

Aus dem Hirnforschungsinstitut Neustadt i. Schwarzwald  
(Direktor: Prof. Dr. O. Voegt).

## **Forels Haubenfaszikel als vestibuläre Empfindungsbahn mit Bemerkungen über einige andere sekundäre Bahnen des Vestibularis und Trigeminus.**

Von  
R. HASSLER.

Mit 15 Textabbildungen.  
(Eingegangen am 30. Juli 1947.)

### *1. Einleitung.*

Die FORELSchen *Haubenfaszikel* bestehen aus einer Fasergruppe, die sich im Bereich des *vorderen Vierhügels* von den Längsbündeln der *zentralen Haubenbahn* nach dorsal ablösen, am Rand des Höhlengraus bis in die Höhe der *hinteren Commissur* aufsteigen (Abb. 7, rechts), dann, ohne eine Kreuzung einzugehen, fast rechtwinklig nach lateral und etwas nach ventral abbiegen, um in die ventralsten Teile des *Thalamus* einzutreten. FOREL, der diesen Verlauf 1877 zuerst beschrieb, erwähnt bereits, daß diese Bündel bei Hund und Kaninchen stärker ausgebildet sind als beim Menschen<sup>1</sup>.

Ihre zunächst unklare Herkunft und Bedeutung schien aufgehehlt, als WALLENBERG 1896 bei seinen Kaninchenexperimenten mit Zerstörungen in der Gegend der *spinalen Trigeminuswurzel* Marchi-Degenerationen im Mittelhirn abbildete, die ihrer Lage nach etwa FORELS *Haubenfaszikeln* entsprachen, ohne daß er diese ausdrücklich erwähnte. Nachdem WALLENBERG 1900 und 1901 diese seine „dorsale sekundäre Trigeminusbahn“ bei weiteren Experimenten degeneriert und bei einem menschlichen Fall mit gefäßbedingter Zerstörung im Bereich der *spinalen Trigeminuswurzel* im Weigert-Präparat verschmächtigt wiederfand, schien die Bedeutung der *Haubenfaszikel* FORELS als Endstrecke der dorsalen sekundären Trigeminusbahn bewiesen, so daß sie seitdem als solche in den Lehr- und Handbüchern geführt werden.

Demgegenüber soll die vorliegende Untersuchung auf Grund von vergleichend-myelogenetischen Befunden und menschlichen Herdfällen

<sup>1</sup> Es bedarf vielleicht des Hinweises, daß FORELS *Haubenfaszikel* nichts mit FORELS *Haubenfeldern*  $H_1$ ,  $H_2$  und  $H$  zu tun haben, die viel weiter oral im Subthalamus gelegen sind.

FORELS *Haubenfaszikel* als *vestibulothalamische Bahn* erweisen und ihre genaue Endigung im *Thalamus* bestimmen. Außerdem möchte ich zu einer partiellen Klärung des widerspruchsvollen Schrifttums über die sekundären Bahnen der sensiblen Hirnnerven beitragen.

## 2. Die sekundären Trigeminiusbahnen.

Auf Grund der angeführten Befunde WALLENBERGS, die von VAN GEHUCHTEN bestätigt wurden, und ähnlicher von HÖSEL schien folgende sekundäre Trigeminiusbahn zu bestehen: Die aus dem *Kern* der *spinalen Trigeminiwurzel* entspringenden Fasern verlaufen unter dem Höhlengrau des 4. Ventrikels zu ihrer Kreuzung und biegen danach dicht unterhalb des *hinteren Längsbündels* in die sagittale Richtung um; erst in der Brücke rücken sie an den dorsolateralen Rand der *Formatio reticularis* und teilweise über ihn hinaus in den Winkel zwischen *mesencephaler Trigeminiwurzel* und *Bindearm*, ventral und lateral vom *Locus caeruleus*. Nach der Durchflechtung mit dem *Bindearm* sollen sie in die *Haubenfaszikel* FORELS übergehen, welche in den dorsalen Teil des *Nucleus arcuatus thalami* einstrahlen.

