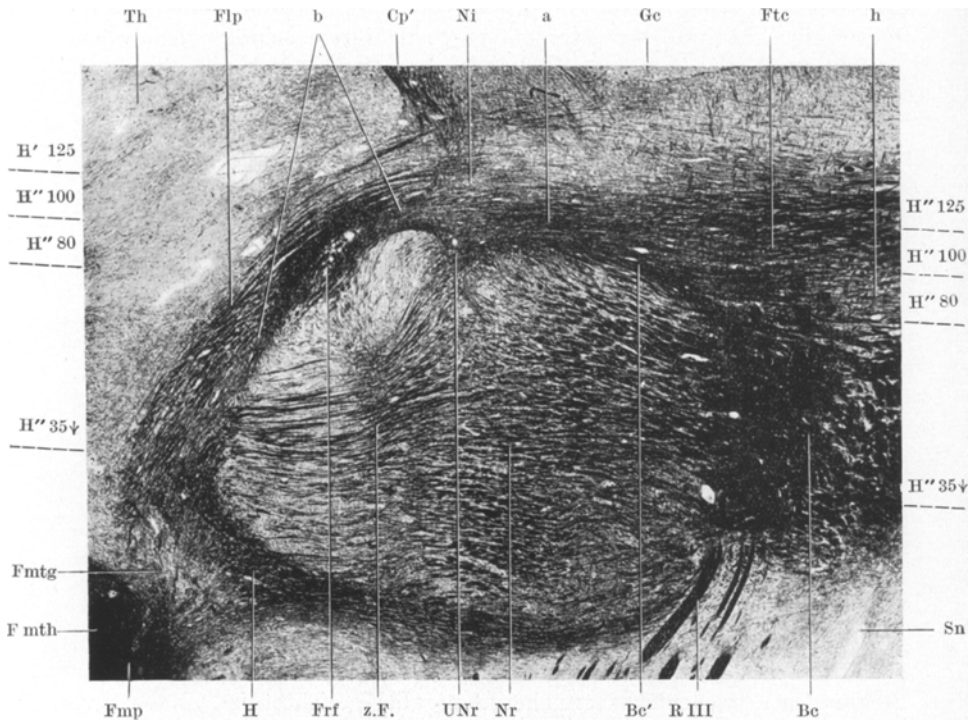


Abb. 13a. Normalserie S''. Schnitt 135. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Sagittalschnitt durch den R.K. Austritt der Z.H.B. aus der Markkapsel. a Schräg geschnittenes Faserfeld der Z.H.B. b längs geschnittene Fasern der Z.H.B. in den oralsten Kapselanteilen. Be Bindearm, Be' dessen dorsalste Fasern. Cp' ventraler Schenkel der hinteren Commissur. Flp hinteres Längsbündel. Fmp Fasciculus mamillaris princeps. Fmtg Fasciculus mamillo-tegmentalis. Fmth Fasciculus mamillo-thalamicus. Frf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. Ge Zentrales Höhlengrau. h (vgl. S. 472). H H-Feld. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. R III Oculomotoriuswurzel. Sn Substantia nigra. Th Thalamus. UNr „Nabel“ des R.K. z.F. „zentraler Faserwirbel“.

Schnitte vgl. Abb. 12b—d). Auf Abb. 13a sind Z.H.B. (Ftc) und Bindearm (Be) caudal vom R.K. (Nr) noch durch das hellere Feld (h) getrennt, kommen aber über dem R.K. teilweise miteinander in Berührung, indem ein Teil der Bindearmfasern (Be') am dorsalen Rand des R.K. entlang etwas ansteigt, während umgekehrt die Z.H.B. sich ein wenig ventralwärts senkt. Die Bindearmfasern sind durch ihr dichtes Beisammenliegen und ihre dadurch bedingte dunklere Färbung gut von denen der Z.H.B. trennbar; sie reichen oralwärts stets nur bis zum Nabel (UNr). Die Z.H.B. (a) scheint in der Höhe des Nabels faserärmer zu werden;

tatsächlich treten die meisten Fasern nach medial aus der Schnittebene aus. Ein anderer kleinerer Teil (b) zieht in der dorsalen Markkapsel in oraler Richtung an dem Nabel vorbei, muß aber dem *Meynertschen* Bündel (Frf) ausweichen, wodurch seine Verfolgung erschwert wird. Bei sorgfältiger Durchmusterung der Sagittalseiten kann man aber nachweisen, daß Fasern der Z.H.B. auch in mediale Abschnitte der oralen Kapsel eintreten. Hier liegen sie zwischen Fasern des H-Feldes, die in dem R.K. entspringen oder endigen. Außerdem findet sich dort auch der Teil des hinteren Längsbündels, der nicht im Nucleus interstitialis endigt, sondern weiter oralwärts zieht (Flp); davon kann man aber auf dem Schnitt der Abb. 13a nur die lateralsten Fasern sehen. Sie sind an ihrer dunkleren Färbung gut erkennbar. Nach caudal können sie in dieser Schnittebene nicht weiter verfolgt werden, da sie in dieser Richtung medialwärts ziehen (vgl. Abb. 12c). — Das *H-Feld* (H) ist jetzt nur noch in seinem medialen Teil angeschnitten. In seiner größten Ausdehnung liegt es bereits lateral von der Schnittebene. Ebenso ist von der Trennung des Feldes in seine beiden Abteilungen H_1 und H_2 nichts mehr zu sehen. Dagegen findet sich jetzt oroverbal vom R.K. der Fasciculus mammillaris princeps (Fmp), der sich in dieser Ebene gerade in seine beiden Bestandteile scheidet: in den Fasciculus mamillo-thalamicus (Fmth) und in den Fasciculus mamillo-tegmentalis *Gudden* (Fmtg). Dieses *Guddensche* Bündel ist dadurch ausgezeichnet, daß es neben ziemlich dicken Markfasern zahlreiche Fasern mit sehr dünnen Markscheiden enthält. Das Bündel tritt in der gleichen Sagittalebene in die Markkapsel ein, in der der Fasciculus retroflexus die dorsale Oberfläche des R.K. erreicht. Es steigt zunächst am oralen Pol des R.K. dorsalwärts an und biegt in der Markkapsel in die caudale Richtung um. Es kann innerhalb der Kapsel nur schwer im einzelnen verfolgt werden, da sich seine Fasern innig mit den übrigen Kapselfasern vermischen. Dorsal über dem Nabel ist der Nucleus interstitialis (Ni) an seiner lateralen Fläche eben angeschnitten. Die Fasern, welche von ihm aus dorsalwärts ziehen, gehören dem ventralen Abschnitt der hinteren Commissur (Cp') an, deren Fasern am lateralen Rand des zentralen Höhlengraus entlang verlaufen (vgl. Abb. 10).

Wie wir bei den Horizontalserien gesehen haben, wendet sich der Hauptteil der Z.H.B. über den R.K. medialwärts. Er erscheint deswegen an dieser Stelle auf dem Sagittalschnitt als ein Feld schräggeschnittener Fasern. Fast gleichzeitig biegen die Fasern nach ventral ab, was an einzelnen Stellen bereits auf Abb. 13a zu sehen war. Bei der Verfolgung der Serie nach medial sieht man, wie sich immer mehr Fasern dieser neuen, schräg ventralen Verlaufsrichtung anschließen. Auf dem Schnitt der Abb. 13b tritt diese Verlaufsänderung der Z.H.B. deutlich hervor. Ihr schräggeschnittenes Faserfeld (a) reicht oral bis in die Höhe des Nabels, caudal bis zu den Wurzelbündeln des Oculomotorius

(R III) und dorsal etwa bis auf die Höhe des Nucleus interstitialis (Ni). Die Fasern der Z.H.B. scheinen die Oberfläche des R.K. (Nr) erst im Nabel (UNr) zu erreichen, caudal davon werden sie durch Bindearmfasern (Bc') von ihr getrennt. Bei näherer Betrachtung der kurzen Faserstücke kann man ihre schräg dorsoventrale Verlaufsrichtung deutlich erkennen. Von

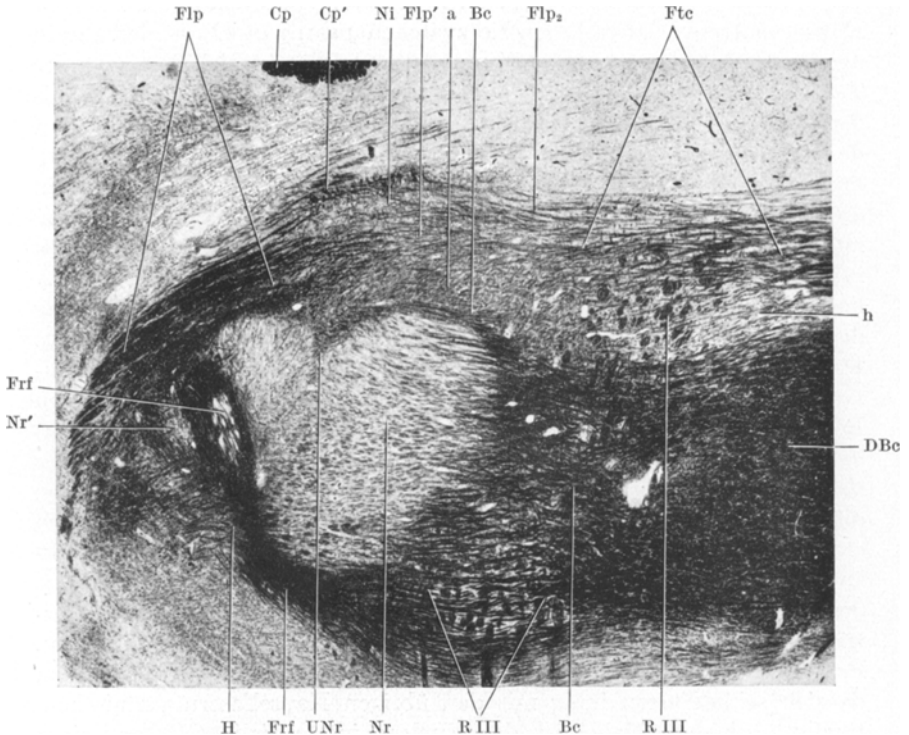


Abb. 13b. Normalserie S''. Schnitt 76. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Sagittalschnitt durch die medialen Teile des R.K. und seiner Markkapsel. Die Z.H.B. in der Markkapsel des R.K. a Schräg geschnittenes Faserfeld der Z.H.B. Bc Bindearm, Bc' seine dorsomedialsten Fasern. Cp Commissura posterior, Cp' die medialsten Ausläufer seines ventralen Abschnittes. DBc Bindearmkreuzung. Flp hinteres Längsbündel, Flp' seine lateralsten Fasern. Flp2 (vgl. S. 475). Frf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. caudal von der Markkapsel. h (vgl. S. 474). H' ventralster Teil des H-Feldes. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. Nr' sein oralster Anteil. R III Oculomotoriuswurzel. UNr „Nabel“ des R.K.

caudal her strömt dem schräggeschnittenen Faserfeld (a) ein starker längsgetroffener Faserzug (Ftc) zu; dieser Teil der Z.H.B. lag schon auf der Höhe der Bindearmkreuzung medial, dicht neben dem hinteren Längsbündel und verläuft, wie die Horizontalschnitte zeigen (Abb. 12a), etwa parallel zur Medianebene. Daß er vom Bindearm durch ein helleres Feld (h) getrennt wird, ist auch in dieser Ebene deutlich sichtbar. — Das *hintere Längsbündel* erscheint jetzt als ein starker, tief dunkel gefärbter Faserzug am oralen Pol des R.K. Caudalwärts tritt die Hauptmasse

seiner Fasern über dem Nabel wieder nach medial aus der Schnittebene aus. Nur vereinzelte Längsbündelfasern bleiben in der Ebene und verlaufen in dorsalen Teilen des Feldes der Z.H.B. Das sind die lateralsten Fasern des hinteren Längsbündels, die wir schon bei der Betrachtung der Horizontalserie im Gebiet der Z.H.B. fanden (Flp') (vgl. Abb. 12a—b). Ein Teil dieser Längsbündelfasern (Flp₂) steht in Verbindung mit dem Nucleus interstitialis (Ni). Am dorsalen Rand dieses Kerns sind gerade noch Fasern der hinteren Commissur (Cp') angeschnitten. Das *Meynertsche Bündel* (Frf) schnürt in dieser Ebene ein kleines Stück grauer Substanz am oralen Pol des R.K. (Nr') ab; in seinem weiteren dorsoventral gerichteten Verlauf wird es von einem starken Faserzug (H') gekreuzt; bei stärkerer Vergrößerung kann man erkennen, daß dieser Faserzug dem H-Feld angehört. Am ventralen Rand des R.K. biegt das *Meynertsche Bündel* caudalwärts ab, wobei sich seine Fasern wie ein Schweif ausbreiten. Sie legen sich dann der ventralen Seite des Bindearms an, von dem sie sich in der Übersicht nicht mehr deutlich abgrenzen lassen. Vom *Bindearm* ist der gekreuzte Schenkel („der weiße Kern“) in seiner größten Ausdehnung getroffen (Bc). Seine dorsalen Fasern beschreiben einen leichten, ventralwärts gewölbten Bogen, in dessen Höhlung das hellere Feld h liegt. (Infolge dieses bogenförmigen Verlaufs waren auf dem Horizontalschnitt der Abb. 12c die dorsalsten, bereits in die Kapsel des R.K. eingetretenen Fasern nicht im Zusammenhang mit der Kreuzung getroffen.)

Je weiter man die Serie nach medial verfolgt, desto kleiner wird die Schnittfläche des R.K.; seine Markkapsel dagegen verkleinert sich nicht im selben Maße, da ihr medialer Abschnitt besonders mächtig entwickelt ist und sie außerdem immer mehr flächenhaft angeschnitten wird. Auf Abb. 13c ist vom Nabel des R.K. (UNr) nur noch eine kleine Delle am dorsalen Rand des Kerns zu sehen. Die Fasern der Z.H.B. (Ftc) sind nun fast alle schräggeschnitten (a); nur ganz wenige verlaufen caudal von den Wurzelfasern des Oculomotorius (R III) noch ungefähr parallel zur Schnittebene. Das Feld schräggeschnittener Faserstücke (a) reicht caudalwärts nicht weiter als bis zu den oralsten Bündeln des Oculomotorius. Es grenzt hier an ein Gebiet, in dem sich ebenfalls schräggeschnittene Fasern befinden; diese gehören jedoch den Fasciculi tectobulbares an (Tt), welche zur fontaineartigen Kreuzung *Meynerts* ziehen. Im übrigen hat das Feld seine Lage wenig geändert. Die Verlaufsrichtung der kurzen Faserstücke läßt sich im Übersichtsbild nicht deutlich erkennen; bei stärkerer Vergrößerung zeigt es sich, daß die Fasern alle vorwiegend schräg dorsoventral gerichtet sind; man kann dabei auch beobachten, wie sie sich zwischen den Fasern der übrigen, die Markkapsel bildenden Systeme (Bindearm und hinteres Längsbündel) in Richtung auf die Oberfläche des R.K. durchdrängen. — Das *hintere Längsbündel* nimmt jetzt caudal vom R.K. die Lage ein, die auf dem

vorigen Schnitt die längsgetroffenen Fasern der Z.H.B. innehatten. Wie schon erwähnt, finden sich auch hier noch Fasern der Z.H.B.; sie lassen sich jedoch im Übersichtsbild nicht deutlich von den Längsbündelfasern unterscheiden. Der Fasciculus longitudinalis posterior spaltet sich in der

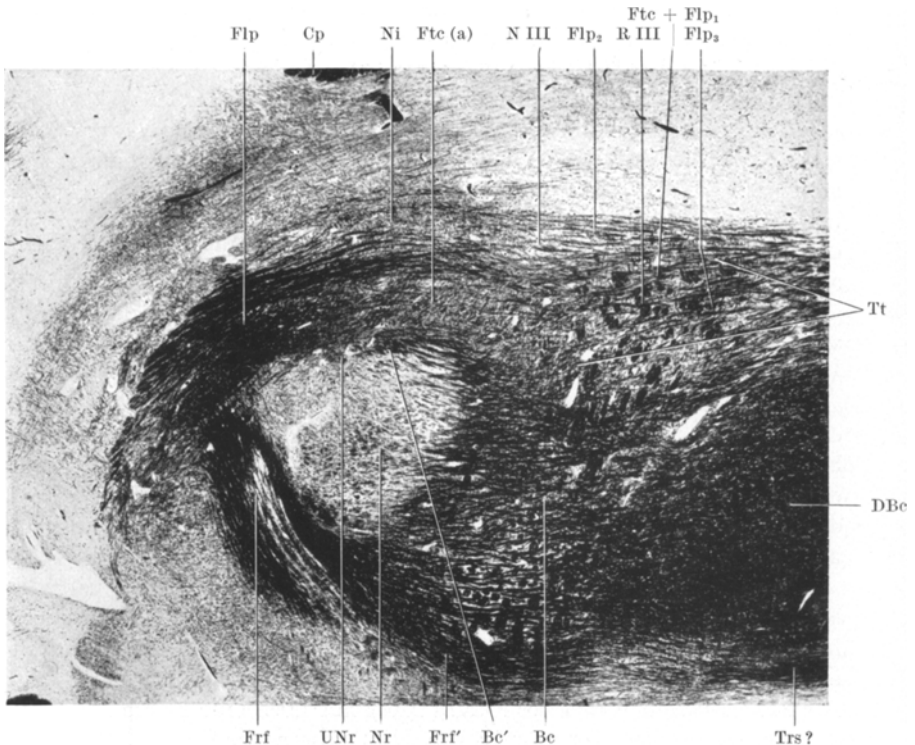


Abb. 13 c. Normalserie S''. Schnitt 60. Markscheidenfärbung. Vergr. $8 \times$. Sagittalschnitt durch mediale Teile des R.K. und seiner Markkapsel. Die Z.H.B. in der Markkapsel. Be Bindearm, Be' seine dorsomedialsten Fasern. Cp hintere Commissur. DBc Bindearmkreuzung. Flp hinteres Längsbündel. Flp₁, Flp₂, Flp₃ (vgl. S. 476). Frf Fasciculus retroflexus. Frf' sein schweiförmiger Ausläufer. Ftc Z.H.B. Ftc (a) ihre schräg geschnittenen Fasern. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. N III Oculomotoriuskern, R III seine Wurzel. Trs? wahrscheinlich Tractus rubro-spinalis. Tt Tractus tecto-bulbaris. UNr „Nabel“ des R.K.

Höhe der Wurzelbündel des Oculomotorius in 3 Faserzüge. Der eine, faserreichste Zug (Flp₁) umfaßt den Nucleus III von unten her, zieht am dorsalen Rand des schräggeschnittenen Feldes der Z. H. B. entlang und vereinigt sich am oralen Pol des R.K. mit den übrigen jetzt erst in die Schnittebene eintretenden Fasern des hinteren Längsbündels. Das gemeinsame Bündel zieht dann um den oralen Pol des R.K. herum ventral- und lateralwärts (Flp). Ein zweiter Faserzug (Flp₂) verläuft am dorsalen Rand des Nucleus III entlang und dringt in den Nucleus interstitialis (Ni) ein. Ein dritter, dürrtiger Faserzug (Flp₃) verläuft

schräg ventralwärts zwischen den Bündelchen des Oculomotorius hindurch in Richtung auf den R.K. Offenbar entspricht dieser Teil dem Tractus vestibulo-rubralis, der sich bereits caudal vom R.K. vom hinteren Längsbündel löst, wie dies *Whiteaker* und *Alexander* experimentell am Hund festgestellt haben. Am oralen Pol des R.K. ist das hintere Längsbündel stark durchsetzt von anderen Fasern; besonders finden sich hier dorsal vom R.K. noch Teile der Z.H.B. — Das *Meynertsche Bündel* (Fr \bar{f}) läßt in dieser Ebene besonders schön seinen markarmen Anteil erkennen; dabei ist bemerkenswert, daß dieser ventral vom R.K. aus seinem Markmantel austritt und in schräg dorsoventraler Richtung weiterzieht, während die markreichen Fasern sich caudalwärts wenden und, wie erwähnt, sich schweif förmig dem Bindearm anlegen (Fr \bar{f}). Der *Bindearm* (Bc) ist etwas lichter geworden und läßt nun deutlich erkennen, wie seine Fasern in der Nähe des R.K. leicht dorsalwärts ansteigen. Sie reichen am dorsalen Rand des R.K. immer noch bis zum Nabel vor (Bc'). — Ventral von der Bindearmkreuzung (DBc) findet sich ein sagittal gerichteter Faserzug, der wahrscheinlich den Tractus rubrospinalis (Trs?), darstellt.

Der Schnitt der Abb. 13d zeigt die mediale Kapselwand des R.K. flächenhaft getroffen. Aus der Verfolgung der Serie ergibt sich, daß sie in ihrer dorsalen Hälfte (dmK) im wesentlichen von der Z.H.B. gebildet wird. Bei stärkerer Vergrößerung kann man beobachten, daß ihre schräggeschnittenen Fasern vorwiegend radiär in Richtung auf die kleine Scheibe des R.K. verlaufen: Die caudalen Fasern sind etwa horizontal gerichtet, die oralen Fasern annähernd von dorsal nach ventral. Offensichtlich dringen diese Fasern nicht alle in den kleinen Rest des R.K. ein; wahrscheinlich erreichen sie Teile des R.K., die weiter lateral liegen. Caudalwärts grenzt die Z.H.B. auch in dieser Ebene unscharf an die Fasciculi tectobulbares (Tt); die Grenze liegt immer noch bei den oralsten Wurzelbündeln des Oculomotorius (R III'). — Neben der Z.H.B. finden sich in der medialen Kapselwand des R.K. vor allem noch die Fasern des *hinteren Längsbündels*, das jetzt auch nach caudal zu in großer Ausdehnung getroffen ist (Flp). Auf der Höhe des Nucleus III trennen sich wieder einzelne Fasern (Flp₃) von dem Hauptbündel und verlaufen schräg ventralwärts. Wahrscheinlich dringen diese in caudale Partien des R.K. ein. Das Hauptbündel splittert sich im Nucleus III auf, vereinigt sich wieder an dessen oralem Pol und biegt dann nach ventral ab. — Vom *Meynertschen Bündel* ist nur noch der schweif förmige Ausläufer (Fr \bar{f}) caudal und ventrocaudal vom R.K. zu sehen. — Vom *Bindearm* (Bc) ziehen nur noch wenige Fasern von seiner Kreuzung (DBc) leicht bogenförmig zum R.K. Ventral von der Bindearmkreuzung zeigt sich ein dünnes längsgetroffenes Bündel; in ihm verläuft der Tractus rubrospinalis (Trs).

Weiter medial verschwindet sehr rasch der letzte Rest des R.K. Seine mediale Kapselwand ist vollständig tangential angeschnitten. Schnitte

in diesen Ebenen zeigen nur, daß dieser Abschnitt der Kapsel zum großen Teil von der Z.H.B. gebildet wird. Ihre Fasern sind hier immer noch stark untermischt von solchen des hinteren Längsbündels sowie von medialen Fasern des Bindearms; sie liegen nicht mehr parallel ausgerichtet, sondern

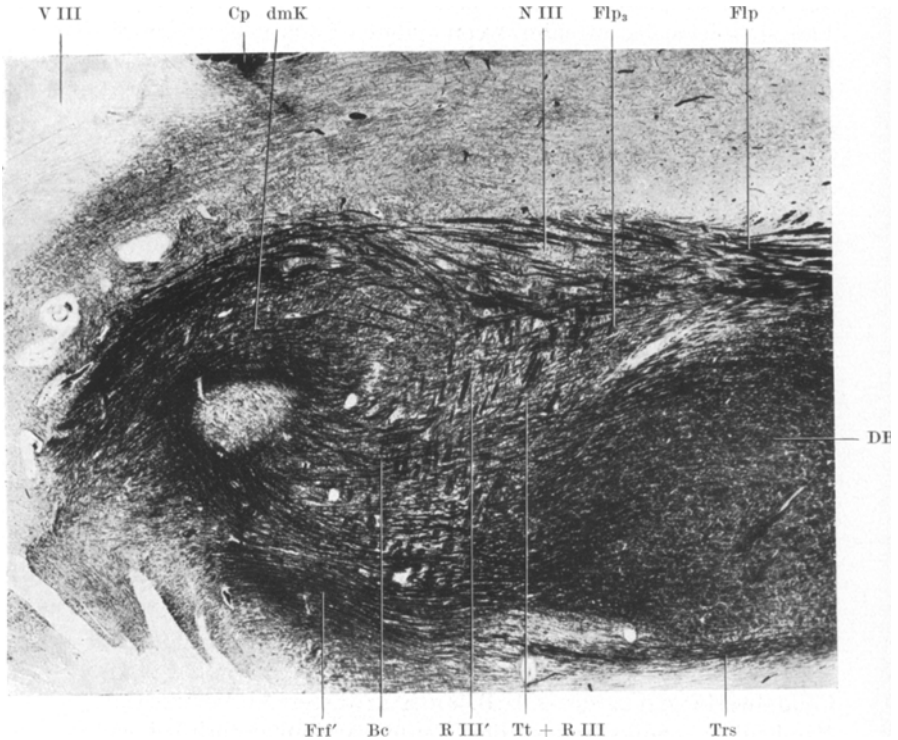


Abb. 13 d. Normalserie S''. Schnitt 41. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 ×. Sagittalschnitt durch die medialsten Anteile des R.K. und seiner Markkapsel. Bc Bindearm. Cp hintere Commissur. DEc Bindearmkreuzung. dmK dorsomedialer Abschnitt der Markkapsel. Flp hinteres Längsbündel. Flp_s (vgl. S. 477). Fr' der „schweifartige Ausläufer“ des Fasciculus retroflexus (vgl. S. 477). N III Oculomotoriuskern, R III seine Wurzel. R III' deren oralste Bündel. Trs Tractus rubro-spinalis. Tt Tractus tecto-bulbaris. V III 3. Ventrikel.

ziemlich wirr durcheinander, wodurch ihre Verfolgung im einzelnen sehr erschwert wird.

Die Markkapsel des Roten Kerns.

Bei der Verfolgung der Z.H.B. in oraler Richtung zeigt es sich, daß sie in die Markkapsel des R.K. übergeht. Hier trifft sie mit einer großen Anzahl von Fasern verschiedener Bahnen zusammen, welche in dem R.K. endigen oder dort entspringen. Ein Teil der Fasern dringt unmittelbar in den Kern ein, ein anderer verläuft zuerst noch ein Stück an der Oberfläche entlang und bildet so die Markkapsel. Der Aufbau der Kapsel

des R.K. wird dadurch noch verwickelter, daß Bahnen in ihr verlaufen, die offenbar mit dem R.K. selber nicht in Beziehung treten. In dem Gewirr von Markfasern gelingt es an normal anatomischen Präparaten nur schwer, die Zugehörigkeit einzelner Fasern zu bestimmten Bahnen nachzuweisen; dies ist nur möglich, wenn die besonderen Verlaufseigentümlichkeiten der die Markkapsel bildenden Bündel bekannt sind.

Der *caudale Abschnitt der Markkapsel* wird vom *Bindearm* gebildet. Von der Kreuzungsstelle, also von medial her, ausgehend breiten sich seine Fasern in Richtung auf den R.K. zu fächerförmig aus. Dabei verlaufen die medialen Fasern etwa parallel zur Medianebene. Je weiter lateral aber die Fasern liegen, desto größer wird der oralwärts offene Winkel, den sie mit der Mediane bilden (vgl. Abb. 12d, Bc). Gleichzeitig bildet der Bindearm auf seinem Weg von der Kreuzung zum R.K. einen nach ventral gewölbten Bogen (Abb. 13b—d). Auf die Oberfläche des R.K. treffen die meisten Bindearmfasern ungefähr senkrecht auf und dringen sofort in sein Inneres ein. An der medialen Fläche des R.K. laufen sie jedoch meistens noch ein Stück entlang, bevor sie in die Tiefe eintreten (Bc' auf den Abb. 12c und d, 13a—d). — Die Fasern des *H-Feldes* erreichen schräg von orolateral und ventral her den *oralen Pol des R.K.* Sie ziehen an seiner lateralen Fläche weit caudalwärts (Abb. 12d), während sie an seiner medialen nur bis zum Nabel verfolgt werden können. Die H-Fasern zeigen weit mehr als der Bindearm die Neigung, an der Oberfläche des R.K. noch ein Stück in der Kapsel entlang zu ziehen, bevor sie in ihn eintreten. Die Verlaufsrichtung der H-Fasern im dorsalen Abschnitt der Markkapsel (Abb. 12b) geht von orolateral nach caudomedial. — Das *hintere Längsbündel* liegt auf der Höhe des Nucleus III noch außerhalb der Markkapsel des R.K. Hier trennen sich einzelne Fasern (Flp₃) auf Abb. 13c und d) von dem Hauptbündel ab und treten von caudomedial her in die Kapsel und in den R.K. ein. Diese Fasern sind dadurch gekennzeichnet, daß sie zu kleinen, stark gefärbten Bündelchen vereinigt sind. Das Hauptbündel zieht am dorsomedialen Rand der Z.H.B. oralwärts, gibt Fasern an den Nucleus interstitialis ab, wendet sich über dem Nabel ventral- und lateralwärts und wird dann zu einem Bestandteil der Markkapsel. — Der *Fasciculus retroflexus* trifft auf seinem Weg vom Ganglion habenulae zur Fossa interpeduncularis in dorsoventraler Verlaufsrichtung etwas oral vom Nabel auf den R.K. auf (Abb. 12b, 13 und 13a) und beschreibt zunächst einen flachen, medialwärts gewölbten Bogen. Dabei drückt er eine tiefe Rinne in die mediale Oberfläche des R.K. ein. Noch in dieser Rinne biegt er caudalwärts um (Abb. 13b und c) und legt sich dann der ventralen Fläche des Bindearms an. Das *Meynertsche Bündel* hebt sich im allgemeinen gut von seiner Umgebung ab; insbesondere ist es dadurch kenntlich, daß es neben ziemlich dicken Markfasern fast marklose Fasern enthält. Diese beiden Faserarten sind in dem Bündel so angeordnet, daß die mark-

reichen Fasern die markarmen einschließen wie der isolierende Mantel den Metallkern bei einem elektrischen Kabel (Abb. 12d und 13b). Das Bündel ist sehr fest gefügt. Kreuzen andere Bündel seinen Verlauf, so kommt es zu keiner Durchflechtung (wie z. B. zwischen Z.H.B. und Bindearm); vielmehr müssen die fremden Fasern dem *Meynertschen* Bündel ausweichen. Dieses Verhalten zeigt sich auch in der Markkapsel des R.K.: Der *Fasciculus retroflexus* drängt die Kapselfasern auseinander und zwingt sie von ihrem geradlinigen Verlauf abzuweichen, wodurch die Verfolgung dieser Fasern oft erheblich erschwert wird.

Neben diesen vier ziemlich mächtigen Bündeln und neben der Z.H.B., die gemeinsam die Markkapsel des R.K. bilden, finden sich in dieser noch eine Anzahl kleinerer Faserzüge, die an Masse gegenüber den erstgenannten stark zurücktreten. Die Fasern des *Fasciculus tegmenti Gudden* spalten sich von dem *Fasciculus mamillaris princeps ventral* vom oralen Pol des R.K. ab (Abb. 13a). Es scheint, daß dieser beim Menschen zarte Faserzug sich vorwiegend aus sehr dünnen Markfasern zusammensetzt. Kurz nach seinem Austritt aus dem *Fasciculus mamillaris princeps* steigt der *Fasciculus tegmenti Gudden* in dem oralen Abschnitt der Markkapsel dorsalwärts an und biegt um den R.K. herum in die caudale Verlaufsrichtung um. Seine Fasern können in der Markkapsel nicht mehr mit Sicherheit verfolgt werden, verlaufen aber vermutlich in ihren äußersten Schichten. Wahrscheinlich kreuzen die Fasern den *Fasciculus retroflexus* an dessen medialer Seite und kommen dann in ein Faserfeld zu liegen, das lateral vom hinteren Längsbündel die Z.H.B. vom zentralen Höhlengrau trennt (Abb. 9—11). *Ziehen* nennt die Fasern dieses Feldes „*Fasciculi confines*“; sie wurden S. 455 kurz beschrieben. Obwohl es mir nicht gelungen ist, die Fasern des *Guddenschen* Bündels bis in das Areal der *Fasciculi confines* zu verfolgen, halte ich die Identität dieser beiden Bündelchen für wahrscheinlich. Denn sie setzen sich beide hauptsächlich aus sehr dünnen Markfasern zusammen; außerdem verschwinden die *Fasciculi confines* etwa auf der Höhe des *Nucleus tegmenti dorsalis Gudden*. Wenn meine Annahme zutrifft, verlaufen die Fasern des *Guddenschen* Bündels in der Markkapsel etwa in sagittaler Ebene. — Der *Fasciculus rubro-reticularis cruciatus* (v. *Monakow*) verläßt den R.K. wahrscheinlich an der medialen Fläche seiner caudalen Hälfte. Er kreuzt zusammen mit dem Bindearm in der *Wernerkinkischen* Haubenkreuzung, um dann wahrscheinlich neben der Raphe in ventralen Teilen der Haube caudalwärts abzusteigen. Vielleicht bildet er einen Teil des ventralen Haubenbündels *Spitzers*. Eine genaue Verfolgung der Fasern des *Tractus rubro-reticularis cruciatus* in seinen oralen Abschnitten, vor allem während ihres Verlaufs in der Markkapsel der R.K. ist an normalen menschlichen Markscheidenserien nicht möglich, weil sie sich hier von Bindearmfasern nicht unterscheiden lassen. — Ebenso läßt sich der *Tractus rubrospinalis* in der Markkapsel des R.K. an normalen menschlichen Präparaten nur schwer erkennen. Er trat jedoch in dem Gehirn des S. 548 beschriebenen Anencephalen sehr deutlich hervor. Abb. 14 zeigt einen Querschnitt durch dieses Gehirn unmittelbar caudal. vom R.K. Man sieht, daß der *Tractus rubrospinalis* (Trs) nur den caudalsten Abschnitt der Markkapsel durchläuft. Von seinen Ursprungszellen, dem großzelligen Anteil des R.K. (Nrmg) am dorsalen Rand des gekreuzten Bindearmschenkels (Bc) ziehen die Fasern des *Monakowschen* Bündels etwa parallel zu den Fasern des *Tractus tectobulbaris* (Tt), aber ventrolateral von diesen zur *Forelschen* Haubenkreuzung (DTrs). Da sie innerhalb der Markkapsel des R.K. fast genau in transversaler Ebene schräg dorsoventralwärts verlaufen, ist eine Verwechslung mit den übrigen sagittal gerichteten Kapselfasern nicht möglich. — Außer dem *Fasciculus rubrospinalis* durchlaufen noch einige andere, bisher offenbar unbekannte Faser-

züge die Markkapsel des R.K. in transversalen Ebenen. Von diesen sind in der Nähe des Nabels vor allem die *Y-Fasern* bemerkenswert. Sie wurden S. 463 kurz erwähnt. Wenn man sie in verschiedenen Schnittebenen untersucht, kann man folgendes feststellen: Aus dem Nucleus interstitialis treten an seiner ganzen medialen, dem zentralen Höhlengrau zugekehrten Fläche Fasern aus, die an der lateralen Grenze des Höhlengraus ventralwärts ziehen. Schon sehr bald biegen sie um die einzelnen Bündelchen des Fasciculus longitudinalis posterior herum scharf lateralwärts ab

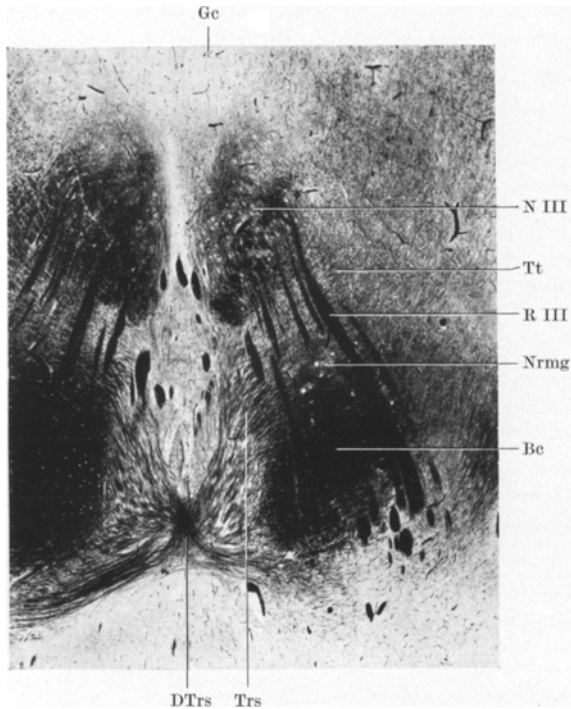


Abb. 14. Anencephale Sch. Sekt.-Nr. 3758. Schnitt 260. Markscheidenfärbung. Vergr. 14 ×. Querschnitt durch das Mittelhirn in Höhe der ventralen Haubenkreuzung. Der Tractus rubro-spinalis von seinem Austritt aus dem großzelligen Anteil des R.K. bis zu seiner Kreuzung. Be Bindearm. DTrs Kreuzung des Tractus rubro-spinalis. Ge zentrales Höhlengrau. Nrmg großzelliger Anteil des R.K. N III Oculomotoriuskern, R III seine Wurzel. Trs Tractus rubro-spinalis. Tt Tractus tecto-bulbaris.

und dringen teils einzeln teils zu kleinen Bündelchen vereinigt in die Haube in Richtung auf die dorsale Oberfläche des R.K. vor (Abb. 12 b). Sie treten etwas caudal vom Nabel in die Markkapsel und wahrscheinlich auch in das Grau des R.K. ein. Ich vermute, daß diese Fasern den R.K. mit dem Nucleus interstitialis verbinden, kann aber diese Vermutung weder beweisen noch etwas über die Leitungsrichtung aussagen. — Ähnlich verlaufende Fasern finden sich in der Höhe des motorischen Anteils des Nucleus III. Zum Unterschied von den *Y-Fasern* sind diese *Z-Fasern* aber nicht zu Bündelchen vereinigt. Auf Querschnitten durch die caudale Hälfte des R.K., auf denen sie am besten zu sehen sind (Abb. 19), bieten sie folgendes Bild: Über die ganze Fläche des R.K. verbreitet finden sich zwischen den quergetroffenen Bündelchen des Bindearms längsgetroffene Fasern, welche den R.K. meist einzeln in transversaler Richtung durchziehen. In der medialen Wand der

Markkapsel biegen sie etwas dorsalwärts ab und laufen dann ungefähr parallel zu den Wurzelfasern des Oculomotorius, von denen sie sich aber durch ihre ganz lockere Anordnung unterscheiden. Sie kreuzen die ventralwärts zu ihrer Kreuzung ziehenden Fasciculi tectobulbares, durchdringen dann die sagittal gerichteten Fasern der Z.H.B. und treten endlich zwischen den Bündelchen des Fasciculus longitudinalis posterior hindurch in den Nucleus lateralis des Nervus oculomotorius ein, wo sie sich aufsplitteln. Ich muß es dahingestellt sein lassen, ob die Z-Fasern eine Verbindung zwischen dem R.K. und dem Nucleus III darstellen.

In der caudalen Nachbarschaft der Markkapsel verlaufen die *Fasciculi tectobulbares*, die mit der Z.H.B. kurz vor ihrem Eintritt in die Markkapsel in räumliche Beziehung treten. Auf dem Weg von ihrem ziemlich ausgedehnten Ursprungsgebiet, dem tiefen Mark des oralen Zueihügels, bis zu der *Meynertschen* (fontaineartigen, dorsalen) Haubenkreuzung beschreiben sie die Figur eines schrägliegenden S. In dem ersten ventrolateralgewölbten Bogen dieses S liegen die Fasern ziemlich weit auseinander. In ihrem weiteren (medialwärts gerichteten) Verlauf treten sie in den keilförmigen Raum zwischen R.K. und dem hinteren Längsbündel und beschreiben hier den zweiten dorsomedialwärts gewölbten Bogen des S. Dabei drängen sich die Fasern offenbar auch in sagittaler Richtung dichter zusammen. Die Hauptmasse der Fasern tritt nicht in die Markkapsel ein; nur vereinzelte Faserbündelchen gelangen an die Oberfläche des R.K. In die *Meynertsche* Haubenkreuzung treten die Fasern unter sehr spitzem Winkel zur Medianebene ein. Nur diejenigen Fasern der *Meynertschen* Haubenkreuzung, die unmittelbar ventral von der ventralen Spitze des hinteren Längsbündels liegen, kreuzen flacher. Diese Fasern sind identisch mit den X-Fasern (vgl. S. 455 und 497). Sie gehören meines Erachtens nicht zu den Fasciculi tectobulbares (vgl. auch *Ziehen*, l. c. S. 581).

3. Der Ursprung der Zentralen Haubenbahn.

Das Ursprungsgebiet der Z.H.B. läßt sich auf normal anatomischem Weg nur dadurch bestimmen, daß man ihre Fasern von bekannten Stellen ihres Verlaufs ausgehend ins Unbekannte, also entgegen ihrer Leitungsrichtung, zurückverfolgt. Es wird heute nicht mehr bestritten, daß die Z.H.B. des Menschen, zumindest vorwiegend, eine absteigende Leitungsrichtung hat. Es sei hier nochmals ausdrücklich hervorgehoben: Wenn wir uns von caudal her entlang der Fasern der Z.H.B. an ihr orales Ende herantasten, so geschieht dies entgegen ihrer vorherrschenden Leitungsrichtung. Ist daher im folgenden von der „Eintrittsstelle“ in ein Kerngebiet die Rede, so muß man sich bewußt sein, daß die Fasern in Wirklichkeit aus dem Kern austreten.

a) Der Ursprung aus dem Roten Kern.

Wie die Durchsicht der verschiedenen Serien übereinstimmend gezeigt hat, tritt die Z.H.B. vom Nabel an oralwärts unmittelbar an die dorsomediale Oberfläche des R.K. heran. Dieser Teil der Oberfläche wird sowohl vom Bindearm als auch vom H-Feld freigelassen. Denn der erstgenannte bedeckt die caudomediale und caudoventrale Oberfläche und reicht dorsomedial nur bis zum Nabel. Das H-Feld bildet den orolateralen und oroventralen Kapselschnitt und schiebt an der dorsalen Oberfläche nur wenige Fasern zur medialen Hälfte des R.K. Die Fasern

der Z.H.B. bilden bei ihrem Eintritt in die Markkapsel mit der Medianebene einen *caudalwärts* offenen Winkel, im Gegensatz zu allen übrigen Kapselfasern, die parallel zur Medianebene gerichtet sind oder sogar einen *oralwärts* offenen Winkel mit dieser bilden (H-Feld, Bindearm, hinteres Längsbündel). Man wird also zweckmäßig den Verlauf der Z.H.B. in der Kapsel auf Schnitten untersuchen, deren Ebene parallel zu der Geraden sS 155 auf Abb. 12 gerichtet ist. Abb. 15 zeigt auf einem derartigen Schnitt die Gegend des Nabels (UNr) bei stärkerer Vergrößerung. Der Schnitt liegt nur wenig medial von dem der Abb. 13a und weist ganz ähnliche Verhältnisse auf. Am oralen (linken) Bildrand, welcher infolge der schrägen Schnittrichtung der Mittelebene näherliegt als der caudale, sind noch die caudalsten Fasern des *Meynertschen* Bündels (Fr_f) zu sehen. Dieses liegt bereits in der Rinne des R.K. Die Fasern (a) dorsal vom Nabel gehören der Z.H.B. (F_{tc}) an, wie sich bei der Durchsicht der Serie mit Sicherheit feststellen läßt. Ein Teil dieser Fasern (a₁) tritt durch den Nabel in den R.K. ein und läßt sich bis zu einem Faserwirbel (z.F.) verfolgen, der ventral vom *Meynertschen* Bündel liegt. Dieser Faserwirbel ist auch auf Abb. 13a zu sehen, und auf Abb. 12d kann man erkennen, daß sich dieser Wirbel fast durch die ganze Breite des R.K. hinzieht. Wie aus diesen beiden Abbildungen hervorgeht, fließen in diesen zentralen Wirbel eine große Anzahl verschiedener Fasern zusammen, und offenbar verteilen sich auch von ihm aus die Fasern auf verschiedene Gebiete des R.K. Eine Verfolgung der Fasern der Z.H.B. in diesem Wirbel ist an normal anatomischen Präparaten natürlich unmöglich. Außerdem ziehen kleinere Bündelchen (a₂ auf Abb. 15) der Z.H.B. in den oralen Nabelwulst (oN.W.) Wie man auf Abb. 15 deutlich erkennen kann, fließt auch von diesen Bündelchen ein Teil dem zentralen Faserwirbel zu, ein anderer Teil geht in das lockere Fasergeflecht des oralen Nabelwulstes über, in dem zahlreiche Nervenzellen eingebettet liegen. Endlich treten durch den Nabel noch Fasern in den R.K. ein, die nicht zu Bündelchen vereinigt, sondern sehr wirr angeordnet sind (a₃). Sie dringen fast senkrecht (dorsoventral) durch den Boden des Nabels hindurch und biegen teilweise in flachem Bogen caudalwärts um. Einen Teil dieser Fasern konnte ich, vor allem auf weiter medial gelegenen Schnitten, bis in das Feld der Z.H.B. verfolgen. Bei der Mehrzahl der Fasern gelang dies jedoch infolge ihrer wirren Anordnung nicht mit Sicherheit. Immerhin scheint mir die Zugehörigkeit dieser Fasern zur Z.H.B. sehr wahrscheinlich. Dem Bindearm gehören diese Fasern offensichtlich nicht an; denn die Bindearmfasern (Bc) sind zu dichten Bündelchen angeordnet, wie das auf Abb. 15 im caudalen Nabelwulst (cN.W.) deutlich sichtbar ist. Wie erwähnt verläuft ein dorsomedialer Faserzug des Bindearms (Bc' auf Abb. 12c) bis zum Nabel und wendet sich in diesem lateralwärts; dieser Faserzug wird durch die schräge Ebene des Schnitts sS 155 annähernd quergetroffen (vgl. Abb. 12c) und findet sich auf Abb. 15

am caudalen Rand des Nabels (Bc'). — Im großen und ganzen bieten alle Querschnitte durch die ganze Länge des Nabels das eben beschriebene Bild. Unterschiede finden sich nur insofern, als weiter medial

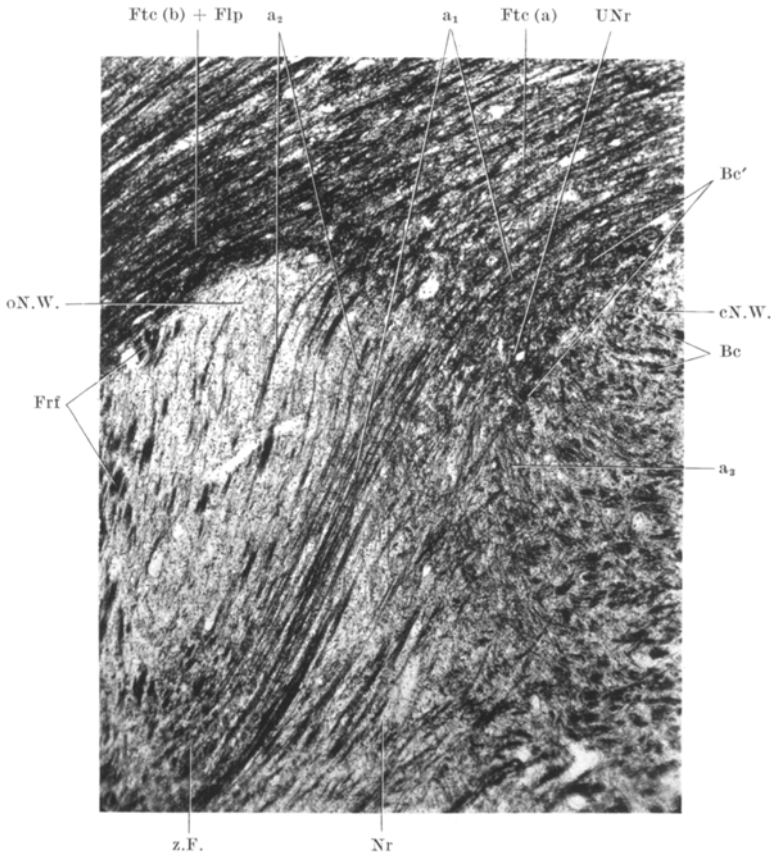


Abb. 15. Normalserie sS. Schnitt 155. Markscheidenfärbung. Vergr. 35 ×. Der „Nabel“ des K.R. und der Ursprung der Z.H.B. aus dem R.K. a₁ Fasern der Z.H.B., welche aus dem zentralen Faserwirbel stammen. a₂ Fasern der Z.H.B., welche aus dem oralen Nabelwulst stammen. a₃ Fasern der Z.H.B., welche aus caudalen Teilen des R.K. stammen. Bc Bindearm, Bc' seine dorsomedialsten Fasern. cN.W. caudaler Nabelwulst. Frf Fasciculus retroflexus. Ftc (a) das schräg geschnittene Faserfeld der Z.H.B. Ftc (b) + Flp gemeinsames Faserfeld der Z.H.B. und des hinteren Längsbündels in der oralen Kapsel. Nr R.K. oN.W. oraler Nabelwulst. UNr „Nabel“ des R.K. z.F. „zentraler Faserwirbel“.

und lateral von dem Schnitt der Abb. 15 die zu dem „zentralen Faserwirbel“ ziehenden Fasern zurücktreten gegenüber denjenigen, welche in den oralen Nabelwulst bzw. in das Gebiet ventral vom Nabel eindringen.

Obwohl auf diese Weise schon eine große Anzahl Fasern der Z.H.B. in den R.K. eintritt, ist der Nabel keineswegs die einzige Eintrittsporte

der Bahn. Wie schon oben geschildert wurde und wie auch Abb. 15 wieder zeigt, laufen Fasern der Z.H.B. in der Markkapsel des R.K. weiter oralwärts. Sie vermischen sich über dem oralen Nabelwulst mit dunkeln Fasern des hinteren Längsbündels, die bekanntlich erst in dieser Höhe lateralwärts ziehen und in die Ebene des Schnitts eintreten. Charakteristisch für die Längsbündelfasern (Flp) ist ihre Anordnung zu sehr festgefügt, tiefdunkel gefärbten Bündelchen. Die Fasern der Z.H.B. (Ftc, b) sind dagegen etwas lockerer und zwischen diese Bündelchen diffus eingestreut. Im einzelnen ist jedoch eine Unterscheidung der beiden Faserarten oft sehr schwierig, zumal auf Längsschnitten das unterschiedliche Faserkaliber nicht sehr deutlich hervortritt. Abb. 16 zeigt den oral vom *Meynertschen* Bündel (Frf) liegenden Abschnitt des R.K. (Nr) bei stärkerer Vergrößerung. Der Schnitt stammt aus der gleichen Serie wie das Präparat der Abb. 13a und liegt etwa 0,9 mm medial von diesem. An der oralen Oberfläche des R.K. fällt eine seichte Delle (D) auf, durch die von oroventral her eine Anzahl dunkelgefärbter Faserzüge (H') in den R.K. eintritt (vgl. auch Abb. 13a). Diese Faserzüge kommen aus dem H-Feld und fließen der Gegend des obenerwähnten „zentralen Faserwirbels“ zu. Die Fasern in dem dorsal von der Delle gelegenen Abschnitt (b) haben dagegen eine ganz andere Verlaufsrichtung: Sie treten aus dem gemeinsamen Faserfeld der Z.H.B. und des hinteren Längsbündels (Ftc + Flp) von dorsal nach ventral in den R.K. ein und beschreiben dabei einen flachen nach dorsal und caudal offenen Bogen. Ähnliche Verhältnisse finden sich bei stärkerer Vergrößerung auf Abb. 17, deren Schnitt einer schräg sagittalen Serie entnommen ist. Dorsal von der Delle (D) treten wieder Fasern (b) bogenförmig von dorsal her in den R.K. (Nr) über; sie sind hier viel zahlreicher als auf der vorigen Abbildung. (In diesem Fall war der Nabel nur schwach ausgebildet und die durch ihn eintretenden Fasern der Z.H.B. wesentlich spärlicher.) Ein Teil dieser Fasern geht offenbar in das pericelluläre Geflecht der hier ziemlich zahlreichen Nervenzellen über; die übrigen Fasern entziehen sich in dem Gewirr der weiteren Verfolgung. Auch in das Gebiet ventral von der Delle dringen von dorsalwärts her noch einzelne Faserzüge ein (b'), wie man vor allem an benachbarten Schnitten feststellen kann. Die meisten Fasern dieses Gebiets laufen aber von ventral her auf den R.K. zu, stammen also aus dem H-Feld. Wie Abb. 16 und 17 zeigen, sind die Fasern in dem Gebiet dorsal von der Delle locker angeordnet, gehören also mit größter Wahrscheinlichkeit der Z.H.B. an. Außer der Z.H.B. kommt nur noch das hintere Längsbündel in Betracht. Wie erwähnt, läßt sich die Zugehörigkeit einzelner Fasern zu der einen oder anderen Bahn nicht mit Sicherheit bestimmen. Mit voller Sicherheit aber kann man aus den beiden Abbildungen erkennen, daß der dorsomediale Abschnitt der oralen Markkapsel im wesentlichen von Fasern gebildet wird, die sich von hier aus nach caudal, d. h. also in das Gebiet des

hinteren Längsbündels und der Z.H.B. hinein verfolgen lassen, dagegen nur zum kleineren Teil in das H-Feld.

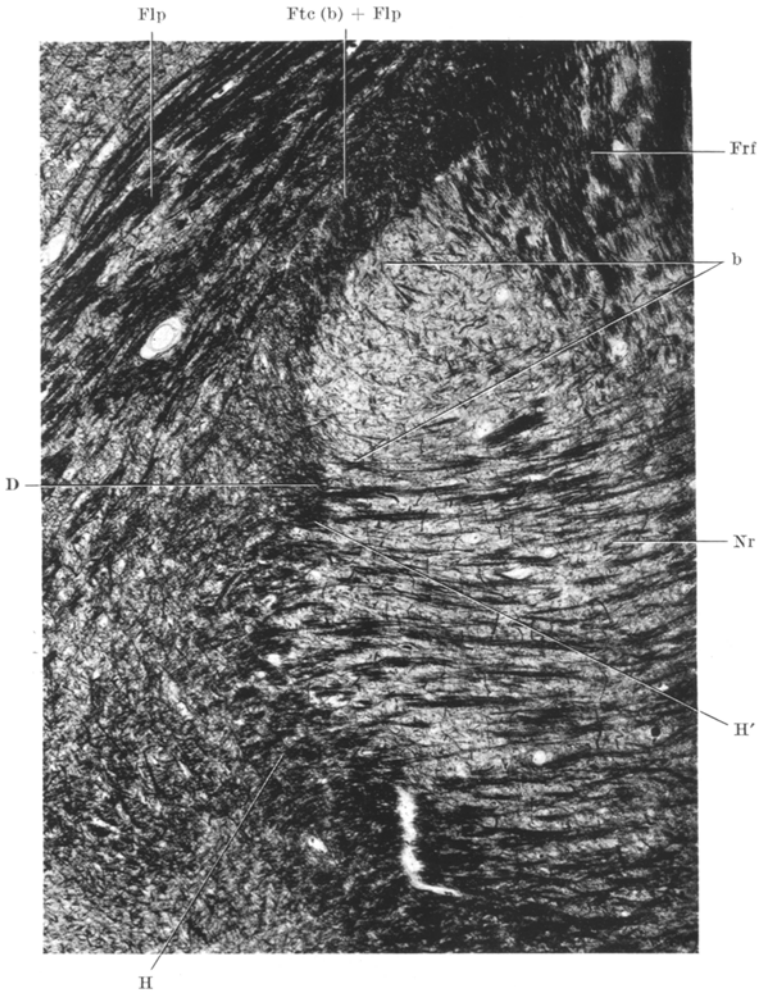


Abb. 16. Normalserie S''. Schnitt 100. Markscheidenfärbung. Vergr. 28 ×. Sagittalschnitt durch die oralen Teile des R.K. und seiner Markkapsel. Der Austritt der Z.H.B. aus dem oralen Pol des R.K. b Fasern der Z.H.B. bei ihrem Austritt aus dem oralen Pol des R.K. D „Delle“ am oralen Pol des R.K. Flp hinteres Längsbündel. Frf Fasciculus retroflexus. Fte (b) + Flp gemeinsames Faserfeld des Teiles b der Z.H.B. und des hinteren Längsbündels. H H-Feld, H' seine dorsalsten Fasern. Nr R.K.

Bei der Betrachtung der Längsschnittserie (Abb. 13b—d) zeigt es sich, daß auch caudal vom Nabel zahlreiche Fasern der Z.H.B. in der medialen Kapselwand verlaufen. Die Z.H.B. bildet aber hier sozusagen die äußere Schale der Kapsel, während die innere, der Oberfläche des

R.K. unmittelbar anliegende Schale vom Bindearm gebildet wird. Man kann zwar auf sagittalen und schräg sagittalen Schnitten deutlich erkennen, daß Fasern der Z.H.B. schräg von dorsal nach ventral auf die Oberfläche des R.K. zu verlaufen, und bei stärkerer Vergrößerung sieht

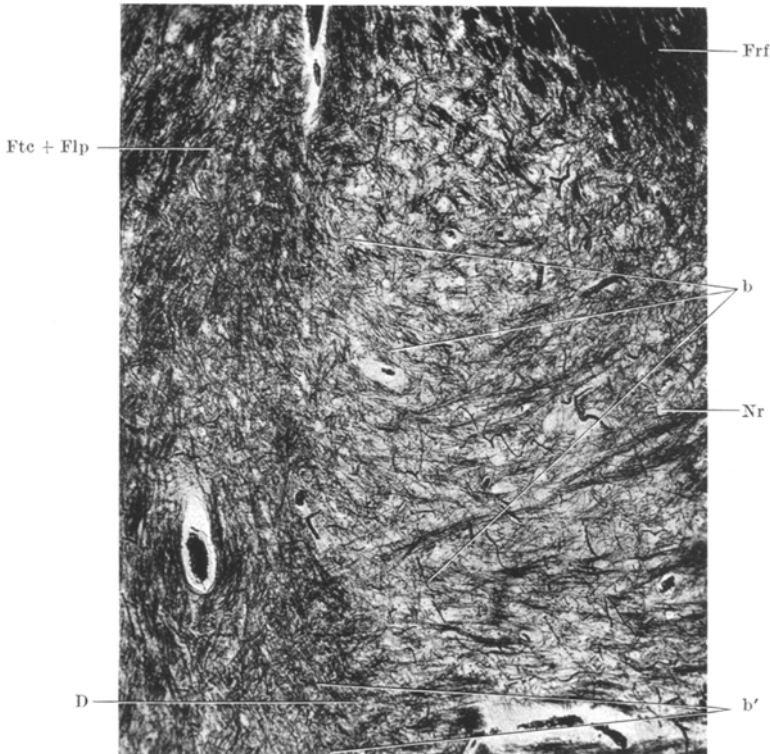


Abb. 17. Normalserie ss'. Schnitt 180. Markscheidenfärbung. Vergr. 48 ×. Sagittalschnitt durch die oralen Teile des R.K. und seiner Markkapsel dorsal von der „Delle“. Der Ursprung der Z.H.B. aus dem oralen Pol des R.K. b Fasern der Z.H.B., welche dorsal von der „Delle“ aus dem R.K. austreten, b' ebensolche, welche ventral von der „Delle“ aus dem R.K. austreten. D „Delle“. Flp hinteres Längsbündel. Fr Fasciculus retroflexus, Ftc Z.H.B. Nr R.K.

man, daß diese Fasern durch die Fasern des Bindearmes hindurchdringen. Unmittelbar an der Oberfläche des R.K. aber lassen sich beide Faserarten nicht mehr mit Sicherheit unterscheiden. Man kann deswegen nur vermuten, daß die in dieser Gegend zahlreich in den R.K. eintretenden Fasern teilweise der Z.H.B. angehören.

Endlich halte ich es für wahrscheinlich, daß zusammen mit diesen Fasern, welche ihre Markscheiden auch innerhalb des R.K. eine Strecke weit beibehalten, noch solche Fasern der Z.H.B. in den R.K. eintreten,

welche schon an dessen Oberfläche ihre Markscheiden verlieren und sich dadurch auf dem *Weigert*-Bild der weiteren Verfolgung entziehen. Man kann dieses Verhalten auf Abb. 16 erkennen: Hier ist der orale Rand des R.K. dicht besetzt mit kurzen Faserstücken, die ihrer Richtung nach offenbar eben in den R.K. eindringen, an der Oberfläche des Kerns aber wie abgeschnitten aussehen. Bemerkenswerterweise lassen sich diese Faserstücke auch auf benachbarten Schnitten nicht weiter, auch nicht in tangentialer Richtung, verfolgen. Ähnliche Verhältnisse finden sich auch in der Gegend des Nabels und caudal davon. Ich möchte daher vermuten, daß mehr Fasern der Z.H.B. in den R.K. eindringen, als sich auf dem Markscheidenbild nachweisen läßt. Auch Nervenfaserverpräparate, insbesondere solche, die nach der Methode von *O. Schultze* angefertigt sind (mit etwa 30 μ Schnittdicke), sprechen für diese Annahme.

b) Der Ursprung aus dem Nucleus interstitialis.

Wie der Querschnitt der Abb. 10 zeigt, legt sich die Z.H.B. unmittelbar der ventrolateralen Fläche des Nucleus interstitialis an. Der Sagittalschnitt der Abb. 13 b läßt die Lage des Nucleus interstitialis (Ni) am dorsalen Rand der Z.H.B. (a) besonders schön erkennen. Man sieht außer einzelnen dunkel gefärbten Faserzügen, die offenbar dem hinteren Längsbündel angehören (Flp₂), caudal vom Nucleus interstitialis dorsale Fasern der Z.H.B. (Ftc) in Richtung auf diesen Kern zu verlaufen. Diese Fasern scheinen in den Nucleus interstitialis einzudringen. Entsprechende Bilder bieten andere Sagittal- und auch Horizontalschnitte. Mehr kann man allerdings auch bei stärkerer Vergrößerung nicht erkennen. Wir müssen uns deswegen hier auf die Vermutung beschränken, daß ein kleiner Teil der Z.H.B. im Nucleus interstitialis seinen Ursprung hat; der sichere Nachweis kann nur durch andere Methoden geführt werden.

c) Der Ursprung aus dem Fasciculus lenticularis.

Wie Abb. 13, S. 470 zeigt, verläuft ein Teil der Fasern der Z.H.B. vom oralen Pol des R.K. an in oroventraler Richtung weiter und geht in das H-Feld über. Wir haben diese Fasern auch bei Betrachtung der Horizontalserie (Abb. 12 a) als Teil b der Z.H.B. kennengelernt. Dieser wendet sich nicht wie der Teil a über dem R.K. medialwärts, sondern läuft zunächst in sagittaler Richtung weiter und biegt auf der Höhe des Nucleus interstitialis sogar etwas nach lateral ab. Es ziehen aber auch aus mehr medial gelegenen Gegenden, aus dem gemeinsamen Feld der Z.H.B. und des hinteren Längsbündels oral vom Nabel, Fasern der Z.H.B. in das H-Feld, indem sie sich um den oralen Pol des R.K. ventral- und lateralwärts wenden. Alle diese Fasern der Z.H.B. gehen von dem H-Feld in das Feld H₂ von *Forel* (= Fasciculus lenticularis) über. In dem Feld H₁ von *Forel*, dem Fasciculus thalamicus, scheinen dagegen keine Fasern der Z.H.B. zu verlaufen; jedenfalls konnte ich bei Serien mit verschiedenen

Schnittrichtungen keine Fasern der Z.H.B. mit Sicherheit in das Feld H_1 verfolgen. Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, daß von den Fasern der Z.H.B., die in dem medialen Abschnitt der Markkapsel verlaufen, ein kleiner Teil an die ventrale Fläche des R.K. gelangt und von hier aus über das Feld H in den Fasciculus thalamicus übergeht. — Die Zahl der Fasern, welche dem H_2 -Feld zufließen, läßt sich an normal anatomischen Präparaten nicht genau bestimmen, da sie von dem Anteil des Fasciculus lenticularis, der im R.K. endigt bzw. entspringt, nicht immer deutlich getrennt werden können. Die aus dem R.K. entspringenden Fasern der Z.H.B. scheinen jedenfalls erheblich zahlreicher zu sein. — In dem Fasciculus lenticularis lassen sich die Fasern der Z.H.B. nicht mehr von den übrigen Bestandteilen dieses Bündels trennen. Man kann daher auf Grund normal anatomischer Untersuchungen den Ursprung dieses Anteils der Z.H.B. nicht näher bestimmen. Dagegen sprechen andere Untersuchungsmethoden, insbesondere das Studium der Myelogenese, für einen Ursprung aus dem Globus pallidus (S. 538).

Die „Forelschen Haubenfascikel“.

Auf der Höhe der caudalen Hälfte des R.K. (Abb. 9 und 19) beginnen in der dorsolateralen Ecke des Feldes der Z.H.B. Fasern sich zu kleinen Bündelchen zu vereinigen, die sich dann durch ihre dunklere Färbung von der Umgebung abheben (FH). Diese Bündelchen sind im Schrifttum als *Forelsche Haubenfascikel* bekannt (nicht zu verwechseln mit den *Forelschen Haubenfeldern* H_1 und H_2). Sie verlaufen über dem R.K. in sagittaler Richtung weiter und steigen sogar etwas dorsalwärts an; dadurch entfernen sie sich von dem Hauptfeld der Z.H.B., das sich auf die Oberfläche des R.K. herabsenkt und sich zugleich medialwärts wendet. Verfolgt man die *Forelschen Haubenfascikel* auf Querschnitten weiter oralwärts, so fällt zunächst auf, daß die einzelnen Bündelchen dicker und faserreicher werden; ein weiterer Zufluß aus der Z.H.B. scheint jedoch nicht stattzufinden; offenbar verstärken Fasern aus der Substantia reticularis die Bündel. Auf der Höhe des Nabels des R.K. drängen Fasern der hinteren Commissur durch die *Forelschen Haubenfascikel* (vgl. Abb. 10). Auf Sagittalschnitten (Abb. 13) kann man für einen kleinen Teil der Fasern einen Zusammenhang mit der hinteren Commissur vermuten. Der weitaus größere Teil der Fasern wendet sich jedoch auf der Höhe der hinteren Commissur lateral- und etwas ventralwärts (Abb. 11); dabei durchflechten die Bündel zunächst die medialsten, dann die lateralsten Fasern der medialen Schleife. Darauf treten sie in den Thalamus ein, wo sie dorsal vom Nucleus semilunaris *Flechsigs* zu liegen kommen.

Nach den Angaben im Schrifttum scheinen die *Forelschen Haubenfascikel* aus Fasern verschiedener Herkunft zusammengesetzt zu sein; wir werden darauf später noch genauer zurückkommen (S. 542). Ob die Bündel überhaupt zu der Z.H.B. zu rechnen sind oder mit ihr in Beziehung stehen, können wir erst entscheiden, wenn wir im folgenden Kapitel den caudalen Verlauf der Bündel näher kennengelernt haben. —

Nachdem die Z.H.B. bis zu ihrem oralen Ende verfolgt ist, läßt sich ihr *Ursprung* und die erste Strecke ihres Verlaufs im Sinne der vorherrschend absteigenden Leitungsrichtung der Bahn **zusammenfassend** überblicken. Das Schema auf Abb. 18 soll dabei zur Erläuterung dienen:

Wir beginnen oral mit dem Bündel H_2 (H_2). Die Fasern dieses Bündels erreichen schräg von oral, lateral und ventral her die Kapsel (K) des R.K. (Nr) und bilden dabei zusammen mit dem Bündel H_1 das Haubenfeld H. Von den H_2 -Fasern tritt ein erster Teil (H_2') in den R.K. ein, und zwar am oralen Pol besonders ventral von der als „Delle“ (D) bezeichneten Stelle. Ein zweiter kleinerer Teil läuft an der Delle vorbei weiter dorsalwärts (1), biegt dorsal um den R.K. herum nach caudal ab und

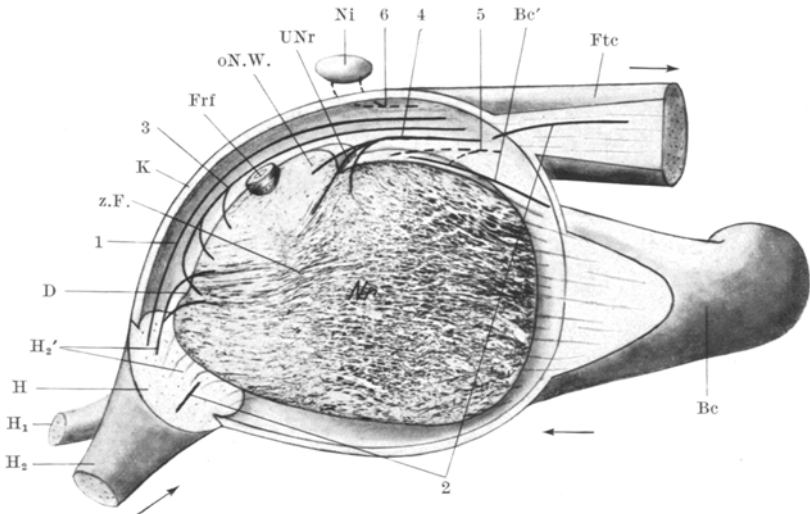


Abb. 18. Schematische Darstellung des Faserverlaufes in der Kapsel des R.K. Die laterale Hälfte des linken R.K. und seiner Kapsel wurde durch einen Sagittalschnitt in einer Ebene abgetrennt, welche derjenigen der Abb. 14a entspricht. Man sieht von lateral her auf die mediale Hälfte des R.K. (Nr), seine Kapsel (K), welche als Schale dargestellt ist, und die wichtigsten Bündel, welche die Kapsel zusammensetzen. Be Bindearm, Be' seine dorso-medialsten Fasern. D „Delle“. Frf Fasciculus retroflexus. Ftc Z.H.B. H H-Feld, H₁ H₁-Feld, H₂ H₂-Feld, H₂' seine in den oralen Pol des R.K. eintretenden Fasern. K Kapsel. Ni Nucleus interstitialis. Nr R.K. oN.W. oraler Nabelwulst. UNr „Nabel“ des R.K. z.F. „zentraler Faserwirbel“. Bezüglich der Zahlen s. Text.

gelangt in das Feld der Z.H.B. (Ftc). Endlich steigt eine kleinere Anzahl Fasern (2) in dem orolateralen Abschnitt der Kapsel lateralwärts an, biegt lateral um den R.K. herum nach caudal ab und schließt sich im Feld der Z.H.B. dem Teil 1 an. (Dieser Teil verläuft im wesentlichen lateral von unserem Schnitt durch den R.K. und seine Markkapsel).

Dieser aus dem H_2 -Bündel stammende Anteil der Z.H.B. wird nun wesentlich verstärkt durch Fasern, die aus dem R.K. entspringen: Am oralen Pol des R.K. treten dorsal von der Delle D Fasern aus dem R.K. aus (3), welche vorwiegend aus dem zellreichen Gebiet oral vom *Meynert*-schen Bündel (Frf) stammen. Diese Fasern biegen am oralen Rand des R.K. nach dorsal ab und schließen sich den Fasern 1 an. Weiterhin gesellen sich über der dorsalen Fläche des R.K. zahlreiche Fasern hinzu, die

durch den Nabel (UNr) aus dem R.K. heraustreten (4). Diese Fasern stammen teils aus dem „zentralen Faserwirbel“ (z.F.) des R.K., teils aus dem zellreichen oralen Nabelwulst (oN.W.), teils aus Gebieten ventral und caudal vom Nabel. Endlich treten wahrscheinlich auch an der medialen Fläche des R.K., caudal vom Nabel, zwischen den hier verlaufenden Bündelchen des Bindearms (Bc'), Fasern aus dem R.K. aus und gelangen in das Feld der Z.H.B. (5).

Schließlich fließen offenbar in geringer Anzahl auch Fasern aus dem Nucleus interstitialis (Ni) der Z.H.B. zu (6). Sie treten an der ventralen Fläche dieses Kerns aus und verlaufen zunächst in den dorsalen Teilen der Z.H.B.

Die Z.H.B. erscheint somit als die caudale Fortsetzung des Forelschen Haubenbündels H_2 , wesentlich verstärkt durch einen mächtigen Faserzufluß aus dem R.K. Die nahe Verwandtschaft der beiden Bündel drückt sich auch in der Ähnlichkeit ihres Faserkalibers aus, sowie darin, daß sich ihre Bestandteile in der Markkapsel des R.K. innig miteinander vermischen.

Als ein weiteres Bündel, das wesentlich zum Aufbau der Markkapsel beiträgt, ist auf dem Schema der Abb. 18 am caudalen Pol des R.K. der Bindearm (Bc) eingezeichnet. Ein großer Teil des Bindearms tritt unmittelbar in den R.K. ein, der Rest beteiligt sich an der Bildung der dorsalen, medialen und ventralen Kapsel.

4. Der feinere Bau der Zentralen Haubenbahn.

Die Untersuchung der Ursprünge hat ergeben, daß die Z.H.B. kein einheitliches, geschlossenes Bündel darstellt. Die unscharfe Abgrenzung der Bahn und die Auflockerung der Fasern in der Brückenhaube steht mit dieser Annahme in Einklang. Wir haben deshalb zunächst die Aufgabe, den Verlauf der Bahn noch genauer zu untersuchen, und zwar sollen dabei Markscheiden- und Zellbilder miteinander verglichen werden. Es ist besonders auf folgende Fragen zu achten:

1. Lassen sich die Ursprungsbündel auch in caudalen Abschnitten der Bahn voneinander unterscheiden?

2. Streben die Fasern des Bündels einem gemeinsamen Endigungs-ort (untere Olive) zu oder endigt ein Teil schon während des Verlaufs in der Haube?

3. Erhält die Bahn während ihres Verlaufs weitere Faserzuflüsse?

4. Benützen fremde Faserbündel, die keine unmittelbare physiologische Beziehung zu dem Fasersystem der Z.H.B. haben, vorübergehend das Feld dieser Bahn?

Die normal anatomischen Methoden sind nun allerdings nicht imstande, diese Fragen erschöpfend zu beantworten. Wohl aber können wir mit ihrer Hilfe die Stellen auffinden, wo die Möglichkeit besteht, daß Neurone endigen, neue beginnen oder Fasern sich dem Verlauf beigesellen. Die feineren anatomischen Verhältnisse der Z.H.B. am normalen menschlichen

Gehirn sind die notwendige und noch viel zu wenig bekannte Grundlage für die Bewertung pathologischer Fälle. Die genauere Untersuchung dieser feineren Verhältnisse bei Degenerationen der Bahn ist aber wieder das einzige Mittel, um die Ergebnisse der normal anatomischen Forschung zu prüfen und zu vervollständigen. Die Ergebnisse der Tierversuche sind ja nicht selbständig beweiskräftig, da sie nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse beim Menschen übertragen werden dürfen.

An Hand von experimentellen Degenerationen sind beim Tier in der Haube eine ganze Anzahl von Bahnen beschrieben worden, die in dem Feld oder in der unmittelbaren Nachbarschaft des Feldes der Z.H.B. verlaufen. Der Nachweis dieser Bahnen stößt jedoch beim Menschen auf die größten Schwierigkeiten.

Wenn wir mit dieser Betrachtung an der Stelle beginnen, an der die Z.H.B. sich von der Markkapsel des R.K. ablöst, so finden wir folgende Verhältnisse (Abb. 19): Das Feld der Z.H.B. hat annähernd die gleichen Lagebeziehungen, wie auf Abb. 9, S. 456, da der Schnitt nur 0,75 mm oral von dem der Abb. 9 liegt. Die *ventrale Grenze* der Z.H.B. (Ftc) gegen die dorsale Kapsel des R.K. (Nr) ist unscharf. Von dem dorso-medialen Rand der Kapsel, welche an dieser Stelle hauptsächlich vom Bindearm (Bc) gebildet wird, hat sich die Bahn schon deutlich abgelöst. In dem Gebiet zwischen Kapselwand und der Hauptmasse der Z.H.B. finden sich längsgeschnittene Fasern des Fasciculus tectobulbaris (Tt), sowie Oculomotorius- und Z-Fasern (R III, Z). Zwischen diesen längsgetroffenen Zügen sieht man nur noch vereinzelt, quergetroffene Fasern der Z.H.B. Außerdem finden sich hier zerstreut in kleinen Gruppen zusammenliegende Nervenzellen (α und β), die im Markscheidenbild durch ihren Gehalt an bräunlichem Pigment auffallen. Die Hauptmasse der Z.H.B. liegt dorsal von der Zellgruppe α . — Die *laterale Grenze* gegen das *Haubenfeld H* (H) ist ebenfalls noch unscharf. Man sieht zwar bei stärkerer Vergrößerung und Benützung der Mikrometerschraube, daß die H-Fasern oralwärts leicht nach dorsal ansteigen, während die Fasern der Z.H.B. sich in dieser Richtung etwas senken; dazwischen finden sich aber stetige Übergänge. Es besteht also durchaus die Möglichkeit, daß auch hier noch aus dem H-Feld Fasern in die Z.H.B. übertreten. — Die Grenze gegen die *Substantia reticularis* des Mittelhirns (Sr) ist etwas deutlicher. Man kann hier zur Abgrenzung die Tatsache berücksichtigen, daß die Fasern der Substantia reticularis nicht so deutlich in Bündelchen abgeteilt sind, wie die der Z.H.B.; Kaliber und Verlaufsrichtung sind jedoch in beiden Feldern sehr ähnlich, so daß wir hier schon einen Faseraustausch zwischen Substantia reticularis und der Z.H.B. nicht ausschließen können. — An der *dorsolateralen Spitze* des Feldes schließen sich gerade die „Forelsehen Haubenfascikel“ (FH) der Z.H.B. an (vgl. S. 489). Sie zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Fasern in kleinen Bündelchen sehr dicht beieinander liegen, die ihrerseits einen größeren Abstand voneinander besitzen. Zum Teil liegen diese Bündelchen zwischen den Fasern der Z.H.B. —

Medial von den *Forelschen* Haubenfascikeln, an der *dorsalen Seite* des Feldes, fällt ein Gebiet auf, das neben einzelnen Fasern von mittlerem Kaliber eine große Anzahl Fasern von sehr dünnem Kaliber enthält (Fc). *Ziehen* hat diese Fasern als *Fasciculi confines* beschrieben, eine Bezeichnung, welche wir im folgenden beibehalten wollen, obwohl unsere Untersuchungen über die Markkapsel des R.K. vermuten lassen, daß diese

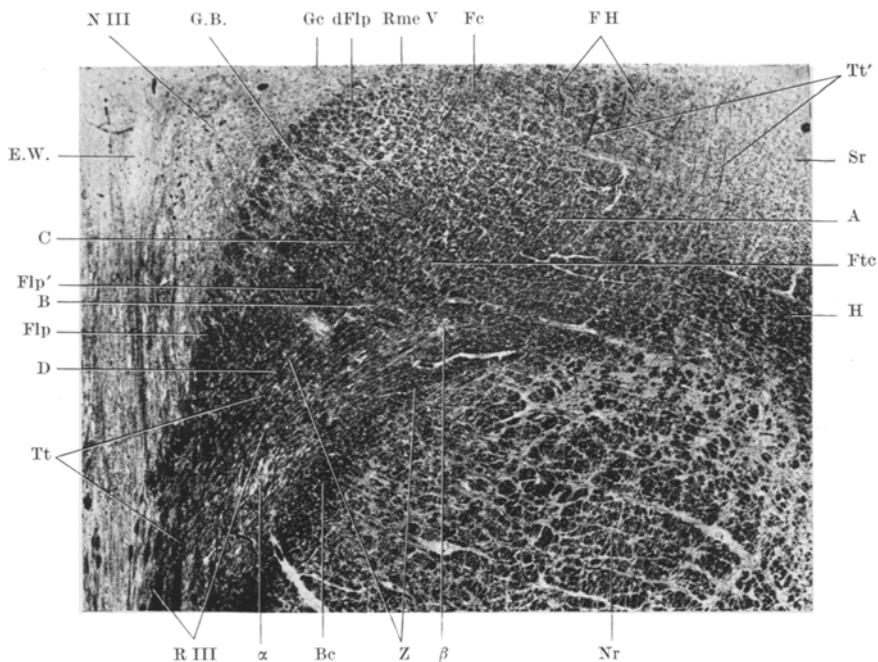


Abb. 19. Normalserie Q. Schnitt 1310. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 ×. Querschnitt durch den dorsomedialen Abschnitt der caudalen Markkapsel des R.K. Die Z.H.B. unmittelbar nach ihrem Austritt aus der Markkapsel. A, B, C, D Abschnitte der Z.H.B. s. Text. Be Bindearm. dFlp dorsalste Spitze des hinteren Längsbündels. E.W. *Edinger-Westphalscher* Kern. Fc *Fasciculi confines*. FH *Forelsche* Haubenfascikel. Flp hinteres Längsbündel. Flp' seine Fasern lateral von der „*grauen Barriere*“. Ftc Z.H.B. G.B. „*Graue Barriere*“. Ge zentrales Höhlengrau. H H-Feld. Nr R.K. N III *Oculomotoriuskern*. Rme V *Radix mesencephalica trigemini*. R III *Radix nervi III*. Sr *Substantia reticularis*. Tt *Tractus tecto-bulbaris*, Tt' seine dorsalsten Fasern. Z Z-Fasern. α, β Zellgruppen s. Text.

Bündel dem *Fasciculus tegmenti Gudden* gleichzusetzen sind (vgl. S. 480). Medialwärts grenzen diese Fasern an die dorsolaterale Spitze des hinteren Längsbündels (dFlp). Gegen das zentrale Höhlengrau (Ge) zu werden sie immer spärlicher. Ich halte es sogar für wahrscheinlich, daß sie hier gar nicht direkt an das zentrale Höhlengrau grenzen, sondern daß der dünne Faserzug, welcher diesem hier unmittelbar anliegt, dem ventromedialsten Ausläufer der Mittelhirnwurzel des Trigeminus (Rme V) angehört (vgl. auch Abb. 9). Die Abgrenzung der *Fasciculi confines* (Fc) gegen die Fasern der Z.H.B. kann im Übersichtsbild erhebliche

Schwierigkeiten bereiten; sie ist jedoch bei stärkerer Vergrößerung möglich, wenn man das Vorkommen dünner Markscheiden in den erstgenannten berücksichtigt. — Ebenso ist die schärfere Trennung des hinteren Längsbündels (Flp) von der Z.H.B. an deren *medialer Grenze* nur unter Berücksichtigung des Faserkalibers möglich. Die beiden Bündel werden zwar durch einen unregelmäßigen grauen Streifen — durch die sog. „Graue Barriere“ *Ziehens* — voneinander getrennt; es finden sich jedoch auch medial von diesem Streifen Fasern, die mit größter Wahrscheinlichkeit der Z.H.B. angehören, ebenso wie im Feld der Z.H.B. einzelne Bündel des Fasciculus longitudinalis posterior (Flp') verlaufen.

Das Feld der Z.H.B. selbst weist keine ganz einheitliche Faserstruktur auf. Der dorsolaterale Abschnitt (A) des Feldes der Z.H.B. ist heller gefärbt als der medioventrale Abschnitt (B) und enthält nur wenig fremde Markfasern, nämlich hauptsächlich vereinzelte längsgetroffene Bündelchen, die wohl hauptsächlich dem Tractus tectobulbaris (Tt') angehören. Wir können deshalb seine *Eigenstruktur* gut untersuchen. Die Fasern weisen kein ganz einheitliches Kaliber auf. Sie sind durchschnittlich halb so dick wie die Fasern des hinteren Längsbündels. Daneben finden sich auch noch feinere, selten gröbere Fasern. Sie sind zu kleinen Bündelchen zusammengefaßt, die zwischen einem Netzwerk von grauer Substanz liegen. Vereinzelte längsgeschnittene Fasern verschiedener Herkunft benutzen die grauen Balken dieses Netzwerkes für ihren Verlauf. *Auf dem Markscheidenpräparat hat dieser Feldabschnitt weit mehr das Aussehen einer netzartigen Formation als die benachbarte Substantia reticularis.* Die Substantia reticularis (Sr) besteht hier aus einem kompakten Grau, in das nur vereinzelte markhaltige Fasern eingelagert sind. Doch erkennt man auch bereits im Markscheidenbild, daß *das Grau der Substantia reticularis in das netzförmige Grau, welches das Feld der Z.H.B. durchsetzt, übergeht.* Dies ist eine wichtige Tatsache, auf die wir zurückkommen werden (vgl. S. 495). — Der medioventrale dunkler gefärbte Feldabschnitt (B) der Z.H.B. schiebt sich in Form eines Keils zwischen das hintere Längsbündel und die dorsomediale Markkapsel des R.K. hinein. Im dorso-medialen Unterabschnitt dieses Keils (C) sind die Fasern enger zusammengedrängt, die Bündelchen, in die sie abgeteilt sind, sind dicker und liegen dichter beieinander als im dorsolateralen Feldabschnitt. Im ventralen Unterabschnitt des Keiles (D) wird die dunklere Färbung hauptsächlich durch die genannten längsgeschnittenen Fasern verursacht. Endlich finden sich in diesem Feldabschnitt B zerstreut liegende besonders dunkel gefärbte Bündel; soweit diese quergetroffen sind, muß man sie als versprengte Fasern des hinteren Längsbündels ansehen (Flp'); die schräggetroffenen sind Wurzelfasern des Oculomotorius. Ihre Unterscheidung bietet bei stärkerer Vergrößerung keine Schwierigkeit. — Vergleichen wir die Struktur des keilförmigen Abschnitts B mit der des dorsolateralen Abschnitts A, so finden wir, daß, abgesehen von der Einlagerung fremder

Gebilde, die stärkere Ausbildung des grauen Netzwerkes im lateralen Abschnitt den einzigen Unterschied bildet.

Das *Nissl*-Bild¹ (Abb. 20) läßt erkennen, daß das graue Netzwerk im Bereich der Z.H.B. die gleichen Zellformen beherbergt, welche der Substantia reticularis (Sr) eigen sind. *Im Nissl-Bild ist eine Abgrenzung zwischen Substantia reticularis und dem Grau, welches das Feld der Z.H.B. durchsetzt, überhaupt nicht möglich.* Man kann sagen: *Im Zellbild erscheint das Feld der Z.H.B. als Teil der Substantia reticularis.* Die Zellen sind in der Substantia reticularis lediglich etwas zahlreicher als in der Z.H.B. Bekanntlich besteht der kleinzellige Anteil des R.K. aus Zellen vom gleichen Typus, wie diejenigen der Substantia reticularis. Dies hat *Edinger* veranlaßt, den R.K. und die Substantia reticularis unter dem Begriff *Nucleus motorius tegmenti* zusammenzufassen. Augenblicklich sind Untersuchungen im Gang über die feinere Cytoarchitektonik der einzelnen Abschnitte des Nucleus motorius tegmenti sowie über die Frage, ob der Processus reticularis des Rückenmarks morphologisch als die Fortsetzung des motorischen Haubenkerns angesprochen werden darf. Hier sei vor allem auf die wichtige Tatsache hingewiesen, daß *die Z.H.B., also ein aus dem R.K. entspringendes Faserbündel von Zellen der Substantia reticularis durchsetzt ist.* — Innerhalb des Feldes der Bahn selbst finden sich nur geringe Unterschiede in der Anordnung der Zellen: Etwas dichter ist der laterale Feldabschnitt A bevölkert.

Die „Graue Barriere“ *Ziehens* (G.B.) wird hauptsächlich von abgesprengten Zellen des motorischen Oculomotoriuskerns gebildet; daneben finden sich in ihr aber auch Zellen der Substantia reticularis. Diese sind besonders zahlreich am dorsalen Ende der Barriere, wo auch auf dem Markscheidenbild (Abb. 19) die graue Barriere fließend in ein ziemlich grobmaschiges, graues Netzwerk übergeht. — Die Zellgruppen α und β enthalten Elemente, die im *Nissl*-Bild von schwarzem Pigment angefüllt sind. Sie gehören zur „Formation péri-rétro-rubrique“ von *Foix* und *Nicolesco*. Daneben finden sich in diesen Gruppen auch pigmentlose Zellen, die denen der Substantia reticularis ähnlich sehen, und ganz vereinzelt auch Zellen des großzelligen Anteils des Nucleus ruber.

Der Schnitt der Abb. 21 liegt 3,25 mm caudal von dem der Abb. 19. An der Stelle des R.K. liegt nun der gekreuzte Bindearm, der sog. „weiße Kern“ (Bc). Von diesem ist die Z.H.B. (Ftc) jetzt durch ein markärmeres Gebiet (h) getrennt, das zur Substantia reticularis gehört. Infolge der obengenannten Ähnlichkeit des Aufbaues der Z.H.B. mit dem der Substantia reticularis ist die ganze ventrale, laterale und dorsale Grenze der

¹ Die Präparate der Abb. 20, 28 und 31 sind der *Nissl*-Serie eines 25jährigen Hingerichteten entnommen. Benachbarte Schnitte wurden nach der Methode von *Landau* auf Markscheiden gefärbt. Mit Hilfe dieser Markscheidenpräparate wurden solche *Nissl*-Schnitte ausgesucht, deren Ebene der Ebene der Markscheidenpräparate der Serie Q möglichst genau entspricht.

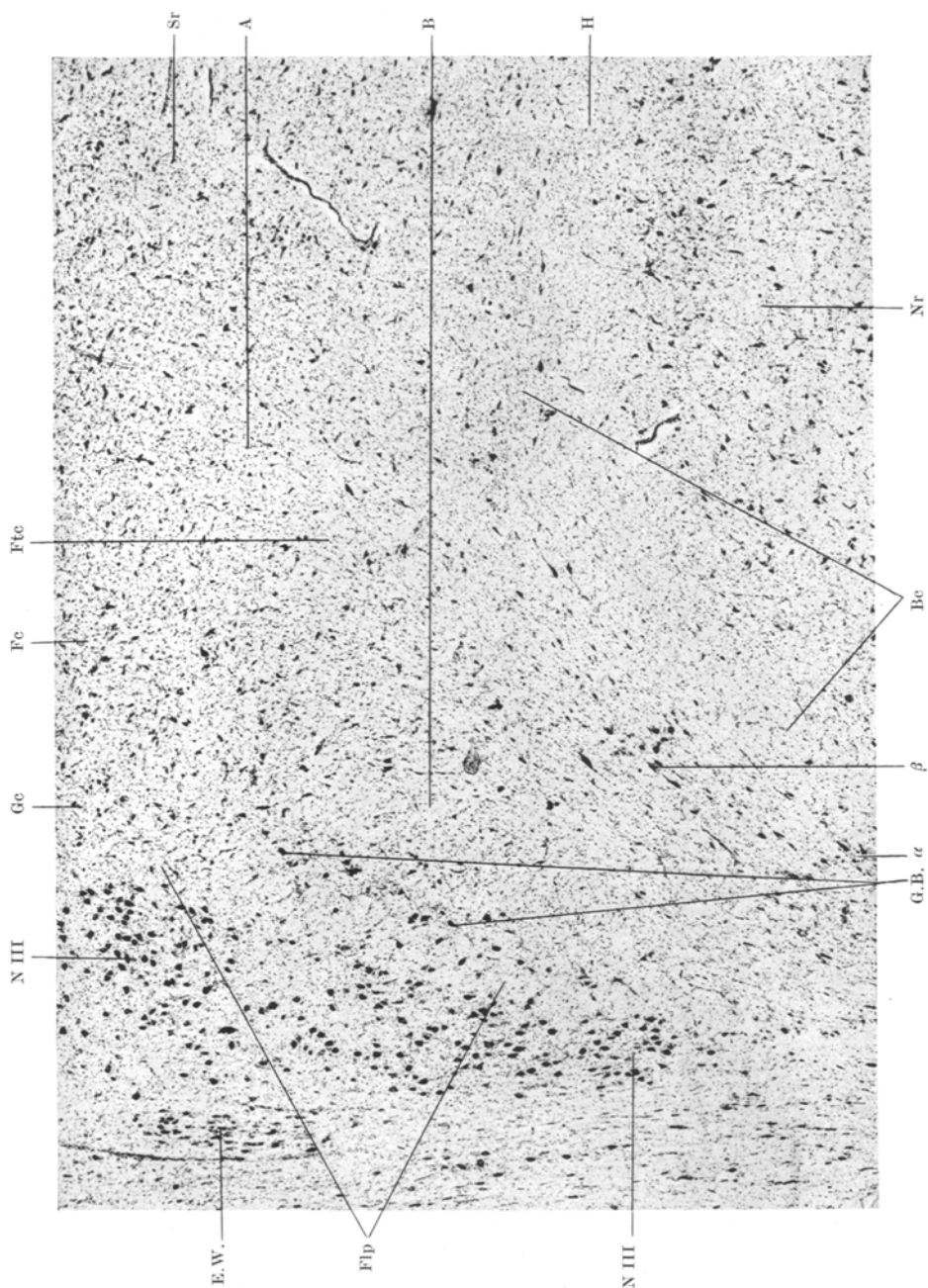


Abb. 20. Normalserie K. Schnitt E/69. Nissl-Färbung. Vergr. 36 ×. A, B Feldabschnitte der Z.H.B. Bc Bindearm. E.W. *Edinger-Westphalscher* Kern. G.B. „Graue Barriere“. Gc zentrales Höhlengrau. Fc Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. H H-feld. Nr R.K. N III Oculomotoriuskern. Sr Substantia reticularis. α, β Zellgruppen am dorsalen Rand des R.K.

Z.H.B. unscharf. Im *ventralen Grenzgebiet* verlaufen auch in dieser Ebene vorwiegend längsgeschnittene Fasern des Tractus tectobulbaris (Tt), im medialen Abschnitt der ventralen Grenze findet sich ein Feld schräg-geschnittener Fasern (X), das nicht zur Z.H.B. gehört.

Diese X-Fasern verschieben sich oralwärts an der Oberfläche des Bindearms entlang in medioventraler Richtung (vgl. S. 463) und überschreiten dann auf der Höhe der *Meynertschen* Haubenkreuzung dicht ventral von der ventralen Spitze des hinteren Längsbündels in flachem Bogen die Medianebene. Die Fasciculi tectobulbares dagegen treten unter sehr spitzem Winkel in die *Meynertsche* Kreuzung ein, d. h. sie überschreiten die Medianebene in fast dorsoventraler Richtung; unmittelbar caudal von ihrer Kreuzung müssen sie daher sehr weit ventral am medioventralen Rand des gekreuzten Bindearms (des weißen Kerns) liegen (vgl. auch *Ziehen*, l. c. S. 581). Die X-Fasern können also nicht zu den Fasciculi tectobulbares gehören; denn auf der Querebene, auf der die letztgenannten in der ventralen Nachbarschaft des Bindearms verlaufen, finden sich die X-Fasern bereits an dessen dorsalem Rand. *Ziehen* hat außer den steilkreuzenden Fasern der *Meynertschen* Haubenkreuzung auch flachkreuzende Fasern, dicht ventral vom hinteren Längsbündel beschrieben und deren Zugehörigkeit zu den Fasciculi tectobulbares in Frage gestellt. In einem im hiesigen Laboratorium beobachteten Fall von fast vollständiger Atrophie beider Bindearme trat die *Meynertsche* Haubenkreuzung sehr deutlich hervor. Die X-Fasern waren hier nicht vermindert und ihr Zusammenhang mit dem flachkreuzenden Teil der *Meynertschen* Kreuzung ließ sich deutlich erkennen. Dagegen fehlten die X-Fasern vollständig bei dem S. 548 beschriebenen Anencephalen, ebenso wie hier auch der flachkreuzende Teil der *Meynertschen* Haubenkreuzung nicht zu sehen war. Dagegen trat hier der steilkreuzende, eigentlich „fontaineartige“ Anteil sehr deutlich hervor. Die X-Fasern gehören also weder dem Bindearm noch dem Fasciculi tectobulbares an; ihr orales Ende liegt offenbar oral vom R.K.