In den gleichen Jahren war durch SPITZER, LEWANDOWSKY und PROBST eine andere zentrale Trigeminiusbahn entdeckt worden: Sie entspringt vor allem aus den *oralen* Teilen des *Kerns* der *spinalen Wurzel* und dem *sensiblen Hauptkern* des *Trigeminus*, kreuzt dicht über dem *Brückengrau* in der HATSCHESKschen Kreuzung, bildet dann über dem inneren Ende der *medialen Schleife* das (SPITZERSche) *ventrale Haubenfeld*. Im vorderen Brückengebiet schließt sich dieses der *medialen Schleife* direkt an und bildet ihre innersten Faserbündel. Diese sitzen nach dem Aufstieg der *Schleife* zur Zwischenhirngrenze dem *Nucleus ruber* dorsolateral kappenförmig auf. Ihre Endigung liegt, nachdem sie teilweise den *Centralkern* des *Thalamus* durchsetzt haben, im dorsolateralen Teil des *Nucleus arcuatus*. Obgleich WALLENBERG und HÖSEL dieses Bündel nicht beobachtet haben, ist sein Ausfall auf ihren Abbildungen ihrer menschlichen Fälle zu erkennen. Später haben es WALLENBERG und VAN GEHUCHTEN für die caudal von der *Pyramidenkreuzung* gelegenen Teile des *spinalen Trigeminskerns* anerkannt. Da sich keine Widersprüche in bezug auf diese „*Trigeminusschleife*“ ergaben, und sie auch von anderen Autoren nachgewiesen werden konnte — unter anderem bildet von ECONOMO eine schöne Marchi-Degeneration von ihr ab —, ist sie als gesicherte sekundäre Trigeminiusbahn zu betrachten.

In bezug auf die dorsale WALLENBERGSche Bahn haben sich aber viele Unstimmigkeiten herausgestellt. Zunächst haben WALLENBERG selbst und VAN GEHUCHTEN nie eine Spur der dorsalen Bahn gefunden, wenn die Läsionen sich auf das Gebiet caudal vom Beginn der *Pyramidenkreuzung* beschränkten, obgleich dort noch große Teile des *spinalen Trigeminskerns* liegen. WINKLER hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß in den Experimenten WALLENBERGS und VAN GEHUCHTENS unter anderem auch der *Tractus spinalis nervi vestibularis* bzw. die von ihm ausgehenden Bogenfasern lädiert waren, so daß die dorsale Bahn nicht mit Sicherheit als Trigeminiusbahn angesprochen werden darf. Ferner hat LEWANDOWSKY bei seinen zahlreichen Hunde- und Katzenexperimenten nie einen Zusammenhang zwischen FORELS *Haubenfaszikeln* und dem *Kern* der *spinalen Trigeminiwurzel* gefunden und die ausschließlich *gleichseitige* Degeneration der *Haubenfaszikel* FORELS betont. Außerdem liegt ein Widerspruch darin, daß FORELS *Haubenfaszikel* aus *dicken* Markfasern bestehen, obwohl doch die dorsale Trigeminiusbahn dem ausgesprochen *dünnkalibrigen Tractus spinothalamicus* im Hirnnervengbereich entsprechen sollte.

Bevor ich die einzelnen Befunde aus der Literatur bespreche, ist eine Klärung der zahlreichen Faserbündel erforderlich, die in der Brückenhaube in dem dreieckigen Gebiet zwischen *mesencephaler Trigeminiwurzel*, *Bindearm* und *Formatio reticularis* liegen. Es sind dort beim Menschen mit Sicherheit vier verschiedene Faserbündelgruppen zu unterscheiden (Abb. 1, rechts):

1. An die *mesencephale Trigeminiwurzel* lateral anschließend, dicht stehende, sehr kleine, helle, schräg oder quer getroffene Bündelchen, welche nach ZIEHEN der oralen Fortsetzung des *Fasciculus ovalis*