Der *Bindearm* ist dunkler gefärbt als die Z.H.B.; bei stärkerer Vergrößerung erkennt man, daß seine Fasern alle etwa gleich dick sind und dünnere Fasern, wie sie in der Z.H.B. ziemlich zahlreich vorkommen, im Bindearm verhältnismäßig selten angetroffen werden. — Am *dorsalen Rand* der Z.H.B. sind die *Forelschen* Haubenfascikel nicht mehr erkennbar. Verfolgt man die Serie vom vorhergehenden Schnitt an genauer, so zeigt es sich, daß ihr Unterscheidungsmerkmal gegen die Z.H.B., nämlich das dichte Zusammenliegen einzelner Fasern zu kleinen Bündelchen, sich mehr und mehr verwischt und endlich vollständig verschwindet. Möglicherweise haben sie ihre Eigenstruktur aufgegeben und verlaufen im Feld der Z.H.B. weiter; es scheint mir jedoch wahrscheinlicher, daß die *Forelschen* Haubenfascikel beim Menschen wenigstens teilweise in dem Grau der Substantia reticularis endigen. Dafür spricht die Tatsache, daß die Haubenfascikel bereits im Mittelhirn, noch bevor sie Anschluß an die Z.H.B. gewonnen haben, in caudaler Richtung immer faserärmer werden. — Die *Fasciculi confines* (Fc) haben ihre frühere Lage annähernd beibehalten. Sie sind bei schwacher Vergrößerung durch ihre diffus hellere Färbung, bei stärkerer Vergrößerung durch ihren Gehalt an sehr dünnen Markfasern unschwer zu erkennen. Die Grenze der Z.H.B. gegen das hintere Längsbündel (Flp) weist ähnliche Verhältnisse auf wie auf dem vorhergehenden Schnitt. Die „Graue Barriere“ (G.B.)

ist undeutlicher geworden, enthält aber immer noch Zellen des lateralen Oculomotoriuskerns. Es finden sich auch auf dieser Höhe lateral von der Barriere dunkle Bündel des Fasciculus longitudinalis posterior und medial von ihr hellere Fasern der Z.H.B.

Die *Struktur des Feldes der Z.H.B.* selbst hat sich in eigentümlicher Weise vergrößert. Die Faserbündelchen sind erheblich dicker, das graue

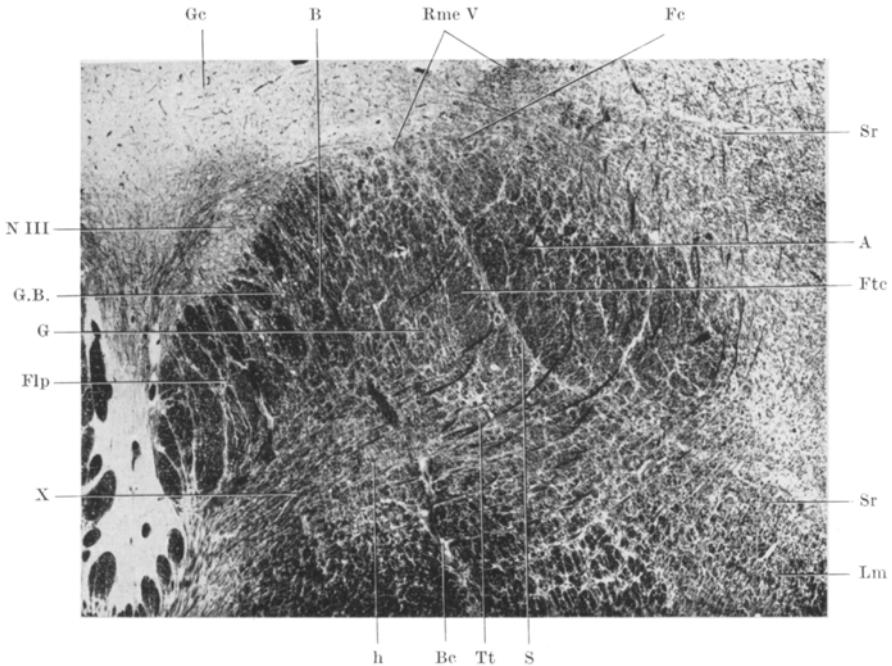


Abb. 21. Normalserie Q. Schnitt 1180. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 \times . Querschnitt durch das Mittelhirn auf der Höhe des caudalen Pols des Oculomotoriuskerns. Einheitliches Faserfeld der Z.H.B. A, B Feldabschnitte der Z.H.B. Bc Bindearm. Fe Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. G Grenze zwischen A und B. G.B. „Graue Barriere“. Gc zentrales Höhlengrau. h (vgl. S. 495). Lm mediale Schleife. N III Oculomotoriuskern. Rme V mesencephale Trigemiuswurzel. S graue Radiärstreifen (vgl. S. 498).

Sr Substantia reticularis. Tt Tractus tecto-bulbaris. X X-Fasern.

Netzwerk ist weitmaschiger und unregelmäßiger und die einzelnen Balken sind stärker als auf Abb. 19. Außerdem beginnen sich in dieser Gegend radiärgerichtete, graue Streifen auszubilden (S), der Beginn der „Radiatio grisea“ caudalerer Querschnitte; in ihnen verlaufen vereinzelte längsgeschnittene Markfasern. Die Vergrößerung der Struktur macht sich besonders im lateralen Feldabschnitt A bemerkbar. Die einzelnen Faserbündel erscheinen hier etwas dunkler. Im medialen Feldabschnitt B (dessen laterale Grenze noch etwas medial von dem grauen Streifen S liegt) ist das Grau im Netzwerk etwas feinmaschiger; doch ist es auch hier gröber und sogar etwas stärker ausgebildet als auf dem

vorhergehenden Schnitt. Im Schrifttum wird vielfach nur dieser mediale Feldabschnitt als Z.H.B. bezeichnet, während der laterale unter dem Namen „dorsolaterales Haubenbündel“ auch systematisch abgetrennt wird. Daß eine derartige Trennung unberechtigt ist, kann erst an einer späteren Stelle (vgl. S. 558) begründet werden. Hier sei einstweilen nur festgestellt, daß nach dem normal anatomischen Bild eine scharfe morphologische Trennung der beiden Abschnitte nicht durchführbar ist.

Das *Nissl*-Bild zeigt auch in dieser Ebene die charakteristischen Zellen der Substantia reticularis über das ganze Feld der Z.H.B. ziemlich gleichmäßig verteilt. Etwas zahlreicher finden sich diese Nervenzellen in einer Zone (G auf Abb. 21), welche die Grenze zwischen medialem und lateralem Feldabschnitt andeutet. Die grauen Streifen S sind im *Nissl*-Bild ebenfalls erkennbar an der reihenförmigen Anordnung von Nerven- und Gliazellen. Die „graue Barriere“ enthält auch hier außer den Zellen des Nucleus nervi III solche der Substantia reticularis. Am dorsalen Rand des Bindearmquerschnittes liegen wieder dunkel pigmentierte Zellen des „eichelförmigen Kerns“ von *Foix* und *Nicolesco*. Außerdem trifft man hier noch einzelne Riesenzellen des Nucleus magnocellularis.

Der Schnitt der Abb. 22 liegt 2,5 mm von dem eben beschriebenen und 0,5 mm caudal von dem der Abb. 8. Die Z.H.B. zeichnet sich an dieser Stelle ihres Verlaufes dadurch aus, daß sie besonders isoliert ist und allseits verhältnismäßig gut abgegrenzt werden kann. Die *X-Fasern* (X) haben sich in dem hellen Feld (h) zwischen Bindearm und Z.H.B. lateralwärts verschoben und sind jetzt annähernd quergetroffen. Bei stärkerer Vergrößerung lassen sie sich ziemlich gut von denen der Z.H.B. trennen, da sie weniger dicht und gleichgerichtet beieinanderliegen. Die Grenze ergibt sich ziemlich genau, wenn man den ventralen Umriß der Z.H.B. an dieser Stelle zu einer geschlossenen Kurve vervollständigt. — Am wenigsten deutlich ist die Abgrenzung der Z.H.B. an dem latero-ventralen, keulenförmig vorspringenden Abschnitt ihres Feldes (Ftc') gegen die *Substantia reticularis*. — Die *Fasciculi confines* (Fc) lassen sich bei schwacher Vergrößerung nicht mit Sicherheit abgrenzen, weil sie durch die „Radiatio grisea“ dicht zusammengedrängt werden und dadurch fast so dunkel gefärbt erscheinen wie die Z.H.B. Man kann sie nur bei stärkerer Vergrößerung an den genannten Struktureigenheiten unterscheiden. Die *Fasciculi confines* reichen medialwärts bis an den Nucleus trochlearis (N IV) und liegen hier zum Teil zwischen dem Bündel der Z.H.B. — Die schräggeschnittenen Wurzelfasern des *Nervus trochlearis* (R IV) sind an ihrer transversalen Verlaufsrichtung leicht zu erkennen. Für die Unterscheidung der Fasern des *hinteren Längsbündels* (Flp) ist ebenfalls stärkere Vergrößerung erforderlich; sie kann aber meines Erachtens dann mit Sicherheit getroffen werden. Es zeigt sich dabei, daß das Fasergebiet ventral vom Trochleariskern nicht nur aus hinterem Längsbündel besteht. Es schiebt sich vielmehr ein medialer Fortsatz

der Z.H.B. (Ftc'') in dieses Gebiet ein. Das hintere Längsbündel hat hier die Form eines gewundenen Streifens, der medioventral an das zentrale Höhlengrau (Gc) grenzt, dorsolateral sich dem unteren Rand des Nucleus IV anlegt. Mitunter kann man durch einen bestimmten Grad der Differenzierung beim Färben eine unterschiedliche Tönung zwischen hinterem Längsbündel und diesem medialen Fortsatz der Z.H.B.

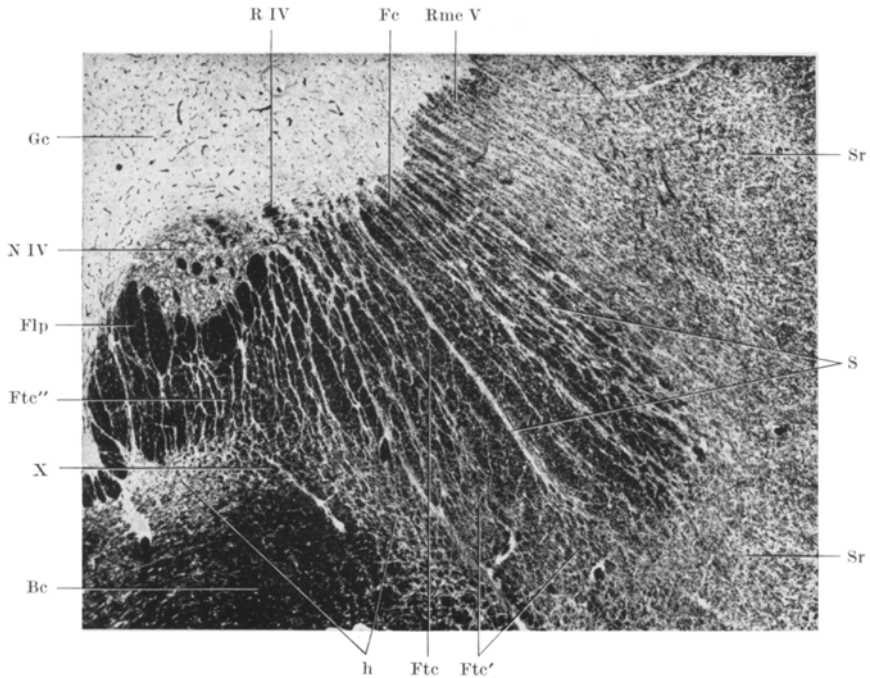


Abb. 22. Normalserie Q. Schnitt 1070. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 ×. Querschnitt durch das Mittelhirn auf der Höhe des Trochleariskernes. Einheitliches Faserfeld der Z.H.B. Be Bindegewebe, Fe Fasciculi confines, Flp hinteres Längsbündel, Ftc Z.H.B., Ftc' ventrolateraler, Ftc'' medialer Abschnitt der Z.H.B., Gc zentrales Höhlengrau, h (vgl. S. 499), N IV Trochleariskern, Rme V mesencephale Trigeminalswurzel, R IV Radix nervi IV, S „Radiatio tementi grisea“ (vgl. S. 500), Sr Substantia reticularis, X Faserbündel X.

erzielen; dann wird die Grenze auch im Übersichtsbild deutlich (vgl. Abb. 8).

Die *Struktur der Z.H.B.* zeichnet sich in dieser Gegend in eindrucksvoller Weise durch fast marklose Streifen (S) aus, die von der ventralen Grenze des zentralen Höhlengraus (Gc) — hauptsächlich in dem Abschnitt zwischen mesencephaler Trigeminalswurzel (Rme V) und Trochleariskern (N IV) — in radiärer Richtung gegen die ventrolaterale Peripherie der Haube zu verlaufen (vgl. auch Abb. 8). Da diese Streifen bisher nicht benannt wurden, schlage ich die Bezeichnung „*Radiatio tementi grisea*“ vor. Die ersten Anfänge dieser Radiatio grisea waren

schon in der Gegend des vorhergehenden Schnittes sichtbar (S auf Abb. 21), caudalwärts ist sie bis zur Durchflechtung der Z.H.B. mit den Bindearmfasern erkennbar. Ihre stärkste Ausbildung erfährt sie auf der Höhe des Trochleariskerns. Wie aus der Abb. 22 hervorgeht, ist sie nicht auf das Gebiet der Z.H.B. beschränkt, sondern findet sich auch in der Substantia reticularis, im Gebiet der mesencephalen Trigeminiwurzel sowie im hinteren Längsbündel dieser Gegend.

Im Schrifttum scheint diese eigenartige graue Haubenstrahlung noch nicht beschrieben worden zu sein. Sie wird zwar vielfach abgebildet (z. B. schon von *Stillings*, vgl. Abb. I, S. 444), doch konnte ich nirgends etwas über ihre Zusammensetzung und Bedeutung erfahren. Aus eigenen Beobachtungen fasse ich vorläufig das zusammen, was mir für die Z.H.B. wichtig erscheint.

1. Die grauen Radiärstreifen bestehen aus Bündeln von marklosen oder ganz dünn myelinisierten Fasern, die sich noch ein Stück weit in das zentrale Höhlengrau hinein verfolgen lassen, teilweise bis zu einer Gruppe großer Zellen, welche dorso-lateral vom Nucleus trochlearis liegt. Ventrolateral lassen sie sich bis in die Gegend der Substantia nigra verfolgen.

2. Diese Bündel beeinflussen die Struktur des grauen Netzwerkes der Substantia reticularis in dem Sinn, daß dessen Maschen sich dem Längsverlauf der marklosen Bündel anpassen. „Querverbindungen“ zwischen den einzelnen grauen Streifen sind nur spärlich ausgebildet (vgl. im Gegensatz dazu die Struktur der Substantia reticularis grisea auf Abb. 19).

3. Diese Anpassung der Struktur der Substantia reticularis grisea drückt sich auch in der Anordnung ihrer Zellen aus. Während auf der Ebene der Abb. 20 die Nervenzellen regellos angeordnet sind, liegen sie auf der Höhe des Trochleariskerns meist innerhalb der grauen Radiärstreifen und markieren an manchen Stellen durch ihre reihenförmige Anordnung den Verlauf der Streifen. Die Längsachse der Nervenzellen liegt fast stets in der Verlaufsrichtung der Streifen.

Diese anatomischen Tatsachen erlauben den Schluß, daß zwischen Radiatio grisea und der Z.H.B. kein unmittelbarer Faserübergang stattfindet; dagegen spricht schon der auffällige Unterschied im Markgehalt der beiden Fasergebilde. Ganz entschieden muß ich mich deswegen gegen die Anschauung wenden, daß die Z.H.B. oder auch nur ein Teil von ihr aus dem zentralen Höhlengrau etwa auf dem Weg über die Radiatio grisea entspringe. In neuerer Zeit hat sich *A. Alexander* für einen Ursprung der Z.H.B. aus dem zentralen Höhlengrau eingesetzt und *Sheehan* hält es für wahrscheinlich, daß die Gruppe großer Zellen dorso-lateral vom Nucleus IV, die offenbar dem Nucleus lateralis anuli aquaeductus entspricht, den Kern der Z.H.B. bildet. Für derartige Vermutungen fehlt aber jegliche positive Unterlage, wie später noch genauer ausgeführt wird (S. 557). Hier sei noch festgestellt, daß das Querschnittsfeld der Z.H.B. sich seit dem Auftreten der Radiatio grisea bzw. des Nucleus lateralis anuli aquaeductus nicht vergrößert hat. Dagegen macht die Tatsache, daß das Grau der Substantia reticularis in so innige räumliche Beziehung zu der Radiatio grisea tritt, eine funktionelle Beziehung

dieser beiden Gebilde wahrscheinlich. Vielleicht werden auf den Fasern der Radiatio grisea den Zellen der Substantia reticularis Impulse aus dem zentralen Höhlengrau zugeleitet. Über weitere anatomische Eigentümlichkeiten der Radiatio grisea hoffe ich in einer späteren Arbeit berichten zu können. Diese Radiatio grisea verdeckt die Eigenstruktur der Z.H.B. fast vollständig. Im lateralen Feldabschnitt ist sie stärker entwickelt und hier scheinen die Fasern der Z.H.B. auch etwas lockerer angeordnet zu sein als im medialen Feldabschnitt. Sonst aber gibt es keinerlei Anhaltspunkte, die eine Trennung der beiden Gebiete rechtfertigen würden.

Die graue Substanz im Bereich der Z.H.B. ist im *Nissl*-Bild im medialen Teile des Feldes spärlich; gegen den lateralen Rand der Bahn werden vor allem die mittelgroßen Nervenzellen immer zahlreicher; sie ordnen sich, wie erwähnt, innerhalb der grauen Radiärstreifen zu Reihen an. Die Abgrenzung des Gebietes der Z.H.B. gegenüber der Substantia reticularis ist auf dieser Höhe im *Nissl*-Bild noch schwieriger als in oraleren Ebenen. —

Die Struktureigentümlichkeiten der Z.H.B. während ihres Verlaufes im Mittelhirn treten auch auf Sagittalschnitten deutlich zutage. Der Schnitt der Abb. 23 gehört der gleichen Serie an wie die auf Abb. 13a—d abgebildeten Präparate und liegt 0,6 mm medial von dem Schnitt der Abb. 13a. Er zeigt die Z.H.B. (Ftc) von der Höhe der caudalen Hälfte des R.K. (linker Bildrand) bis zu der Durchflechtung der Bahn mit dem Bindearm (rechter Bildrand, *). Auf der Höhe des caudalen Pols des R.K. sind die Fasern der Z.H.B. zu feinen Bündelchen angeordnet. Diese liegen nicht parallel zueinander, sondern durchflechten sich gegenseitig. Noch deutlicher sieht man diese gegenseitige Durchflechtung in der Mitte der Abbildung auf der Höhe Q 1180. Hier sind die Fasern zu dicken Bündelchen zusammengeschlossen (entsprechend der gröberen Bündelung der Fasern auf dem Querschnittbild der Abb. 21). In den hellen Lücken zwischen den Faserbündeln sind Zellen vom Typus der Substantia reticularis eingestreut. Die gegenseitige Durchflechtung der Fasern findet hier in allen Teilen der Bahn statt. *Die einzelnen Ursprungsbündel der Bahn vermischen sich also offenbar schon im Mittelhirn vollständig miteinander.* Die Zusammenfassung der Fasern zu ziemlich dicken Bündeln bleibt auch caudalwärts, gegen die Durchflechtung mit dem Bindearm zu, bestehen; die Bündelchen selbst laufen aber dann annähernd parallel zueinander. Die hellen Lücken zwischen den Faserzügen entsprechen den grauen Radiärstreifen des Querschnittbildes der Abb. 22.

Wie Abb. 23 wieder deutlich zeigt, beschreibt der *Bindearm* (Bc) während seines Verlaufes oral von seiner Kreuzung (DBc) einen flachen nach dorsal offenen Bogen und läßt zwischen sich und der Z.H.B. das graue Feld h frei. Zwischen Bindearm und Z.H.B. besteht also caudal vom R.K. nicht einmal mehr ein topographischer Zusammenhang. Besonders schön sieht man auf der Abb. 23 wie die noch ungekreuzten

Fasern des *Tractus tectobulbaris* (Tt) durch die Bündelchen der Z.H.B. hindurchtreten. —

Verfolgt man nun die Querschnittserie weiter caudalwärts, so kommt man in ein Gebiet, in dem die noch nicht gekreuzten Fasern des Bindearms (Bc) die Z.H.B. (Ftc) fast vollständig verdecken (Abb. 24). Nur die dem hinteren Längsbündel (Flp) anliegende dorsomediale Spitze des

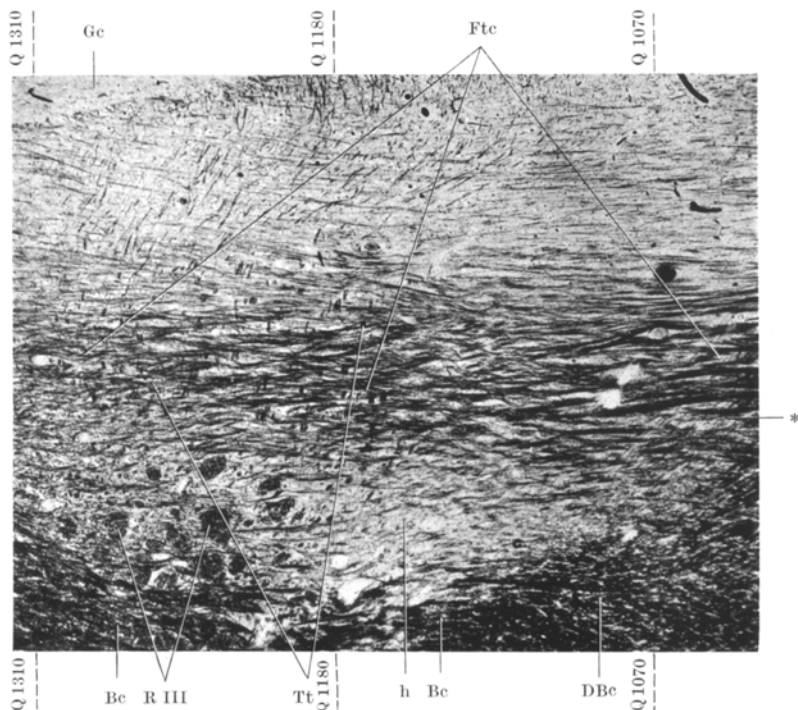


Abb. 23. Normalserie S''. Schnitt 110. Markscheidenfärbung. Vergr 15,3 ×. Sagittalschnitt durch die Z.H.B. während ihres Verlaufes im Mittelhirn. Bc Bindearm. DBc Bindearmkreuzung. Ftc Z.H.B. Gc zentrales Höhlengrau. h vgl. S. 502. R III Oculomotoriuswurzel. Tt Tractus tecto-bulbaris. * Durchflechtung der Z.H.B. mit dem Bindearm.

Feldes (Ftc'') und die Fasciculi confines (Fc) bleiben frei sichtbar. Die letztgenannten trennen sich nun von der Z.H.B.: Schon auf Schnitten, die wenig caudal von dem der Abb. 22 liegen, zeigen sich ihre ventralen Fasern schräg getroffen und bei stärkerer Vergrößerung kann man durch Drehen der Mikrometerschraube feststellen, daß sie die Neigung haben, dorsalwärts anzusteigen. Auf dem Schnitt der Abb. 24, der 2,75 mm caudal von dem vorhergehenden liegt, ist die Trennung bereits ziemlich deutlich geworden. Zwischen Z.H.B. und Fasciculi confines schiebt sich nämlich in dieser Gegend eine Zellgruppe der Substantia reticularis ein, die *Ziehen* als Nucleus nubilus bezeichnet hat (Nnub). Die Fasciculi

confines schließen sich dorsomedial von diesem Kern am Rand des zentralen Höhlengrau zu einem hornförmigen Feld zusammen, dessen dorsale Spitze etwas in das zentrale Höhlengrau (Gc) hineinzufragen scheint. Die Grenze der Fasciculi confines gegen die Z.H.B. fällt ziemlich genau mit dem ventrolateralen Rand des Nucleus nubilus zusammen. Medio-ventral grenzen die Fasciculi confines an das *hintere Längsbündel* (Flp), das sich entlang dem zentralen Höhlengrau ein Stück lateralwärts ausdehnt. Die dunklere Färbung der Fasern des hinteren Längsbündels

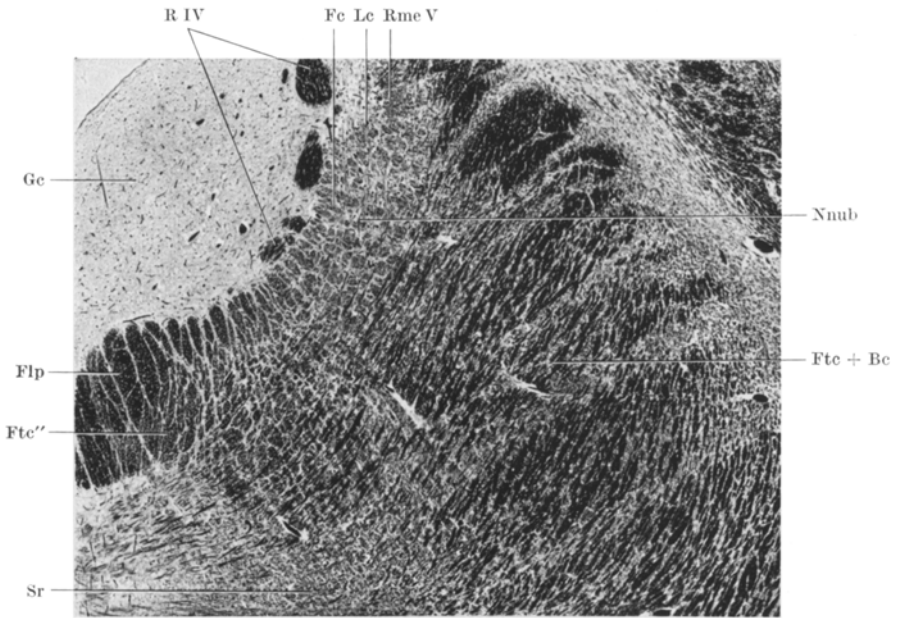


Abb. 24. Normalserie Q. Schnitt 960. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 ×. Querschnitt der Z.H.B. während ihrer Durchflechtung mit dem Bindearm. Bc Bindearm. Fc Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. Ftc'' ihr medialster Abschnitt. Gc zentrales Höhlengrau. Lc Locus caeruleus. Nnub Nucleus nubilus. Rme V mesencephale Trigeminiwurzel. R IV Trochleariswurzel. Sr Substantia reticularis.

gestattet schon im Übersichtsbild eine ziemlich genaue Abgrenzung gegen die Fasciculi confines ebenso wie gegen den medialen Zipfel der Z.H.B. (Ftc''), dessen Fasern sich teilweise zwischen die Bündelchen des Fasciculus longitudinalis posterior hineindrängen. Diese medialsten Fasern der Z.H.B. liegen mit den Längsbündelfasern in einem Fasernfeld mit gemeinsamer ventraler Grenze; dadurch entsteht bei ungenügender Differenzierung leicht der Eindruck, daß dieser Teil der Z.H.B. zum hinteren Längsbündel gehört. — Das *Faserbündel X* läßt sich auf diesem Schnitt nicht mehr mit Sicherheit erkennen. Seit dem Schnitt der Abb. 22 ist es am ventralen Rand der Z.H.B. langsam nach lateral gewandert und wurde dann von Bindearmfasern verdeckt. Vermutlich verlaufen

X-Fasern auch jetzt noch in der Substantia reticularis (Sr) ventral von der Z.H.B.

Weitere Versuche der Abgrenzung der Z.H.B., insbesondere an ihrem ventralen und lateralen Rand, werden durch die Bindearmfasern vereitelt. Die Struktur der Bahn ist ebenfalls nur in ihrem medialsten Teil erkennbar. Hier zeigt es sich, daß die „Radiatio grisea“ annähernd verschwunden ist und an ihrer Stelle wieder ein graues Netzwerk sichtbar ist, das einen ähnlichen Aufbau zeigt wie auf dem Schnitt der Abb. 19.

Im *Nissl*-Bild ist in den medialen Teilen der Z.H.B. die Substantia reticularis grisea stärker entwickelt als in dem lateralen; doch finden sich auch in diesem einzelne Nervenzellen. Als besondere Zellansammlungen treten der Nucleus nubilus (*Ziehen*) und die Regio stellata (*Ziehen*) ventral vom hinteren Längsbündel und den angrenzenden (medialen) Teilen der Z.H.B. hervor (auf Abb. 24 in der Umgebung des Bezeichnungstriches Sr): An den Nucleus nubilus schließt sich auf dieser Höhe dorsolateral der orale Pol des Locus caeruleus (Lc auf Abb. 24) an. In medio-ventraler Richtung verbindet eine etwas zellärmere Brücke durch den medialen Abschnitt der Z.H.B. hindurch den Nucleus nubilus mit der Regio stellata. In dieser letztgenannten finden sich ziemlich reichlich typische Zellformen der Substantia reticularis, daneben aber auch Zellen mit dunklem Pigment, deren Zugehörigkeit zur Substantia reticularis fraglich erscheint.

Mit dem Schnitt der Abb. 25 haben wir den Bereich des Mittelhirns verlassen und sind in die Brückenhaube eingetreten. Der Schnitt liegt 3,3 mm caudal von dem vorhergehenden und 0,6 mm caudal von dem der Abb. 7, S. 453. Der Bindearm (Bc) hat bis auf ein kleines, ventrolateral gelegenes Gebiet das Feld der Z.H.B. (Ftc) verlassen. Mit Ausnahme dieses Teils ist die Bahn überall von *Substantia reticularis* umgeben. Vom *hinteren Längsbündel* (Flp) sind die Fasern nach lateral abgerückt, doch findet man einige immer noch am ventralen Rand des Längsbündels (Ftc''). Bei stärkerer Vergrößerung kann man durch Verschieben der Mikrometerschraube erkennen, daß die dorsomedialsten Fasern der Z.H.B. etwas schräg ventrolateralwärts gerichtet sind, also auf die Hauptmasse der Z.H.B. zu. Lateral vom hinteren Längsbündel finden sich noch einige Fasern der *Fasciculi confines* (Fc); sie haben seither an Zahl stark abgenommen.

Caudalwärts schwinden die *Fasciculi confines* sehr bald vollständig. Es sei hervorgehoben, daß als *Fasciculi confines* in dieser Arbeit die Bündel lateral vom hinteren Längsbündel verstanden werden, soweit sie sich durch einen besonders starken Gehalt an *sehr feinen Markfasern* auszeichnen; *Ziehen* gebraucht die Bezeichnung *Fasciculi confines* mehr in topographischem Sinn, indem er darunter die „Grenz“bündel zwischen zentralem Höhlengrau und Haube versteht. Die Tatsache, daß die *Fasciculi confines* caudal vom Nucleus trochlearis verschwinden, spricht für die S. 480 ausgesprochene Vermutung, daß sie mit dem *Fasciculus tegmenti Gudden* gleichzusetzen sind. Auch *Gudden* gibt für sein Bündel (l. c.

Tafel XXX, S. 191) eine Endigung etwas caudal vom Nucleus IV an. Doch zeichnet er es für das Kaninchen ventral vom hinteren Längsbündel ein (l. c. Tafel XXXII). Die Lage des Ganglion tegmenti dorsale scheint beim Menschen nicht festzustehen. Im Schrifttum werden verschiedene Zellgruppen dafür in Anspruch genommen (vgl. Ziehen, l. c. S. 489, Anm. 1 und S. 527, Anm. 1). Der Nucleus tegmenti dorsalis von

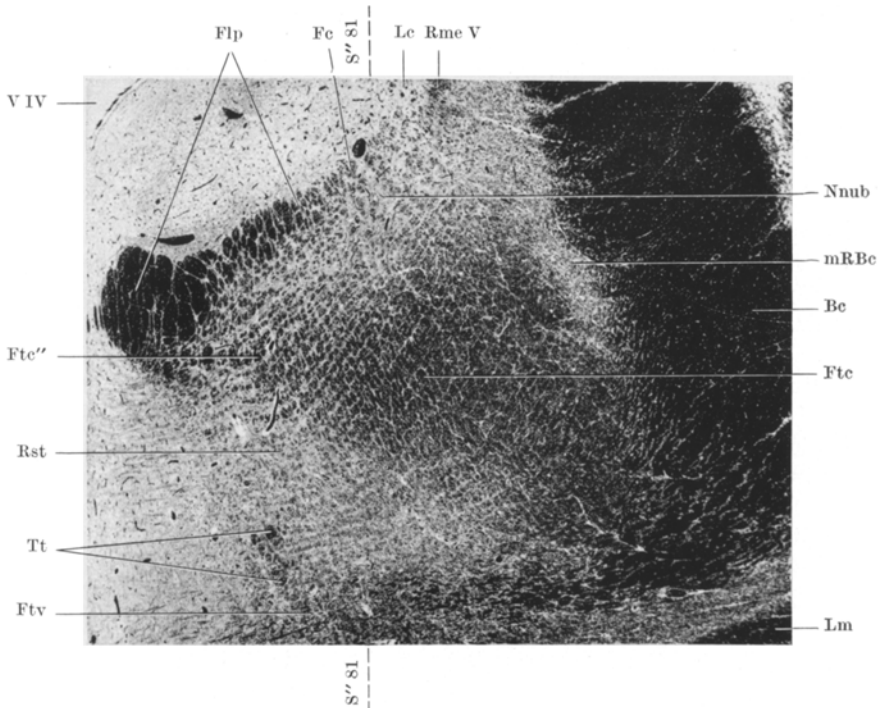


Abb. 25. Normalserie Q. Schnitt 828. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 ×. Querschnitt durch den oralen Abschnitt der Brückenhaube. Einheitliches Faserfeld der Z.H.B. Bc Bindearm. Fc Fasciculi confines. Ftp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B., Ftc'' deren medialster Abschnitt. Ftv ventrales Haubenbündel. Lc Locus caeruleus. Lm mediale Schleife. mRBc mediales Randgraue des Bindearmes. Nnub Nucleus nubilus. Rme V mesencephale Trigeminiwurzel. Rst Regio stellata. Tt Tractus tecto-bulbaris. V IV 4. Ventrikel.

Gagel und Bodechtel scheint mit dem Ganglion tegmenti dorsale Guddens nicht identisch zu sein.

Die Abgrenzung gegen die umgebende *Substantia reticularis alba* stößt auf die bekannten Schwierigkeiten. Ob in dem Gebiet ventromedial von der Z.H.B. (in der Umgebung des Bezeichnungsstriches Rst) noch Reste des Faserbündels X verlaufen, kann man nach dem normal anatomischen Bild nicht entscheiden. Besonders sei noch hervorgehoben, daß das Gebiet ventral vom hinteren Längsbündel, die „prä dorsale“ Gegend, außerordentlich faserarm ist. Erst in einem beträchtlichen Abstand vom hinteren Längsbündel, unmittelbar dorsal vom ventralen Haubenbündel Spitzers (Ftv), liegen einige tief dunkel gefärbte Fascikel, die dem *Tractus*

tectobulbaris (Tt) angehören (vgl. auch *Ziehen*, l. c. S. 490). Außerdem sind eine Anzahl mehr vereinzelt verlaufender Fasern der Umgebung dieser Bahn zuzurechnen. Charakteristisch für die Fasern des Tractus tectobulbaris sind ihre dicken Markscheiden; sie haben etwa das gleiche Kaliber wie diejenigen des hinteren Längsbündels.

Die *Struktur der Z.H.B.* ist auf dieser Höhe ziemlich einheitlich, jedenfalls im Vergleich zu caudaleren Ebenen. Die Fasern liegen dicht und ziemlich regelmäßig beieinander. Gegen die dorsomediale Spitze des Feldes (Ftc'') zu ist das graue Netzwerk etwas stärker entwickelt; es teilt die Fasern zu kleinen, isolierter liegenden Bündelchen ab.

Das *Nissl*-Bild zeigt ganz ähnliche Verhältnisse wie auf der Höhe der Abb. 24. Im lateralen Feldabschnitt der Z.H.B. finden sich wenig Nervenzellen. Nach medial zu werden sie zahlreicher und bilden zusammen mit der Glia das graue Netz, das auch im Markscheidenbild deutlich hervortritt. Der Nucleus nubilus und die Regio stellata (Nnub bzw. Rst auf Abb. 25) haben sich etwas vergrößert. Auch am lateralen Rand der Z.H.B. findet sich wieder graue Substanz (mRBe auf Abb. 25); in ihr liegen zahlreiche, kleine, spindelförmige Nervenzellen; größere Elemente fehlen hier vollständig. *Ziehen* nennt dieses Gebiet „mediales Randgrau des Bindearms“. —

Caudalwärts verkleinert sich der Querschnitt der Haube; gleichzeitig nimmt der Markgehalt in der Umgebung der Z.H.B. stark zu. Teilweise liegen hier in der unmittelbaren Nachbarschaft der Z.H.B. geschlossene Bahnen (ventrales Haubenbündel, laterale Schleife, Fasciculus ovalis, Radiatio deltoidea; s. unten); teilweise scheinen aber einfach die markhaltigen Fasern der Substantia reticularis zahlreicher geworden zu sein. Gerade dieser stärkere Markreichtum der Substantia reticularis erschwert die Abgrenzung der Haubenbahn hier außerordentlich.

Auf Abb. 26 ist ein Schnitt dargestellt, der 5 mm caudal von dem Schnitt der Abb. 25 liegt. Auf den ersten Blick wird man die Z.H.B. überhaupt nicht erkennen können. Vergleicht man aber die Abb. 26 mit der Abb. 25 genauer, so tritt die stark abgerundete Dreiecksform des Feldes einigermaßen hervor. Ihre Ränder sind überall unscharf; denn die in der Umgebung neu aufgetretenen Fasern der Substantia reticularis verwischen durch ihre Ähnlichkeit in der Struktur die Grenzen weitgehend.

Als Ganzes hat sich die Z.H.B. (Ftc) weiterhin vom hinteren Längsbündel (Flp) weg nach lateroventral verschoben. In der *ventralen Nachbarschaft* der Z.H.B. findet sich medial das *ventrale Haubenbündel* Spitzers (Ftv), das von der Z.H.B. durch einen etwas helleren Streifen der Substantia reticularis (Sr') getrennt ist; doch kann eine eindeutige Grenze nicht gezogen werden. Nur bei stärkerer Vergrößerung kann man die Trennung noch etwas genauer durchführen: Das ventrale Haubenbündel enthält neben mitteldicken und groben Markscheiden ziemlich viele sehr feine

Markfasern, die im Gebiet der Z.H.B. seltener sind. Lateralwärts wird das ventrale Haubenbündel immer schmaler; es scheint aber bis zum ventrolateralen Pol der Z.H.B. zu reichen. — In der *lateralen Nachbarschaft* der Z.H.B. finden wir zunächst die *laterale Schleife* (Ll), deren Grenze bei schwacher Vergrößerung leichter zu ziehen ist als bei starker; die

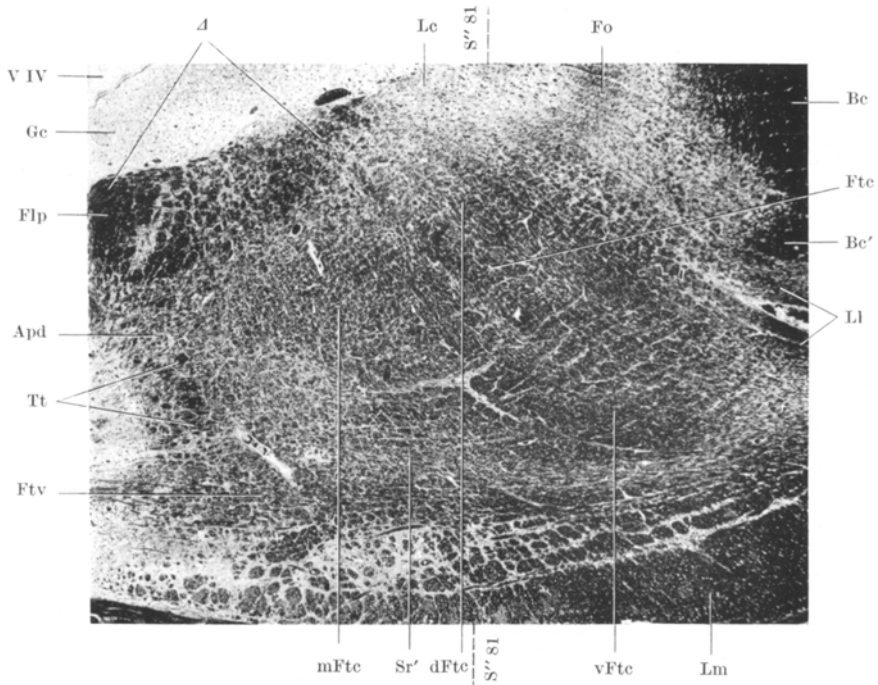


Abb. 26. Normalserie Q. Schnitt 630. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 ×. Querschnitt durch die Brückenhaube in der Höhe der Brückenmitte. Aufsplitterung der Z.H.B. Apd Area praedorsalis. Bc Bindearm, Bc' seine ventralsten Fasern. dFtc dorsale Faserverdichtung der Z.H.B. Flp hinteres Längsbündel. Fo Fasciculus ovalis. Ftc Z.H.B. Ftv ventrales Haubenbündel. Ge zentrales Höhlengrau. Le Locus caeruleus. Ll laterale Schleife. Lm mediale Schleife. mFtc mediale Faserverdichtung der Z.H.B. Sr' ventraler Abschnitt der Substantia reticularis. Tt Tractus tecto-bulbaris. vFtc ventrale Faserverdichtung der Z.H.B. V IV 4. Ventrikel. A Radiatio deltoidea.

Struktur der lateralen Schleife bietet jedenfalls keine deutlichen Unterscheidungsmerkmale. Unmittelbar dorsal davon berührt die ventromediale, hakenförmige Spitze des ungekreuzten *Bindearms* (Bc') noch die Bahn. An den dorsolateralen Rand der Z.H.B. stößt ein schmales Faserbündel, das sich über den Rand der Abbildung noch ein Stück gegen die mesencephale Trigeminiwurzel zu ausdehnt. Es sei im folgenden in Anschluß an *Ziehen* (l. c. S. 430) als *Fasciculus ovalis* (Fo) beschrieben. Oralwärts läßt es sich fast bis auf die Höhe des Schnittes der Abb. 25 verfolgen, wird dabei aber immer faserärmer und verschwindet

schließlich ganz. Die Z.H.B. berührt es immer nur mit seiner ventralen Spitze; die Hauptmasse der Fasern liegt stets ein gutes Stück dorso-lateral in der Substantia reticularis. Das Bündel scheint oralwärts also nicht in die Z.H.B. überzugehen. Über seine Bedeutung ist nichts Sicheres bekannt; vielleicht kommt ihm die Rolle einer sekundären Geschmacksbahn zu. — In der *dorsalen Nachbarschaft* der Bahn sind die Fasciculi confines nicht mehr nachweisbar. Das *hintere Längsbündel* (Flp) hat seine Form gegenüber dem Schnitt der Abb. 25 in eigentümlicher Weise verändert. Bei stärkerer Vergrößerung sieht man, daß zwischen den Fasern, die entsprechend ihrem bekannten Kaliber sicher dem hinteren Längsbündel angehören, etwas dünnere in verschiedenen Richtungen schräg getroffene, zum Teil fast genau transversal verlaufende Fasern (Δ) eingestreut sind. Diese Fasern ziehen an dem medialen Rand des hinteren Längsbündels entlang ventralwärts (auf der Abbildung nicht mehr sichtbar), vereinigen sich mit denen der Gegenseite und verlaufen in der Raphe schräg oroventralwärts bis in den Brückenfuß. Auf Sagittalschnitten, die durch die Raphe gelegt sind, gewinnt man den Eindruck, daß diese Fasern (wahrscheinlich vermischt mit anderen Raphefasern) an der Grenze zwischen Haube und Brückenfuß ein Stück oroventralwärts verlaufen; hier dringen schon viele Fasern von dorsal her in den Fuß ein; die Mehrzahl gelangt jedoch bis an den oralen Pol des Brückenfußes und tritt erst dann von dorsal und oral her in diesen ein. Die Bedeutung dieser Fasern scheint nicht festzustehen. Ihre caudolaterale Fortsetzung werden wir im folgenden noch wiederholt antreffen. — *Medialwärts* stößt die Z.H.B. ohne scharfe Grenze an das *Gebiet der Fasciculi praedorsales* des Schrifttums (Apd). Bei einem Vergleich mit der vorigen Abbildung fällt sofort auf, daß hier jetzt erheblich mehr Markfasern verlaufen. Sie sind meist diffus angeordnet und lassen keine scharfe Grenze gegen die Z.H.B. erkennen. Nur die Bündelchen des *Tractus tectobulbaris* (Tt) heben sich durch die dunkle Färbung deutlich ab. Sie haben sich seither dem hinteren Längsbündel genähert. Ich werde im folgenden dieses ganze Gebiet ventral vom hinteren Längsbündel als „Area praedorsalis“ bezeichnen. In ihr verlaufen eine große Anzahl verschiedener und zum Teil unbekannter Fasern.

Was nun die Struktur der Z.H.B. selbst anbetrifft, so finden wir hier nicht mehr den gleichmäßigen Aufbau, wie auf dem vorhergehenden Schnitt. Schon bei der Vergrößerung der Abb. 26 sieht man dunkler gefärbte Stellen mit heller gefärbten ziemlich regellos abwechseln. Zum Teil wird die hellere Färbung durch die stärkere Ausbildung des grauen Netzwerkes hervorgerufen; die dunklere Färbung besonders im dorsalen Teil des Feldes (dFte) beruht dagegen darauf, daß viele Fasern hier schräg getroffen sind. Sie zeigen vorwiegend die Neigung, caudoventralwärts abzufallen, daneben kommen aber verschiedene andere Verlaufsrichtungen vor. Nach der Durchsicht der Längsschnittserien komme

ich zu der Überzeugung, daß auch an dieser Stelle der Bahn eine weitgehende Umlagerung ihrer Fasern stattfindet. Von dieser Umlagerung sind offenbar die dorsalen Teile am meisten betroffen; die Verlaufsrichtung der Fasern weist hier die größte Verschiedenheit auf. In den ventralen Abschnitten (vFtc) scheint sie geringer zu sein, doch sind auch hier die Fasern nicht so wohlgeordnet wie auf dem vorhergehenden Schnitt.

Auf dem *Nissl*-Bild sind die Nervenzellen in dieser Höhe auffallend gleichmäßig über das Feld der Z.H.B. und die umgebende Substantia reticularis verteilt. An den Rändern des Feldes sind sie auch in dieser Ebene zahlreicher. Lateral vom hinteren Längsbündel treten jetzt einzelne, größere, somatochrome Zellen auf. Sie zeigen den Beginn des Nucleus motorius substantiae reticularis tegmentalis von *Gagel* und *Bodechtel* an (l. c. S. 180, Abb. 13a, S. 155). —

Der Schnitt der Abb. 27 liegt 2,5 mm caudal von dem eben beschriebenen und 0,8 mm caudal von dem der Abb. 6. Eine scharfe Abgrenzung der Z.H.B. (Ftc) gegenüber der sie umgebenden Substantia reticularis ist hier völlig unmöglich. In der *ventralen Nachbarschaft* der Z.H.B. findet sich wieder *das ventrale Haubenbündel Spitzers* (Ftv). Seine Abgrenzbarkeit gegen die Z.H.B. ist eher noch schwieriger geworden; im übrigen gilt auch für diese Höhe das S. 507 Gesagte. — *Lateral* berührt wiederum die laterale Schleife (Ll) die Z.H.B. Die Grenze kann auf normal anatomischen Präparaten nicht genau bestimmt werden. Außerdem soll in der lateralen Nachbarschaft der Z.H.B. in der Umgebung des Bezeichnungsstriches Fctr? ein Teil der Fasciculi comitantes trigemini *Ziehen* (l. c. S. 446 und Abb. 77) verlaufen, welche nach diesem Autor vielleicht die Bedeutung einer sekundären Trigeminiusbahn haben. Sie lassen sich in dieser Gegend von den Fasern der Substantia reticularis nicht sicher unterscheiden. Ihre Verfolgung in oraler Richtung ist deswegen auf normalen Querschnitten sehr schwierig. Vielleicht lagen schon auf dem Schnitt der Abb. 26 Fasciculi comitantes trigemini zwischen lateraler Schleife und Z.H.B. Der *Fasciculus ovalis* (Fo) hat noch eine ähnliche Lage wie auf dem vorhergehenden Schnitt, nur hat er sich ein wenig dorsolateralwärts von der Z.H.B. weg entfernt. Zwischen dem Fasciculus ovalis und dem Hauptfeld der Z.H.B. findet sich ein Gebiet (dFtc'), in dem das graue Netzwerk sehr spärlich entwickelt ist (die weißen Streifen Blg sind durch Blutgefäße hervorgerufen). Die Fasern sind hier diffus angeordnet und liegen nicht so dicht beieinander wie in dem Hauptfeld der Z.H.B. Dieses Gebiet hängt ventromedial eng mit dem Hauptfeld der Z.H.B. zusammen. Wie sich bei der Verfolgung der Serie zeigt, geht dieses Gebiet größtenteils aus der Z.H.B. hervor. Außerdem beteiligen sich an seinem Aufbau wahrscheinlich Fasern aus der Substantia reticularis. — *Dorsalwärts* geht die Z.H.B. ohne scharfe Grenze in die Substantia reticularis über. Am dorsalen Rand der Haube, unmittelbar

ventral vom zentralen Höhlengrau, lassen sich vorwiegend transversal verlaufende Fasern (Δ) unterscheiden, welche wir auf dem vorhergehenden Schnitt im Bereich des hinteren Längsbündels angetroffen haben. Sie haben sich nun lateral von diesem gesammelt und ziehen caudolateralwärts weiter. Sie sind mit der Radiatio deltoidea *Ziehens* identisch. —

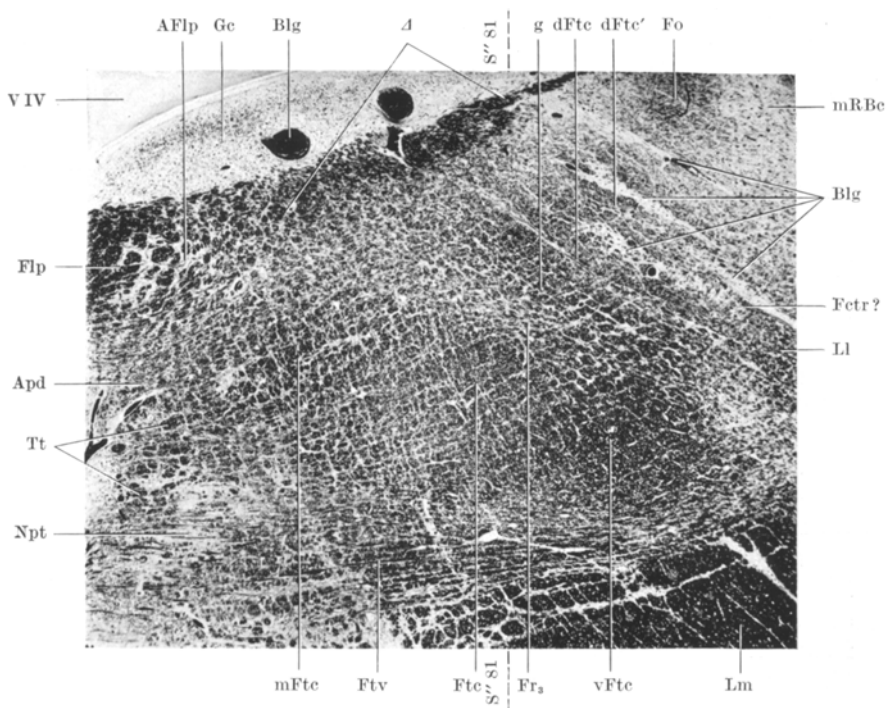


Abb. 27. Normalserie Q. Schnitt 530. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 \times . Querschnitt durch die mittlere Brückenhaube. Bildung der drei Teilbündel der Z.H.B. AFlp Anulus fasciculi longitudinalis posterioris. Apd Area praedorsalis. Blg Blutgefäße. dFte dorsales Teilbündel der Z.H.B. dFte' dessen „diffuser Anteil“. Fctr? vermutlich Fasciculi comitantes trigemini. Flp hinteres Längsbündel. Fo Fasciculus ovalis. Fr₃ zentraler Anteil der Substantia reticularis. Fte Z.H.B. Ftv ventrales Haubenbündel. g „gebündelter Anteil“ des dorsalen Teilbündels. Ge zentrales Höhlengrau. Li laterale, Lm mediale Schleife. mFte mediales Teilbündel der Z.H.B. mRBe mediales Randgrau des Bindeannes. Npt Nucleus pterygoideus. Tt Tractus tecto-bulbaris. vFte ventrales Teilbündel der Z.H.B. V IV 4. Ventrikel. Δ Radiatio deltoidea.

Die *mediale Grenze* der Z.H.B. gegen die Area praedorsalis (Apd) läßt sich ebenfalls nicht mit Sicherheit ziehen. Die Fasern des *hinteren Längsbündels* (Flp) und des *Tractus tectobulbaris* (Tt) lassen sich an ihrem charakteristischen Faserkaliber erkennen.

Während der Querschnitt der Z.H.B. auf Abb. 25, S. 506 noch ein sehr einheitliches Bild darbot, konnte man auf der Höhe der Abb. 26, S. 508 feststellen, daß bereits eine Art Umlagerung der Fasern stattfindet. In der Ebene der Abb. 27 ändert sich nun das Querschnittsbild

der Bahn in folgender eigenartiger Weise: In drei dunkler erscheinenden Stellen des Feldes treten die Fasern dichter zusammen. In den dazwischenliegenden helleren Teilen ist das graue Netzwerk stärker ausgebildet. In der *ventralen Faserverdichtung* (vFtc) liegen die Fasern fast so dicht beieinander, wie in der benachbarten medialen Schleife (Lm). Dieser Teil der Z.H.B. macht durchaus den Eindruck eines geschlossenen Faserbündels, das nur wenig Beziehung mehr zu dem Grau der Substantia reticularis unterhält. Nach medial und dorsal bildet das Grau wieder die bekannten Maschen, durch welche die Fasern in größere und kleinere Bündelchen abgeteilt werden. Besonders deutlich tritt diese Struktur an der Grenze (Fr₃) zwischen dem ventralen und dorsalen Feldabschnitt (dFtc) hervor. *Dieser dorsale Feldabschnitt*, im Schrifttum vielfach als „dorsolaterales Haubenbündel“ bezeichnet, geht ohne scharfe Grenze in den ventralen Feldabschnitt über. Die Grenze wird eigentlich nur durch eine stärkere Ansammlung von Substantia reticularis grisea (Fr₃ nach *Ziehen*) angedeutet. Wie man schon bei schwacher Vergrößerung sehen kann, ist die Struktur des Abschnittes dFtc nicht einheitlich. Am ventralen Rand sind die Fasern durch graue Maschen zu größeren Bündelchen abgeteilt (g). Dorsalwärts treten die grauen Maschen zurück. Die Fasern sind hier locker und gleichmäßig angeordnet (dFtc'). Medial von vFtc und dFtc bildet sich die dritte, *mediale Faserverdichtung* mFtc. Man könnte nach der Abb. 27 vermuten, daß diese gar nicht mehr zur Z.H.B. gehört; verfolgt man jedoch die Serie seit dem vorhergehenden Schnitt der Abb. 26 sorgfältig, so zeigt es sich, daß aus dem Feld der Z.H.B. zahlreiche Fasern mehr und mehr medialwärts gelangen und sich so von dem Hauptfeld entfernen. Sie vermischen sich mit den Markfasern der Substantia reticularis im Gebiet der Area praedorsalis und bilden mit diesen zusammen den Abschnitt mFtc.

Es sei betont, daß die Feldabschnitte vFtc, mFtc und dFtc der Z.H.B. in dieser und in caudaleren Ebenen nicht mit den Abschnitten A, B usw. während des Verlaufes der Bahn im Mittelhirn (Abb. 19 und 21) gleichgesetzt werden dürfen. Im Mittelhirn führte die verschiedene Ausbildung des grauen Netzwerkes zu der Unterscheidung einzelner Feldabschnitte. Die Faserverdichtungen in der Höhe der Abb. 27 haben eine andere Ursache. Wie sich im folgenden zeigen wird, deuten sie die Bildung dreier Teilbündel an, die aus dem ursprünglich einheitlichen Faserfeld hervorgehen. Es ist sogar nicht einmal wahrscheinlich, daß in den medialen, dorsalen und ventralen Teilen des Bahnquerschnittes auf Abb. 27 noch die gleichen Fasern liegen, wie in den entsprechenden Teilen der Bahn während ihres Verlaufes im Mittelhirn. Schon im Mittelhirn durchflechten sich die Fasern gegenseitig (Abb. 23). Eine ähnliche Umlagerung der Fasern macht sich auf der Höhe der Abb. 26 bemerkbar. Dadurch gelangen Fasern, welche im Mittelhirn noch z. B. in ventralen Teilen des Bahnquerschnittes lagen, in ihrem weiteren Verlauf in dorsale Teile und umgekehrt. —

Der *Nissl*-Schnitt der Abb. 28 liegt nicht in der gleichen Ebene wie das Markscheidenpräparat von Abb. 27, sondern etwas weiter oralwärts. Sein benachbartes Markscheidenbild zeigt ähnliche Verhältnisse wie Abb. 6. Man kann sehr schön erkennen, daß der ventrale Feldabschnitt der Z.H.B. (vFtc) nur ganz wenig Nervenzellen enthält. Er bietet auch

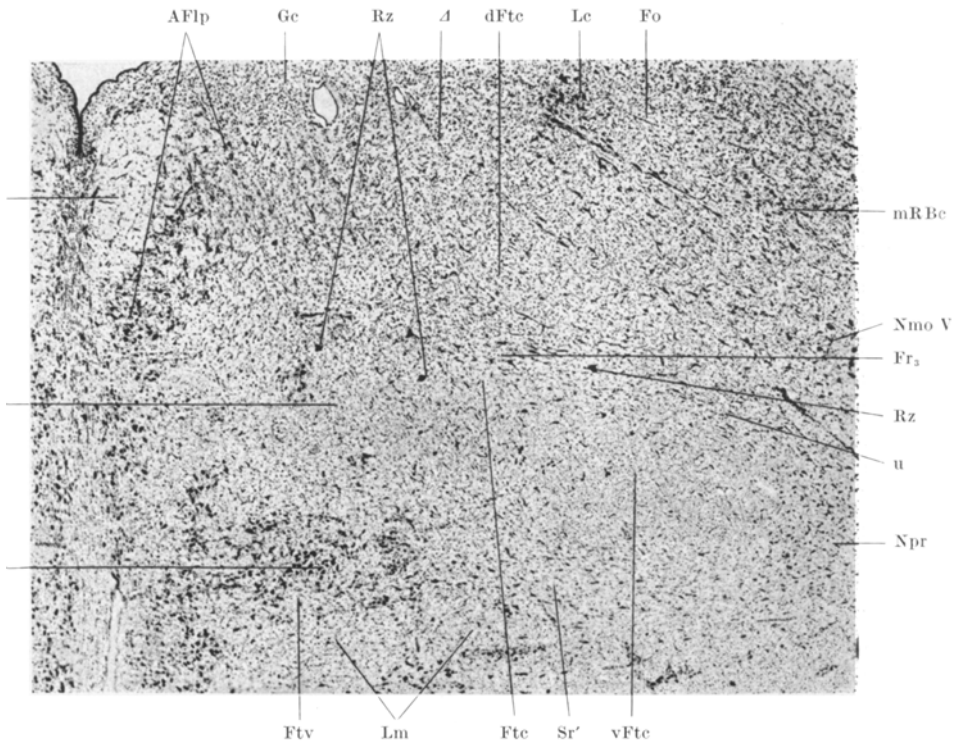


Abb. 28. Normalserie K. Schnitt D/190. *Nissl*-Färbung. Vergr. 20 \times . Querschnitt durch die mittlere Brückenhaube. Die Anordnung der Nervenzellen in der Substantia reticularis und in der Z.H.B. AFlp Anulus fasciculi longitudinalis posterioris. dFtc dorsales Teilbündel. Flp hinteres Längsbündel. Fo Fasciculus ovalis. Ftc Z.H.B. Ftv ventrales Haubenbündel. Fr₃ zentrales Gebiet der Substantia reticularis. Ge zentrales Höhlengrau. Lc Locus caeruleus. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel. mRBe mediales Randgrau des Bindearmes. Nmo V Nucleus motorius trigemini. Npr Nucleus praestructus. Npt Nucleus pterygoideus. Rz Riesenzellen. Sr' ventraler Abschnitt der Substantia reticularis. u u-Feld. vFtc ventrales Teilbündel. A Radiatio deltoideus.

im *Nissl*-Schnitt ein ganz ähnliches Bild dar wie die benachbarte mediale Schleife (Lm). An der Grenze von vFtc gegen dFtc finden sich dagegen zahlreiche Nervenzellen (Fr₃), darunter auch einzelne Riesenzellen (Rz). Die Nervenzellen liegen mit ihrer Längsachse meist in schräg transversaler Richtung von dorsomedial nach ventrolateral. Die gleiche Richtung haben an dieser Stelle auch die grauen Maschen auf dem Markscheidenbild (Abb. 26 und 27). Im Bereich des dorsalen Feldabschnittes (dFtc) finden sich verhältnismäßig zahlreiche, ziemlich gleichmäßig

verteilte, mittelgroße Nervenzellen der Substantia reticularis. Dagegen sind die Zellen des medialen Feldabschnittes (mFtc) wieder spärlich und unregelmäßig verteilt. Hier wechseln zellärmere Stellen, in denen die Markfasern dichter zusammenstehen mit kleinen Zellgruppen ab, die auch auf dem *Weigert*-Bild (Abb. 27) als helle Lücken in Erscheinung treten. In diesen Zellgruppen finden sich auch vereinzelt Riesenzellen (Rz).

Von größeren Zellansammlungen in der *Nachbarschaft der Z.H.B.* findet sich eine Gruppe am lateroventralen Rand des hinteren Längsbündels (vgl. auch Abb. 6). Sie entspricht dem Anulus fasciculi longitudinalis posterioris (AFIp) *Ziehens* (l. c. S. 423 und Abb. 75). Mit dem Nucleus paramedianus dorsalis (*Gagel* und *Bodechtel*, l. c. S. 183 und *Ziehen*, l. c. S. 383) darf dieser „Ringkern“ nicht verwechselt werden. Die Zellen dieses Ringkernes haben Ähnlichkeit mit den mittelgroßen Elementen der Substantia reticularis. Sicheres scheint über die Bedeutung dieses Kernes nicht bekannt zu sein. — Zwischen dem medialen Feldabschnitt (mFtc) und dem ventralen Haubenbündel *Spitzers* (Ftv) breitet sich ein wohlabgegrenzter, größerer Kern (Npt) aus, der ebenfalls auf dem Markscheidenbild schon deutlich sichtbar ist und zusammen mit dem Kern der Gegenseite das Aussehen eines Flügelpaares hat. *Ziehen* (l. c. S. 406) nennt ihn deshalb Nucleus pterygoideus, während *Gagel* und *Bodechtel* ihn als Processus tegmentosus medialis nucleï pontis bezeichnen (l. c. Abb. 13a, 14a und S. 201). *Ziehen* hält den Nucleus pterygoideus nicht für einen Fortsatz der Brückenfußkerne; vielmehr rechnet er ihn zur Substantia reticularis.

Den Gründen, die *Ziehen* für diese Annahme anführt (l. c., S. 405), kann ich nur beipflichten. Die Fortsätze der Nervenzellen des „Flügelkernes“ färben sich mit der *Nissl*-Methode verhältnismäßig stark an. Das gleiche gilt auch für die Zelle der Substantia reticularis.

Vielleicht dienen der „Ringkern“ und der „Flügelkern“ einem Teil der sagittal verlaufenden Fasern in der Area praedorsalis als Ursprung. — Am ventralen Rand des ventralen Feldabschnittes vFtc liegen kleinere Zellen der Substantia reticularis (Sr'), deren Längsachse vorwiegend transversal gerichtet ist, entsprechend den transversal zwischen vFtc und medialer Schleife verlaufenden Markfasern. Dieses Zellgebiet geht lateralwärts in den Nucleus praestructus (Npr) *Ziehens* über (l. c. S. 438), welcher die Z.H.B. vom medioventralen Kern der lateralen Schleife (auf Abb. 28 bereits außerhalb des rechten Bildrandes) trennt. Er setzt sich ebenfalls aus kleineren Zellen zusammen und muß wohl auch zur Substantia reticularis gerechnet werden. Dorsal schließt sich an diesen Kern ein Gebiet (u) an, in dem die mittelgroßen Elemente der Substantia reticularis ziemlich zahlreich vertreten sind (*Ziehens* u-Feld, l. c. S. 439). Es geht medialwärts in die Zellgruppe über, welche die Grenze zwischen ventralem und dorsalem Feldabschnitt der Z.H.B. andeutet (Fr₃). Dorsolateral reicht es bis zu dem medialen Randgrau des Bindearms

(mRBe). An der lateralen Ecke der Radiatio deltoidea (Δ), zwischen dieser und dem Fasciculus ovalis (Fo), liegen die dunkel pigmentierten Zellen des Locus caeruleus (Lc). —

Der Schnitt der Abb. 29 liegt 4,25 mm caudal von dem der Abb. 27 und 2,25 mm oral von dem der Abb. 5. Wie ein Vergleich der Abb. 27 und 29 zeigt, hat sich der Haubenquerschnitt wieder vergrößert. Die drei Faserverdichtungen der Z.H.B. vFtc, dFtc und mFtc (vgl. S. 512) setzen sich nun deutlicher voneinander ab. Die *ventrale Grenze* der Bahn wird im groben durch die Trapezfasern (Ctr) angegeben. Eine genaue Abgrenzung gegen die *mediale Schleife* (Lm) ist schwierig, weil die Fasern beider Bahnen hier etwas schräg getroffen sind und das Kaliber schwer zu beurteilen ist. Immerhin kann man bei stärkerer Vergrößerung feststellen, daß die Fasern in der Z.H.B. etwas lockerer angeordnet sind und ihr Kaliber dünner ist als in der medialen Schleife. Berücksichtigt man diese Unterschiede, so zeigt es sich, daß die ventrale Spitze des Feldes der Z.H.B. am lateralen Rand der medialen Schleife noch etwas ventralwärts vordringt. Das *ventrale Haubenbündel Spitzers* (Ftv ?) hat seit dem Schnitt der Abb. 27 erheblich an Fasern eingebüßt. Ein letzter Rest findet sich vielleicht noch in der Nachbarschaft des Nucleus pterygoideus (Npt) und im medialen Abschnitt der Trapezfasern. Vielleicht steht das ventrale Haubenbündel mit dem Nucleus pterygoideus in Beziehung. — In der *lateralen Nachbarschaft* ist jetzt neben dem ventralen Pol der Z.H.B. der orale Pol der *oberen Olive* (Os) aufgetreten. An die Olive schließt sich dorsomedialwärts ein verhältnismäßig faserarmes Gebiet der Substantia reticularis an (Sr'). An die laterale Fläche der oberen Olive legt sich das kommaförmige Feld der *lateralen Schleife* (Ll) an, welches mit seiner dorsalen Spitze (Ll') ziemlich weit nach medial, nahe an das Gebiet der Z.H.B. heranreicht. Dorsal von der dorsomedialen Spitze der lateralen Schleife, zwischen dieser und dem motorischen Kern des Trigeminus (Nmo V) liegen nach *Ziehen* (l. c. S. 414) die *Fasciculi comitantes trigemini* (Fctr ?). Es ist sehr schwer, diese Fasern im einzelnen zu verfolgen und sie gegen die Substantia reticularis und gegen die Z.H.B. abzugrenzen. — In der *dorsalen und medialen Nachbarschaft* der Z.H.B. finden sich vor allem Fasern der Substantia reticularis, mit der sich die Fasern der Z.H.B. weitgehend vermischen. Von Faserzügen, die weder mit der Z.H.B. noch mit der Substantia reticularis in Beziehung stehen, sind in der *dorsalen Nachbarschaft* folgende zu nennen: Die *Radiatio deltoidea* (Δ) hat sich seit dem vorigen Schnitt vom hinteren Längsbündel nach lateral entfernt; ihre Fasern verlaufen schräg lateral- und caudalwärts und biegen an der lateralen Fläche des motorischen Trigeminuskernes (Nmo V) ventralwärts ab und dringen in den Nucleus tractus spinalis trigemini (NTs V), sowie in den sensiblen Trigeminuskern (Ns V) ein. Die Deltafasern stellen demnach wahrscheinlich eine (gekreuzte ?) Verbindung zwischen dem sensiblen Hauptkern des Trigeminus und den



Kernen des Brückenfußes dar. Medialwärts schließt sich an die Radiatio deltoidea das *Facialisknie* an (Gf). Seine orale Kuppe ist gerade tangential angeschnitten. Nach medial gehen die längsgeschnittenen Wurzelfasern in ein kleines Feld quergeschnittener Fasern über, welches den Rest des sagittal gerichteten (proximalen) Schenkels des Facialisknies (Gf') darstellt. — In der *medialen Nachbarschaft* liegen zerstreut in der Area praedorsalis (Apd) die Bündelchen des *Tractus tectobulbaris* (Tt). Sie lassen sich in dieser Ebene nur noch bei stärkerer Vergrößerung durch ihr dickes Faserkaliber abgrenzen.

Was nun die *Abgrenzung der Z.H.B. gegen die Fasern der Substantia reticularis* anbelangt, so muß man feststellen, daß sich eine scharfe Grenze nirgends ziehen läßt. Die drei dunkler gefärbten Abschnitte der Z.H.B. sind jetzt offenbar noch inniger in Beziehung zur Substantia reticularis getreten. Dies gilt vor allem für den dorsalen und medialen Feldabschnitt. Der *dorsale Feldabschnitt* (dFtc) enthält auch hier ein dorsolaterales Gebiet diffus angeordneter Fasern (dFtc'), von dem wir wissen, daß es zu einem wesentlichen Teil aus der Z.H.B. hervorgegangen ist. Dieser „diffuse Anteil“ reicht dorsal bis in die Radiatio deltoidea hinein. *Ziehen* nennt dieses Gebiet Area acclinis (an das zentrale Höhlengrau „angelehnt“) und unterscheidet eine innere (dorsale) Abteilung, die meist etwas dunkler gefärbt ist und in deren Bereich die ventralsten Fasern der Radiatio deltoidea verlaufen, und eine äußere (ventrale) Abteilung, die unmittelbar in den „gebündelten Anteil“ (g) von dFtc übergeht. Dieser ganze dorsale Feldabschnitt (der „gebündelte“ + der „diffuse Anteil“) hat an Größe und Faserreichtum gegenüber Abb. 27 erheblich zugenommen. *Offenbar wird diese Faserzunahme durch die Substantia reticularis hervorgerufen, d. h. durch Fasern, die in den Nervenzellen der Substantia reticularis entspringen und sich den Fasern der Z.H.B. zugesellen.* Dorsomedial geht der „gebündelte Anteil“ von dFtc in ein Feld (A₉) über, das sich ventral vom Facialisknie zwischen Area acclinis und hinterem Längsbündel (Flp) ausdehnt; es entspricht dem Feld 9 von *Ziehen* (l. c. S. 410). Dieses Feld ist gekennzeichnet durch den Zusammenschluß der Fasern zu isoliert liegenden, groben Bündelchen. Die Fasern unterscheiden sich in ihrem Kaliber nicht von dem der

Text zu Abb. 29.

Abb. 29. Normalserie Q. Schnitt 360. Markscheidenfärbung. Vergr. 17×. Apd Area praedorsalis. A₉ Feld 9 (s. Text). Ct Corpus trapezoides. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. dFtc' sein „diffuser Anteil“. Fctr? vermutlich Fasciculi comitantes trigemini. Flp hinteres Längsbündel. Fr₃ zentrales Gebiet der Substantia reticularis. Ftv? vielleicht noch Reste des ventralen Haubenbündels. g „gebündelter Abschnitt“ des dorsalen Teilbündels. Gc zentrales Höhlengrau. Gf Facialisknie, Gf' dessen quergeschnittenen Fasern. Ll laterale Schleife, Ll' dessen dorsomedialste Fasern. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel. Nmo V Nucleus motorius trigemini. Npt Nucleus pterygoideus. Ns V Nucleus sensibilitatis trigemini. Nts V Nucleus tractus spinalis trigemini. Os obere Olive. p? (vgl. S. 522). Sr' lateroventraler Abschnitt der Substantia reticularis. Tt Tractus tectobulbaris. vFtc ventrales Teilbündel. vFtc' sein „diffuser Anteil“.

V IV 4. Ventrikel. Δ Radiatio deltoidea.

Substantia reticularis und der Z.H.B. Auf weiter oral gelegenen Schnitten scheinen aber nur wenig Fasern aus dem Gebiet der Z.H.B. in dieses Feld überzugehen; es setzt sich also wohl in erster Linie aus Fasern der Substantia reticularis zusammen, vielleicht aus solchen, die mit dem „Ringkern des hinteren Längsbündels“ (vgl. Abb. 28) in Beziehung stehen. Zum Teil reichen auch einzelne Bündelchen des Fasciculus longitudinalis posterior in dieses Feld hinein. — Das *Feld mFtc* ist weiter nach medial abgerückt und ist nun in die eigentliche Area praedorsalis eingetreten. Ohne Kenntnis der Serie könnte man zweifeln, ob diese Fasern zur Z.H.B. gehören. Der Vergleich mit den Abb. 25, 26 und 27 beweist aber die Zugehörigkeit mit aller Bestimmtheit. Auch bei diesem Feld hat offenbar ein Zufluß durch Fasern der Substantia reticularis stattgefunden. — Der *Feldabschnitt vFtc* zeichnet sich auch in dieser Ebene dadurch aus, daß seine Fasern sehr dicht und gleichmäßig beieinanderliegen. Graue Substanz fehlt in seinem ventralen Anteil fast vollständig. Gegen den dorsalen Rand entwickelt sich sehr rasch ein grobmaschiges Netzwerk, welches wieder die Grenze zwischen vFtc und dFtc andeutet (Fr_3). Diese Grenze ist aber sehr unscharf; besonders an ihrem lateralen Rand hängen die beiden Feldabschnitte zusammen. Medialwärts lockern sich die Fasern von vFtc etwas auf und sind von einem feinmaschigen, grauen Netzwerk durchsetzt (vFtc'); dadurch erhalten sie ein ähnliches Aussehen wie der „diffuse Anteil“ von dFtc.

Im Nissl-Bild finden sich ganz ähnliche Verhältnisse wie auf Abb. 28. Auch hier sind im ventralen Feldabschnitt nur ganz wenig Nervenzellen eingestreut. Besonders zahlreich finden sich mittelgroße Nervenzellen im medialen Feldabschnitt. In dem Gebiet zwischen mFtc und dFtc bzw. vFtc kommen vor allem auch Riesenzellen vor. Einen eigentlichen „Ringkern des hinteren Längsbündels“ kann man in dieser Ebene nicht mehr erkennen. An der ventrolateralen Seite des hinteren Längsbündels finden sich zerstreut liegende Nervenzellen, wie sie für die Substantia reticularis charakteristisch sind. Der Nucleus pterygoideus ist etwas kleiner geworden. In der ventralen Nachbarschaft der Z.H.B. ist die Substantia reticularis grisea bis auf einen ganz geringen Rest verschwunden. Im lateralen Grenzgebiet trennt auch hier wiederum ein kleinzelliger Anteil der Substantia reticularis die Bahn von der oberen Olive. Im dorsalen Abschnitt finden sich mittelgroße Zellen, an die sich lateralwärts der caudale Pol des motorischen Trigeminuskernes anschließt. —

Der Schnitt der Abb. 30 liegt 4,25 mm caudal von dem der Abb. 29 (2,0 mm caudal von dem der Abb. 5). In diesem Zwischenraum — wir befinden uns nun am caudalen Ende der Brücke — verändert sich das Bild der Haube erheblich: die Fläche ihres Querschnittes vergrößert sich etwa auf das Doppelte, wobei vor allem ihre Höhe beträchtlich zunimmt. Die drei Feldabschnitte der Z.H.B. nähern sich weiter den entsprechenden Rändern der Haube: Der ventrale Abschnitt der Haubenbasis, der dorsale Abschnitt dem dorsalen Haubenrand und der mediale Abschnitt

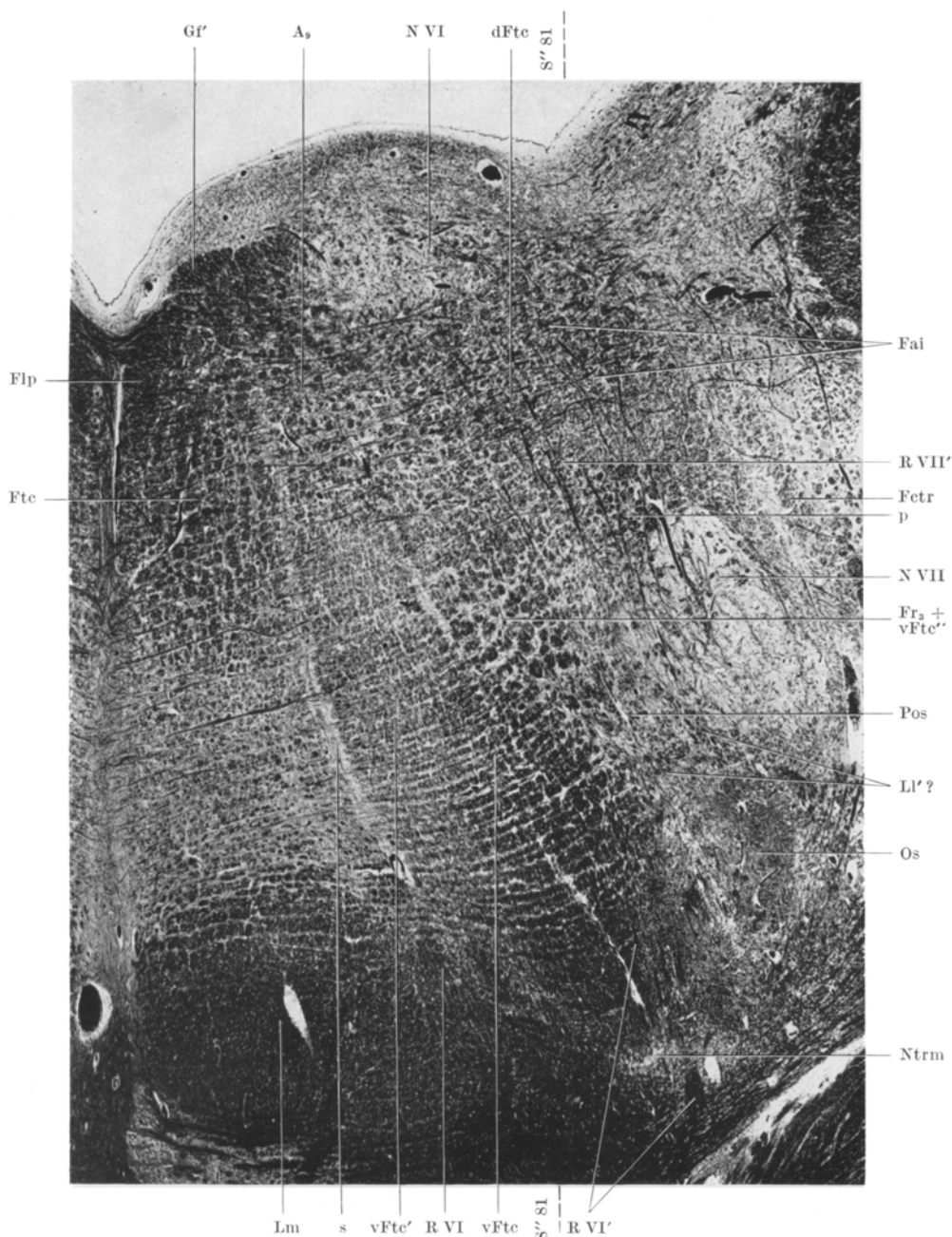


Abb. 30. Normalserie Q. Schnitt 190. Markscheidenfärbung. Vergr. 17 \times . Querschnitt durch die caudale Brückenhaube. Die Trennung der drei Teilbündel voneinander. A_s Feld 9 (vgl. S. 522). dFtc dorsales Teilbündel. Fai Fibræ arcuatæ internæ. Fctr Fasciculi comitantes trigemini. Flp hinteres Längsbündel. Fr_z zentrales Gebiet der Substantia reticularis. Gf' Facialisknie. Ll'? wahrscheinlich Beginn der lateralen Schleife. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel. Ntrm Nucleus corporis trapezoidei medialis. N VI Abducenskern. N VII Facialiskern. Os obere Olive, Pos deren Stiel. p (vgl. S. 522). R VI Abducenswurzel, R VI' deren lateralste Fasern. R VII' Kernschenkel des Facialis. s (vgl. Text). vFtc ventrales Teilbündel, vFtc' dessen „diffuser Anteil“, vFtc'' dessen „gebündelter Anteil“.

der Raphe. Dadurch entfernen sie sich voneinander. Bisher war es üblich, nur den ventralen Feldabschnitt als Z.H.B. zu bezeichnen. Die Serienbeschreibung hat aber ergeben, daß in oralen Ebenen die drei Abschnitte eng beisammenliegen und ein gemeinsames Faserfeld innehaben, in dem sie morphologisch nicht voneinander getrennt werden können. Nur caudal findet ein Auseinanderrücken der Feldabschnitte statt.

Auf Abb. 30 ist die Trennung der drei Abschnitte bereits soweit fortgeschritten, daß sie kein gemeinsames Feld mehr bilden. Die *mediale Schleife* (Lm) hat sich seit dem Schnitt der Abb. 29 medialwärts verschoben und läßt nun den *ventralen Abschnitt* der Z.H.B. (vFtc) Platz, weiter gegen den ventrolateralen Rand der Haube vorzudringen. Die Grenze der beiden Bahnen ist jetzt auch im Übersichtsbild durch eine etwas hellere Zone wieder leichter erkennbar, welche allerdings an manchen Stellen durch die dunklen Wurzelbündel des *Abducens* (R VI) verdeckt wird. Ein kleiner Teil der Wurzelfasern des Abducens biegt auf weiter oral gelegenen Schnitten etwa in der Mitte der Haube leicht lateralwärts ab und dringt in schräger Richtung von dorsomedial nach ventrolateral durch den ventralen Abschnitt der Z.H.B. hindurch. Auf der Ebene der Abb. 30 finden sich diese lateralsten Wurzelbündel (R VI') am lateralen Rand des ventralen Feldabschnittes. Sie vereinigen sich in ihrem weiteren Verlauf an der Basis der Haube wieder mit dem am medialen Rand dieses Feldabschnittes verlaufenden Hauptteil der Abducenswurzel. Am ventralen Pol dieses Feldabschnittes liegt der *Nucleus corporis trapezoidei medialis* (Ntrm). An ihn schließt sich dorsal und etwas lateral die *obere Olive* (Os) an. Die Fasern des Olivenstiels (Pos) treten an der dorso-medialen Kante aus der oberen Olive aus und verlaufen dorsalwärts in Richtung auf den Abducenskern zu (N VI). Zwischen den Fasern des Olivenstiels findet sich eine Anzahl quergetroffener Bündelchen (Ll'?), welche sich durch ihre dunklere Färbung deutlich von der Umgebung abheben. Noch deutlicher und zahlreicher sind diese Bündelchen weiter oral auf dem Schnitt der Abb. 5 sichtbar. Ihre Lage nach entsprechen sie dem Feld Ftc''' von *Ziehen* (l. c. Abb. 64, S. 374, ferner S. 379 und 652 f.). Diese Bündel sollen identisch sein mit dem Tractus deitersospinalis und eine Strecke weit im ventralen Abschnitt der Z.H.B. verlaufen. Es ist deshalb nötig, auf sie etwas näher einzugehen.

Als erster beschrieb diese Bündel *Bruce* bei einem 9 Monate alten Fetus; später brachten *Breuer* und *Marburg* (dort auch weitere ältere Literaturangaben) degenerierte Fasern bei einem Fall multipler Erweichungsherde mit diesen Bündeln in Zusammenhang. In neuerer Zeit hat *Alexander* den Tractus deitersospinalis bei verschiedenen Säugern gesehen. Nach den Angaben dieser Autoren nimmt das deitersospinale Bündel folgenden Verlauf: Seine Fasern verlassen den *Deitersschen* Kern an seinem ventralen Rand, steigen ventral- und etwas medialwärts ab und kreuzen dabei den Austrittsschenkel sowie den Kernschenkel der Facialiswurzel und den Stiel der oberen Olive. Spätestens in der Höhe des oralen Pols der unteren Olive gewinnen sie Anschluß an den ventralen Feldabschnitt der Z.H.B. und verlaufen

dann in dessen Areal weiter caudalwärts. — Einen derartigen Verlauf konnte ich bei sorgfältiger Durchsicht verschiedener Serien für die Bündel Ll' , ? der Abb. 5 und 30 nicht finden, obwohl diese Fasern ohne Zweifel identisch sind mit den Fasern Ftc'' von *Ziehen*. Zunächst zeigen die Bündel Ll' ? genau das Verhalten wie *Ziehen* es beschreibt (l. c. S. 379): Die Bündelchen liegen an der lateralen Seite des ventralen Feldabschnittes der Z.H.B. im Anfangsteil des Olivenstiels; ihre Fasern haben ungefähr das gleiche Kaliber wie die der Z.H.B., weisen aber eine andere Verlaufsrichtung auf, indem die kurzen, schräg geschnittenen Faserstücke die Neigung haben, in oraler Richtung dorsolateralwärts abzuweichen. Verfolgt man die Serie oralwärts bis zum Schnitt der Abb. 5, so zeigt es sich, daß die Bündelchen ständig an Zahl zunehmen. Sie befinden sich hier noch immer am Anfangsteil des Olivenstiels und grenzen medialwärts unscharf an die Z.H.B. Nun sieht man aber auch im Innern der oberen Olive Bündelchen auftreten, die ganz das gleiche Aussehen haben. Offenbar handelt es sich also um nichts anderes als um den Ursprungsteil der lateralen Schleife aus der oberen Olive. Tatsächlich konnte ich die fraglichen Bündelchen ohne Unterbrechung bis in die dorsomediale Spitze des lateralen Schleifenfeldes auf Abb. 29 (Ll') verfolgen.

Den Tractus deitersospinalis konnte ich dagegen nicht sicher auffinden. Man kann zwar auf der Höhe der Abb. 5 längsgeschnittene Fasern den Austrittsschenkel der Facialiswurzel ($R VII'$) kreuzen sehen (Tds ?), welche aus der Gegend des *Deiters*-schen Kernes herzukommen scheinen und in ventromedialer Richtung gegen die Haubenmitte zu vordringen. Diese Fasern vereinigen sich aber nicht zu einem geschlossenen Bündel, sondern zerstreuen sich zwischen den quergeschnittenen Haubenfasern und entziehen sich dadurch der weiteren Verfolgung. Sie sind nicht sehr zahlreich. Gelangen sie wirklich in das Gebiet der Z.H.B., so stellen sie im Verhältnis zur Größe dieser Bahn nur einen sehr geringen Faserzufluß dar.

Dorsalwärts ist der ventrale Abschnitt der Z.H.B. durch ein grobes, graues Maschenwerk (Fr_3) zerklüftet. Die Grenze gegen die Substantia reticularis ist hier unscharf. Der „gebündelte Anteil“ dieses Feldabschnittes ($vFtc''$) stammt hauptsächlich vom dorsalen Feldabschnitt, wie sich bei genauer Verfolgung der Serie zeigt (vgl. auch Abb. 5); d. h. also, ein Teil des dorsalen Feldabschnittes schließt sich caudalwärts dem ventralen an. Im medialen Anteil von $vFtc$ ($vFtc'$) sind die Fasern immer noch diffus angeordnet. Die mediale Grenze des Abschnittes scheint hier infolge eines hellen Streifens (s) sehr scharf zu sein; dieser Streifen wird durch ein Blutgefäß hervorgerufen, welches in benachbarter Ebene in dorsoventraler Richtung durch die Haube zieht. Auf anderen Höhen geht dieser Feldabschnitt auch medialwärts ohne scharfe Grenze in die Substantia reticularis über. Das ventrale Haubenbündel *Spitzers* sowie der Nucleus pterygoideus sind aus der medialen Nachbarschaft verschwunden.

Die *Struktur des ventralen Feldabschnittes* hat sich insofern verändert, als zarte, in leichtem Bogen transversal verlaufende, helle Streifen die Fasern etwas auflockern. Diese Streifen durchsetzen auch die dorsalen Teile der medialen Schleife. Am ventralen Pol der Z.H.B. fehlen sie dagegen (ebenso wie in den ventralen Teilen der medialen Schleife).

Der *dorsale Feldabschnitt* der Z.H.B. ($dFtc$) hat sich, wie erwähnt, geteilt, indem er von seinem „gebündelten“ Gebiet einen beträchtlichen

Anteil seiner Fasern an den ventralen Feldabschnitt abgegeben hat. Der Rest dieses Feldabschnittes ist vollständig in der Substantia reticularis der Area acclinis aufgegangen. Daß beide Feldabschnitte auch hier noch miteinander zusammenhängen, macht das Fehlen einer scharfen Grenze wahrscheinlich. Medialwärts grenzt die Area acclinis an das Feld 9 von *Ziehen* (A_9), in welchem die Fasern zu größeren Bündelchen zusammengeschlossen sind. Die Grenze zwischen Area acclinis und dem Feld 9 bildet ungefähr die Verlängerung des Bezeichnungsstriches N VI. Die Area acclinis ist in dieser Höhe im wesentlichen die Fortsetzung des „diffusen Anteils“ des dorsalen Feldabschnittes der Z.H.B. von Abb. 29. Auch jetzt noch liegen die Fasern ziemlich locker und gleichmäßig verteilt beieinander. Die Struktur dieses Gebietes hat sich jedoch dadurch vergrößert, daß längere und kürzere, längsgeschnittene Faserzüge darin verlaufen, welche teils dem Kernschenkel der Facialiswurzel (R VII') angehören, teils als *Fibrae arcuatae internae* (Fai) anzusprechen sind. Ob überhaupt noch innerhalb der Area acclinis Neurone aus den Ursprungsbündeln der Z.H.B. verlaufen, oder ob an ihrer Stelle neue Neurone, Eigenfasern aus der Substantia reticularis, getreten sind, läßt sich an Hand normal anatomischer Untersuchungen nicht entscheiden. Für die Annahme, daß in dem dorsalen Feldabschnitt der Z.H.B. vorwiegend kurze Neurone verlaufen, spricht die Tatsache, daß dieser Feldabschnitt ein sehr lockeres Gefüge aufweist und von zahlreichen Nervenzellen bevölkert wird.

Am dorsalen Rand des Nucleus facialis (N VII) liegen zwischen seinen längsgeschnittenen, austretenden Wurzelfasern quergetroffene Bündelchen (p), welche sich durch ihre dunklere Tönung etwas von ihrer Umgebung abheben. Bei der Unsicherheit der Abgrenzung von Fasern innerhalb der Substantia reticularis ist ihre Herkunft schwer zu bestimmen. Charakteristisch ist ihre Lage dorsal vom Nucleus VII in der ganzen (longitudinalen) Ausdehnung dieses Kernes (vgl. auch Abb. 5). Sie scheinen sich oralwärts bis in das mit p ? bezeichnete Feld auf Abb. 29 verfolgen zu lassen. Vielleicht muß man sie also auch zur Z.H.B. rechnen. Mit den *Fasciculi comitantes trigemini* scheinen sie nichts zu tun zu haben, da diese nach *Ziehen* auf der Höhe der Abb. 30 weiter lateral bei Fctr liegen. *Fuse* und v. *Monakow* bezeichnen diese Fasern p in ihrem Atlas als *Fasciculus deitersospinalis*.

Der *mediale Feldabschnitt* der Z.H.B. (mFtc) hat nun vollends Anschluß an die Raphe und das hintere Längsbündel gewonnen und bildet damit in dieser Höhe die Hauptfasermasse der Area praedorsalis. Vom *hinteren Längsbündel* (Flp) unterscheidet sich der mediale Feldabschnitt dadurch, daß ein ziemlich kräftiges, graues Netzwerk die Fasern zu Bündelchen abteilt, während im Gebiet des hinteren Längsbündels graue Substanz fast vollständig fehlt. Verhältnismäßig scharf hebt sich die Area praedorsalis auch von dem ventral sich anschließenden hellen Gebiet der Substantia reticularis ab; dagegen hängt sie lateralwärts mit der Area acclinis zusammen. Auch gegen den ventralen Feldabschnitt der Z.H.B. ist die Grenze nicht scharf. Es ist schwer, innerhalb der Area

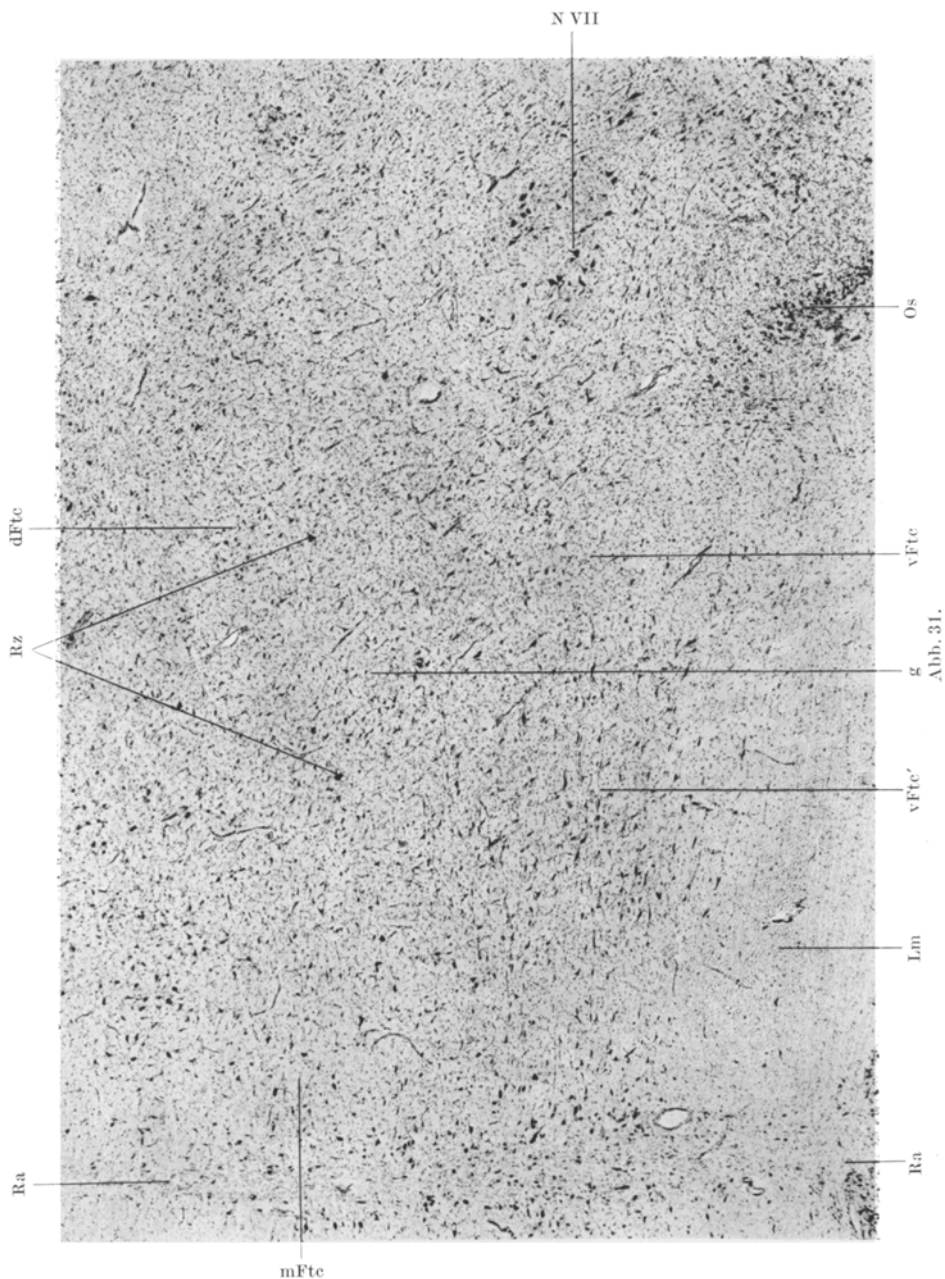


Abb. 31. Normalserie K. Schnitt C/20. Nissl-Färbung. Vergr. 36×. Querschnitt durch die caudale Brückenhaube. Die Anordnung der Nervenzellen in der Substantia reticularis und in der Z.H.B. dFtc Gebiet des dorsalen Teilbündels, g Gebiet des „gebündelten Anteils“, Lm Mediale Schleife, mFtc Gebiet des medialen Teilbündels, N VII Facialiskern. Os obere Olive. Ra Raphe. Rz Riesenzellen. vFtc Gebiet des ventralen Teilbündels, vFtc' dessen „diffuser Anteil“.

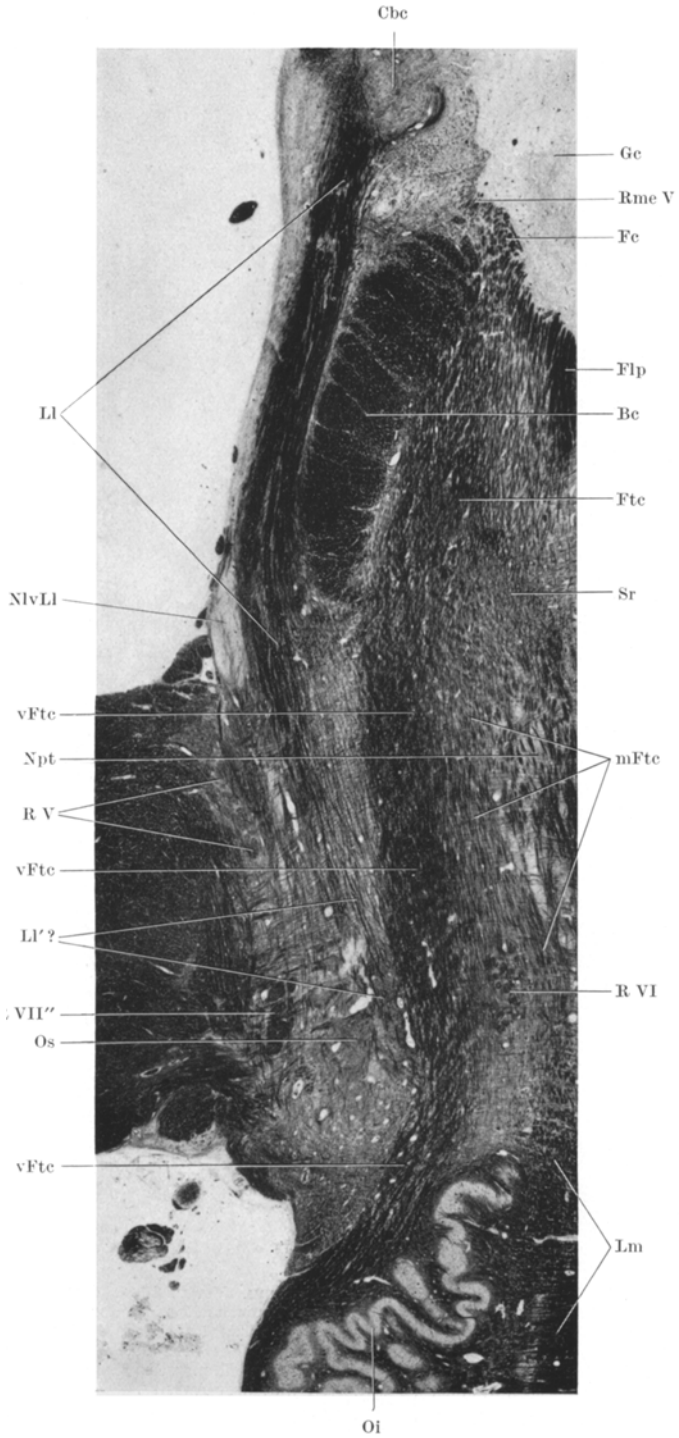


Abb. 32.

praedorsalis noch dickkalibrige Fasern der *Fasciculi tectobulbares* zu finden. Mögen nun diese Bündel auf dieser Höhe bereits verschwunden oder nur spärlicher geworden sein, ganz abzulehnen ist jedenfalls die Bezeichnung Tractus tectobulbaris für das ganze prädorsale Gebiet. Man vergleiche nur den Umfang des Tractus tectobulbaris auf Abb. 26 mit dem der Area praedorsalis auf Abb. 30!

Die *Struktur der Area praedorsalis* hat sich gegenüber der Abb. 29 nicht wesentlich verändert. Es ist jedoch bemerkenswert, daß feinere Fasern jetzt nicht mehr so zahlreich vorkommen, wie im medialen Feldabschnitt der Z.H.B. in oraleren Ebenen. —

Das *Nissl*-Bild der Abb. 31 liegt etwas weiter oral als das *Weigert*-Präparat von Abb. 30. Es zeigt die Brückenhaube bei stärkerer Vergrößerung. Zur Orientierung verweise ich auf den Nucleus olivaris superior (Os) und den Nucleus facialis (N VII). Die Zellen der Substantia reticularis grisea sind zahlreicher als auf Abb. 28. Die mittelgroßen Elemente herrschen vor; Riesenzellen finden sich nur ganz vereinzelt (Rz) in dem „gebündelten Anteil“ des ventralen Feldabschnittes der Z.H.B. (g). Im wesentlichen sind die Zellen gleichmäßig über das ganze Gebiet der Substantia reticularis verbreitet. Nur im ventralen Feldabschnitt der Z.H.B. sind sie spärlicher, aber auch hier zahlreicher als auf der Höhe der Abb. 28, besonders im „diffusen“ medialen Anteil von vFtc (vFtc'). Die Nervenzellen liegen hier mit ihrer Längsachse parallel zu den auf dem Markscheidenbild ungefärbten, transversal verlaufenden Streifen. Besondere Zellsammlungen finden sich innerhalb der Substantia reticularis nicht. —

Die besonderen Eigentümlichkeiten der Z.H.B. während ihres Verlaufes in der Brückenhaube werden übersichtlich auf Längsschnitten sichtbar. Abb. 32 zeigt den Schnitt einer schräg horizontalen Serie. (Die Ebene dieser Serie steht senkrecht auf der Medianebene, ihre Neigung zur *Meynertschen* Achse ist auf Abb. 13 und 33 durch die Gerade sH' 180 angedeutet.) Infolge dieser schrägen Schnittebene sind vom Mittelhirn dorsale Teile, nämlich das zentrale Höhlengrau (Gc) und der hintere Zweihügel (Cbc), von der Medulla oblongata dagegen ventrale Teile, nämlich die untere Olive (Oi), angeschnitten. Ebenso sind im Mittelhirn dorsale Teile der Z.H.B. (Ftc) getroffen, welche dem hinteren Längsbündel (Flp) und den Fasciculi confines (Fc) anliegen. Hier liegen die

Text zu Abb. 32.

Abb. 32. Normalserie sH'. Schnitt 180. Markscheidenfärbung. Vergr. 6 ×. Schräg horizontaler Schnitt durch die Medulla oblongata und die Brücke. Der caudale Verlaufsabschnitt der Z.H.B., die Beziehungen des ventralen Teilbündels zur unteren Olive und die Abspaltung des medialen Teilbündels. Bc Bindearm. Cbc caudaler Zweihügel. Fc Fasciculi confines. Flp hinteres Längsbündel Ftc Z.H.B. in der oralen Brückenhaube. Gc zentrales Höhlengrau. Ll laterale Schleife. Ll' ? vermutlich deren Beginn. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel. NlvLl Nucleus lateroventralis lemnisci lateralis. Npt Nucleus pterygoideus. Oi untere Olive. Os obere Olive. Rme V mesencephale Trigeminiwurzel. R V Trigeminiwurzel. R VI Abducenswurzel. R VII' Austrittsschenkel des Facialis. Sr Substantia reticularis. vFtc ventrales Teilbündel.

Fasern ziemlich gleichmäßig und nicht sehr dicht beieinander, wie man es nach dem Querschnitt der Abb. 25 erwarten muß, der dieser Höhe entspricht. Caudalwärts aber durchflechten sich die einzelnen Faserbündelchen gegenseitig, ganz ähnlich, wie dies auch im Mittelhirn (vgl. Abb. 23 auf der Höhe Q 1180) zu sehen war. Von der Höhe des Nucleus pterygoideus (Npt) an caudalwärts hat der Schnitt vor allem den dunkler gefärbten, ventralen Feldabschnitt (vFtc) getroffen, in welchem die Fasern sehr dicht beieinanderliegen und sehr wenig graue Substanz zwischen sich fassen. Am caudalen Brückenende biegen die Fasern lateralwärts ab und legen sich dann der Außenfläche des Nucleus olivaris inferior an (Oi). Sehr auffallend ist der mediale Rand der Z.H.B. Hier findet man während des ganzen Verlaufes in der Brückenhaube nirgends eine scharfe Grenze gegen die sich medial anschließende Substantia reticularis (Sr). Schon am oralen Brückenende liegen Fasern der Z.H.B. medial, dicht neben dem hinteren Längsbündel. Sie verlaufen parallel zur Raphe (rechter Bildrand) in den medialen Teilen der Substantia reticularis weiter, treten aber bald nach dorsal aus der Schnittebene aus. Aber auch aus den Teilen der Z.H.B., die weiter lateral liegen, wandern offenbar Fasern nach medial ab. Oral vom Nucleus pterygoideus kann man diese Abwanderung nur aus der unscharfen medialen Grenze schließen, da hier die Fasern der Z.H.B. schräg oder quer getroffen sind. Dagegen kann man auf der Höhe des Nucleus pterygoideus deutlich sehen, wie nunmehr längsgeschnittene Fasern medialwärts wandern und am caudalen Pol dieses Kernes, medial von den quergeschnittenen Wurzelbündeln des Abducens (R VI), unmittelbar neben die Raphe zu liegen kommen. Diese Fasern stellen den ventralsten Teil des medialen Feldabschnittes der Z.H.B. dar (mFtc). Sie treten caudal von der Abducenswurzel aus der Schnittebene aus.

Die laterale Grenze der Bahn ist dagegen ziemlich scharf. Am caudalen Brückenende legt sich die Z.H.B. der oberen Olive (Os) dicht an. Hier verlaufen in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft kleine Faserzüge (Ll' ?), die offenbar mit der oberen Olive in Zusammenhang stehen. Sie sind identisch mit den ebenso bezeichneten Fasern auf Abb. 30. Man kann nun auf dem schrägen Horizontalschnitt sehr deutlich erkennen, wie diese Fasern (Ll' ?) sich oralwärts der lateralen Schleife (Ll) anschließen. —

Die Abspaltung des medialen Teilbündels der Z.H.B. kommt gut zur Anschauung auf einem weiter dorsal gelegenen Schnitt der schräg horizontalen Serie (Abb. 33). Etwa in der Höhe der Trigeminiwurzel (R V) nimmt hier das gemeinsame Faserfeld der Z.H.B. und der Substantia reticularis einen großen Teil der Haube ein. Aus dieser Fasermasse tritt ein etwas dunklerer Faserzug hervor, welcher im wesentlichen dem ventralen Teilbündel entspricht (vFtc); doch läßt sich dieses gegen die übrigen sagittal verlaufenden Fasern seiner medialen Nachbarschaft auch auf

dem schräg horizontalen Schnitt nicht scharf abgrenzen. Vom medialen Teilbündel (mFtc) enthält dieser Schnitt nun wesentlich mehr Fasern als das Präparat der Abb. 32. Man kann deutlich erkennen, daß die meisten Fasern des medialen Teilbündels sich in der oralen Brückenhälfte

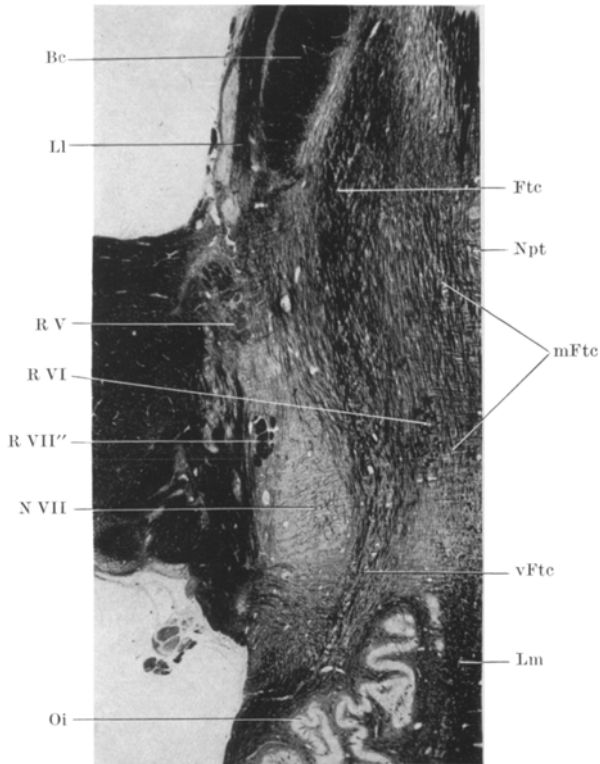


Abb. 33. Normalserie sH''. Schnitt 205. Markscheidenfärbung. Vergr. 4 ×. Schräg horizontaler Schnitt durch die Medulla oblongata und die Brücke. Der caudale Verlaufsabschnitt der Z.H.B., die Beziehungen des ventralen Teilbündels zur unteren Olive und die Abspaltung des medialen Teilbündels. Bc Bindearm. Ftc Z.H.B. Ll laterale, Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel. Npt Nucleus pterygoideus. N VII Facialis Kern. Oi untere Olive. R V Trigeminiwurzel. R VI Abducenswurzel. R VII'' Austrittsschenkel des Facialis. vFtc ventrales Teilbündel.

aus dem einheitlichen Feld der Z.H.B. abspalten, caudalwärts allmählich nach medial wandern und auf der Höhe der Abducenswurzel (R VI) neben die Raphe zu liegen kommen.

Auf dem Schnitt der Abb. 33 ist nun auch die laterale Grenze der Z.H.B. nicht mehr so scharf. Wir sahen schon S. 510, daß auf der Höhe der Brückenmitte die dorsalen Teile des ventralen Teilbündels unscharf an die sagittal verlaufenden Fasern der Substantia reticularis, an die laterale Schleife und vielleicht auch an einen Teil der Fasciculi comitantes

trigemini grenzt. Eine sichere Unterscheidung all dieser Fasern ist auch auf schräg horizontalen Schnitten nicht möglich. —



Abb. 34. Normalserie S''. Schnitt 81. Markscheidenfärbung. Vergr. 5×. Sagittalschnitt durch die Brücke und die oralsten Teile der Medulla oblongata. Gabelung der Z.H.B. in das mediale und dorsale Teilbündel. Be Bindearm. dFte dorsales Teilbündel, dFte' dessen „diffuser Anteil“. Flp' laterale Fasern des hinteren Längsbündels. Fr2 zentrales Gebiet der Substantia reticularis. Fte Z.H.B. Fty ventrales Haubenbündel. g „gebündelter Anteil“. Gf Genu facialis. Im mediale Schiefer. Oi untere Olive. P Pyramidenbahn. Rmc V Radix mesencephalica trigemini. R IV Trochleariswurzel. Sr Substantia reticularis. vFte ventrales Teilbündel. Δ Radiatio deltoidea. * Durchflechtung der Z.H.B. mit dem Bindearm.

Das Verhalten des dorsalen Feldabschnittes der Z.H.B. läßt sich am besten auf einem Sagittalschnitt beobachten. Der Schnitt der Abb. 34 gehört zu der gleichen Serie wie die Präparate der Abb. 13a—d. Seine Lage ist auf den Abb. 25—27 und 29—30 durch die Gerade S'' 81

angedeutet. Die Hauptmasse der Z.H.B. liegt während der Durchflechtung (*) mit dem Bindearm (Bc) lateral von der Schnittfläche der Abb. 34 und tritt erst caudal vom Bindearm in diese ein (Ftc). Man kann deutlich erkennen, daß die Fasern der Bahn im Bereich des Bindearms annähernd parallel zueinander liegen, caudal davon sich aber mehr und mehr gegenseitig durchflechten. Auf der Höhe der Geraden Q 530 sieht man die Gabelung des Bündels in die Abschnitte dFtc und vFtc. Man kann bei genauerer Betrachtung deutlich erkennen, daß nicht nur aus dem dorsalen Teil des geschlossenen Bündels (Ftc) Fasern in den Abschnitt dFtc übergehen, sondern daß diesem auch aus ventralen Teilen Fasern zufließen. Das gleiche gilt mutatis mutandis für den Abschnitt vFtc und wie oben erwähnt auch für das mediale Teilbündel mFtc. Mit andern Worten: *Die einzelnen Teilbündel der Z.H.B. in der caudalen Brückenhälfte sind im gemeinsamen Faserfeld der oralen Brückenhälfte und des Mittelhirns nicht als Einheiten vorgebildet. Vielmehr beziehen die Teilbündel ihre Fasern durch Umlagerung aus sämtlichen Abschnitten des ehemals gemeinsamen Faserfeldes.*

Caudalwärts nähert sich das ventrale Teilbündel der Z.H.B. mehr und mehr der medialen Schleife (Lm). Seine Fasern schließen sich dicht zusammen, wodurch das Bündel ein ähnliches Aussehen erhält, wie die benachbarte Schleife. Das dorsale Teilbündel steigt dorsalwärts an und kommt dicht unter die Radiatio deltoidea (Δ) zu liegen. Zwischen dem dorsalen und dem ventralen Teilbündel bleibt eine hellere Zone (Fr₃) frei. Am dorsalen Teilbündel kann man deutlich einen dorsalen Anteil erkennen, in dem die Fasern gleichmäßig und parallel beieinander liegen (dFtc'). Er entspricht dem „diffusen Anteil“ der Abb. 27, 29 und 30. Man sieht, daß auch dieser diffuse Anteil weitgehend aus der Z.H.B. hervorgeht. An ihn schließt sich ventral der „gebündelte Anteil“ (g) an. Dieser ist gegen das hellere Zwischenfeld Fr₃ nicht scharf abgesetzt. Auf der Höhe des Facialisknies (Gf) gehen zahlreiche Fasern dieses „gebündelten Anteils“ in das ventrale Teilbündel über. Andere Fasern verlaufen aber in der Substantia reticularis weiter caudalwärts. Auf der Höhe des Facialisknies tritt das dorsale Teilbündel, das ist also jetzt sein diffuser Anteil und der Rest seines gebündelten Anteils, aus der Schnittebene nach medial aus. Untersucht man medialwärts gelegene Schnitte dieser Serie, so zeigt es sich noch deutlicher, daß das Bündel dFtc sich caudalwärts in der Substantia reticularis weitgehend erschöpft.

Wenn wir die zu Beginn dieses Kapitels gestellten Fragen an Hand der vorangegangenen Untersuchungen zu beantworten suchen, so ergibt sich **zusammenfassend** folgendes:

1. *Die Ursprungsbündel der Z.H.B. lassen sich in caudalen Verlaufsabschnitten nicht mehr voneinander trennen.* Die Strukturunterschiede der Bahn im Mittelhirn werden durch verschiedene Ausbildungen des grauen

Netzwerkes der Substantia reticularis hervorgerufen. Längsschnitte (Abb. 23) sprechen dafür, daß schon *unmittelbar caudal vom R.K. sich die Fasern der Ursprungsbündel weitgehend umlagern und miteinander vermischen*. Eine weitere gegenseitige Durchmischung der Fasern findet auch in der *oralen Brückenhälfte* statt. Unmittelbar caudal von der Durchflechtung der Bahn mit dem Bindearm, also an der Grenze des Mittelhirns gegen die Brücke, bietet ihr Querschnittfeld ein sehr einheitliches Bild (Abb. 25).

2. Dieses einheitliche Bündel löst sich in der oralen Hälfte der Brücke weitgehend auf und verteilt seine Fasern fast über den ganzen Querschnitt der Substantia reticularis (Abb. 26). *Dabei treten die Fasern offenbar in besonders innige Beziehungen zur Substantia reticularis*: Das graue Netzwerk durchsetzt das ganze Feld der Z.H.B.; außerdem erfolgt eine Vermischung der markhaltigen, sagittal verlaufenden Fasern der Substantia reticularis mit denen der Z.H.B. Eine Trennung der beiden Faserarten läßt sich nicht durchführen. Aus dieser gemeinsamen Faser-masse bilden sich etwa auf der Höhe der Brückenmitte durch Gabelung *drei Teilbündel*, die sich in ihrem weiteren Verlauf immer mehr voneinander trennen (Abb. 33—34): Das *ventrale Teilbündel* kommt unmittelbar auf die dorsale Fläche der medialen Schleife zu liegen und erreicht in der Medulla oblongata die Außenfläche der unteren Olive; nur dieses ventrale Teilbündel wurde bisher im Schrifttum als Z.H.B. bezeichnet. Die Gründe, die mich veranlassen, auch die beiden anderen Teilbündel zur Z.H.B. zu rechnen, werden später (S. 565) ausführlich auseinandergesetzt. — Das *mediale Teilbündel* legt sich der Raphe an und verläuft in der Area praedorsalis weiter caudalwärts (Abb. 30). — Das *dorsale Teilbündel* nähert sich dem dorsalen Rand der Haube und bildet hier die Area acclinis von Ziehen. — *Alle drei Teilbündel stehen in innigen Beziehungen zur Substantia reticularis*. Besonders gilt dies für das *dorsale Teilbündel*, welches sich weitgehend in den dorsalen Teilen der Substantia reticularis auflöst. Die lockere Anordnung seiner Fasern und die starke Ausbildung des zellreichen grauen Netzwerkes spricht dafür, daß dieses dorsale Teilbündel aus *kurzen Fasern* zusammengesetzt ist. Im *medialen Teilbündel* liegen die Fasern dicht beisammen, wie dies bei *längeren Bahnen* der Fall ist. Doch findet sich auch hier ein ziemlich grobes, graues Netzwerk, das von zahlreichen Nervenzellen der Substantia reticularis bevölkert ist. Das *ventrale Teilbündel* unterhält nur an *seiner dorsalen und medialen Fläche Beziehungen zur Substantia reticularis*. Der Hauptteil dieses Bündels beherbergt in seinem Inneren nur sehr wenig Nervenzellen.

Diese innigen Beziehungen der Z.H.B. zur Substantia reticularis weisen auf die Möglichkeit hin, daß Fasern der Z.H.B. in ihr endigen. Solche Endigungen können während des ganzen Verlaufes der Bahn stattfinden, da sie überall von Substantia reticularis durchsetzt ist. Nur das ventrale Teilbündel scheint weitgehend aus langen Fasern zusammengesetzt zu sein. Es ist auch das einzige Bündel, welches in die untere Olive übergeht.

3. Die Tatsache, daß sich die Z.H.B. in der oralen Brückenhälfte auflockert und mit den markhaltigen Fasern der Substantia reticularis ein gemeinsames Faserfeld bildet (Abb. 26), aus dem die Teilbündel hervorgehen, macht es ferner sehr wahrscheinlich, daß *die Z.H.B. durch Fasern aus der Substantia reticularis verstärkt wird*. Es scheint aber auch die Annahme berechtigt zu sein, daß schon im Mittelhirn Fasern der Substantia reticularis sich der Z.H.B. anschließen, deren Ursprungszellen teils in der Nachbarschaft, teils im Inneren der Bahn liegen. Ganz entsprechend erhalten wahrscheinlich auch die Teilbündel in ihrem weiteren Verlauf Zuflüsse von seiten der Substantia reticularis. Auf die nahe Verwandtschaft zwischen Z.H.B. und Substantia reticularis alba weisen außer den innigen Lagebeziehungen besonders die weitgehende Ähnlichkeit des Faserkalibers und der Struktur hin. Deswegen ist eben auch eine scharfe Abgrenzung der Z.H.B. gegen die Substantia reticularis fast nirgends möglich.

4. *Im Feld der Z.H.B. verlaufen streckenweise Bahnen, die sicherlich mit ihr nicht in Beziehung stehen:* Im Mittelhirn und in den oralen Teilen der Brücke liegen die *Fasciculi confines* (*Ziehen*) mit der Z.H.B. in einem gemeinsamen Faserfeld. Das sehr dünne Faserkaliber dieser „Grenzbündel“ weist schon auf ihre andersartige Bedeutung hin. — Ferner finden sich versprengte Fasern des *hinteren Längsbündels* im Feld der Z.H.B., besonders während ihres Verlaufes im Mittelhirn (Abb. 19). — Im medialen Teilbündel verlaufen Fasern des *Tractus tectobulbaris*, die sich durch ihr dickes Faserkaliber unterscheiden. — Außer diesen Fasern, welche die gleiche, sagittale Verlaufsrichtung haben, wie die Z.H.B. durchqueren zahlreiche, auf dem Querschnitt schräg- oder längsgetroffene Fasern das Feld der Bahn. Hier sind vor allem der Bindearm zu nennen, ferner kleinere Faserzüge, wie die *Fasciculi tectobulbares* vor ihrem Eintritt in die *Meynertsche Kreuzung*, Trapezfasern usw. Hierher gehören auch die markarmen Nervenfasern, welche als „*Radiatio tegmenti grisea*“ auf der Höhe des Trochleariskernes das Feld der Z.H.B. durchqueren. — Es sei bemerkt, daß ich den *Tractus deitersospinalis*, welcher nach *Ziehen*, *A. Alexander* u. a. streckenweise im Bereich der Z.H.B. verlaufen soll, hier nicht auffinden konnte.

5. Die Endstätten der Zentralen Haubenbahn.

Will man durch das Studium normal anatomischer Präparate die Endigung der Z.H.B. feststellen, so stößt man auf die größten Schwierigkeiten. Im vorigen Kapitel hat es sich gezeigt, daß die Fasern der Z.H.B. sich in der Brücke in ähnlicher Weise auflockern, wie dies bei Bahnen der Fall ist, wenn sie mit ihrem Endkern in Beziehung treten. Wir hielten schon deshalb die Annahme für berechtigt, daß ein Teil der Fasern der Z.H.B. gewissermaßen schon während des Verlaufes der Bahn in der Substantia reticularis endigt. Der Endpunkt einzelner Fasern läßt sich jedoch an

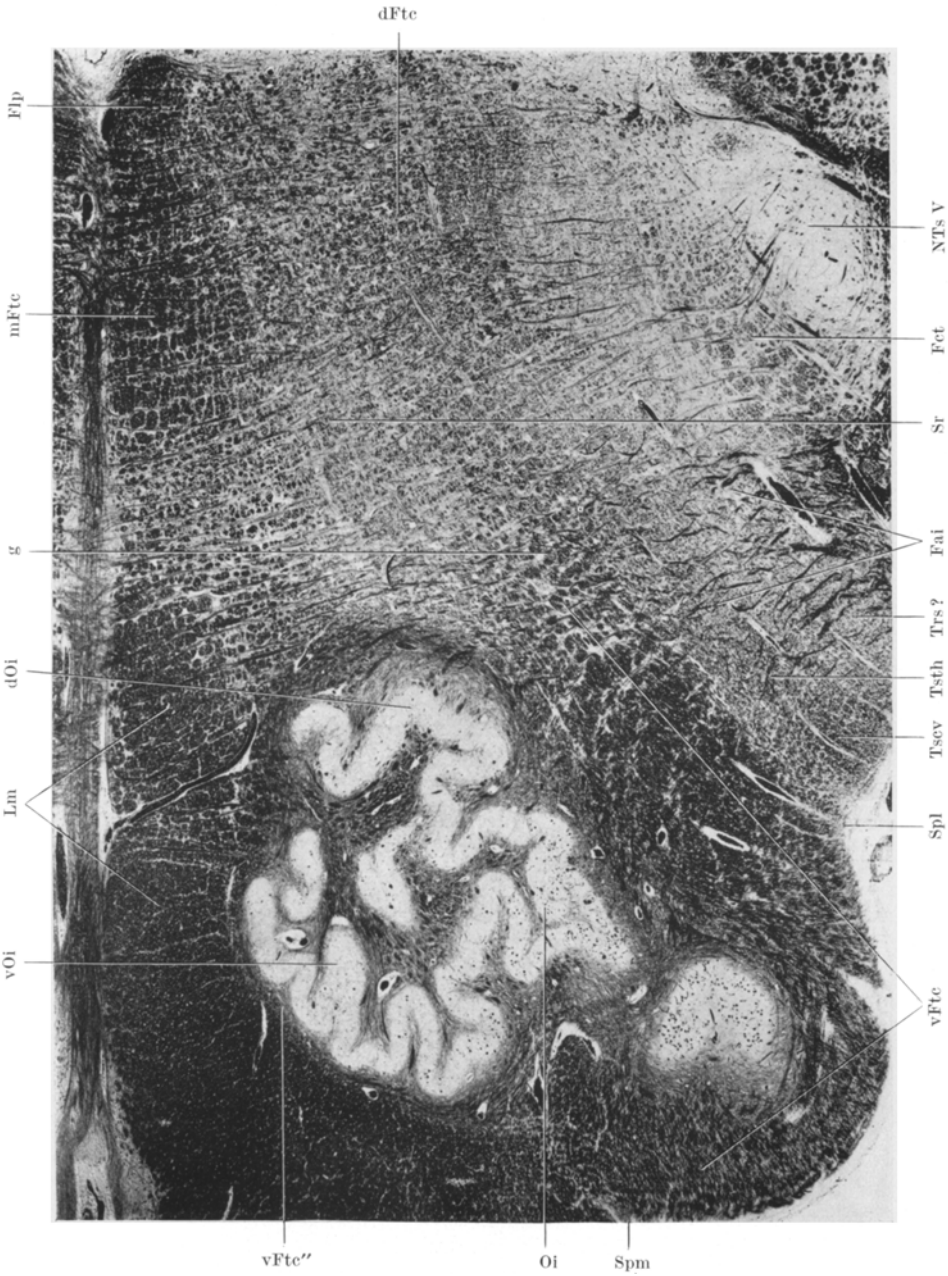


Abb. 35.

normal anatomischen Präparaten nicht feststellen. Wir wollen deshalb jetzt versuchen, die Endstätten der drei Teilbündel aufzufinden.

a) Die Endigung des ventralen Teilbündels.

Auf Abb. 4, S. 450 ist zu sehen, daß das ventrale Teilbündel der Z.H.B. (vFtc) sich der lateralen Seite des oralen Pols der unteren Olive (Oi) als ziemlich geschlossenes Faserfeld anlegt. Die Hauptmasse dieser Fasern liegt zwar noch ein ganzes Stück lateral von dem Nucleus olivaris inferior und ist von diesem durch eine hellere Zone getrennt. Gefäße (Blg), die durch die Fortsetzung des Sulcus parolivaris medialis (Spm') in die Medulla oblongata eintreten, verstärken noch den Eindruck der Trennung der Z.H.B. von der unteren Olive. Bei näherem Zusehen kann man aber erkennen, daß schräggesechnittene Faserstücke aus dem ventralen Teilbündel in den Olivenmantel (Ao) übertreten. Die Z.H.B. hat in dieser Höhe bereits die ventrolaterale Oberfläche der Medulla oblongata erreicht und nimmt hier den Raum zwischen der Fortsetzung des Sulcus parolivaris medialis und der Fortsetzung des Sulcus parolivaris lateralis (Spl') ein. Dorsal reicht das Feld des ventralen Teilbündels noch etwas über den dorsalen Rand des Olivenpols hinaus (vFtc'). Hier steht das Bündel offenbar noch in inniger Beziehung zur Substantia reticularis (Sr), wie man aus der lockeren Anordnung der Fasern und aus der unscharfen Grenze schließen kann. —

Verfolgt man die Serie caudalwärts, so zeigt es sich, daß die laterale Kante der unteren Olive — das ist die Vereinigungsstelle des dorsalen und ventralen Olivenschenkels — wie ein stumpfer Keil in das ventrale Teilbündel lateralwärts einschneidet, so zwar, daß sowohl dorsal als auch ventral von dieser Kante Fasern des Teilbündels zu liegen kommen. Auf dem Schnitt der Abb. 35, der 1,1 mm caudal von dem der Abb. 4 die Medulla oblongata getroffen hat, kann man sehen, wie die untere Olive (Oi) an ihrer ganzen lateralen Fläche von Fasern der Z.H.B. (vFtc) umgeben wird. Ferner sieht man, daß das ventrale Teilbündel an der Oberfläche der Medulla oblongata immer noch vom Sulcus parolivaris medialis (Spm) bis zum Sulcus parolivaris lateralis (Spl) reicht. In der lateralen Nachbarschaft findet sich das Gowerssche Bündel (Tscv). Die Fasern des

Text zu Abb. 35.

Abb. 35. Normalserie Q. Schnitt 66. Markscheidenfärbung. Vergr. 17×. Querschnitt durch die Medulla oblongata in der Höhe der oralen Hälfte der unteren Olive. Die drei Teilbündel der Z.H.B. Die Endigung des ventralen Teilbündels in der unteren Olive. dFtc dorsales Teilbündel der Z.H.B. dOi dorsaler Schenkel der unteren Olive. Fai Fibræ arcuatae internæ. Fct Fasciculi comitantes trigemini. Flp hinteres Längsbündel. g „gebündelter Anteil“ des ventralen Teilbündels. Lm mediale Schleife. mFtc mediales Teilbündel der Z.H.B. NTs V Nucleus tractus spinalis trigemini. Oi Oliva inferior. Spl Sulcus parolivaris lateralis. Spm Sulcus parolivaris medialis. Sr Substantia reticularis. Trs ? vielleicht Tractus rubro-spinalis. Tscv Tractus spino-cerebellaris ventralis. Tsth Tractus spino-thalamicus. vFtc ventrales Teilbündel, vFtc' dessen ventromedialster Ausläufer. vOi ventraler Olivenschenkel.

*Gowers*schen Bündels unterscheiden sich bei stärkerer Vergrößerung deutlich durch ihr dickes Kaliber. Dorsolateral liegt der unscharf begrenzte Tractus spinothalamicus (Tsth). In dem Gebiet lateral davon soll der Tractus rubrospinalis verlaufen (Trs?). Das ventrale Teilbündel hebt sich gegen dieses ganze, lateral sich anschließende Gebiet durch seine dunklere Tönung verhältnismäßig gut ab. Dagegen besitzt das Bündel keine scharfe dorsale Grenze gegen die Substantia reticularis (Sr). In dem dorsalen Teil des Bündels (g), welcher hauptsächlich aus dem „gebündelten Anteil“ des dorsalen Teilbündels hervorgegangen ist (vgl. S. 521), findet sich immer noch das grobmaschige Netzwerk, das wir von der Abb. 30 her kennen. — An der ventralen Fläche der unteren Olive reicht das Teilbündel mit einem schmalen Fortsatz (vFtc'') bis an das mediale Ende des ventralen Olivenschenkels heran und trennt dadurch diesen von der medialen Schleife (Lm). — Die Fasern des ventralen Teilbündels sind teils schräg, teils quergetroffen. Man sieht jetzt noch deutlicher, wie zahlreiche Fasern in den Olivenmantel eintreten. Allerdings mag ein Teil dieser Fasern auch den Fibræ arcuatae internæ angehören (Fai), welche durch das ventrale Teilbündel hindurchtreten. Man kann noch nicht sicher angeben, ob das ventrale Teilbündel bereits kleiner geworden ist, da die meisten seiner Fasern schräggetroffen sind. —

Caudalwärts macht sich sehr rasch eine zunehmende Verkleinerung des ventralen Teilbündels bemerkbar (vgl. Abb. 3). Es reicht zwar auch in caudaleren Ebenen ganz um die Außenfläche der beiden Olivenschenkel herum. Der sich vergrößernde Nucleus olivaris nimmt aber jetzt mehr und mehr Fasern des Bündels in sich auf, wodurch der Bahnquerschnitt das Aussehen eines schmalen Bandes erhält, welches die laterale Fläche der unteren Olive umfaßt. Am dicksten bleibt dieses Band aber immer in dem Teil, welcher dem dorsalen Olivenschenkel anliegt. Auf Abb. 2 und 3 verlaufen in dem Gebiet des ventralen Teilbündels längsgeschnittene Fibræ arcuatae externæ (Fae) um die laterale Kante der Olive herum. —

Caudalwärts verschmälert sich das Band des ventralen Teilbündels immer mehr (vgl. Abb. 2). Besonders an der ventralen Fläche der unteren Olive werden die Fasern immer spärlicher. Statt dessen treten an dieser Stelle jetzt andere Fasern auf, welche sich im Übersichtsbild durch ihre hellere Tönung, bei stärkerer Vergrößerung durch ihr dünnes Kaliber von dem ventralen Teilbündel der Z.H.B. unterscheiden (Tos auf Abb. 2). Sie sind die oralsten Fasern der *Helweg*schen Bahn (= Tractus olivospinalis). Das Feld dieser *Helweg*schen Bahn hat die Gestalt eines Dreiecks; seine dorsale Seite grenzt an den Olivenmantel, seine medio-ventrale Seite an die Hypoglossuswurzel (R XII), seine lateroventrale Seite an die ventromedialsten Fasern der Z.H.B. (vFtc''). — Diejenigen Fasern des ventralen Teilbündels, welche dem dorsalen Olivenschenkel anliegen, sind schräg- oder längsgeschnitten. Sie scheinen zusammen mit

zahlreichen *Fibrae arcuatae internae* (Fai) in den *Nucleus olivaris* einzudringen. Die *Fibrae arcuatae internae* heben sich durch ihre dunklere Färbung ab. Dorsalwärts werden die Fasern des ventralen Teilbündels mehr und mehr quergetroffen. Diese quergetroffenen Fasern dringen teils auf caudaleren Ebenen ebenfalls in die untere Olive ein, teils verlaufen sie in dem ventralen Abschnitt der *Substantia reticularis* weiter. Zwischen den längs- und den quergeschnittenen Fasern des ventralen Teilbündels ist jetzt die dorsale Nebenolive (Oad) aufgetreten, welche hier in ein mediales und ein laterales Teilstück zerfällt. Ob das ventrale Teilbündel auch an die dorsale Nebenolive Fasern abgibt, läßt sich an normalen Serien nicht entscheiden. —

Caudalwärts erschöpft sich das ventrale Teilbündel sehr rasch. Am caudalen Pol der unteren Olive findet man an deren lateralen Kante nur noch wenig Fasern, die wahrscheinlich dem ventralen Teilbündel angehören. Die *Helwegsche* Bahn vergrößert sich dagegen, doch reicht sie dorsal wohl nie über die laterale Kante der Olive hinaus. Entlang dem dorsalen Olivenschenkel breitet sich das *Gowerssche* Bündel nach medial etwas aus und nimmt dadurch teilweise die Stelle ein, wo in weiter oral gelegenen Ebenen Fasern des ventralen Teilbündels lagen. Nachdem die untere Olive verschwunden ist, legt sich das *Gowerssche* Bündel unmittelbar der *Helwegschen* Bahn an. Vom ventralen Teilbündel lassen sich in dem Grenzgebiet zwischen diesen beiden Bahnen keine Fasern mehr nachweisen. Die Hauptmasse des Bündels endigt also in der unteren Olive. — Ein kleinerer Teil des ventralen Teilbündels scheint dagegen in das Gebiet der *Substantia reticularis* übergegangen zu sein, welches medial an die mediale Schleife, ventrolateral zunächst an den dorsalen Olivenschenkel, später an das *Gowerssche* Bündel angrenzt.

b) Die Endigung des medialen Teilbündels.

Das mediale Teilbündel legt sich caudal von der Höhe der Abb. 30 dicht der Raphe an und bildet zusammen mit dem hinteren Längsbündel ein langgestrecktes Faserfeld (Abb. 35, mFtc). Die beiden Bündel vermischen sich an ihrer Grenze miteinander, indem dicke Fasern des hinteren Längsbündels zwischen die dünneren Fasern des medialen Teilbündels zu liegen kommen. Ob in dieser Ebene beim Menschen noch Fasern des *Tractus tectobulbaris* verlaufen, läßt sich an normal anatomischen Schnitten nicht entscheiden; die grobkalibrigen Fasern der *Area praedorsalis* können ebensogut versprengten Teilen des hinteren Längsbündels angehören. Im medialen Teilbündel scheint das Faserkaliber etwas dicker geworden zu sein; es enthält nur noch wenig dünne Fasern. In transversaler Richtung ziehen zahlreiche längsgeschnittene Fasern durch das Bündel hindurch, welche teils die Mediane überschreiten, teils in der Raphe ventralwärts ziehen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch einzelne Fasern des medialen Teilbündels hier auf die Gegenseite übertreten.

Die Hauptmasse läuft jedoch auf der gleichen Seite weiter caudalwärts. Das mediale Teilbündel ist auch in dieser Ebene nicht scharf gegen die Substantia reticularis (Sr) abgrenzbar. —

Caudalwärts nähert sich dem medialen Teilbündel von ventral her die mediale Schleife. Auf der Höhe der Abb. 3 berühren sich die beiden Faserfelder (mFtc, Lm) bereits, und auf Abb. 2 bilden das hintere Längsbündel (Flp), das mediale Teilbündel (mFtc) und die mediale Schleife (Lm) ein gemeinsames Faserfeld. In diesem Faserfeld scheinen sich bei schwacher Vergrößerung die einzelnen Bündel durch ihre verschiedene Tönung voneinander abzugrenzen. Tatsächlich vermischen sie sich aber etwas miteinander: Wie man bei stärkerer Vergrößerung sieht, wandern dicke Fasern des hinteren Längsbündels an der Raphe entlang allmählich ventralwärts. (Vielleicht handelt es sich auch um Fasern des Tractus tectobulbaris.) Umgekehrt steigen zum Teil schräggesechnittene Bündelchen der medialen Schleife dorsalwärts an. Eine feinere Abgrenzung des medialen Teilbündels ist hier auch deswegen unmöglich, weil es außer mittelstarken und einzelnen feinen Fasern auch eine beträchtliche Anzahl ziemlich dicker Fasern enthält. Umgekehrt kommen mittelstarke Fasern auch im hinteren Längsbündel und besonders in der medialen Schleife vor. Die Abgrenzung des medialen Teilbündels gegen die lateral sich anschließende Substantia reticularis ist nach wie vor unscharf; die Hypoglossuswurzel (R XII) deutet nur ungefähr die Grenze an. —

Am caudalen Pol der unteren Olive wird die genaue Verfolgung des medialen Teilbündels immer schwieriger. Die Schleifenfasern steigen in und unmittelbar neben der Raphe dorsalwärts an und treten in die Schleifenkreuzung ein. Das mediale Teilbündel wendet sich am lateralen Rand der Schleife allmählich ventralwärts und kommt auf diese Weise unmittelbar dorsal von der Pyramide zu liegen. Die Hauptmasse des medialen Teilbündels hält sich stets medial von der medialen Nebenolive. Ob ein kleiner Teil der Fasern auch lateral von der medialen Nebenolive verläuft (in der Area nidalis *Ziehens*, l. c. S. 45 und 54), kann ich nicht sicher entscheiden. —

Im weiteren Verlauf rückt das mediale Teilbündel weiter ventralwärts und gelangt so in den Vorderstrang. In der medialen Nachbarschaft tritt nun an die Stelle der medialen Schleife der kreuzende Anteil der Pyramidenbahn. Es läßt sich nicht sicher entscheiden, ob Fasern des medialen Teilbündels sich den kreuzenden Schleifen- oder Pyramidenfasern anschließen und so auf die Gegenseite gelangen. Ventral liegt das mediale Teilbündel dem ungekreuzten Rest der Pyramide an. Von dieser unterscheidet es sich im Übersichtsbild durch seine andere Tönung; bei stärkerer Vergrößerung sieht man, daß die Fasern des medialen Teilbündels schräg längsgeschnitten sind, und die Neigung haben ventral, und etwas lateral abzustiegen. Lateralwärts wird das mediale Teilbündel vom Vorderhorn begrenzt. In den caudalen Abschnitten der Medulla

oblongata scheint sich das mediale Teilbündel am ventralen Rand des Vorderhorns lateralwärts auszudehnen und mit einem hornförmigen Ausläufer das hellgefärbte Feld der *Helweg'schen* Bahn dorsomedial zu begrenzen. Eine sichere Trennung des Bündels von den übrigen Fasern des Vorder- und Seitenstranges läßt sich hier nicht mehr durchführen.

Völlig unmöglich wird die Verfolgung des medialen Teilbündels an normal anatomischen Präparaten im Rückenmark. Der Verlauf des Bündels könnte sich hier nur durch einwandfreie Degenerationen feststellen lassen (vgl. S. 561). Nach den bisherigen Befunden (Zusammenstellung bei *Ziehen*, l. c. S. 207 und 215 sowie *Pollack*, l. c. S. 303) scheint das Bündel — die Autoren bezeichnen es als *Fasciculus praedorsalis*, *Tractus reticulospinalis* — im Vorder- und Seitenstrang abzusteigen und vielleicht bis in das Lendenmark zu gelangen. Seine Fasern sollen im Vorderhorn der gleichen, vielleicht auch der gekreuzten Seite endigen.

c) Die Endigung des dorsalen Teilbündels.

Das dorsale Teilbündel löst sich, wie erwähnt, in der Substantia reticularis der Area acclinis auf. Es behält zwar seine Eigenstruktur, nämlich die diffuse Anordnung seiner Fasern in der oralen Hälfte der Medulla oblongata noch bei; doch verwischt sich dieses Unterscheidungsmerkmal caudalwärts mehr und mehr (vgl. Abb. 2, 3, 30 und 35 dFte). Gleichzeitig scheint das dorsale Teilbündel faserärmer zu werden. Auf der Höhe des caudalen Pols der unteren Olive kann man das Bündel normal anatomisch nicht mehr sicher nachweisen. Es scheint sich also im verlängerten Mark in dorsalen Teilen der Substantia reticularis zu erschöpfen. Vermutlich übernehmen aber auch weiterhin kurze Fasern (*Fibrae reticulo-reticulares*, *Spatz*) die Leitung absteigender, nervöser Impulse. Diese Fasern sind im Rückenmark wahrscheinlich im *Processus reticularis* zu suchen, der ja die Fortsetzung der Substantia reticularis des verlängerten Markes bildet (*Winkler*).

6. Zusammenfassung der anatomischen Ergebnisse.

Die Z.H.B. ist ein mächtiges System von Einzelbahnen, die aus verschiedenen Kernen entspringen und in verschiedenen Kerngebieten auf verschiedenen Höhen endigen. Sie enthält außer verhältnismäßig langen Bahnen, besonders auch kurze Bahnen.

1. Zunächst sind zwei Ursprungsbündel von Wichtigkeit: Das eine stammt aus dem Feld H_2 von *Forel*. Diesem schließt sich in der Kapsel des R.K. das zweite, vermutlich bedeutend stärkere Ursprungsbündel an, welches aus dem R.K. und zu einem kleinen Teil vielleicht aus dem Nucleus interstitialis (*Cajal*) hervorgeht. Vielleicht erhält die Z.H.B. noch einen dritten aber geringen Faserzufluß aus dem Thalamus über die „*Forel'schen* Haubenfascikel“.

2. Die Z.H.B. tritt während ihres Verlaufes in innige Beziehungen zur Substantia reticularis. Vermutlich endigt ein Teil der Bahn bereits im Grau der Substantia reticularis des Mittelhirns und der Brücke. Andererseits treten Fasern der Substantia reticularis in die Z.H.B. über, und zwar besonders zahlreich in der oralen Brückenhälfte. Hier vermischt sich die Z.H.B. vollständig mit den sagittal verlaufenden Fasern der Substantia reticularis, die zum Teil bereits in tieferen Abschnitten der Substantia reticularis endigen (Fibrae reticulo-reticulares, Spatz). Das Grau der Substantia reticularis des Mittelhirns und der Brücke ist also ein weiterer, und zwar ein sehr wichtiger Ursprungsort von Fasern der Z.H.B.

3. Das gemeinsame Faserfeld der Z.H.B. und der Substantia reticularis gabelt sich in der Brückenmitte in drei Teilbündel auf, die sich caudalwärts voneinander trennen und sich der ventralen, medialen bzw. dorsalen Seite der Haube nähern.

4. Das ventrale Teilbündel, welches im Schrifttum bisher allein als Z.H.B. bezeichnet wurde, endigt zum weitaus größten Teil in der unteren Olive; ein kleiner Teil geht in den ventralen Abschnitt der Substantia reticularis des verlängerten Markes über.

5. Das mediale Teilbündel bildet im wesentlichen den Fasciculus praedorsalis bzw. den Tractus reticulospinalis des Schrifttums; es steigt im Vorderstrang und teilweise vielleicht auch im Seitenstrang des Rückenmarkes ab und endigt vermutlich im Vorderhorn auf verschiedenen Höhen.

6. Das dorsale Teilbündel, welches offenbar hauptsächlich aus kurzen Fasern zusammengesetzt ist, verläuft in der sog. Area acclinis und erschöpft sich in den dorsalen Abschnitten der Substantia reticularis des verlängerten Markes. Vermutlich vermitteln neue, kurze Fasern, die im Processus reticularis des Rückenmarkes absteigen, die Fortleitung der nervösen Impulse in caudaler Richtung.

IV. Myelogenese.

Die Z.H.B. tritt nach Flechsig (1921) bei Embryonen von 43 cm Körperlänge in die Markreifung ein und ist beim Neugeborenen bereits vollständig markreif. Genau so verhält sich das Forelsche Haubenbündel H_2 , welches den dorsalen Teil der Linsenkernschlinge bildet. In den einzelnen Abschnitten des Linsenkernes selbst tritt dagegen die Markreifung zu verschiedenen Zeiten auf. Zuerst wird das innere Glied des Pallidums markreif und ist nach Riese bei einem 8 Monate alten Fetus schon verhältnismäßig gut myelinisiert. Die Markreifung des äußeren Gliedes des Globus pallidus hinkt etwas nach, doch hat sie im 8. Monat bereits begonnen. Dagegen fängt das Striatum erst nach der Geburt an, markreif zu werden, zu einer Zeit also, in der das Feld H_2 und die Z.H.B. bereits vollständig myelinisiert sind. Daraus folgt: Diejenigen Fasern, welche der Z.H.B. aus dem Haubenbündel H_2 zufließen, stammen aus dem

Globus pallidus, vielleicht auch noch aus dem Corpus subthalamicum (Luys), welches gleichzeitig mit dem Globus pallidus markreif wird, dagegen *nicht* aus dem Striatum, wie vielfach angenommen wird (*Wallenberg*). Die gleichzeitige Markreifung der Z.H.B. und des Feldes H₂ weist auf die nahe Verwandtschaft der beiden Bündel hin.

Ob alle Teile der Z.H.B. gleichzeitig markreif werden, oder ob sich hier die einzelnen Teilbündel verschieden verhalten, geht aus den bisherigen myelogenetischen Untersuchungen nicht sicher hervor.

Kölliker bildet Querschnitte durch die Medulla oblongata eines 8 Monate alten Fetus ab, auf denen der äußere Rand der unteren Olive noch weitgehend marklos ist, dorsal davon aber ein dünnes Bündelchen markhaltiger, quergetroffener Fasern zu sehen ist. *Kölliker* gibt an, daß hier die Z.H.B. noch marklos sei. In dem erwähnten Bündelchen vermutet er Olivenfasern, welche nach ihm direkt in Rückenmarksbahnen (des Seitenstrangrestes) übergehen (l. c., S. 320). Meines Erachtens gehören die von *Kölliker* abgebildeten Fasern zur Z.H.B. Nach *Köllikers* Abb. 515 und 516 vermute ich, daß sie dem Tractus reticulo-olivaris angehören können, welcher sich am caudalen Brückenende vom dorsalen Teilbündel abspaltet und sich dem ventralen Teilbündel anschließt (vgl. S. 521). Der übrige Abschnitt des ventralen Teilbündels ist offenbar noch fast marklos; hier scheint die Markreifung erst zu beginnen, während sie im dorsalen und medialen Teilbündel anscheinend schon etwas fortgeschritten ist.

Erhebliche zeitliche Unterschiede in der Markreifung der verschiedenen Teile der Z.H.B. scheinen demnach nicht zu bestehen. Geringe derartige Unterschiede sind bei dem komplexen Aufbau der Bahn zu erwarten, sie sprechen aber meines Erachtens nicht gegen unsere Annahme, daß die Einzelbahnen der Z.H.B. nahverwandte physiologische Aufgaben erfüllen. Leider sind die genannten Abbildungen bei *Kölliker* die einzigen mir bekanntgewordenen Anhaltspunkte, welche Unterschiede in der Markreifung innerhalb der Z.H.B. vermuten lassen. Weitere myelogenetische Untersuchungen wären sehr wünschenswert und ließen möglicherweise Schlüsse zu auf die relative Stärke der Einzelbahnen und ihren Verlauf in den Teilbündeln.

Die Myelogenese zeigt ferner, daß die Z.H.B. schon sehr frühzeitig im Leben des Menschen in Anspruch genommen wird. Ihre vollständige Ausbildung scheint für die motorischen Bedürfnisse des Neugeborenen notwendig und ausreichend zu sein.

V. Phylogenese.

Die ausführlichste Untersuchung über die Phylogenese der Z.H.B. stammt von *A. Alexander*, an dessen Abbildungen ich mich im folgenden halten muß, da mir selbst nur ganz wenige Markscheidenserien von Tieren zur Verfügung standen. *Alexander* zieht aus seinen Untersuchungen den unwahrscheinlichen Schluß, daß die Z.H.B. aus dem zentralen Höhlengrau des Mittelhirns stamme. Die Gründe, die meines Erachtens diese Hypothese widerlegen, werden S. 557 ausführlich ausinandergesetzt. — *Wichtig ist das Ergebnis, daß die Z.H.B. in der*

Säugetierreihe, von den niederen Säugetieren angefangen, ständig an Umfang zunimmt, um ihre stärkste Entwicklung beim Menschen zu erreichen. Parallel zu dieser Entwicklung der Z.H.B. geht diejenige des kleinzelligen Anteils des R.K. Der R.K. besteht bekanntlich aus einem kleinzelligen Hauptkern und einem großzelligen „Urkern“ (Hatschek, v. Monakow). Während bei den niederen Säugetieren der kleinzellige Hauptkern im Verhältnis zum großzelligen Urkern sehr schwach ausgebildet ist, kehrt sich dieses Verhältnis bereits bei den Affen um (Hatschek), so daß bei den Menschenaffen der Hauptkern den Urkern an Masse weit übertrifft. Die Verschiebung zugunsten des Hauptkerns in der Phylogenese¹ erreicht beim Menschen ihren höchsten Grad. Der Hauptkern bildet hier ausschließlich die graue Substanz, die gewöhnlich als R.K. bezeichnet wird. Der Urkern ist dagegen beim Menschen auf eine kleine Anzahl von Zellen reduziert, welche in Gruppen außerhalb der Markkapsel am caudalen Pol des Hauptkernes, teilweise im Gebiet des Bindearmes, liegen.

Wie wir nach Untersuchungen v. Monakows, Hatscheks, Winklers u. a. sicher wissen, *entspringt der Tractus rubrospinalis, das Monakowsche Bündel, ausschließlich aus dem großzelligen Urkern. Deswegen bildet sich der Tractus rubrospinalis parallel zur Rückbildung des Urkernes in der Descendenz zurück. Am Ende dieser Rückentwicklung, beim Menschen, ist das Monakowsche Bündel so dünn geworden, daß es oft nicht mehr sicher nachgewiesen werden kann, wie dies in neuester Zeit durch A. Thomas (1936) in pathologischen Fällen bestätigt wurde. Es ist also falsch, Resultate, welche durch Tierexperimente am R.K. gewonnen wurden, auf den R.K. des Menschen zu übertragen; denn die großzelligen Elemente, aus denen der R.K. der niederen Säugetiere hauptsächlich besteht, fehlen im menschlichen R.K. sensu strictiori vollständig. Ebenso ist es ein Irrtum, wenn man den Tractus rubrospinalis beim Menschen als die ableitende Bahn des R.K. und damit des extrapyramidal-motorischen Systems bezeichnet, wie dies in Lehrbüchern fast regelmäßig geschieht. Die parallele Entwicklung der Z.H.B. und des kleinzelligen Hauptkernes in der Phylogenese steht im Einklang mit unserer Annahme, daß der Hauptkern der wesentlichste Ursprungsort der Z.H.B. ist.*

Bezüglich der *Entwicklung der Teilbündel der Z.H.B.* kann ich nur aus den Abbildungen Alexanders und einigen Andeutungen aus seinem Text Schlüsse ziehen. Die von mir bezüglich des Menschen beschriebenen Verhältnisse, daß nämlich die Z.H.B. oral von ihrer Durchflechtung mit dem Bindearm ein einheitliches Bündel bildet, in welchem sich ein „dorsolaterales Haubenbündel“ und „präadorsales Bündel“ nicht abtrennen läßt, scheinen bei allen Säugetieren wiederzukehren. Das „dorsolaterale Haubenbündel“ und die Fasciculi praedorsales scheinen

¹ Das Verhältnis zwischen Hauptkern und Urkern in der Phylogenese wird in einem Schema G. Winklers (abgebildet bei Spatz, 1935, S. 492) sehr anschaulich dargestellt.

also auch bei niederen Säugetieren als selbständige Bündel im Mittelhirn nicht zu existieren. Vielfach wurden im Schrifttum die Fasern des Tractus tectobulbaris den prädorsalen Bündeln gleichgesetzt. Der Verlauf des gut abgrenzbaren Tractus tectobulbaris (welcher nur caudal von der Brückenmitte einen Bestandteil der „Fasciculi praedorsales“ bildet) ist nach *Ziehen* (l. c. S. 626) in der ganzen Säugetierreihe sehr konstant. Wahrscheinlich verläuft der Tractus tectobulbaris bei allen Säugern im Mittelhirn nicht in der Area praedorsalis, sondern ventral vom gekreuzten Schenkel des Bindearmes, wie dies beim Menschen nach *Ziehens* und meinen normal anatomischen Untersuchungen der Fall ist.

Auch bei den Säugetieren splittert sich die Z.H.B. in der oralen Brückenhälfte weitgehend auf und läßt sich gegen die Umgebung nicht sicher abgrenzen. Am caudalen Brückenende bilden sich aus dieser Fasermasse wieder drei begrenzte Bündel, entsprechend meiner obigen Darstellung (vgl. S. 538). Von diesen Bündeln beschreibt aber *Alexander* der bisherigen Nomenklatur folgend nur das ventrale als Z.H.B. Doch sind bei allen von ihm abgebildeten Querschnitten durch die caudale Brückenhälfte auch das dorsale und das mediale Teilbündel — teilweise noch im Zusammenhang mit dem ventralen Teilbündel — deutlich zusehen.

Nishikawa hat auf experimentellem Wege beim Kaninchen in der Area praedorsalis Bahnen gefunden, welche aus der Substantia reticularis entspringen und teils ins Rückenmark, teils zur unteren Olive verlaufen, Bahnen also, welche mit unserem Tractus reticulospinalis bzw. reticulolivaris offenbar identisch sind und die demnach beide der Z.H.B. (meiner erweiterten Bezeichnungsweise) zuzurechnen sind.

Die Z.H.B. zeigt also offenbar in der ganzen Säugetierreihe die gleichen qualitativen Verhältnisse wie beim Menschen, ein Unterschied besteht nur in der geringeren quantitativen Ausbildung. Vielleicht läßt sich diese Entwicklung noch unter einem anderen Gesichtspunkt betrachten: Nach *Alexander* wird die Abgrenzbarkeit der Z.H.B. gegen die Umgebung auch im Mittelhirn und am caudalen Brückenende in der Ascendenz immer schlechter durchführbar. Bei den Natantia, Edentata und Marsupialia finden sich in der Haube nur diffus angeordnete Längsfasern. Erst bei etwas höher entwickelten Säugern beginnt aus diesen diffusen Längsfasern ein distinktes Bündel hervorzutreten. Es ist offenbar so, daß Zellen, welche bei niederen Säugetieren noch in der Substantia reticularis (des Mittelhirns) zerstreut sind, sich in der Descendenz allmählich zu dem Roten Hauptkern vereinigen. Gleichzeitig werden sich auch die von diesen Zellen entspringenden Fasern zu einem längeren, besser hervortretenden Bündel zusammenschließen. Ich halte es für wahrscheinlich, daß die Z.H.B. bei den niedersten Säugern ganz aus kurzen, hintereinandergeschalteten Neuronen besteht. Erst allmählich würden dann zu diesen kurzen Neuronen relativ lange Bahnen hinzukommen, die eben in erster Linie aus dem R.K. stammen.

Besonders deutlich treten bei manchen Säugetieren die mit dem Thalamus in Verbindung stehenden *Forelschen* „Haubenfascikel“ hervor, welche beim Menschen ganz dünne Bündelchen darstellen, die nicht ganz scharf von der Z.H.B. getrennt werden können (vgl. S. 489). *Alexander* bezeichnet sie als *Fasciculi commissurae posterioris*; nach seinen Abbildungen scheinen sie bei den niederen Säugern besonders stark entwickelt zu sein und sich in der Descendenz zurückzubilden. Die Rückbildung der *Forelschen* Haubenfascikel in der Descendenz stellt ihre Zugehörigkeit zur Z.H.B. in Frage. Dazu kommt, daß sie sich bei den meisten Säugetieren durch ihre dunklere Färbung und ihre Faserstruktur scharf von der Z.H.B. abheben. Endlich berichten *Economo* und *Karplus*, daß die *Forelschen* Haubenfascikel nach experimentellen Läsionen in der Brücke oralwärts degenerieren, also offenbar aufsteigende Leitungsrichtung haben.

Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß die *Forelschen* Haubenfascikel außerdem *absteigende Fasern* enthalten. Dafür spricht die Tatsache, daß das Bündel, beim Menschen wenigstens, sich caudalwärts allmählich erschöpft. Sind wirklich absteigende Fasern in den *Forelschen* Haubenfascikeln enthalten, so könnten diese vielleicht der Substantia reticularis Reize aus dem Thalamus zuführen, also eine homologe Funktion ausüben, wie der Tractus thalamo-rubralis, welcher im Haubenbündel H_1 verläuft.

Der Bindearm scheint bei niederen Säugetieren efferente Kleinhirnreize nicht nur dem R.K., sondern mit „absteigenden Kollateralen“ auch der Substantia reticularis zuzuführen (*Cajal*). Auch diese „absteigenden Kollateralen“ des Bindearmes scheinen in der Descendenz im Verhältnis zu den Anteilen für den R.K. (bzw. den Thalamus) stark zurückzutreten. Beim Menschen konnte ich die „absteigenden Kollateralen“ auch auf Sagittalschnitten niemals nachweisen. *Vielleicht drückt sich also die allmähliche, teilweise Konzentration des Nucleus motorius tegmenti Edingers im R.K. in der Descendenz auch im Verhalten der zuführenden Bahnen aus.*

VI. Fälle aus der menschlichen Pathologie.

In diesem Kapitel werden nur solche Fälle aus der menschlichen Pathologie beschrieben, bei welchen sich eine isolierte Zerstörung des R.K. fand. Im Anschluß daran sollen Befunde bei zwei Anencephalen („Mittelhirnwesen“) besprochen werden. Alle übrigen pathologischen Fälle, welche für das Problem der Z.H.B. von Interesse sind, werden im 7. Kapitel erwähnt.

1. Der Fall von v. Halban und Infeld.

Ein 15 Jahre alter, verkalkter Herd, vielleicht ein Tuberkel, hat den linken R.K. vollständig zerstört.

Außerdem war von dem Herd primär ergriffen: Ein Teil des *Forelschen* Haubenfeldes, der gekreuzte Schenkel des rechten Bindearmes, der medialste Abschnitt der medialen Schleife, fast der ganze orale Beginn des hinteren Längsbündels, sowie weitgehend der Fasciculus retroflexus, dieses alles links. Die Autoren geben an, daß die *Meynertsche* Kreuzung vollständig, die *Forelsche* Kreuzung fast vollständig vom Herd zerstört sei (l. c., S. 382). Da der Herd aber nirgends die Mittellinie überschritten hat, ist wohl anzunehmen, daß von der *Meynertschen* Hauben-

kreuzung nur der noch ungekreuzte Verlaufsabschnitt des linken Tractus tectobulbaris primär betroffen wurde. Durch eine Ausbuchtung des Herdes war endlich noch der dorsolaterale Abschnitt der Substantia nigra ergriffen. Der Linsenkern und seine Faserung war regelrecht. Der Thalamus scheint primär nicht beschädigt zu sein; „das centre médian, und der ventrolaterale Thalamuskern erscheinen in ihren medialen Anteilen auf Markscheidenpräparaten etwas blasser.“ Der rechte Bindearm ist retrograd degeneriert.

Die Z.H.B. der linken Seite ist sekundär degeneriert. Die Autoren selbst geben allerdings nur an, daß „die Bahn und die ihr anliegenden Haubenfelder auf der kranken Seite beträchtlich faserärmer sind als auf der gesunden; diese Degeneration wird erst spinal von der Bindearmkreuzung deutlich; sie läßt sich als ein die Olive an ihrem lateralen Teile wie eine Kappe umgreifender Streifen abwärts verfolgen“. Verkleinert ist bemerkenswerterweise auch die Endstätte des ventralen Teilbündels der Z.H.B., nämlich die untere Olive (transneurale Degeneration).

Einzelheiten im Ausfall der Z.H.B., besonders über das Verhalten der einzelnen Teilbündel, suchte ich aus den Abbildungen der Autoren abzulesen. Es findet sich kein Anhaltspunkt dafür, daß im Mittelhirn ein selbständiges, nicht degeneriertes „dorsolaterales Haubenbündel“ gefunden worden wäre. Zur Abb. 7, welche einen Querschnitt der oralen Brückenhälfte darstellt, geben die Autoren sogar ausdrücklich an (l. c. S. 376), daß auch „das dorsolaterale Haubenbündel schwächer entwickelt sei“ als auf der gesunden Seite. Auf Abb. 8 fehlt offenbar links das dorsale Teilbündel, vor allem sein „gebündelter Anteil“ (vgl. S. 517). Ebenso scheint es in der Medulla oblongata (l. c. Abb. 12, hier in den dorsalen Teilen der Haube) deutlich faserärmer zu sein als rechts. Das Faserfeld des medialen Teilbündels ist auf den Abbildungen links ebenfalls deutlich heller als rechts. Dieser Unterschied ist bis in die Medulla oblongata hinein gut erkennbar, doch verwischt er sich allmählich schon von der Brückenmitte an caudalwärts. Die Autoren beschreiben in der Area praedorsalis der Brückenmitte ein Bündel, welches sie als Fasciculus nuclei centralis bezeichnen. Aus der Lage dieses Bündels, der dunklen Färbung und der Anordnung seiner Fasern zu kleinen Bündelchen schließe ich aber, daß dieser Fasciculus nuclei centralis mit dem *Tractus tectobulbaris* identisch ist, zumal dieses in der Decussatio *Meynerts* kreuzende Bündel auf der linken (Herd-) Seite sehr gut erhalten ist, während es auf der rechten Seite vollständig fehlt. Von der Brückenmitte an verläuft der Tractus tectobulbaris mit dem medialen Teilbündel der Z.H.B. in einem gemeinsamen Faserfeld (in der Area praedorsalis) und erschöpft sich allmählich in der Medulla oblongata. Der Umstand, daß der Tractus tectobulbaris auf der linken Seite erhalten, auf der rechten Seite aber vollständig degeneriert ist, hat zur Folge, daß der Ausfall des medialen Teilbündels der Z.H.B. auf der linken Seite innerhalb der Area praedorsalis sich nicht so deutlich bemerkbar macht. —

Durch einen Herd, der die Z.H.B. im R.K. zerstört hatte, wurde im Mittelhirn anscheinend das ganze Feld der Bahn zur sekundären Degeneration gebracht. In der Brücke und in der Medulla oblongata war vor allem das ventrale Teilbündel degeneriert, in geringerem Ausmaß, aber doch deutlich erkennbar, das mediale und das dorsale Teilbündel der Z.H.B.

2. Der Fall von Ceni.

Ceni fand ebenfalls einen verkalkten Herd im linken R.K., der nach der Vorgeschichte 40 Jahre bestanden hatte. Der Herd hatte auf der linken Seite außer dem ganzen R.K. noch die Hauptmasse der medialen Schleife, einen kleinen Teil der lateralen Schleife und des hinteren Längsbündels primär zerstört. Als Folge dieses Herdes fanden sich folgende sekundäre Degenerationen: Der rechte Bindearm war bis auf einen kleinen Rest verschwunden. Die ganze rechte Kleinhirnhemisphäre war deutlich verkleinert und zeigte atrophische Erscheinungen vor allem im Nucleus dentatus und in der Rinde (transneurale Degeneration. Sogar das Brachium pontis und das Corpus restiforme ist auf der rechten Seite erheblich kleiner als auf der linken). Die linke untere Olive ist bis auf das mediale Ende des dorsalen Olivenschenkels hochgradig atrophisch.

Von den Bahnen, welche aus dem Mittelhirn in die Medulla oblongata absteigen, erwähnt *Ceni* nur, daß das hintere Längsbündel einen Teil seiner Fasern eingebüßt habe. Die Z.H.B. scheint er nicht zu kennen. Wir sind deshalb für die Beurteilung ihrer Degeneration auf der linken Seite ganz auf die Abbildungen angewiesen, die leider sehr stark schematisiert sind. Immerhin ist aus ihnen zu entnehmen, daß die Z.H.B. der linken Seite stark geschädigt ist, und zwar nicht nur das zur unteren Olive ziehende ventrale Teilbündel, sondern auch das mediale und dorsale Teilbündel. Die Atrophie der unteren Olive ist offenbar wieder als eine transneurale Degeneration aufzufassen.

3. Der Fall von Pierre Marie und G. Guillain.

Bei diesem Fall hatte ein 47 Jahre alter Herd isoliert den rechten R.K. und seine Markkapsel zerstört. Unmittelbar oral vom R.K. war von dem Herd nichts mehr zu sehen. Die übrigen Gebilde der Mittelhirnhaube waren unversehrt, so daß es sich nach der Ansicht der beiden Autoren um «une véritable destruction expérimental de la région du noyau rouge» handelt. Die Z.H.B. fehlte im Mittelhirn auf der rechten Seite vollständig (Abb. 36). In der caudalen Brücke zeigte sich vor allem das ventrale Teilbündel degeneriert. Geringer war der Faser- ausfall im dorsalen und medialen Teilbündel, doch waren auch diese beiden, soweit man aus den sehr dunklen *Weigert*-Präparaten ersehen kann, auf der rechten Seite deutlich faserärmer als auf der linken. Die rechte untere Olive, als Endstätte des ventralen Teilbündels, zeigte wieder deutliche transneurale Atrophie. Außerdem waren der gekreuzte

Bindearm und der Nucleus dentatus der linken Seite retrograd degeneriert.

4. Der Fall von Souques, Crouzon und I. Bertrand.

Dieser Fall zeigt insofern eine Besonderheit, als hier nicht der ganze R.K., sondern nur seine lateroventralen und caudalen Abschnitte durch einen 48 Jahre alten Erweichungsherd zerstört waren; der dorsomediale Abschnitt und der orale Pol des R.K. waren erhalten. Dementsprechend sind auch der orale und dorsomediale Abschnitt der Markkapsel von einer

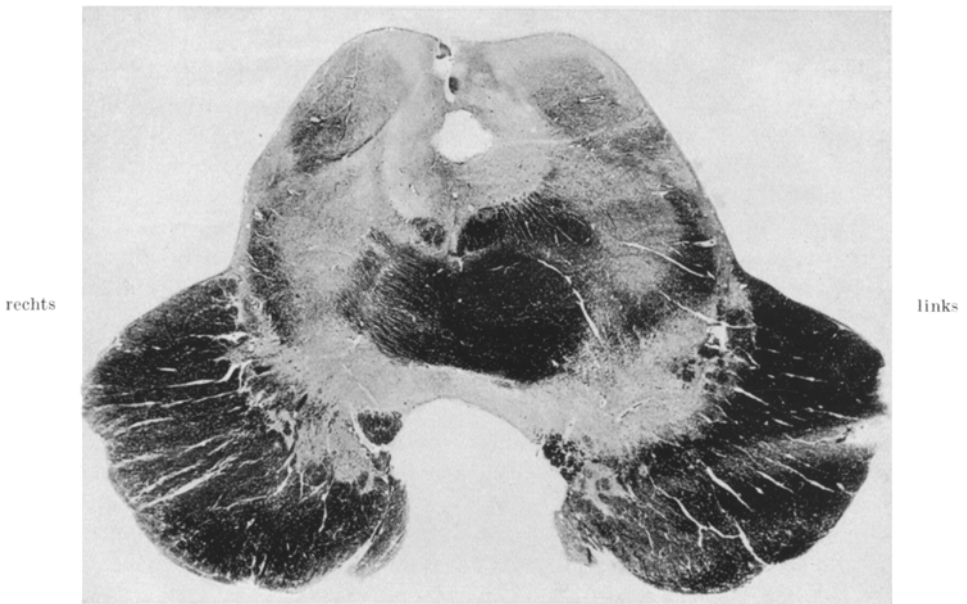


Abb. 36. Reproduktion einer Abbildung aus der Arbeit von *Pierre Marie* und *G. Guillian*. Vollständige Degeneration der rechten Z.H.B. und des linken Bindearmes.

primären Schädigung freigeblieben, also gerade jene Abschnitte, in welchen die Wurzel der Z.H.B. aus dem Fasciculus lenticularis verläuft, und wo die Hauptwurzel den R.K. verläßt. Wir sind deshalb in diesem Falle sicher, daß nicht die Fasern der Z.H.B. während ihres Verlaufes unterbrochen, sondern ein Teil ihrer Ursprungszellen im R.K. zerstört war. Als Folge dieser Zerstörung ist das ganze Feld der Z.H.B. annähernd gleichmäßig aufgehellt, auch in jenem lateralen Teil, den die Autoren dem „Tractus pallido-tegmentalis“ (identisch mit dem Tractus pallido-reticularis *C. Winklers*) zuweisen. Die Ursprungsfasern aus dem Fasciculus lenticularis und diejenigen Fasern, welche aus den unversehrten, dorsomedialen und oralen Teilen des R.K. stammen, sind also bereits unmittelbar caudal vom R.K. auf das ganze Feld der Z.H.B. verteilt.

Leider ist nur der Verlauf der Z.H.B. im Mittelhirn abgebildet, so daß ich über die Degeneration der einzelnen Teilbündel nichts aussagen kann. Die Autoren selbst bemerken nur (l. c. S. 387): «Le faisceau central de la calotte avec les multiples contingents qui les constituent: tractus pallido-tegmental, pallido-olivaire, pallido-reticulaire, rubro-olivo-reticulaire montre une dégénérescence nette, qu'on peut suivre assez bien jusqu'au bulbe».

5. Der Fall von Probst.

Im Anschluß an diese 4 Fälle alter isolierter Zerstörung des R.K. sei noch eine Beobachtung *Probsts* über eine frische Schädigung kurz erwähnt. Bei diesem Gehirn, welches die Erscheinungen einer Hirnlnues aufwies, waren nicht nur beide R.K. durch kleine Erweichungsherde geschädigt, sondern es fanden sich auch luische Veränderungen an anderen Stellen; insbesondere war auch der Thalamus von kleinen Erweichungsherden betroffen. Die Degeneration der Z.H.B. kann also in diesem Fall nicht mit absoluter Sicherheit von der Schädigung des R.K. abgeleitet werden. Dafür erfolgten die Veränderungen in den R.K. so kurz vor dem Tode, daß die degenerierten Fasern der Z.H.B. mit der *Marchi*-Methode gefärbt und ihr Verlauf auf diese Weise prachtvoll zur Anschauung gebracht werden konnte. *Probst* gibt an (l. c. S. 373), daß die Fasern der Z.H.B. sich am dorsomedialen Rand des R.K. sammeln und von hier aus als kompaktes Bündel in sagittaler Richtung caudalwärts verlaufen, also genau in derselben Weise wie sich dies bei unseren normal anatomischen Untersuchungen gezeigt hat.

Caudalwärts von der Durchflechtung der Bahn mit dem Bindearm (l. c. Abb. 5—7) hat sich die schwarze Färbung auf den ganzen Querschnitt der Z.H.B. ausgebreitet, wie wir ihn im III. Kapitel kennengelernt haben. In der caudalen Brückenhälfte nimmt die Degeneration der Z.H.B. deutlich ab. Das Degenerationsfeld verkleinert sich nicht nur, sondern es hellt sich sogar auf, was man nur damit erklären kann, daß ein Teil der degenerierten Fasern schon vorher ihre Endigung gefunden hat. Die Degeneration des ventralen Teilbündels der Z.H.B. läßt sich bis zur unteren Olive verfolgen; man sieht hier degenerierte Fasern sowohl dem dorsalen wie dem ventralen Schenkel der unteren Olive anliegen. Dagegen finden sich in dem Gebiet des dorsalen und des medialen Teilbündels weder links noch rechts Degenerationserscheinungen. Ebenso ist in der Medulla oblongata der dorsale, „gebündelte Anteil“ des ventralen Teilbündels (vgl. S. 534), welcher auf Fig. 11 (l. c. Tafel XIV) beiderseits deutlich eingezeichnet ist, vollständig frei von degenerierten Fasern.

Ebenfalls degeneriert ist der Tractus tectobulbaris, den *Probst* als Vierhügel-Vorderstrangbahn bezeichnet. Diese Bahn tritt erst caudal von der Bindearmkreuzung deutlich hervor, liegt hier an der bekannten Stelle ziemlich weit ventral vom hinteren Längsbündel, rückt caudalwärts etwas mehr nach dorsal und verschwindet noch oral vom Facialiskern.

Daß es sich bei dem Fall von *Probst* um eine frische Degeneration gehandelt hat, geht, abgesehen von der Färbbarkeit nach *Marchi*, auch daraus hervor, daß die untere Olive noch keine Erscheinungen der trans-neuralen Atrophie gezeigt hat.

Von Fällen, bei denen der R.K. zerstört, die Z.H.B. aber nicht degeneriert gewesen sein soll, sind mir nur folgende bekannt geworden: *Raviart* berichtet 1900 von einer Zerstörung der gesamten Mittelhirnhaube durch tuberkulöses Gewebe, welche nach der Vorgeschichte etwa 6 Monate vor dem Tode eingesetzt hatte. Der Autor bemerkt dazu: «La protubérance, le bulbe et la moelle, très soigneusement examinées au *Weigert* et au *Marchi* n'ont présenté aucune trace de dégénérescence fasciculaire.» — *Dimitri* beschrieb zwei Fälle, bei denen angeblich der R.K. zerstört und der Tractus rubrospinalis sekundär degeneriert sein soll. Wie unzuverlässig *Dimitris* Arbeit ist, möge ein Beispiel zeigen: Als Beweis dafür, daß der R.K. der einen Seite zerstört sein soll, bringt der Autor die Abbildung eines Präparates, bei dem infolge der unsymmetrischen Schnittrichtung der R.K. der betreffenden Seite außerhalb der Schnittebene zu liegen kam. Auch die übrigen Angaben des Autors sind so wenig überzeugend, daß es sich erübrigt, auf diese Arbeit näher einzugehen.

Daß der Hauptteil der Z.H.B. nicht im Zwischen- oder Endhirn entspringen kann, beweisen einwandfrei die folgenden Befunde an Anencephalen.

6. Gampers „Mittelhirnwesen“.

Bei *Gampers* 3 Monate altem „Mittelhirnwesen“ fehlte das Endhirn einschließlich des Striatum vollkommen, das Zwischenhirn so gut wie völlig.

Vom Zwischenhirn fehlten beiderseits der Globus pallidus, das Pulvinar, das Ganglion habenulae und die Corpora geniculata. Die Thalami bestanden vorwiegend aus gliösem Gewebe. „Große gut differenzierte Nervenzellen, zu größeren und kleineren Gruppen angeordnet, fanden sich nur in den medialen Anteilen Eine Identifizierung mit den normalen Thalamuskernen ist nicht möglich.“ Der Markgehalt des Zwischenhirns war äußerst gering. „Man sieht zwischen den grauen Knoten schwächliche Markfaserzüge hindurchziehen, die sich aber in keiner Weise zu bestimmten mit den normalen Faseranordnungen vergleichbaren Systemen verbinden.“ Im Hypothalamus wurde beiderseits ein fragliches, rudimentäres Corpus Luys gefunden; die Corpora mamillaria enthielten keine Nervenzellen.

Im Mittelhirn fehlt der Fußanteil; der Rest der Substantia nigra besteht hauptsächlich aus gliösem Gewebe und enthält nur äußerst spärlich deformierte Ganglienzellen. Dagegen ist die Haubenregion gut entwickelt. Die R.K. sind beiderseits sehr gut ausgebildet und von einer deutlichen Markkapsel umgeben. Diese ist offenbar am frontalen Pol ziemlich faserarm. Dementsprechend findet sich auch nur ein rudimentäres H-Feld. Dagegen ist der mediale und caudale Abschnitt der Markkapsel, welcher sich hauptsächlich aus Fasern der Z.H.B. und des Bindearmes zusammensetzt, sehr gut entwickelt. Diese beiden Bündel erscheinen kaum verkleinert. An Originalpräparaten des Autors konnte ich mich davon überzeugen, daß das Querschnittsfeld der Z.H.B. schon

auf der caudalen Hälfte des R.K. genau die gleiche Form aufweist wie an normalen menschlichen Gehirnen, und daß es gleichmäßig mit Markfasern angefüllt ist. Insbesondere zeigt der dorsolaterale Abschnitt des Feldes, den *Winkler*, sowie *Souques*, *Crouzon* und *Bertrand* dem Tractus pallido-tegmentalis zuweisen, gegenüber den übrigen Abschnitten des Feldes keinen Faserausfall (!). Auch im weiteren Verlauf ist die Z.H.B. nicht wesentlich faserärmer als in der Norm. Die Gabelung der Bahn in die drei Teilbündel kann man auf der Serie sehr deutlich erkennen; alle drei sind annähernd normal entwickelt.

Einen in bezug auf die erhalten gebliebenen Hirnreste und die Z.H.B. ganz ähnlichen Anencephalen beschrieb in neuester Zeit *Hurowitz*. Der Autor schließt sich der Ansicht *Gampers* an, daß die Z.H.B. aus dem R.K. stammen müsse.

7. Ein noch nicht veröffentlichtes „Mittelhirnwesen“ aus unserem Laboratorium.

Ganz ähnliche Verhältnisse wie das Mittelhirnwesen *Gampers* zeigt der Hirnstamm eines 8 Wochen alten Hydranencephalen¹, welcher auf der Münchener Universitäts-Kinderklinik (Geheimrat *Pfaundler*) beobachtet worden war. End- und Zwischenhirn dieses Anencephalen fehlen vollständig; die dünnwandige Blase, welche als Rest dieser Hirnteile gefunden wurde, enthält keine Nervenzellen. Von der linken Seite des Mittelhirns und der Brücke wurde bis etwa 3 mm an die Medianebene heran eine lückenlose Sagittalserie hergestellt, der übrige Teil des Hirnstammes wurde in lückenloser Serie quergeschnitten. Im Mittelhirn sind die Fußanteile beträchtlich verkleinert und bestehen aus gliösem Gewebe. Markhaltige Fasern, sowie Zellen der Substantia nigra fehlen vollständig. Die caudalen Zweihügel sind gut erhalten, dagegen ist der orale Zweihügel in seinem medialen Abschnitt durch eine mit dem Aquädukt kommunizierende Blase etwas eingedellt. Die hintere Commissur fehlt vollständig. Auch die Mittelhirnhaupe weist Entwicklungsstörungen auf (Abb. 37). Beide R.K. (Nr) sind nicht so gut ausgebildet wie in der Norm; besonders ist der rechte R.K. in allen Durchmessern stark verkleinert. Ferner hatte ein kleiner Herd (L) den dorsomedialen Abschnitt der Markkapsel und das benachbarte Grau des rechten R.K. zerstört. Dementsprechend besteht ein deutlicher Unterschied in der Ausbildung der Z.H.B. beider Seiten. Besonders gut ist dieser Unterschied auf Abb. 38 zu sehen, welche einen Querschnitt durch die ganze Medulla oblongata zeigt: Das ventrale Teilbündel der Z.H.B. (vFte), welches bereits die Außenfläche der unteren Olive (Oi) erreicht hat, ist links tief dunkel gefärbt, also gut erhalten. Auf der rechten Seite dagegen ist das Feld des ventralen Teilbündels entsprechend der Verkleinerung

¹ Der Schädel war hier im Gegensatz zu der gewöhnlichen Form des Anencephalie normal.

des gleichseitigen R.K. deutlich verschmälert und faserärmer. Außerdem zeigt auch die rechte untere Olive Degenerationserscheinungen: Sie ist als ganzes gegenüber der linken Olive verkleinert und hat ihre typische Fältelung größtenteils eingebüßt. Am besten ist an der rechten Olive das mediale Ende ihres dorsalen Schenkels erhalten, in dessen

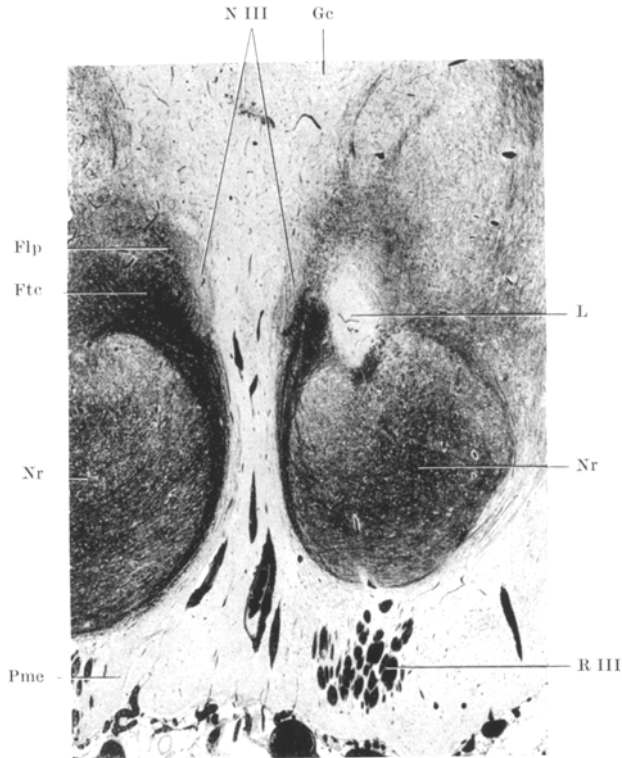


Abb. 37. Anencephale Sch. Sekt.-Nr. 3758. Schnitt 295. Markscheidenfärbung. Vergr. 15 ×. Querschnitt durch das Mittelhirn in der Höhe der R.K. Die Zerstörung des dorsomedialen Abschnittes der Markkapsel des rechten R.K. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. Ge zentrales Höhlengrau. L Herd. Nr R.K. N III Oculomotoriuskern. Pme Mittelhirnfuß. R III Oculomotoriuswurzel.

dorsolateraler Nachbarschaft auch noch verhältnismäßig viele Markfasern liegen. Das mediale (mFtc) und das dorsale Teilbündel (dFtc) der Z.H.B. sind auf beiden Seiten faserärmer als in der Norm. Auf der linken Seite sind beide Teilbündel etwas dunkler gefärbt als auf der rechten, doch ist der Unterschied nicht sehr deutlich.

Den Verlauf der linksseitigen, also besser erhaltenen Z.H.B. im Mittelhirn und in der Brücke zeigt Abb. 39 auf einem Sagittalschnitt. Die Bahn (Ftc) ist durch den Schnitt nicht in Zusammenhang mit der Markkapsel des R.K. getroffen, da ihre Fasern über den caudalen Pol des

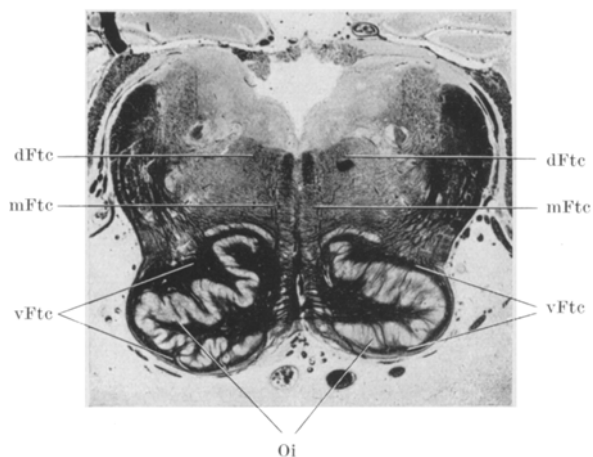


Abb. 38. Anencephale Sch. Sekt.-Nr. 3758. Schnitt 112. Markscheidenfärbung. Vergr. 4 \times . Querschnitt durch die Medulla oblongata auf der Höhe der größten Ausdehnung der unteren Olive. Die Degeneration des rechten ventralen Teilbündels. dFtc dorsales Teilbündel, mFtc mediales Teilbündel. Oi untere Olive. vFtc ventrales Teilbündel.

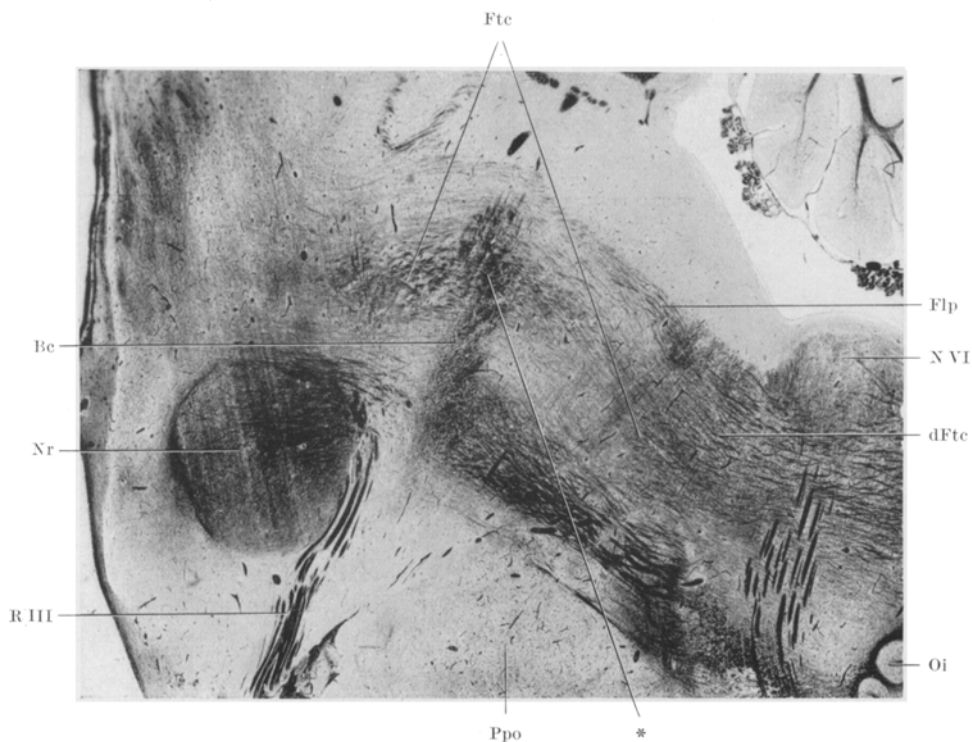


Abb. 39. Anencephales Sch. Sekt.-Nr. 3758. Schnitt 185. Markscheidenfärbung. Vergr. 8 \times . Sagittalschnitt durch die Brücke und das Mittelhirn. Der Verlauf der linken Z.H.B. Be Bindearm. dFtc dorsales Teilbündel. Flp hinteres Längsbündel. Ftc Z.H.B. Nr R.K. N VI Abducenskern. Oi unteren Olive. Ppo Brückenfuß. R III Oculomotoriuswurzel.
* Durchflechtung der Z.H.B. mit dem Bindearm.

R.K. (Nr) nach medial aus der Schnittebene austreten. Deutlich ist die Durchflechtung der Bahn (*) mit dem ungekreuzten linken Bindearmschenkel (Bc) zu sehen, welcher (wahrscheinlich infolge der Schädigung des rechten R.K.) retrograd geschädigt ist. In der Brücke scheint die Bahn auf unserem Bild erheblich faserärmer zu werden; wie die Durchsicht der Serie zeigt, tritt die Hauptmasse ihrer Fasern hier in caudaler Richtung nach lateral aus der Schnittebene aus. Nur das dorsale Teilbündel (dFtc) verläuft in der Schnittebene weiter caudalwärts.

Die Abb. 39 zeigt auch sehr schön, wie kurz oral vom R.K. das Gehirn dieses Kindes vollständig aufhörte. Man kann ferner gut erkennen, daß auch der R.K. der linken Seite nicht bis zur normalen Größe ausgebildet war. Auch andere Teile des Hirnstammes dieses Anencephalen wiesen Entwicklungshemmungen und wohl auch verspätete Markreifung auf: Unter anderem enthält der Brückenfuß (Ppo) nur sehr spärliche markhaltige Querfasern; das hintere Längsbündel (Flp) ist erheblich verkleinert.

Wenn auch unser Anencephale infolge dieser Entwicklungsstörungen des Hirnstammes für sich allein betrachtet nicht einwandfrei beweist, daß die Z.H.B. hauptsächlich aus dem R.K. stammt, so reiht er sich doch gut in die anderen Fälle ein. Er vereinigt in sich die pathologischen Veränderungen der Fälle 1—5 und diejenigen von *Gampers* Mittelhirnwesen: Er zeigt, daß die Z.H.B. von End- und Zwischenhirn im wesentlichen unabhängig ist (linke Seite), daß aber ein Herd im R.K. die Bahn zur Degeneration bringt (rechte Seite).

Zusammenfassung.

Durch die angeführten Fälle aus der menschlichen Pathologie werden die Ergebnisse unserer normal anatomischen Untersuchungen bewiesen:

1. *Die Hauptmasse der Z.H.B. entspringt aus dem R.K.* Diese Tatsache ergibt sich einmal aus den Fällen 1—3, bei denen eine isolierte Zerstörung des R.K. eine vollständige Degeneration der Z.H.B. im Mittelhirn zur Folge hatte. Bei diesen Fällen könnte man einwenden, daß durch die Mitzerstörung der Markkapsel die Fasern selber unterbrochen sein könnten. Für den Fall 4 gilt dieser Einwand nicht; hier hatte der Herd ventrolaterale und caudale Teile des R.K. zerstört, die dorso-medialen und oralen Teile samt ihrer Markkapsel dagegen verschont, also gerade jene Stellen, wo die Hauptwurzel der Z.H.B. aus dem R.K. austritt und die Wurzel aus dem Fasciculus lenticularis verläuft. Da die Z.H.B. trotzdem beträchtlich faserärmer war als auf der gesunden Seite, so folgt daraus, daß Ursprungszellen der Z.H.B. auch in lateralen und caudalen Teilen des R.K. zu suchen sind. Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei unserem Anencephalen (Fall 7). Hier hatte auf der rechten Seite ein kleiner Herd die dorsomediale Kapsel zerstört, das Grau des R.K. primär jedoch nur wenig geschädigt. Die Z.H.B. der rechten Seite war hochgradig degeneriert, weil eben der Herd ihre Fasern an der Austrittsstelle aus dem R.K. unterbrochen hatte. Vielleicht war diese Unter-

brechung der Z.H.B. auch schuld an der Verkleinerung des rechten R.K. (retrograde Degeneration). — *Ferner geht aus der Beobachtung Gampers die wichtige Tatsache hervor, daß der lenticuläre Ursprung der Z.H.B. überhaupt nicht sehr bedeutend ist; denn bei Gampers Anencephalen fehlte der Linsenkern vollständig, die Z.H.B. war aber nicht wesentlich faserärmer als in der Norm.*

2. *Die einzelnen Ursprungsfasern der Z.H.B. insbesondere ihre beiden Wurzeln vermischen sich schon in der Markkapsel des R.K. innig miteinander und sind caudal vom R.K. gleichmäßig auf das ganze Feld der Z.H.B. verteilt.* Diese Tatsache ergibt sich aus dem 4. Fall, bei welchem offenbar die Wurzel aus dem Fasciculus lenticularis sowie ein kleiner Teil der Hauptwurzel aus dem R.K. nicht degeneriert waren. Dieser Rest der Fasern der Z.H.B. hatte sich aber auf das ganze Feld der Z.H.B. annähernd gleichmäßig verteilt. Einen entsprechenden Befund zeigte Gampers Anencephale (6. Fall). Hier fehlte die Wurzel aus dem Fasciculus lenticularis vollkommen. Das Feld der Z.H.B. zeigte aber im Mittelhirn an keiner Stelle ein isoliertes, faserarmes Gebiet. Die Wurzel aus dem Fasciculus lenticularis verläuft also nicht als geschlossenes Bündel in einem besonderen Abschnitt des Feldes der Z.H.B., wie dies Winkler und auch Souques usw. (die Untersucher des 4. Falles) annehmen. Ebenso gibt es im Mittelhirn kein selbständiges „dorsolaterales Haubenbündel“.

3. *Etwas mehr als die Hälfte der Fasern der Z.H.B. läuft ohne Unterbrechung zur unteren Olive und endigt in deren dorsalem und ventralem Schenkel. Von dem sehr beträchtlichen Rest der langen Fasern endigt ein großer Teil bereits in der Brückenhaube.* Im 5. Fall war die Degeneration der Z.H.B. so frisch, daß eine transneurale Degeneration nicht eingetreten war. Infolgedessen zeigt dieser Fall besonders schön den Verlauf und die Endigung jener Fasern der Z.H.B., welche aus der Gegend des R.K. stammen. Es erweist sich nun deutlich, daß das Degenerationsfeld der Z.H.B. in der Brücke erheblich kleiner und heller wird, was sich nur dadurch erklären läßt, daß ein Teil ihrer Fasern hier endigt. Am caudalen Brückenende finden sich nur im ventralen Teilbündel degenerierte Fasern; das Gebiet des dorsalen und medialen Teilbündels ist dagegen frei von Degenerationskörnern.

4. *In der Brückenhaube treten neue Neurone zur Z.H.B.; diese bilden die caudale Fortsetzung jener Neurone, welche aus oraleren Hirnteilen stammen und in der Brückenhaube endigen. Diese neu hinzutretenden Fasern verlaufen teils im Gebiet des medialen und dorsalen Teilbündels, zum kleineren Teil auch im ventralen Teilbündel.* — Bei Probsts Fall einer frischen Zerstörung des R.K. war in der Brücke und in der Medulla oblongata nur ein Teil der Z.H.B. degeneriert; das dorsale und mediale Teilbündel sowie der „gebündelte Anteil“ des ventralen Teilbündels war dagegen frei von Degenerationserscheinungen. Hier müssen also Fasern verlaufen, welche nicht aus dem R.K., sondern aus tieferen Ebenen

entspringen. In den Fällen 1—3, bei denen ein alter Herd den R.K. isoliert zerstört hatte, waren diese Teile zwar geringer, aber doch ebenfalls degeneriert. Diese Tatsache läßt sich nur durch eine transneurale Degeneration erklären, welche bei diesen Fällen unter anderem auch in einer Atrophie der unteren Olive zum Ausdruck kam. Die transneurale Degeneration der neu hinzutretenden Fasern weist darauf hin, daß sie die funktionelle Fortsetzung von Fasern der Z.H.B. aus dem R.K. bilden.

VII. Kritische Bemerkungen zu früheren Befunden.

A. Über den Ursprung der Zentralen Haubenbahn.

Wenn wir uns zunächst mit den Angaben der Autoren über den Ursprung der Z.H.B. befassen, so müssen wir feststellen, daß insgesamt 8 verschiedene nervöse Gebilde als Ursprungsort der Z.H.B. angesehen wurden.

1. *Der Thalamus.* *Bechterew* gibt in seiner zweiten Veröffentlichung über die Z.H.B. (1899) in einer Fußnote an (l. c. S. 302): „Das obere Ende der Z.H.B. verliert sich nach *Flechsigs* neuesten Ermittlungen im Thalamus opticus. Dies kann ich als sehr wahrscheinlich bestätigen.“ Leider werden *Flechsigs* Ermittlungen nicht näher genannt. Später hat sich vor allem *Edinger* ohne Angabe eines Beweises für den Beginn der Bahn im Thalamus eingesetzt. Zwar gibt *Edinger* auch die Möglichkeit eines Ursprungs aus der Gegend unter dem oralen Zweihügel zu; nicht näher mitgeteilte pathologische Befunde beim Menschen scheinen ihn aber so sehr von der Richtigkeit seiner ersten Annahme überzeugt zu haben, daß er der Z.H.B. den Namen „*Tractus thalamo-olivaris*“ gegeben hat. Diese Bezeichnung hat sich im Schrifttum, vor allem auch in verschiedenen Lehrbüchern, eingebürgert (*Edinger*, *Obersteiner*, *Ariens Kappers*, *Schaffer*, *Riese*). Aber nirgends findet sich bei diesen Autoren der Nachweis, daß die Z.H.B. wirklich aus dem Thalamus stamme. In neuerer Zeit geben *Nayrac* und *Patoir* bei der Beschreibung eines Anencephalen an, Fasern gesehen zu haben, die vom Thalamus zur Z.H.B. ziehen. Diese Autoren beschreiben aber weder den genaueren Verlauf dieser Fasern, noch belegen sie ihre Beobachtung mit Abbildungen. Ebenfalls auf Grund von Beobachtungen an einem Anencephalen hat sich in jüngster Zeit *Verhaart* wieder für einen Ursprung der Z.H.B. aus dem Thalamus und gegen ihre Zugehörigkeit zum extrapyramidal-motorischen System ausgesprochen. Diese Arbeit ist, soweit mir bekannt, die einzige, in welcher versucht wird, an Hand von pathologischen Beobachtungen den Ursprung der Z.H.B. aus dem Thalamus zu beweisen. Es ist deshalb notwendig, näher darauf einzugehen.

Es handelt sich bei diesem Fall um das Gehirn einer 8jährigen Chinesin, deren Endhirn bis auf ganz geringe Reste der Rinde und bis auf das Striatum in eine häutige Blase umgewandelt war, offenbar ähnlich, wie bei unserem Fall von

Hydranencephalie. Der Thalamus war durch die Höhlenbildung bis in seine caudalsten Teile zerstört worden, der Hypothalamus war verschont geblieben. Von Schädigung im Kleinhirn wird nur eine Ganglienzelldegeneration des Nucleus dentatus genannt; dagegen waren die Bindearme vollständig marklos. Ebenso enthielt der R.K. keine Markfasern (!). Nur seine Kapsel war angedeutet; aber auch diese fehlte am oralen Pol vollständig. Am oralen Pol des R.K. wurden auch viele degenerierte und inkrustierte Ganglienzellen festgestellt. Die Z.H.B. war sehr stark geschädigt. Aus der Tatsache, daß Striatum und Pallidum markhaltig waren, der Thalamus aber zerstört war, schließt der Verfasser, daß die Degeneration der Z.H.B. mit der Zerstörung des Thalamus in Zusammenhang gebracht werden müsse, also die Bahn aus dem Thalamus entspringe. Der Autor stellt aber nicht in Rechnung, daß der R.K. vollständig marklos und seine Ganglienzellen teilweise degeneriert waren. Daß der Nucleus ruber tatsächlich schwer geschädigt gewesen sein muß, geht meines Erachtens auch aus der festgestellten Degeneration des Bindearmes hervor, für die eine andere Ursache nicht ersichtlich ist. Auf andere widerspruchsvolle Angaben des Autors sei hier nicht näher eingegangen.

Meines Erachtens beweist der Fall *Verhaarts* nicht den Ursprung der Z.H.B. aus dem Thalamus und sie widerlegt in keiner Weise die Annahme, daß der R.K. ein Hauptursprungsort der Z.H.B. ist. Im R.K. war der Markgehalt offenbar zum mindesten außerordentlich herabgesetzt. Ganglienzelldegenerationen wurden wenigstens im oralen Teil des R.K. beobachtet. Offenbar besteht eine sehr gute Übereinstimmung zwischen dem geringen Fasergehalt der Z.H.B. und der Markarmut des R.K.¹

Auch aus dem übrigen Schrifttum ist mir kein Fall bekannt geworden, bei dem die Degeneration der Z.H.B. ausschließlich auf einen Herd im Thalamus hätte zurückgeführt werden können.

Als Beweis dafür, daß *der Thalamus als Ursprungsort der Z.H.B. nicht in Betracht kommen kann*, führe ich eine Beobachtung *A. Meyers* an. Es handelte sich hier um einen Tumor, welcher die beiden Thalami und den rechten R.K. vollständig zerstörte, vom linken R.K. nur die Kapsel leicht geschädigt hatte. Auf der Höhe der unteren Olive findet sich rechts eine fast vollständige, links eine nur leichte Degeneration der Z.H.B.

Die gleichen Schlüsse kann man aus folgendem Fall ziehen, der von Herrn Dr. *Pierach*-Memel unserem Laboratorium zur anatomischen Untersuchung übergeben worden ist. Hier hatte ein großer „Hirnstein“ den ganzen linken Thalamus so gut wie vollständig zerstört. Auf der rechten Seite waren nur die vorderen Teile des Nucleus anterior thalami durch zwei kleine „Hirnsteine“ geschädigt worden. Die Z.H.B. war auf beiden Seiten gleichmäßig normal ausgebildet. — Ebenso zeigen die Befunde an den im VI. Kapitel angeführten Mittelhirnweisen, daß aus dem Thalamus keinesfalls ein wesentlicher Teil der Z.H.B. entspringen kann. *Ich komme zu dem Schluß, daß die Bezeichnung Tractus thalamo-olivaris für die Z.H.B. aufgegeben werden muß.*

¹ Vgl. Anmerkung S. 557.

2. *Der Linsenkern. Flechsig* (1885) berichtet in einem Zusatz zu *Bechterews* erster Veröffentlichung über die Z.H.B., daß er die Bahn auf normalen Schnittserien bis in die Linsenkernschlinge verfolgen konnte, daß sie also wahrscheinlich aus dem Linsenkern hervorgehe. Fast 40 Jahre später hat *Wallenberg* bei einer Nachuntersuchung des anatomischen Befundes beim „Mensch ohne Großhirn“ von *Edinger* und *B. Fischer* die Ansicht ausgesprochen, daß die Z.H.B. aus dem *Putamen* entspringe, und hat sie deswegen *Tractus strio-olivaris* genannt.

Wallenberg fand bei der anatomischen Untersuchung dieses fast 4 Jahre alten Anencephalen¹ auf der rechten Seite ein vollentwickeltes Putamen, während auf der „linken Seite das Putamen, wohl auch der Nucleus caudatus in der Cyste“ aufgegangen war. Die Z.H.B. war „von der dorsomedialen Kapsel des Frontalpol des Nucleus ruber abwärts bis zum gleichseitigen Fließ der unteren Olive ... links atrophisch, während ihre Entwicklung rechts nichts zu wünschen übrig ließ.“ Oral vom R.K. scheint *Wallenberg* keine Degeneration gefunden zu haben; er gibt über diese Strecke des Verlaufes nur an: „Wahrscheinlich schließen sich die Fasern dem Bündel H₂ der Haubenstrahlung an.“ *Edinger* und *Fischer* erwähnen nichts von einem Unterschied der Bahn auf beiden Seiten, und auf der Abbildung aus dem oralen Brückenende (Fig. 3, l. c. S. 548) ist auch kein Unterschied zwischen beiden Seiten erkennbar. Der von *Wallenberg* gesehene Unterschied (Abbildungen fehlen) kann also kaum sehr erheblich gewesen sein.

Muskens schließt sich auf Grund von nicht sehr beweiskräftigen experimentellen und klinischen Beobachtungen der Ansicht *Wallenbergs* an.

Die Annahme eines Ursprungs der Z.H.B. aus dem Striatum läßt sich meines Erachtens nicht halten. Die Markreifung der Bahn (vgl. S. 538), sowie pathologische Beobachtungen (*Economo*, 1918) und die Befunde bei den mitgeteilten Anencephalen schließen diese Möglichkeit aus. An mehreren Fällen von *Huntington'scher* Chorea, die in unserem Laboratorium zur Sektion kamen, konnte ich feststellen, daß trotz ausgedehnter Zerstörung des Striatums niemals eine Degeneration der Z.H.B. eingetreten war. —

Nach *Winkler* entspringt ein sehr beträchtlicher Teil der Z.H.B. aus dem *Globus pallidus*. Auch nach unseren normal anatomischen Untersuchungen, sowie nach den Ergebnissen der myelogenetischen Forschungsmethode trägt der *Globus pallidus* zum Aufbau der Z.H.B. bei. Allerdings stellt er weder den einzigen noch den hauptsächlichsten Ursprungs-ort dar. *Winkler*, dessen *Tractus pallido-olivaris* anscheinend die Hauptmasse des zur Olive ziehenden Anteils ausmachen soll, überschätzt meines Erachtens den Anteil der Z.H.B. aus dem *Globus pallidus* erheblich. Nach den Befunden an *Gampers*, *Környey's* und unserem Anencephalen bildet die Wurzel der Z.H.B. aus dem *Pallidum* gegenüber der Hauptwurzel aus dem R.K. nur einen unbedeutenden Faserzufluß².

¹ Auch hier war der Schädel intakt.

² *Verhaart* lehnt einen Übergang von Fasern aus dem Feld H₂ in die Z.H.B. ab. Vgl. Anm. S. 557.

3. *Die hintere Commissur.* Wernicke, welcher als erster den Verlauf der Z.H.B. im Mittelhirn und in der Brücke beschrieben hat, sieht in der Bahn eine Fortsetzung der hinteren Commissur (l. c. S. 90f.) und mißt ihr die Bedeutung eines „gekreuzten Haubenursprungs aus dem Sehhügel“ zu. Wie aus Wernickes Abb. 47—54 hervorgeht, betrachtet der Autor nur den dorsolateralen Anteil der Z.H.B. als caudale Fortsetzung der hinteren Commissur (auf den Abbildungen mit *cp* bezeichnet). Er erwähnt aber auch einen ungekreuzten in die Haube absteigenden Faserzug aus dem R.K., auf den wir S. 557 zurückkommen werden. Auch Helweg vermutet einen Ursprung der Z.H.B. (er nennt sie „ovale Bahn in der Haube“) aus der hinteren Commissur. Nach diesem Autor gabelt sich die Z.H.B. oralwärts (!?) in drei Teilbündel, von denen das „innere“ und das „äußere“ in die hintere Commissur übergeht, das „mittlere“ aber sich um den Bindearm herum lateralwärts wendet und dann von der lateralen Schleife bedeckt wird. Beide Autoren ziehen ihre Schlüsse aus normal anatomischen Präparaten, bei denen die Markscheiden nicht elektiv gefärbt waren.

Gegen den Ursprung der Z.H.B. aus der hinteren Commissur sprechen folgende Tatsachen: 1. Wird die hintere Commissur zu einer Zeit markreif (im 7. Fetalmonat), in der die Z.H.B. noch völlig marklos ist (Bechterew, 1899). 2. Bei Környeys sowie bei unserem Anencephalen fehlte die hintere Commissur vollständig, während die Z.H.B. nur wenig beschädigt war. 3. Bei den im VI. Kapitel mitgeteilten Fällen von Zerstörung des R.K. und Degeneration der Z.H.B. war die hintere Commissur nicht geschädigt. 4. Unsere normal anatomischen Serien ergaben keinerlei Zusammenhang zwischen Z.H.B. und hinterer Commissur.

4. *Die Vierhügel.* van Oordt hat im Anschluß an die Beobachtung eines Tumors, der den caudalen Zweihügel und die Haube der rechten Seite zerstört und die Z.H.B. caudalwärts zur sekundären Degeneration gebracht hatte, die Vermutung geäußert, daß die Z.H.B. aus dem caudalen Zweihügel stammen könnte. Lewandowsky verfolgte die Z.H.B. bei Hunden und Katzen bis in die oralen Zweihügel, gibt aber selbst an, daß der Verlauf des von ihm gefundenen Bündels nur in der Brücke und im verlängerten Mark sich mit dem der Z.H.B. deckt.

Schon der Verlauf der Z.H.B., wie er sich auf normal anatomischen Schnittserien darstellt, spricht gegen den Ursprung der Bahn aus den Vierhügeln. Ich habe an unserem Laboratorium mehrere Fälle von Zerstörung der Vierhügel gesehen, bei denen die Z.H.B. nicht degeneriert war. Da in dem Fall van Oordts der Tumor auch die rechte Haube zerstört hatte, ist die Degeneration der Bahn durch die Unterbrechung ihrer Fasern während ihres Verlaufes im Mittelhirn leicht erklärbar.

5. *Der Bindearm.* Sorgo hat einen Tumor in der Vierhügelgegend beobachtet, welcher fast die ganze Mittelhirnhaube, einschließlich beider R.K., zerstört hatte. Der Autor fand eine mit der Marchi-Methode darstellbare sekundäre Degeneration der Z.H.B. auf beiden Seiten. Sorgo verfolgte die Z.H.B. oralwärts bis zu ihrer Durchflechtung mit dem Bindearm, welcher sich auf beiden Seiten in frischer retrograder Degeneration befand. Er glaubt nun, daß die Fasern der Z.H.B. in den Bindearm derselben Seite eintraten.

Ich brauche nicht weiter auseinanderzusetzen, daß der Befund Sorgos sich ohne weiteres durch die Zerstörung des R.K. erklären läßt. Nach den normal anatomischen und pathologischen Befunden ist es unmöglich, daß die Z.H.B. aus dem Bindearm wesentliche Zuflüsse erhält.

6. *Die Augenmuskelkerne.* Tilney und Riley schreiben in ihrem Lehrbuch (l. c. S. 534): „The central tegmental tract connects the oculomotor nucleus and probably the nuclei of the fourth and sixth nerves with the inferior olive, in all probability acting to maintain associate movements between the eyes and head.“ Die Autoren geben nicht an, welche Beobachtungen sie zu der Annahme geführt haben, daß die Z.H.B. mit den Augenmuskelkernen in Verbindung stehe. Da die absteigende Leitungsrichtung der Z.H.B. erwiesen ist, müßte die Bahn in den Augen-

muskelkernen sogar entspringen. Dafür ist mir kein Anhaltspunkt bekannt geworden. Insbesondere war bei den im VI. Kapitel unter 1—5 mitgeteilten Fällen von Degeneration der Z.H.B. der Nucleus oculomotorius primär höchstens ganz leicht geschädigt.

7. *Das zentrale Höhlengrau.* Die Ansicht, daß die Z.H.B. aus dem zentralen Höhlengrau des Mittelhirns stamme, wurde von A. Alexander ausgesprochen, welcher die Bahn an zahlreichen Säugetiergehirnen untersucht hat. Der Autor gibt an, daß bei sämtlichen untersuchten Tieren die Z.H.B. oralwärts etwa auf der Höhe des Oculomotoriuskernes verschwindet; außerdem glaubt er in einzelnen Fällen, Fasern gesehen zu haben, welche aus der Z.H.B. in das zentrale Höhlengrau (bzw. umgekehrt) übertreten. Im zentralen Höhlengrau waren diese Fasern aber nicht weiter verfolgbar, sondern erschienen „wie abgeschnitten“. Wie Alexander selbst angibt, waren die von ihm untersuchten Serien in frontalen Ebenen, also schräg zur Meynertschen Achse, geschnitten, wodurch auch die Fasern der Z.H.B. nicht senkrecht, sondern schräg getroffen wurden. Schräggesechnittene Markfasern, welche an ein markloses Gebiet grenzen, erwecken fälschlicherweise oft den Eindruck, als würden sie in dieses marklose Gebiet eintreten.

Den Gegenbeweis gegen Alexanders Theorie bilden folgende Tatsachen: 1. In den Fällen 1—4 des VI. Kapitels war die Z.H.B. weitgehend degeneriert, das zentrale Höhlengrau aber vollständig unversehrt. 2. Es sind keine Fälle bekannt, bei denen nach isolierter Schädigung des zentralen Höhlengraus (z. B. nach einer Encephalitis epidemica) die Z.H.B. degeneriert war. 3. Auf normal anatomischen Präparaten konnte ich auch bei sagittaler Schnittrichtung niemals Fasern der Z.H.B. aus dem zentralen Höhlengrau austreten sehen (vgl. z. B. Abb. 13a). 4. Pache hat in unserem Laboratorium gezeigt, daß aus markarmen Zentren, zu denen das zentrale Höhlengrau gehört, nur Fasern mit außerordentlich dünnen Markscheiden entspringen. Die Z.H.B. ist aber ausgesprochen markreich und ihre Fasern haben durchschnittlich ein mittelstarkes Kaliber. Der von Alexander vermutete Zusammenhang ist also mehr als unwahrscheinlich.

8. *Der Ursprung aus dem Roten Kern.* Wernicke ist der erste gewesen, der an normal anatomischen Präparaten einen in die Brückenhaube absteigenden Faserzug aus dem R.K. gefunden hat; nach den Abbildungen dieses Autors fällt dieser Faserzug mit dem medialen Abschnitt der Z.H.B. zusammen. (Wie schon gesagt [S. 556], nimmt Wernicke einen zweiten Ursprung aus der hinteren Commissur an.) Später wurden Probst, Gamper, Környey, A. Meyer, C. Winkler, Hurowitz durch Beobachtungen an Fällen aus der menschlichen Pathologie zu der Vermutung veranlaßt, daß die Z.B.H. aus dem R.K. stammen müsse. Gamper prägte die Bezeichnung *Tractus rubro-olivaris*. In späterer Zeit endlich hat sich Spatz für einen Ursprung der Z.H.B. aus dem R.K. eingesetzt¹.

An dieser Stelle sei nur folgendes hervorgehoben: Im Gegensatz zu der Ansicht Wernickes und Winklers verläßt die Hauptwurzel der Z.H.B.

¹ *Anmerkung bei der Korrektur.* In einer mir erst jetzt zugänglich gewordenen Arbeit berichtet Verhaart über experimentelle Untersuchungen am Macacus und über einen Fall aus der menschlichen Pathologie. Verhaart vermutet einen Ursprung der Z.H.B. aus dorsomedialen Teilen des R.K. Ein Faserübergang aus dem Forel'schen Feld H₂ in die Z.H.B. konnte bei Macacus nicht beobachtet werden. Bei frischer, experimenteller Unterbrechung der Bahn war in der Medulla oblongata nur der in der unteren Olive endigende Teil der Z.H.B. degeneriert.

den R.K. nicht an seinem caudalen Pol und trennt sich vom Bindearm nicht erst caudal von dem „weißen Kern“. Vielmehr treten die Fasern der Z.H.B., wie aus meinen Untersuchungen hervorgeht und wie auch schon *Déjérine* und *de Giacomo* vermutet hatten, durch den dorsomedialen Abschnitt der Markkapsel aus dem R.K. aus und sind von dem gekreuzten Schenkel des Bindearmes vollständig getrennt.

B. Über die Teilbündel der Zentralen Haubenbahn.

Es wurde bereits mehrfach hervorgehoben, daß im Schrifttum bisher als Z.H.B. nur derjenige Teil der Bahn bezeichnet wurde, welcher zur unteren Olive zieht. Dem dorsalen Teilbündel wurde unter dem Namen „dorsolaterales Haubenbündel“, dem medialen Teilbündel unter der Bezeichnung „Fasciculi praedorsales“ auch systematisch eine Sonderstellung eingeräumt, während wir grundsätzlich für die Zusammengehörigkeit aller dieser Fasern eintreten.

1. *Das dorsolaterale Haubenbündel.* Diese Bezeichnung wurde von der Wiener Schule (*Obersteiner, Marburg* u. a.) in das Schrifttum eingeführt. Teils wurde unter diesem Namen nur unser dorsales Teilbündel etwa auf der Höhe des Trigeminskernes, teils der laterale Abschnitt der Z.H.B. im Mittelhirn verstanden. Schärfer definiert *Ziehen* sein dorsolaterales Haubenbündel; es ist in der Brücke identisch mit meinem dorsalen Teilbündel der Z.H.B. *Ziehen* versucht das dorsolaterale Haubenbündel auch im Mittelhirn nachzuweisen, betont aber selbst, daß dies normal anatomisch nicht sicher möglich ist. Er vermutet in dem Bündel einen Teil der sekundären Trigemiusbahn und führt als Stütze nicht sehr beweiskräftige Beobachtungen nach experimentellen, meist sehr ausgedehnten Zerstörungen im Gebiet des sensiblen Trigeminskernes an, sowie eine Beobachtung *A. Wallenbergs* aus der menschlichen Pathologie.

In *Wallenbergs* Fall hatte ein über 7 Jahre alter Massenblutungsherd in der Brückenmitte den dorsolateralen Abschnitt der Haube und fast den ganzen Trigeminskern zerstört. *Wallenberg* verfolgte auf einer nicht lückenlosen Serie degenerierte Fasern im dorsalen Gebiet der Z.H.B. oralwärts bis in den Thalamus und hält diese Fasern für den „dorsalen Teil der sekundären Trigemiusbahn“. Es ist bemerkenswert, daß auf *Wallenbergs* Abbildungen das Degenerationsfeld im Mittelhirn kleiner wird (l. c. Abb. 7), im Zwischenhirn (Abb. 8) dagegen einen sehr großen Raum einnimmt. Diese Beobachtung *Wallenbergs* ist meines Erachtens kein Beweis dafür, daß in dem dorsalen Abschnitt der Z.H.B. ein Teil der sekundären Trigemiusbahn verläuft. Es scheint mir viel wahrscheinlicher, daß durch den alten Herd das dorsale Teilbündel der Z.H.B. zur Degeneration gebracht wurde, und zwar sowohl retrograd (in oraler Richtung) wie auch absteigend. Die Tatsache, daß das Degenerationsfeld oralwärts abnimmt, caudalwärts aber bis in das Gebiet der *Medulla oblongata* hinein verfolgbar ist, steht gut mit unserer Annahme in Einklang, daß das dorsale Teilbündel vorwiegend aus kurzen Neuronen zusammengesetzt ist, welche in der Substantia reticularis der Haube entspringen und vorwiegend absteigen.

Abgesehen von den Ergebnissen meiner normal anatomischen Untersuchungen kann ich mich auch nach den Befunden an Fällen aus der menschlichen Pathologie (vgl. S. 552), sowie nach den Ergebnissen der vergleichenden Anatomie (vgl. S. 540) nicht von dem Vorhandensein eines selbständigen dorsolateralen Haubenbündels überzeugen, das seiner Morphologie und seiner physiologischen Bedeutung nach gegenüber der Z.H.B. eine Sonderstellung einnimmt.

2. *Die Fasciculi praedorsales.* Unter dieser Bezeichnung werden diejenigen sagittal verlaufenden Fasern verstanden, welche den Raum ventral vom hinteren Längsbündel im Mittelhirn, in der Brücke und im verlängerten Mark einnehmen. Leider ist der Ausdruck „Fasciculi praedorsales“ auch heute noch sehr gebräuchlich und wird teilweise für fasersystematische Begriffe — so z. B. für den Tractus tectobulbaris — angewendet, was häufig zu Mißverständnissen geführt hat. Deshalb sollte die Bezeichnung Fasciculi praedorsales endlich aus der wissenschaftlichen Nomenklatur verschwinden! Man kann topographisch von einer Area praedorsalis sprechen, aber nicht in fasersystematischem Sinn von prädorsalen Bündeln; denn die Faserbündel, welche in der Medulla oblongata und in der Brücke ventral vom hinteren Längsbündel verlaufen, sind weder unter sich fasersystematisch einheitlich, noch identisch mit denjenigen Bündeln, welche im Mittelhirn dieses Gebiet einnehmen. Im Mittelhirn verlaufen in der Area praedorsalis die medialsten Fasern der Z.H.B. und ventral von ihnen, unmittelbar über dem gekreuzten Schenkel des Bindearmes, das Faserbündel X (vgl. S. 497), dessen Bedeutung noch nicht geklärt ist, das aber sicher nichts mit dem Tractus tectobulbaris zu tun hat. In der oralen Hälfte der Brücke ist die Area praedorsalis sehr faserarm (vgl. Abb. 25). Die wenigen Fasern, die sich hier ventral vom hinteren Längsbündel befinden, gehören sehr wahrscheinlich zur Z.H.B. Erst etwa von der Brückenmitte an (vom Schnitt der Abb. 26 an caudalwärts) nimmt der Fasergehalt der Area praedorsalis wieder zu, und zwar handelt es sich dabei um Fasern des medialen Teilbündels der Z.H.B., die jetzt in die Area praedorsalis übertreten. *Erst von der Brückenmitte an treten auch die durch ihr dickes Faserkaliber wohl gekennzeichneten, vorher am ventralen Rand der Haube gelegenen Bündelchen des Tractus tectobulbaris* von ventral her in die Area praedorsalis ein. Sie verlaufen dann mit dem medialen Teilbündel zusammen in einem gemeinsamen Faserfeld.

Gegenüber den bisherigen Ansichten gelangten wir zu der Überzeugung, daß *die Z.H.B. im Mittelhirn ein einheitliches Faserbündel darstellt, von dem sich kein besonderer Abschnitt morphologisch etwa als „dorsolaterales Haubenbündel“ unterscheiden und abtrennen läßt.* Diejenigen Faserbündel, die in der Brückenhaube bisher als „dorsolaterales Haubenbündel“ bzw. als „Fasciculi praedorsales“ angesprochen wurden, muß

man hauptsächlich als Teile der Z.H.B. auffassen, nämlich als deren dorsales bzw. mediales Teilbündel.

C. Über die Endigung.

1. Das *ventrale Teilbündel* endigt nach der Ansicht der Autoren wenigstens zum größten Teil in der unteren Olive. Nach *Helweg* und *A. Thomas* (1903) soll es sich teilweise aber unmittelbar in die *Helwegsche Dreikantenbahn* fortsetzen.

Helweg hat seine Untersuchungen an normal anatomischen Präparaten ausgeführt, in welchen die Markscheiden nicht elektiv dargestellt waren. — *Thomas* stützt sich auf einen Fall aus der menschlichen Pathologie, bei welchem Mittelhirn- und Brückenhaube zerstört und unter anderem die Z.H.B. und die Dreikantenbahn degeneriert waren. Der Herd war offenbar so alt (Angaben fehlen), daß eine transneurale Degeneration der unteren Olive eingetreten war. *Thomas* beschreibt ausdrücklich die Verbreiterung ihres Zellbandes und den Nervenzellausfall. Die Degeneration der *Helwegschen Dreikantenbahn* läßt sich demnach durch die Atrophie der unteren Olive erklären. Wenn eine transneurale Atrophie der *Helwegschen Bahn* vorliegt, so kann diese für einen funktionellen Zusammenhang dieser Bahn mit der Z.H.B. angeführt werden.

Daß tatsächlich kein unmittelbarer Faserübergang aus der Z.H.B. in die *Helwegsche Dreikantenbahn* stattfindet, beweisen solche Fälle, in denen die Z.H.B. frisch degeneriert war (*Probst, Long* und *Roussy, van Bogaert*). Hier fanden sich im *Helwegschen Bündel* caudal von der unteren Olive keine Degenerationskörner. — Außerdem spricht das unterschiedliche Faserkaliber (vgl. S. 534) gegen eine Fortsetzung der Z.H.B. im *Tractus olivospinalis*.

Auch die Behauptung *Schaffers*, daß die Z.H.B. nur im ventralen Olivenschkel endigt, entspricht sicher nicht den Tatsachen.

Bei dem Fall *Schaffers* hatte ein frischer Herd etwas oral von der Brückenmitte die ventromedialen Teile der Z.H.B. zerstört (l. c., Abb. 1 und 2); vom ventralen Teilbündel waren nur der mediale und ventrale Abschnitt degeneriert (Abb. 5 und 6), die lateralen und dorsalen Abschnitte, insbesondere der „gebündelte Anteil“ des ventralen Teilbündels dagegen unversehrt. Die degenerierten Fasern traten nur mit dem ventralen Schenkel der unteren Olive in Berührung. Bemerkenswert ist an diesem Fall noch, daß auch im Gebiet des medialen Teilbündels, und zwar zum Teil auf der gekreuzten Seite degenerierte Fasern bis in die caudalsten Abschnitte der *Medulla oblongata* sichtbar sind, welche hier zusammen mit dem ebenfalls degenerierten hinteren Längsbündel im Vorderstrang verlaufen. Das Rückenmark war leider nicht untersucht worden.

Bei dem komplexen Aufbau der Bahn ist es nur natürlich, daß die Größe des Degenerationsfeldes nicht nur von dem Umfang der primären Zerstörung abhängig ist, sondern auch von der Höhe, in welcher der Herd die Z.H.B. getroffen hat. Auf normal anatomischen Präparaten tritt das ventrale Teilbündel mit dem ventralen und dem dorsalen Olivenschkel in Beziehung. Auch die Beobachtung von *Probst, Long* und *Roussy* u. a. an pathologischen Fällen beweisen, daß die ganze untere Olive den Endigungsort für das ventrale Teilbündel bildet¹.

¹ Nach einer Beobachtung *Verhaarts* scheint die Z.H.B. nur mit der Hauptolive in Verbindung zu stehen, dagegen nicht mit den Nebenoliven.

2. Über den caudalen Verlauf und die Endigung derjenigen Fasern, welche *meinem medialen bzw. dorsalen Teilbündel zu entsprechen scheinen*, sind die Angaben im Schrifttum dürftig und unsicher. Meist werden diese Fasern unter der Bezeichnung „Fasciculus reticulospinalis“ zusammengefaßt (vgl. auch *Ziehen*, l. c. S. 215 und 628, dort auch weitere Lit.). Da es sich vorwiegend um kurze hintereinander geschaltete Neurone handelt, die in dem ausgedehnten Gebiet der Substantia reticularis entspringen, kommen Degenerationen nur auf kurze Strecken zur Beobachtung und sind meist nicht eindeutig. Die bisherigen Befunde machen es wahrscheinlich, daß die reticulospinalen Bündel im Vorder- und Seitenstrang des Rückenmarkes absteigen. Nach *Tschermak* sollen (bei der Katze) Fasciculi reticulospinales bis ins untere Lendenmark verfolgbar sein und im ganzen Rückenmark Fasern an das Vorderhorn abgeben. Ein Teil der Fasern soll auf die gekreuzte Seite übergehen. In neuerer Zeit hat *Papez* ebenfalls an Katzen mit Hilfe der *Marchi*-Methode reticulospinale Fasern nachgewiesen. *Papez* beschreibt drei verschiedene reticulospinale Bahnen, welche in der Substantia reticularis des Mittelhirns, der Brücke und der oberen Medulla oblongata entspringen. Die Hauptmasse der Fasern verläuft in der Area praedorsalis und gelangt in den Vorderstrang des Rückenmarkes. Ein kleinerer Teil verläuft in lateralen Teilen der Haube, medial vom motorischen Trigeminuskern und gelangt in den Seitenstrang des Rückenmarkes an die mediale Seite der gekreuzten Pyramidenbahn und des *Monakowschen* Bündels, also in das Gebiet des Processus reticularis. Die reticulospinalen Bahnen *Papez's* verlaufen teils gleichseitig, teils gekreuzt. — An einem menschlichen Anencephalen hat *R. A. Pfeifer* ein ziemlich mächtiges reticulospinales Bündel gefunden, welches in der Höhe der Decussatio pyramidum eine totale Kreuzung eingehen soll (*Pfeifer* nennt sie „dritte Kreuzung“; bei seinem Anencephalen war die Pyramidenbahn vollständig atrophisch, wodurch dieses reticulospinale Bündel deutlich hervortrat). *Winkler* beschreibt einen Tractus pallido-rubro-reticularis, welcher im Mittelhirn und in der Brücke im Bereich der Z.H.B. verläuft, in der Medulla oblongata das dorsale Gebiet meines ventralen Teilbündels einnimmt und schließlich in den Processus reticularis des Rückenmarkes gelangt.

Meine normal anatomischen Untersuchungen konnten die Frage nach dem caudalen Verlauf und der Endigung des medialen und dorsalen Teilbündels nicht eindeutig entscheiden. Ich vermute, daß das mediale Teilbündel (teilweise auf der gekreuzten Seite?) im Vorderstrang und in den angrenzenden Teilen des Seitenstranges des Rückenmarkes absteigt und sich allmählich in der Vorderhornsäule erschöpft. Für diese Vermutung spricht auch der S. 560 mitgeteilte Befund *Schaffers*. — Das dorsale Teilbündel läßt sich bis in dorsale Teile der Substantia reticularis der Medulla oblongata verfolgen. Die Fortsetzung bilden vermutlich die Längsfasern des Processus reticularis.

Wie ich im III. Kapitel gezeigt habe, liegen die Fasern des dorsalen Teilbündels sehr locker zusammen und fassen zwischen sich zahlreiche Nervenzellen. Aus dieser Tatsache schließe ich, daß das dorsale Teilbündel sich hauptsächlich aus kurzen Fasern zusammensetzt, welche eine Kette von hintereinander geschalteten Neuronen bilden, die sich im Rückenmark in verringerter Zahl im Processus reticularis fortsetzen. Ich hoffe, demnächst den exakten Nachweis dieser „*Fibrae reticulo-reticulares*“ (Spatz) auf experimentellem Wege erbringen zu können.

VIII. Die Zentrale Haubenbahn als Glied des extrapyramidal-motorischen Systems.

A. Der fasersystematische Aufbau.

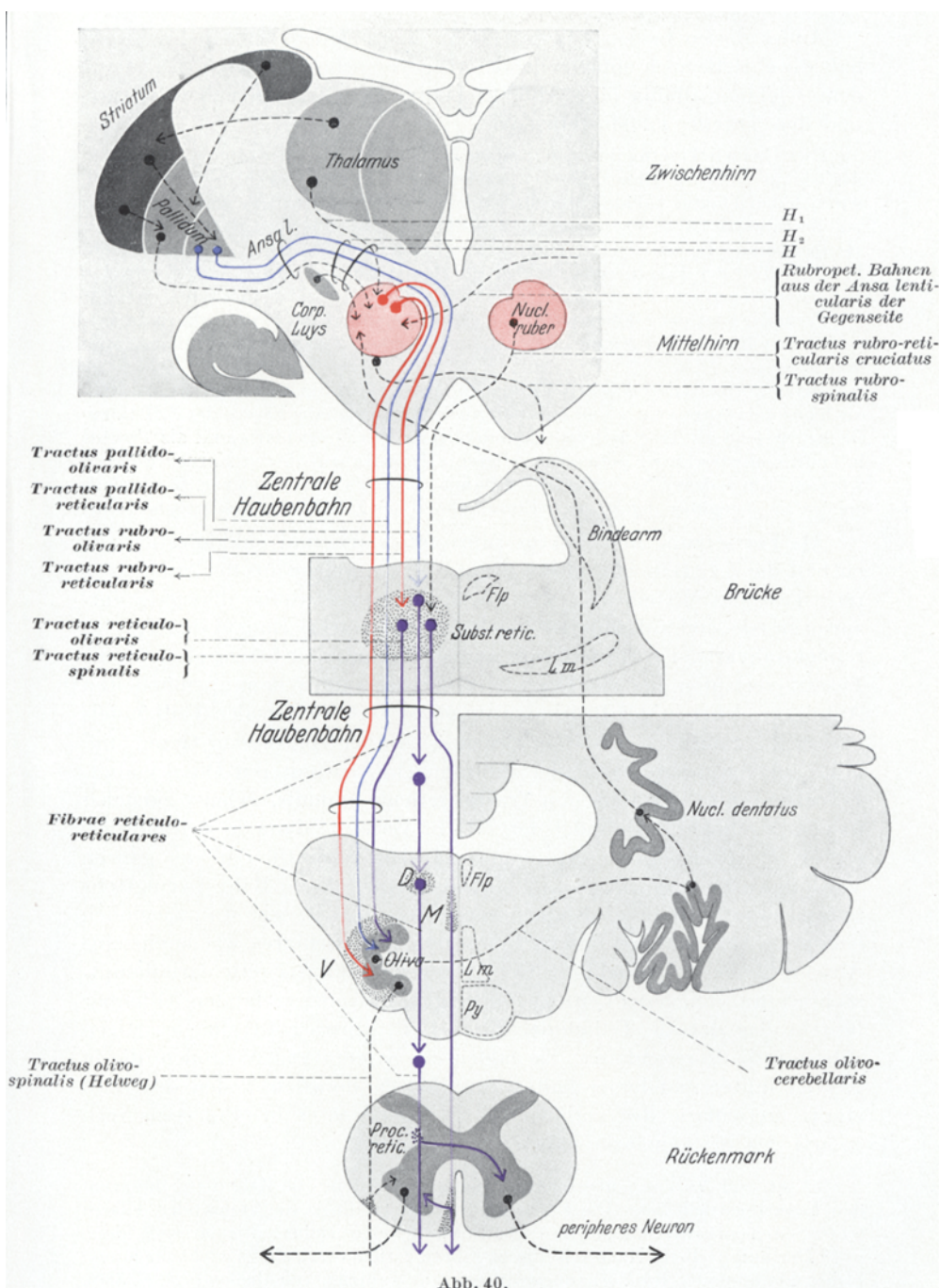
Aus den vorangegangenen Untersuchungen geht hervor, daß die *Z.H.B. fasersystematisch keine einheitliche Bahn, sondern ein Sammelbündel von einzelnen Bahnen darstellt*, welche aus verschiedenen Kernen entspringen und an verschiedenen Orten endigen. Das Schema (Abb. 40) soll veranschaulichen, wie die Z.H.B. nach unserer Vorstellung zusammengesetzt ist.

Die aus dem R.K. entspringenden Anteile der Z.H.B. (auf Abb. 40 rot) bilden eine mächtige Fasermasse, deren größerer Teil als **Tractus rubro-olivaris** in der unteren Olive endigt. Der etwas kleinere Rest erschöpft sich als **Tractus rubro-reticularis unilateralis** in der gleichseitigen Substantia reticularis des Mittelhirns, der Brücke und des verlängerten Markes. *Diese beiden Tractus sind gleichzeitig die wichtigsten efferenten Bahnen des R.K. überhaupt.*

Im Schrifttum werden noch andere efferente Bahnen des R.K. beschrieben: 1. Der *Tractus rubro-parietalis* (Winkler; Endstätte: gleichseitige Parietalrinde). 2. Der *Tractus rubro-thalamicus* (Foix und Nicolesco; Endstätte: gleichseitiger Thalamus). Diese beiden in oraler Richtung ziehenden Bahnen sind ohne Zweifel sehr unbedeutend. Bei verhältnismäßig frischen Herden im R.K. finden sich nur geringe Degenerationserscheinungen in den Haubenfeldern H, H₁, H₂, welche diese Bahnen ja durchlaufen müssen. *Absteigende efferente Bahnen aus dem R.K. sind:* 3. Der *Tractus rubro-reticularis cruciatus* (v. Monakow; Endstätte: gekreuzte Substantia reticularis, wahrscheinlich der Brücke). Diese Bahn, deren Verlauf beim Menschen noch nicht sicher bekannt ist, dürfte ziemlich bedeutend sein. Sie bildet ein Gegenstück zum *Tractus rubro-reticularis unilateralis* und hat offenbar eine verwandte physiologische Bedeutung wie dieser. 4. Der *Tractus rubro-spinalis* (v. Monakow; richtiger: rubro-bulbaris, da er sich vermutlich beim Menschen bereits in oralen Teilen der Medulla oblongata erschöpft) entspringt ausschließlich aus dem großzelligen Anteil des R.K. (vgl. S. 540). Auf diese Bahn werden wir noch ausführlich zurückkommen.

Text zu Abb. 40.

Abb. 40. Schematische Darstellung efferenter extrapyramidal-motorischer Bahnen. Die Einzelbahnen der Zentralen Haubenbahn sind farbig eingetragen, alle übrigen Bahnen schwarz gestrichelt. D dorsales Teilbündel der Z.H.B. Flp hinteres Längsbündel. Lm mediale Schleife. M mediales Teilbündel der Z.H.B. Py Pyramidenbahn. V ventrales Teilbündel der Z.H.B.



Außer diesen beiden aus dem R.K. stammenden Einzelbahnen enthält die Z.H.B. noch entsprechende, aber wesentlich kleinere Bahnen aus dem Globus pallidus (auf Abb. 40 blau): Den **Tractus pallido-olivaris** und den **Tractus pallido-reticularis**.

Diese beiden Tractus bilden nur einen kleinen Bruchteil der efferenten Bahnen des Globus pallidus. Dieser Kern entsendet vor allem zwei mächtige Faserbündel, nämlich den Tractus pallido-entopeduncularis zur Substantia nigra und den Tractus pallido-rubralis (Abb. 40 schwarz). Dieser letztgenannte verläuft im *Forelschen* Haubenbündel H_2 und endigt zum größten Teil im R.K. der gleichen Seite, ein kleinerer Teil der Fasern erreicht über die Commissura subthalamica (*Forel*) den R.K. der Gegenseite (*Foix* und *Nicolesco*¹).

Ferner besitzt der Globus pallidus noch einige andere efferente Bahnen zu verschiedenen Kernen der Stammganglien, insbesondere zum Corpus subthalamicum von *Luys*. —

Meine normal anatomischen Untersuchungen lassen die Möglichkeit offen, daß auch aus dem Corpus Luys und aus dem Nucleus interstitialis Fasern der Z.H.B. zufließen, welche als Tractus hypothalamo-olivaris bzw. -reticularis und als Tractus interstitio-olivaris bzw. -reticularis efferente Impulse aus diesen Kernen ableiten würden. Ein sicherer Nachweis dieser Bahnen liegt bis jetzt nicht vor. Keinesfalls spielen sie gegenüber den übrigen Einzelbahnen der Z.H.B. eine wesentliche Rolle.

Als Fortsetzung des Tractus rubro-reticularis und pallido-reticularis enthält die Z.H.B. noch weitere Einzelbahnen, welche aus der Substantia reticularis des Mittelhirns, der Brücke und der Medulla oblongata entspringen (sie sind auf Abb. 40 violett eingezeichnet): Einmal den **Tractus reticulo-olivaris**. Er wurde bisher im Schrifttum nicht beschrieben. Seine Fasern verlaufen meines Erachtens vorwiegend in dem „gebündelten Anteil“, welcher in der Brückenmitte einen Teil des dorsalen Teilbündels bildet, in caudalen Ebenen der Brücke sich aber von diesem trennt und mit dem ventralen Teilbündel zusammen in der unteren Olive endigt. Ferner enthält die Z.H.B. den **Tractus reticulo-spinalis**, welcher zunächst in dem medialen Teilbündel der Z.H.B. verläuft, dann in den Vorderstrang des Rückenmarkes gelangt und sich vermutlich in der ganzen Vorderhornsäule erschöpft. Offenbar kreuzt diese Bahn wenigstens teilweise die Mittellinie. Endlich enthält die Z.H.B. sehr wahrscheinlich eine große Anzahl kurzer Fasern, **Fibrae reticulo-reticulares**, welche einzelne Abschnitte des ausgedehnten Gebietes der Substantia reticularis hauptsächlich in absteigender Leitungsrichtung miteinander verbinden. Offenbar besteht das dorsale Teilbündel der Z.H.B. vorwiegend aus derartigen **Fibrae reticulo-reticulares**. Sie bilden ein System von Neuronen, die in Ketten hintereinandergeschaltet zunächst in dorsalen Teilen der Substantia reticularis des verlängerten Markes, später im Processus reticularis des Rückenmarkes absteigen².

¹ *Foix* und *Nicolesco* überschätzen meines Erachtens die Zahl dieser kreuzenden Fasern beträchtlich. Die *Forelsche* Commissur, die ja die kreuzenden Fasern beider Seiten enthalten muß, ist im Verhältnis zu dem Fasciculus lenticularis sehr klein.

² Der unmittelbare Nachweis dieser **Fibrae reticulo-reticulares** steht noch aus; bisher konnten wir ihr Vorhandensein nur aus Indizien erschließen (vgl. S. 530).

Diese drei Bündel scheinen die einzigen, bisher genauer bekannten, efferenten Leitungswege der Substantia reticularis zu sein. Nach *Ziehen* (l. c. S. 813) sollen noch reticulo-cerebrale Fasern bestehen; ihr Verlauf ist jedoch heute noch vollständig unbekannt.

B. Nomenklatur.

Bisher wurden im Schrifttum nur die in der unteren Olive endigenden Bahnen zur Z.H.B. gerechnet, also im wesentlichen unser ventrales Teilbündel. Erst *Winkler* fügte hierzu noch den Tractus rubro- bzw. pallido-reticularis hinzu.

Wenn ich auch die drei aus der Substantia reticularis entspringenden Einzelbahnen in den Sammelbegriff „Zentrale Haubenbahn“ einbeziehe, so geschieht dies aus folgenden Gründen:

1. Der Tractus rubro- bzw. pallido-reticularis wird innerhalb der Z.H.B. und ihrer Teilbündel allmählich durch die Fasern der drei reticulofugalen Einzelbahnen ersetzt.

2. Die Befunde an Fällen aus der menschlichen Pathologie (vgl. S. 552) zeigen, daß diese drei reticulofugalen Einzelbahnen auch funktionell die Fortsetzung des Tractus rubro- bzw. pallido-reticularis bilden.

3. Auch der im Schrifttum bisher allein als Z.H.B. betrachtete, in der unteren Olive endigende Teil ist kein einheitlicher Tractus, wenn man unter Tractus eine Mehrzahl von Fasern gleichen Ursprungs und gleicher Endigung versteht; er setzt sich vielmehr aus drei fasersystematisch verschiedenen Tractus zusammen (s. oben).

4. Die vergleichende Anatomie rechtfertigt diese Erweiterung des Begriffes der Z.H.B. ebenfalls. Bei den niederen Säugetieren überwiegt die Bedeutung der Substantia reticularis grisea gegenüber derjenigen des Roten Hauptkernes und der unteren Olive (vgl. S. 541). Dementsprechend spielen bei den niederen Säugetieren die in der Substantia reticularis endigenden und dort entspringenden Fasern eine größere Rolle, als die in der unteren Olive endigenden, relativ langen Fasern. Die Entwicklung der Z.H.B. in der Descendenz äußert sich darin, daß innerhalb des gesamten Bündels die langen Einzelbahnen eine stärkere Ausbildung erfahren, während im Verhältnis dazu die kurzen, mit der Substantia reticularis in Beziehung stehenden Bahnen etwas mehr zurücktreten.

5. Der morphologischen Zusammengehörigkeit der Einzelbahnen entspricht ihre physiologische Verwandtschaft, wie im folgenden gezeigt werden soll.

C. Die physiologische Bedeutung der Zentralen Haubenbahn.

Das Problem der physiologischen Bedeutung der Z.H.B. fällt fast zusammen mit dem Problem der Übertragung der Impulse aus dem extrapyramidal-motorischen (e.p.m.) System auf das System der peripheren motorischen Neurone. In den Lehrbüchern wird meist sehr kurz

über dieses Problem hinweggegangen, obwohl es doch zweifellos von der allergrößten Bedeutung ist. Daß sämtliche im Zentralnervensystem erzeugten motorischen Impulse auf die Kerne der motorischen Hirn- und Rückenmarksnerven übertragen werden müssen, um überhaupt auf das Erfolgsorgan einwirken zu können, ist klar. Wir wissen, daß die efferenten Impulse der motorischen Hirnrinde auf der Pyramidenbahn abgeleitet werden. Dagegen ist über die Wege, auf denen die efferenten Impulse des e.p.m. Systems den peripheren motorischen Neuronen zugeführt werden, noch nichts Sicheres bekannt. Wir sind nur über die Verbindungen der extrapyramidalen Zentren untereinander einigermaßen unterrichtet.

Diese Verbindungen bilden ein recht kompliziertes System. Auf dem Schema der Abb. 40 sind nur die wichtigsten Verbindungen eingezeichnet. Das am weitesten oralwärts vorgeschobene Glied des e.p.m. Systems ist das Striatum; dieses überträgt seine efferenten Impulse hauptsächlich auf das Pallidum. Die Impulse des Pallidum werden zu einem sehr großen Anteil durch den Tractus pallido-rubralis dem R.K. zugeführt. In diese Verbindung ist teilweise das Corpus subthalamicum von *Luy*s eingeschaltet, das Impulse vor allem aus dem Strio-pallidum empfängt und teils an den R.K., teils an die Substantia nigra weitergibt.

Auch von der Substantia nigra soll eine efferente Verbindung zum R.K. bestehen. Im übrigen ist die Art und Weise der Einschaltung der Substantia nigra in dieses Verbindungssystem noch weitgehend ungeklärt. Sicher sind die engen Beziehungen zwischen Substantia nigra und Pallidum, die ja auch durch den Tractus pallido-entopeduncularis miteinander verbunden sind. (Näheres s. bei *Spatz* 1927 und 1935.)

Außer diesen Hauptverbindungen der genannten e.p.m. Zentren sind noch eine Anzahl kleinerer Bahnen bekannt, durch welche diese Zentren miteinander in Beziehung treten. Insbesondere kommen auch rückläufige Leitungswege vor, so z. B. vom R.K. zum Pallidum und von hier zum Striatum. *Welche Wege die efferenten Impulse der Stammganglien innerhalb dieses komplizierten Schaltsystems im einzelnen auch einschlagen mögen, letzten Endes werden sie in ihrer überwiegenden Mehrzahl dem R.K. zugeführt.*

Die im R.K. vereinigten efferenten Impulse der höheren e.p.m. Zentren werden hier der Einwirkung verschiedener Erregungen ausgesetzt, die dem Nucleus ruber aus *sensiblen* Zentren zufließen: Durch den Tractus thalamo-rubralis (im *Forelschen* Haubenfeld H_1) erhält der R.K. Erregungen aus dem Thalamus, dem großen sensiblen Sammelbecken des Zwischenhirns, das auch alle anderen höheren e.p.m. Zentren mit sensiblen Erregungen versorgt. Ferner wird dem R.K. der größte Teil der efferenten Erregungen der gesamten gekreuzten Kleinhirnhemisphäre nach Umschaltung im Nucleus dentatus durch den Bindearm zugeführt.

Und endlich beeinflussen den R.K. höchstwahrscheinlich niedrigere sensorische Zentren, von denen neben den optischen und akustischen Zentren der Vierhügel vor allem der Vestibularapparat genannt werden muß, der mit dem R.K. durch das hintere Längsbündel in Verbindung steht (Whitaker und Alexander u. a.).

Der R.K. bildet demnach das außerordentlich wichtige Sammelbecken für die efferenten Impulse der höheren e.p.m. Zentren, welche hier nochmals der Einwirkung des Thalamus und vor allem der gesamten gekreuzten Kleinhirnhemisphäre ausgesetzt werden.

Auf welchem Weg erfolgt nun die Ableitung der nervösen Impulse vom R.K. aus?

Vor allem von älteren Autoren wird angenommen, daß die efferenten Impulse des R.K. auf die Hirnrinde übertragen und von hier durch die Pyramidenbahn dem System der peripheren motorischen Neurone zugeleitet werden.

Nach Bonhoeffer werden die dem R.K. und dem Thalamus durch den Bindearm zugeführten Erregungen des Kleinhirns an die Hirnrinde weitergegeben; Bonhoeffer hält eine Unterbrechung dieser Verbindung zwischen Kleinhirn und Großhirnrinde für die Ursache der choreatischen Hyperkinesen. Hatschek mißt der Verbindung vom Nucleus ruber zum Scheitellappen eine große Bedeutung bei. Auch er sieht im Roten Hauptkern eine wichtige Schaltstation zwischen Kleinhirn und Großhirnrinde.

Die corticopetalen Bahnen des R.K. sind ebenso wie die der übrigen e.p.m. Zentren viel zu dürftig, als daß auf ihnen die Ableitung eines nennenswerten Teiles der e.p.m. Impulse stattfinden könnte. Auch für die Annahme, daß efferente Fasern der e.p.m. Zentren sich in tieferen Hirnteilen, unter Umgehung der Rinde, der Pyramidenbahn anschließen, fehlen sichere anatomische Anhaltspunkte¹. Vor allem aber muß nach den Erfahrungen der Neurologie angenommen werden, daß die efferenten Impulse der willkürlichen und der unwillkürlichen Motorik auf gesonderten Bahnen abgeleitet werden. — Wohl die häufigste Ansicht ist die, daß das Monakowsche Bündel, der Tractus rubro-spinalis, die Weiterleitung der e.p.m. Impulse des R.K. zu dem System der peripheren motorischen Neurone übernimmt. Diese Ansicht ist auch heute noch offenbar die herrschende, wie unter anderem die 1934 erschienene zusammenfassende Darstellung über den R.K. von Trelles und Ajuriaguerra zeigt. Spatz hat vor kurzem wieder darzulegen versucht, daß diese Auffassung irrig sein muß (1935, S. 514). Die Überschätzung der Bedeutung des Monakowschen Bündels stammt aus den Erfahrungen des Tierexperimentes und verkennt vollkommen die ganz andersartigen Verhältnisse beim Menschen. Ich wiederhole: Das Monakowsche Bündel entspringt ausschließlich aus dem

¹ Nur die Substantia nigra soll nach Mirto sowie Foix und Nicolesco efferente Fasern in das Feld der Pyramidenbahn abgeben. Sicher nachgewiesen sind diese Fasern noch nicht.

beim Menschen aus wenigen Zellen bestehenden, großzelligen Anteil des R.K. (vgl. S. 540) und ist demnach ein höchst dürftiges Bündel. Infolge dieser Kleinheit des Tractus rubro-spinalis wurde in neuester Zeit sogar seine Existenz beim Menschen angezweifelt (A. Thomas, 1936).

Es ist vollkommen unvorstellbar, daß dieses dürftige Bündelchen die Bedeutung haben soll, die zahlreichen und verschiedenartigen Impulse aus den enormen Massen der Stammganglien abzuleiten¹.

Ich glaube, daß die in den vorhergehenden Kapiteln geschilderten Untersuchungen eine hinreichende anatomische Grundlage bilden für die Auffassung, daß die Z.H.B. (meiner erweiterten Bezeichnungsweise) in erster Linie dazu berufen ist, die Verbindung zwischen den e.p.m. Zentren einerseits und dem System der peripheren motorischen Neurone andererseits herzustellen. Denn die Z.H.B. enthält die beiden größten efferenten Bahnen des R.K., nämlich den Tractus rubro-olivaris und den Tractus rubro-reticularis. Die auf dem Tractus rubro-olivaris der unteren Olive zugeführten Impulse können hier zum Teil wenigstens auf die Helwegsche Dreikantenbahn umgeschaltet und auf dieser dem Rückenmark zugeführt werden. Die auf dem Tractus rubro-reticularis abgeleiteten Impulse des R.K. werden auf das ausgedehnte Gebiet der Substantia reticularis verteilt. Von hier aus können die Impulse drei Wege einschlagen: Der eine führt auf dem Tractus reticulo-olivaris zur unteren Olive, ein weiterer über die verhältnismäßig langen Fasern des Tractus reticulo-spinalis wahrscheinlich unmittelbar zu den Vorderhornzellen des Rückenmarkes; der dritte Weg endlich leitet die Impulse nach unserer Vorstellung auf einer Kette von verhältnismäßig kurzen, hintereinandergeschalteten Neuronen, den Fibrae reticulo-reticulares, zum Processus reticularis des Rückenmarkes und von hier zum Vorderhorn. Auf welchen Wegen den motorischen Hirnnervenkernen e.p.m. Impulse zugeführt werden, läßt sich schwer nachweisen. Vermutlich gibt die Z.H.B. unmittelbar Fasern an diese Kerne ab, die ja in nächster Nachbarschaft der Bahn liegen.

Mit der Erkenntnis, daß die Z.H.B. als der wichtigste efferente Leitungsweg des e.p.m. Systems anzusehen ist, rückt die Bahn hinsichtlich ihrer Bedeutung an die Seite der Pyramidenbahn. Aus dem anatomischen Aufbau der Z.H.B. ergeben sich zwei wichtige Tatsachen für die Ableitung der e.p.m. Impulse:

1. Die Ableitung der extrapyramidal-motorischen Impulse erfolgt auf einer Anzahl verschiedener, verhältnismäßig kurzer, hintereinandergeschalteter Bahnen. Die efferenten Impulse des e.p.m. Systems werden also wiederholt umgeschaltet und können dadurch in ihrer Qualität verändert werden. Zur Erreichung des gleichen Endzieles, nämlich des Rücken-

¹ Dieser Vorwurf richtet sich nicht gegen v. Monakow, der sehr deutlich vor der Überschätzung der physiologischen Bedeutung des nach ihm benannten Bündels gewarnt hat.

markes, stehen den Impulsen verschiedene Wege offen, die über verschiedene Schaltstationen führen. Auch rückläufige Wege kommen vor, z. B. vom R.K. zur unteren Olive, von hier zum gekreuzten Kleinhirn (über den Tractus olivo-cerebellaris) und von dort wieder über den Bindearm zum R.K. (vgl. Abb. 40). In allen diesen Punkten gleicht die ableitende Bahn dem System der Verbindungsbahnen der höheren e.p.m. Zentren, wie es S. 566 skizziert wurde.

2. In die Ableitung der e.p.m. Impulse ist wenigstens teilweise die Substantia reticularis eingeschaltet. Diese wichtige Tatsache ist bisher nicht genügend beachtet worden. Es ist deshalb notwendig, im folgenden darauf etwas näher einzugehen.

D. Der Nucleus tegmenti motorius.

Die Substantia reticularis und der kleinzellige Anteil des R.K. wurden wegen ihrer verwandten Eigenschaften von *Edinger* in dem Begriff des *Nucleus tegmenti motorius* zusammengefaßt. Diese Verwandtschaft der beiden Zentren zeigt sich in folgenden Merkmalen:

1. in der morphologischen Ähnlichkeit der Zellen, auf die im III. Kapitel S. 495 hingewiesen wurde, und

2. in den engen Faserverbindungen zwischen R.K. und Substantia reticularis. Diese Faserverbindungen beschränken sich nicht auf den Tractus rubro-reticularis unilateralis; durch den Tractus rubro-reticularis cruciatus (vgl. S. 562 und Schema Abb. 40) steht die Substantia reticularis auch mit dem R.K. der Gegenseite in Verbindung. Wie bei der anatomischen Beschreibung der Z.H.B. (S. 530) ausführlich geschildert wurde, kann man die rubro-reticulären Fasern von denjenigen Fasern, welche die einzelnen Abschnitte der Substantia reticularis miteinander verbinden, morphologisch nicht trennen: Sie gleichen sich in ihrer Anordnung und in ihrem Faserkaliber. Mit anderen Worten: Die einzelnen Teile des motorischen Haubenkernes sind durch ein einheitliches Fasersystem miteinander verbunden, das einen Teil der Z.H.B. ausmacht. Dieses einheitliche Fasersystem nimmt durch die ganz eigentümlichen Beziehungen zwischen Nervenfasern und Nervenzellen (vgl. S. 495) eine Sonderstellung gegenüber allen anderen Bahnen des Zentralnervensystems ein. In den Weg dieses Leitungssystems sind Nervenzellen eingeschaltet, die sich an dieser Leitung beteiligen. *Man kann das System des Nucleus tegmenti motorius und seiner Fasern als Bahnensystem und gleichzeitig als Zentrum auffassen.*

Meines Erachtens zeigt sich die Zusammengehörigkeit des R.K. und der Substantia reticularis noch in zwei weiteren Merkmalen. Das eine besteht darin, daß beide Zentren anscheinend unter dem Einfluß homologer afferenter Bahnen stehen.

Leider ist über die afferenten Bahnen der Substantia reticularis im einzelnen noch wenig bekannt; bei der diffusen Ausbreitung der Substantia reticularis wird

man keine geschlossenen Bahnen erwarten dürfen, sondern vor allem an die zahlreichen Fasern denken müssen, die zerstreut in das Gebiet der Substantia reticularis eindringen.

Vermutlich erhält die Substantia reticularis afferente Erregungen aus dem Thalamus (über die *Forelschen* Haubenfascikel? vgl. S. 542), aus den niederen optischen und akustischen Zentren der Vierhügel (über den Tractus tecto-bulbaris?), aus dem Kleinhirn (über den Bindearm und seine „absteigenden Kollateralen“; vgl. S. 542) und aus den sensiblen Zentren der Hirnnerven, unter denen vor allem der Vestibularapparat zu nennen ist (*Lorente de No*). Endlich müssen unter den afferenten Bahnen der Substantia reticularis auch die Tractus rubro-reticulares unilateralis et cruciatus angeführt werden, durch welche der Substantia reticularis e.p.m. Impulse aus dem R.K. zugeleitet werden, ähnlich wie der R.K. seinerseits durch den Fasciculus lenticularis (Abb. 40) Impulse aus höheren e.p.m. Zentren erhält.

Ein weiterer wichtiger Hinweis für die homologe Stellung des R.K. und der Substantia reticularis scheint mir in der gleichartigen physiologischen Bedeutung zu liegen, die sich aus zwei Einzelfunktionen zusammensetzt.

Einerseits bildet der Nucleus tegmenti motorius ein Koordinationszentrum, das selbständig, d. h. ohne den Einfluß höherer Zentren, zusammenhängende e.p.m. Leistungen hervorzubringen vermag. Diese Tatsache ergibt sich aus den Beobachtungen an Mittelhirn- und Brückenwesen.

Das Mittelhirnwesen, das *Gamper* in vorbildlicher Weise neurologisch und anatomisch untersucht hat, war ein „motorisch freies Geschöpf, das sich in seinem Gesamtverhalten kaum vom normalen Säugling unterschied“. Der Hirnrest dieses Geschöpfes (vgl. S. 547) war imstande, der Muskulatur einen annähernd normalen Tonus zu verleihen. Die statischen und statokinetischen Reaktionen von *Magnus* und *de Kleyn* waren fast alle erhalten.

Der Anencephale, der in unserem Laboratorium zur Sektion kam, war zu Lebzeiten nicht so genau untersucht worden, wie das *Gampersche* Mittelhirnwesen, weil man infolge des normal ausgebildeten Schädels nicht an eine so schwere Schädigung des Gehirns gedacht hatte. Das Kind, das während seiner ganzen 8wöchigen Lebensdauer in einer Universitätsklinik behandelt wurde, war neurologisch auffällig durch zeitweise auftretende tonische Starre der Muskulatur, die von der dritten Lebenswoche an ständig zunahm. Es zeigte ferner Erbrechen, häufiges Gähnen, unmotiviertes gellendes Aufschreien bei mimiklosem Gesichtsausdruck. Deutlich war anscheinend der Unterschied zwischen Wachen und Schlafen. Größere Unterschiede in der Motorik gegenüber der eines normalen Säuglings waren, abgesehen von den genannten Tonusänderungen, nicht festgestellt worden.

Ein „Brückenwesen“ ist von *R. A. Pfeifer* beobachtet worden. Das zentrale Nervensystem dieses Geschöpfes war dicht unterhalb der Eintrittsstelle des Nervus trigeminus zu Ende. Mittelhirn und auch Kleinhirn fehlten. Trotzdem war das Kind, welches während seiner 17stündigen Lebensdauer genau untersucht wurde, fähig, koordinierte Bewegungen auszuführen, welche sich in nichts von denen eines normalen Neugeborenen unterschieden (!), *Pfeifer* kommt zu dem Schluß, daß die

Substantia reticularis als „ein übergeordnetes Zentrum über dem motorischen Apparat des Rückenmarkes erscheint“.

Unter bestimmten Bedingungen hat also die Haube des Mittelhirns und der Brücke zusammen mit der Medulla oblongata selbständig die Fähigkeit, die primitiven Mechanismen des Rückenmarkes zu höheren motorischen Leistungen zusammenzufassen. Als Zentrum für diese koordinierende Leistung muß man meines Erachtens schon per exclusionem den Nucleus tegmenti motorius ansehen. Diese Auffassung steht grundsätzlich mit den Tatsachen in Einklang, die *Magnus* und *de Kleyn*, sowie *Rademaker* mit Hilfe des Tierexperimentes entdeckt haben. Es ist nun allerdings nicht erlaubt, die Befunde des Natur- und Tierexperimentes ohne weiteres auf das normale menschliche Organ zu übertragen. Wir schließen uns hier den Vorbehalten *Gampers* (1926) vollständig an. Trotzdem scheint es mir wahrscheinlich, daß der motorische Haubenkern diese koordinierende Leistung auch unter normalen Verhältnissen weitgehend selbständig, d. h. ohne die Einwirkung höherer e.p.m. Impulse aus dem End- und Zwischenhirn hervorbringen kann. Die Beobachtung *Pfeifers* läßt ferner vermuten, daß beim Neugeborenen bereits tiefe Abschnitte des Nucleus tegmenti motorius selbständig, also ohne die Tätigkeit des R.K., zu koordinierten Funktionen fähig sind. Man kann vielleicht den motorischen Haubenkern als ein System übereinander angeordneter Zentren auffassen, von denen bereits das tiefste selbständig primitive koordinierte Funktionen auszuüben vermag. Durch das Hinzutreten der höheren Zentren wird die Leistungsfähigkeit erweitert. In jedem dieser übereinander angeordneten Zentren findet nach unserer Vorstellung ein Gegenspiel von verschiedenen Einzelvorgängen statt, durch das eine koordinierte Leistung zustande kommt. Wir stellen uns mit dieser Vorstellung in Gegensatz zu der Auffassung *Rademakers*, der das Zentrum für den Muskeltonus in die Medulla oblongata und in die Brücke verlegt, dem R.K. aber die antagonistische Aufgabe zuschreibt, dieses Tonussystem zu hemmen. *Rademaker* geht vom Tierexperiment aus und berücksichtigt meines Erachtens bei der Verallgemeinerung seiner Ergebnisse die verschiedene Zusammensetzung des R.K. in der Säugerreihe (vgl. S. 540) zu wenig.

Außer dieser selbständigen Funktion hat der Nucleus tegmenti motorius andererseits die Aufgabe, einen beträchtlichen Teil der efferenten Impulse der höheren e.p.m. Zentren des Zwischen- und Endhirns zu sammeln und abzuleiten. Der ganze motorische Haubenkern, also einschließlich der Substantia reticularis, und wahrscheinlich auch der Processus reticularis des Rückenmarkes, müssen deshalb als Glieder des e.p.m. Systems im weiteren Sinne aufgefaßt werden. Die Tatsache, daß efferente e.p.m. Impulse auf ihrem Weg zum Rückenmark einen kompliziert gebauten Koordinationsapparat durchlaufen, ist für das Verständnis der Wirkungsweise des e.p.m. Systems von der größten Bedeutung.

Denn man muß annehmen, daß die efferenten e.p.m. Impulse innerhalb des Nucleus tegmenti motorius und des Processus reticularis der Einwirkung der verschiedensten Reize, vor allem proprio- und exteroceptiver Art ausgesetzt werden. Ich vermute, daß die e.p.m. Impulse auf diese Weise noch auf ihrem Weg zum Rückenmark und noch in diesem selbst vielfach umgeformt und damit dem augenblicklichen Lage- und Bewegungszustand des ganzen Körpers angepaßt werden können. Vielleicht kann auch der verhältnismäßig langsame und langdauernde Ablauf mancher e.p.m. Vorgänge mit diesem komplizierten anatomischen Aufbau des ableitenden Systems in Zusammenhang gebracht werden. Im Gegensatz dazu laufen die myokinetischen Reaktionen des Pyramiden-systems blitzartig ab.

Die Auffassung der Substantia reticularis als Glied des e.p.m. Systems widerspricht nicht der in neuester Zeit wieder von *L. R. Müller* und *Gagel* dargelegten Ansicht, welche das Atemzentrum in die Substantia reticularis verlegt. Allerdings ist es meines Erachtens nicht zulässig, das gesamte ausgedehnte Gebiet der Substantia reticularis für die Atemfunktion in Anspruch zu nehmen oder andererseits den gesamten zentralen Regulationsmechanismus der Atmung in die Substantia reticularis zu verlegen. Der zentrale Atemmechanismus beruht auf dem Zusammenwirken vegetativer und somatomotorischer Funktionen. Die anatomischen Substrate für die vegetativen Funktionen sind im Vaguskern und im zentralen Höhlengrau zu suchen. Dagegen kann die motorische Funktion des zentralen Atemmechanismus, d. h. die koordinierte Innervation der gesamten (quergestreiften) Atemmuskulatur sehr wohl von der Substantia reticularis (der Medulla oblongata und der caudalen Brücke) ausgehen. Denn diese motorische Funktion ist genau so eine e.p.m. Leistung wie die unbewußte Regulierung des Muskeltonus und der Muskel-tätigkeit in den einzelnen Körperabschnitten zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Gleichgewichtszustandes.

E. Die untere Olive.

Ein beträchtlicher Teil der e.p.m. Impulse gelangt in die untere Olive. Welche Bedeutung hat die untere Olive für das e.p.m. System? Auf diese Frage läßt sich heute leider noch keine befriedigende Antwort geben. Weder sind die fasersystematischen Beziehungen der unteren Olive genügend bekannt, noch liegen eindeutige experimentelle oder pathologisch-anatomische Beobachtungen vor, die Schlußfolgerungen über die Gesamtfunktion der unteren Olive zuließen¹. Dies ist um so bedauerlicher, als dieser Kern gerade beim Menschen besonders hoch entwickelt ist. Während bei den niederen Säugetieren die mediale Nebenolive die Hauptolive an Ausdehnung übertrifft, kehrt sich dieses Verhältnis in der Descendenz um (*Ariens Kappers*, *Mareschal*). Beim Menschen bildet die Hauptolive, mit der das ventrale Teilbündel hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, in Verbindung tritt, eine muschelartige Schale, deren Wand durch eine äußerst zierliche Fältelung (vgl. Abb. 2, 3, 32 und 33) eine sehr große Oberfläche erreicht².

¹ Auch die in neuerer Zeit erschienenen Arbeiten von *Muskens* haben wenig Klarheit in diesen Fragenkomplex gebracht. — ² Nach *Mareschal* soll die Hauptolive beim Schimpanse und Gorilla noch höher entwickelt sein als beim Menschen.

Fasersystematisch sind nur drei Bündel sicher bekannt: nämlich das ventrale Teilbündel der Z.H.B. als einzige afferente Bahn, das System der olivo-cerebellaren Fasern, welche die untere Olive mit verschiedenen Teilen der gekreuzten Kleinhirnhemisphäre verbindet, und die *Helwegsche* Dreikantenbahn als die beiden efferenten Bahnen. Daneben werden interoliväre Commissurenfasern genannt, welche die Oliven beider Seiten untereinander verbinden, ferner afferente Fasern aus den Hinterstrangkernen und endlich cerebello-oliväre Fasern. Die wichtigste afferente Bahn ist aber offenbar das ventrale Teilbündel der Z.H.B. Bei langdauerndem Funktionsausfall dieses Bündels tritt eine *transneurale Degeneration*¹ der unteren Olive ein (vgl. Kapitel VI). Welchen Einflüssen die e.p.m. Impulse des ventralen Teilbündels der Z.H.B. in der unteren Olive ausgesetzt sind, weiß man heute noch nicht. Wahrscheinlich ist nur, daß diese Impulse von der Olive aus teils durch die *Helwegsche* Bahn dem Rückenmark zugeführt werden, teils durch die olivo-cerebellaren Fasern das Kleinhirn erreichen, wodurch dann der S. 569 angedeutete rückläufige Weg zustande kommt.

F. Die klinisch-neurologische Bedeutung der Zentralen Haubenbahn.

Schädigungen der Z.H.B., welche durch gefäßbedingte Herde, Tumoren usw. hervorgerufen werden, kommen nicht ganz selten zur Beobachtung. Es liegt aber in den anatomischen Verhältnissen der Z.H.B. begründet, daß solche Herde fast stets noch andere Bahnen und benachbarte Kerngebiete in Mitleidenschaft ziehen. Ich kann an dieser Stelle die klinischen Bilder der veröffentlichten Fälle mit den pathologisch-anatomischen Befunden nicht im einzelnen in Beziehung setzen, sondern nur eine kurze Übersicht der Symptome geben, die anscheinend durch eine Schädigung der Z.H.B. hervorgerufen werden.

Bei Herden, welche die Z.H.B. in ihrem Hauptursprungsgebiet, dem R.K. schädigen, treten diejenigen motorischen Störungen auf, die zusammen mit der Oculomotoriusparese das *Benediktsche* Syndrom bilden. Nach *Souques*, *Crouzon* und *Bertrand*, welche in neuerer Zeit die Fälle des Schrifttums zusammengestellt haben, kann man zwei Krankheitsbilder unterscheiden: das eine ist charakterisiert durch spontane unwillkürliche Bewegungen nach Art der Hemichorea, Hemiathetose oder eines Hemitremors (doch meist von besonderer Nuance). Beim zweiten Krankheitsbild fehlen spontane unwillkürliche Bewegungen; dagegen findet man hier eine Hemiasynergie mit Intentionstremor. Die Ausfallserscheinungen betreffen bei beiden Formen die gekreuzte Körperhälfte (in bezug auf den Herd). Hypertonie ist meistens vorhanden, kann aber auch fehlen (*Giacomo*).

¹ Vermutlich ähnlich der Degeneration der Substantia nigra nach Verlust des Pallidums.

Wenn auch zugegeben werden muß, daß die Ausfallserscheinungen bei Herden im R.K. teilweise auf Bahnen zurückgeführt werden können, die den R.K. in oraler Richtung verlassen, so ist nach den fasersystematischen Beziehungen des R.K. (vgl. S. 562) doch in erster Linie der Ausfall derjenigen Impulse des R.K. verantwortlich zu machen, die normalerweise auf der Z.H.B. abgeleitet werden¹.

Bei Ruberherden finden sich die auffälligsten Degenerationen ja auch stets in der Z.H.B.

Auf die Schädigung der Z.H.B. während ihres Verlaufes in der Brücke wird von französischen Neurologen (*Foix, Chavany* und *Hillemand, Guillain* und *Molaret*; ferner *W. Freeman*) ein Symptomenbild zurückgeführt, das sie als «Myoclonies synchrones et rythmées vélo-pharyngolaryngo-oculo-diaphragmatiques» bezeichnen. Es handelt sich dabei um Muskelzuckungen (mit der Frequenz 52—130 in der Minute), die das Gebiet des Gaumensegels, des Rachens und des Kehlkopfes befallen und sich auch auf die Augenmuskeln, die Gesichtsmuskeln, die Muskulatur des Zungenbeines und des Zwerchfelles erstrecken können. Da die Zuckungen einen regelmäßigen Rhythmus aufweisen, hat *Lotmar* sie als Myorhythmien der Myoklonie gegenübergestellt.

Es sind aber auch Fälle von Myorhythmien bekannt (*Klien, van Bogaert* und *Bertrand*), bei denen der primäre Herd den Nucleus dentatus betroffen hatte. Diese Tatsachen veranlaßten *Guillain* und *Molaret* zu der Auffassung, daß die Myorhythmien durch eine Schädigung des Dreiecks Nucleus dentatus — R.K. — untere Olive — Nucleus dentatus an irgendeiner Stelle hervorgerufen werden. Damit wäre auch ätiologisch eine Verwandtschaft gegeben zwischen Myorhythmie und der Myoklonus-epilepsie, bei welcher letzterer häufig Veränderungen im Nucleus dentatus gefunden werden (*Lotmar* 1926 und 1931). Wie S. 569 auseinander gesetzt, glauben wir, daß durch den rückläufigen Weg: untere Olive — Nucleus dentatus — R.K. efferente e.p.m. Impulse auf den R.K. zurückgeschaltet werden können.

In einem von *Lhermitte, Haguenau* und *Trelles* mitgeteilten Fall, bei dem die Z.H.B. der einen Seite in der Brückenmitte zerstört und die untere Olive transneural degeneriert war, zeigte sich nur eine Hemiparese der Gegenseite, anscheinend ohne sichere Pyramidenzeichen.

Die Ausfallserscheinungen, die durch Schädigung der Z.H.B. hervorgerufen werden, sind also in den einzelnen Fällen sehr verschiedenartig. Das darf bei dem komplexen Aufbau der Z.H.B. nicht wundernehmen. Denn Herde können in der Z.H.B. ganz verschiedene Bahnen unterbrechen, je nachdem, ob sie den ganzen Querschnitt der Z.H.B. zerstören oder nur Teile davon, aber auch je nachdem, ob sie die Z.H.B. in ihrem

¹ Daß die Ausfallserscheinungen nicht auf eine Störung der Pyramidenbahn zurückgeführt werden können, wie dies früher angenommen wurde, wird von *Souques* und Mitarbeitern nachgewiesen.

oralen oder in ihrem caudalen Verlaufsabschnitt schädigen. Die Art der Ausfallserscheinungen ist also nicht nur von der Ausdehnung, sondern auch von der Höhe der Unterbrechung abhängig — wiederum im Gegensatz zum corticospinalen Anteil der Pyramidenbahn, wobei gleichartige Ausfallserscheinungen auftreten, gleichgültig ob die Unterbrechung im Hemisphärenmark oder im Rückenmark stattfindet. Stets werden aber durch Herde in der Z.H.B. e.p.m. Symptome hervorgerufen. Daß ähnliche Symptome auch bei Schädigungen anderer Teile des e.p.m. Systems auftreten können, entspricht den stark ausgebildeten gegenseitigen Verbindungen der e.p.m. Zentren. —

Auf eine interessante Tatsache in der Pathologie der Z.H.B. sei hier noch hingewiesen. Es scheinen keine Systemerkrankungen des Nucleus tegmenti motorius und der Z.H.B. vorzukommen. Weder hereditär-degenerative Prozesse noch elektive exogene Schädigungen sind meines Wissens in diesem Teil des e.p.m. Systems beobachtet worden. Nucleus tegmenti motorius und Z.H.B. unterscheiden sich in dieser Hinsicht von anderen Teilen des e.p.m. Apparates sowie von anderen phylogenetisch älteren und jüngeren Systemen.

G. Schlußbetrachtung.

Die Erkenntnis, zu der wir gelangt sind, daß die Z.H.B. als die wichtigste ableitende Bahn des e.p.m. Systems anzusehen ist, und daß dieser efferente Leitungsweg kein geschlossenes Bündel nach Art der Pyramidenbahn, sondern ein höchst kompliziertes System von Einzelbahnen, teilweise mit dazwischengeschalteten Zentren, darstellt, wirft eine Reihe von Fragen auf: Im Mittelpunkt steht die Frage nach der speziellen physiologischen Bedeutung der Einzelbahnen der Z.H.B. und der mit ihr in Verbindung stehenden Zentren. Was bewirken die Erregungen, die auf der Z.H.B. abgeleitet werden? In welcher Weise werden die Impulse bei den zahlreichen Umschaltungen umgeformt, die sie auf ihrem Weg zum Vorderhorn des Rückenmarkes erfahren? Welchen niederen sensiblen Einflüssen sind sie hierbei ausgesetzt, und machen sich diese Einflüsse ständig oder nur unter gesetzmäßig festgelegten Bedingungen geltend? Erfolgt die Verteilung der e.p.m. Impulse auf die einzelnen Körperabschnitte erst in tieferen Abschnitten des Hirnstammes und im Rückenmark durch den Einfluß solcher niederen Erregungen oder ist die Z.H.B. somatotop gegliedert, wie die Pyramidenbahn?

Diese Fragen beziehen sich nicht nur auf die Z.H.B., sondern auf die Wirkungsweise des ganzen der unwillkürlichen Motorik dienenden Systems. Wenn wir auch in den Ergebnissen der menschlichen Pathologie und der experimentellen Physiologie manche Anhaltspunkte finden, so reichen sie doch zu einer eindeutigen Beantwortung dieser Fragen keineswegs aus. Es wird in erster Linie die Aufgabe der menschlichen Pathologie sein, in dieser Richtung neue Tatsachen zu sammeln. Neben

einer genauen neurologischen Untersuchung ist dabei besonders eine eingehende Analyse der anatomischen Ausfälle notwendig, die um so sorgfältiger vorgenommen werden sollte, als geeignete Fälle nur selten zur Sektion kommen. Ich hoffe, daß die Beschreibung der normal-anatomischen Verhältnisse im III. Kapitel eine hinreichende Vergleichsmöglichkeit für das Studium von Degenerationen der Z.H.B. bietet.

Daneben ist auch die experimentelle Physiologie sehr wohl in der Lage, für den Menschen gültige Funktionsgesetze aufzudecken. Wenn auch die zentralen Apparate bei Mensch und Säugetieren verschieden sind, so betreffen diese Unterschiede fast stets nur ihre *quantitative* Ausbildung. Die Einzelbahnen der Z.H.B. z. B. scheinen in der ganzen Säugerreihe vorzukommen; nur ihr quantitatives Verhältnis untereinander und gegenüber anderen e.p.m. Bahnen ist verschieden. Voraussetzung für die richtige Bewertung der experimentellen Ergebnisse ist die genaue Kenntnis der anatomischen Verhältnisse und der besonderen motorischen Leistungen des Versuchstieres. Eine kritische Gegenüberstellung der vergleichenden Anatomie und der vergleichenden Physiologie wird manche wertvolle Einblicke in die Funktionsweise der extrapyramidalen Motorik eröffnen können.

Das e.p.m. System birgt heute noch zahlreiche Rätsel in sich, an deren Lösung alle Zweige der Hirnforschung teilnehmen können und müssen. Vielleicht vermögen die Klärung der anatomischen Verhältnisse der Z.H.B., als einer der wichtigsten e.p.m. Leitungswege, und die sich hierbei ergebenden Schlüsse mitzuhelfen.

IX. Zusammenfassung.

Die Untersuchung der Z.H.B. an Markscheidenpräparaten von normalen menschlichen Gehirnen und die Befunde der Markreifung, der vergleichenden Anatomie und der menschlichen Pathologie führen zu folgenden Ergebnissen:

1. *Die Z.H.B. ist ein sehr verwickeltes System von Einzelbahnen, welche aus verschiedenen Kernen entspringen und an verschiedenen Orten endigen.*

2. *Der Hauptbestandteil der Z.H.B. entspringt aus dem R.K.* Dieser schon von anderen vermutete Ursprung aus dem R.K. konnte auf Längsschnittserien nachgewiesen werden. Die Mehrzahl der Fasern tritt aus einer nabelartigen Stelle am dorsomedialen Rand aus dem R.K. aus. Ein weiterer, erheblich kleinerer Teil der Z.H.B. entspringt aus dem Globus pallidus und erreicht über den Fasciculus lenticularis die Markkapsel des R.K. In dieser vermischen sich die beiden Ursprungsbündel bereits innig miteinander.

3. Caudal vom R.K. überqueren die Fasern der Z.H.B. die zu ihrer Kreuzung ziehenden Fasern des Bindearmes und bilden dann in der oralen Hälfte der Brücke ein großes einheitliches Faserfeld.

4. In der mittleren Brücke findet eine *Gabelung in drei Teilbündel* statt (ventrales, mediales und dorsales Teilbündel). Bisher wurde von dieser Stelle an nur das ventrale, zur unteren Olive ziehende Teilbündel zur Z.H.B. gerechnet. Tatsächlich müssen aber die beiden anderen Bündel ebenfalls als Fortsetzung der weiter oral einheitlichen Fasermasse angesehen werden.

Wir fassen also den Begriff der Z.H.B. weiter als dies gewöhnlich geschieht.

5. *Fasersystematisch* enthält die Z.H.B. im Mittelhirn folgende Einzelbahnen: Den *Tractus rubro-olivaris* und den *Tractus pallido-olivaris* — diese beiden verhältnismäßig langen Einzelbahnen verlaufen im ventralen Teilbündel zur unteren Olive — sowie den *Tractus rubro-reticularis unilateralis* und den *Tractus pallido-reticularis*. Die beiden letztgenannten Bahnen setzen sich aus mehr oder weniger kurzen Fasern zusammen, welche sich allmählich in der Substantia reticularis des Mittelhirns, der Brücke und des verlängerten Markes erschöpfen. Sie werden allmählich ersetzt durch *reticulofugale Bahnen*, welche ebenfalls zur Z.H.B. gehören, und auch funktionell als Fortsetzung der pallido- und rubro-reticulären Bahnen anzusehen sind. Diese reticulofugalen Einzelbahnen sind: 1. Der *Tractus reticulo-spinalis*, auf dessen relativ langen Fasern die Impulse wahrscheinlich auf die ganze Vorderhornsäule zum Teil der gekreuzten Seite übertragen werden. 2. Der *Tractus reticulo-olivaris*, eine absteigende Verbindung zur unteren Olive. 3. Die *Fibrae reticulo-reticulares*, das sind kurze Fasern, welche einerseits zwischen den in der Substantia reticularis endigenden und den dort entspringenden Einzelbahnen eingeschaltet sind, andererseits zu einer Kette von hintereinandergeschalteten Neuronen gehören, welche zunächst im dorsalen Teilbündel, später im Proccensus reticularis des Rückenmarkes absteigt.

6. Ein Teil der Einzelbahnen der Z.H.B. steht also mit der Substantia reticularis in inniger Beziehung. Diese Tatsache kommt morphologisch darin zum Ausdruck, daß die Z.H.B. in ihrer ganzen Ausdehnung von dem grauen Netzwerk der Substantia reticularis durchsetzt ist. Bahn und Zentrum sind hier nicht voneinander trennbar.

7. Die Z.H.B. hat in ihrer Gesamtheit die Aufgabe, die efferenten Impulse der höheren extrapyramidal-motorischen Zentren dem System der peripheren motorischen Neurone zuzuführen. Sie ist beim Menschen weitaus die bedeutendste efferente Bahn des extrapyramidal-motorischen Systems. Der *Tractus rubro-spinalis* (Monakow) spielt demgegenüber beim Menschen nur eine ganz untergeordnete Rolle.

8. Aus der Tatsache, daß der efferente Leitungsweg des extrapyramidal-motorischen Systems — im Gegensatz zur Pyramidenbahn — aus verhältnismäßig kurzen, hintereinandergeschalteten Neuronen besteht, muß man folgern, daß die extrapyramidal-motorischen Impulse auf

ihrem Weg zum Rückenmark und noch in diesem selbst umgeformt werden können.

9. Klinisch-neurologisch rufen Herde in der Z.H.B. extrapyramidal-motorische Ausfallserscheinungen hervor. Sie sind im einzelnen noch nicht genügend bekannt. Es scheint jedoch, daß die Symptome qualitativ verschieden sind je nach dem Umfang der Zerstörung und der Höhe, in der die Bahn unterbrochen wurde.

Literaturverzeichnis.

- Alexander, A.*: Arb. neur. Inst. Wien **33** (1931). — *Bechterew, W.*: Zbl. Neur. **4**, 194—196 (1885). — Die Leitungsbahnen im Großhirn und Rückenmark, 2. Aufl. Leipzig 1899. — *Bogaert, L. van et J. Bertrand*: Revue neur. **1926 I**, 977—988; **1928 I**, 203—214. — *Bonhoeffer, K.*: Mschr. Psychiatr. **1**, 6 (1897). — *Breuer, R. u. O. Marburg*: Arb. neur. Inst. Wien **9**, 181 (1902). — *Bruce*: Proc. roy. Soc. Edinburgh **7**, 23 (1889/90). — *Brun, R.*: Arb. hirnanat. Inst. Zürich **1912**, H. 4, 269 bis 400. — *Cajal, R.*: Textura del sistema nervioso, Tomo II, I. Madrid 1904. — *Ceni, C.*: Riv. sper. Freniatr. **24**, 126 (1898). — *Déjérine, J.*: Anatomie des centres nerveux, Tome II, p. 584—585. Paris 1901. — *Dimitri*: Rev. méd. lat.-amer., Juni **1932**. — *Economo, C. v.*: Jb. Psychiatr. **32**, 107f. (1911). — Z. Neur. **43**, 173 bis 209 (1918). — *Economo, C. v. u. J. P. Karplus*: Arch. f. Psychiatr. **46**, 275—356, 377—429 (1910). — *Edinger, L.*: Bau der nervösen Zentralorgane, 8. Aufl., Bd. 1. Leipzig 1911. — *Edinger, L. u. B. Fischer*: Pflügers Arch. **152**, 535—561 (1913). — *Flechsig, P.*: Zbl. Neur. **9**, 196 (1885). — Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarkes auf myelogenetischer Grundlage, Bd. 1. Leipzig 1920. — Die myelogenetische Gliederung der Leitungsbahnen des Linsenkernes beim Menschen. Sitzg math.-physik. Kl. sächs. Akad. Wiss. Leipzig, 5. Dez. 1921. — *Foix, Ch., J. A. Chavanny et P. Hillemand*: Revue neur. **1926 I**, 942—956. — *Foix, Ch., J. A. Nicolesco*: Les noyaux gris centraux. Paris 1925. — *Forel, A.*: Gesammelte hirnanatomische Abhandlungen. München 1907. — *Freeman, W.*: Arch. of Neur. **1933**, 742. — *Fuse, G. u. C. v. Monakow*: Mikroskopischer Atlas des menschlichen Gehirns. Zürich 1916. — *Gagel, O.*: Anatomie des Kleinhirns. Handbuch der Neurologie, Bd. 1, S. 425—464. 1935. — *Gagel, O. u. G. Bodechtel*: Z. Anat. **91**, 130—250 (1929). — *Gamper, E.*: Z. Neur. **102**, 154—235 (1926). — *Giacomo, De*: Riv. Pat. nerv. **34** (1929). — *Gudden, B. v.*: Gesamte Abhandlung, herausg. v. *H. Grashey*. Wiesbaden: J. F. Bergmann 1889. — *Guillain, G. et Mollaret*: Revue neur. **1931 II**, 545—566; **1932 II**, 247—264. — *Halban, H. von u. M. Infeld*: Arb. Neur. Inst. Wien. **9**, 328—404 (1902). — *Hatschek, R.*: Arb. neur. Inst. Wien. **15**, 89—136 (1907). — *Helweg*: Arch. f. Psychiatr. **19**, 104—183 (1888). — *Hurowitz, J.*: Schweiz. Arch. Neur. **38**, 207—238 (1936). — *Jelgersma, G.*: Zbl. Nervenheilk. **10**, Nr 18, 545 (1887). — *Kappers, A.*: Die vergleichende Anatomie des Nervensystems usw., Bd. 1 u. 2. Haarlem 1920. — *Klien, H.*: Mschr. Psychiatr. **43**, 79—95 (1918). — *Kölliker, A.*: Handbuch der Gewebelehre, Bd. 2 (Nervensystem). Leipzig 1896. — *Környey, S.*: Z. Anat. **81** (1926). — *Lewandowsky*: Untersuchungen über die Leitungsbahnen des Truncus cerebri. Jena 1904. — *Long, E. et G. Roussy*: Revue neur. **16**, 757—787 (1908). — *Lorente de No, R.*: Arch. de Neur. **30**, 243—291 (1933). — *Lotmar, F.*: Allgemeine Symptomatologie der Stammganglien. Handbuch der Neurologie, Bd. 5, S. 404—444. 1936. — *Magnus, R.*: Körperstellung. Berlin: Julius Springer 1924. — *Marburg, O.*: Mikroskopisch-topographischer Atlas des menschlichen Zentralnervensystems, 3. Aufl. Leipzig u. Wien 1927. — *Mareschal, P.*:

L'olive bulbaire. Paris: G. Doin et Cie. 1934. — *Marie, P. et G. Guillain*: Nouv. iconogr. Salpêtrière **16**, 80—83 (1903). — *Meyer, A.*: Arch. f. Psychiatr. **84**, 540—551 (1928). — *Monakow, C. v.*: Arb. hirnanat. Inst. Zürich **1909**, H. 3; **1910**, H. 4. — *Müller, L. R. u. O. Gagel*: Verh. dtsch. Ges. inn. Med., 41. Kongr. **1929**, 167—175. — *Muskens, L. J. J.*: Arch. f. Psychiatr. **102**, 558f. (1934). — *Nayrac et Patoir*: Revue neur. **36**, 438—446 (1929). — *Nishikawa, Y.*: Arb. neur. Inst. Wien **24**, 357—396 (1923). — *Obersteiner, H.*: Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane. Leipzig u. Wien 1912. — *Oordt, van*: Dtsch. Z. Nervenheilk. **18**, 126—148 (1900). — *Pache, H. D.*: Arch. f. Psychiatr. **104**, 137—162 (1935). — *Papez, J. W.*: J. comp. Neur. **41**, 365—399 (1926). — *Pfeiffer, R. A.*: Mschr. Psychiatr. **40**, 1—30 (1916). — *Pollak, E.*: Anatomie des Rückenmarkes, der Medulla oblongata und der Brücke. Handbuch der Neurologie, Bd. 1, S. 265—424. 1935. — *Probst, M.*: Jb. Psychiatr. **23**, 350—387 (1903). — *Rademaker, G. G. J.*: Monographien Neur. **1926**. — *Raviart*: Thèse de Lille **1900**. — *Riese, W.*: J. Psychol. u. Neur. **31**, 81—122 (1924). — *Schaffer, K.*: Z. Neur. **46**, 60—94 (1919). — *Sheehan, D.*: Arb. neur. Inst. Wien **35**, 1—28 (1933). — *Sorgo, J.*: Zbl. Neur. **21**, 698—705 (1902). — *Souques, Crouzon et J. Bertrand*: Revue neur. **37**, 377—417 (1930). — *Spatz, H.*: Physiologie und Pathophysiologie der Stammganglien. Bethes Handbuch der Physiologie, Bd. 11. 1927. — *Mittelhirn. Bumkes und Foersters Handbuch der Neurologie, Bd. 1. 1935.* — *Stilling, R.*: Untersuchungen über den Bau und die Verrichtungen des Gehirns. I. Über den Bau des Hirnknotens. Jena 1846. — *Thomas, A.*: Revue neur. **11**, 94—96 (1903); **1**, 252—265 (1936). — *Tilney and Riley*: The Form and functions of the central nervous system, 2nd Ed. New-York 1928. — *Trelles, J. O. et J. Ajuriaquerria*: Gaz. Hôp., 22. Sept. **1934**. — *Tschermak, A.*: Zbl. Neur. **15/16**, 674—685, 731—791 (1899). — *Verhaart, W. J. C.*: Z. Neur. **154**, 400—407 (1936). — Schweiz. Arch. Neur. **38**, 270—283 (1936). — *Wallenberg*: Dtsch. Z. Nervenheilk. **67**, 201—202 (1923). — *Weisschedel, E.*: Z. Neur. **158**, 264—272 (1937). — *Wernicke, C.*: Lehrbuch der Gehirnkrankheiten, Bd. 1. Kassel 1881. — *Whiteaker, J. G. u. J. Alexander*: J. of Neur. **44**, 253—373 (1932). — *Winkler, C.*: Anatomie du system nerveux, Teil 4. Haarlem 1929. — *Ziehen, Th.*: Anatomie des Zentralnervensystems, 1.—3. Abt. Jena 1913—1926.