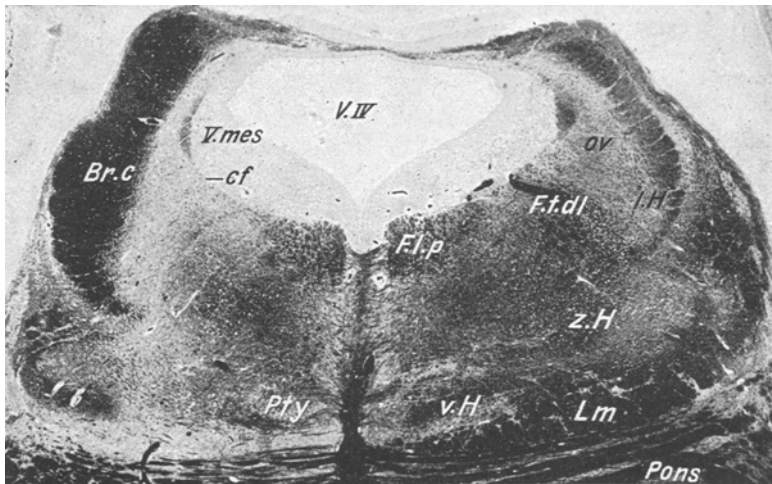


Abb. 1. Färbung: Hamatoxylin-Heidenhain (H. H.). Vergr. 7,5:1. Querschnitt durch die Brückenhaube eines Falles, in dem ein vasculärer Herd kurz nach der Geburt fast die ganze rechte Mittelhirnhaube durchtrennt hat (s. Abb. 10). In der Abbildung sind die Seiten vertauscht! Das Höhlengrau des 4. Ventrikels (*V. IV*) wird seitlich begrenzt durch die *mesencephale Trigeminiwurzel* (*V. mes*). Zwischen ihr und dem *Bindearm* (*Br. c*) befinden sich 4 Faserbündel: Als ventromediale Fortsetzung der *V. mes* zunächst die *Fasciculi confines* (*cf*), lateral von ihnen der *Fasciculus ovalis* (*ov*), am medialen Rand des *Bindearms* das *laterale Haubenbündel* (*l. H*); den lateralen Rand der Substantia reticularis nimmt das große *dorsolaterale Haubenbündel* (*F. t. dl*) ein. Die letzten 3 Bündel fehlen in der Abbildung links infolge des Mittelhirnherdes. Der *Bindearm* ist in der Abbildung rechts atrophisch, da er zwischen dem Mittelhirnherd und der Abbildung die Seite gekreuzt hat. Das *ventrale Haubenfeld* (*v. H*) ist links stark reduziert infolge Ausfalls der *Trigemini*-schleife. *Pty* = Nucleus pterygoideus. *Lm* = mediale Schleife (fehlt links). Auch die *zentrale Haubenbahn* (*z. H*) fehlt links infolge des Mittelhirnherdes. Das *hintere Längsbündel* ist vom Herd fast ganz verschont (*F. l. p*), nur wenige laterale Bündel sind links ausgefallen. C. 7, Kth. 301, Ph. 26384.

(*ov*) entsprechen. Von diesen Bündeln ziehen einige nach medial, um in der *Formatio reticularis* unterzutauchen.

2. Medial davon, den Saum des Höhlengraus bildend, die wesentlich lockerer stehenden, klarer gebündelten, ebenfalls quer getroffenen *Fasciculi confines* (*cf*).

3. Das unter den letzteren liegende dichte dunkle Faserfeld der *dorsolateralen Haubenbahn* (*Fasciculus tegmenti dorsolateralis* [*F. t. dl*]),

welchem sich lateral einige verstreute, etwas hellere Faserbündel anlagern.

4. Die im unteren Winkel des medialen Randgraus des *Bindearmes* gelegenen locker verteilten, schmalen, dunklen Bündeln des *lateralen Haubenbündels* (*l. H.*), wie es SPITZER zuerst beschrieb<sup>1</sup>.

Aus den Abbildungen der menschlichen Fälle von HÖSEL und WALLENBERG ist nicht genau ersichtlich, welche von diesen Bündeln betroffen sind. Jedenfalls bekommt man Zweifel, ob die menschliche Bahn mit der Kaninchenbahn identisch ist. Vielleicht stimmt die in den Fällen HÖSELS degenerierte Bahn, die er als *laterales Haubenbündel* bezeichnet hat, mit dem gleichnamigen Bündel überein, das SPITZER in seinem Fall von Ponstuberkei (außer dem *ventralen Haubenbündel*) zuerst eindeutig beschrieben und degeneriert abgebildet hat. Dieses *laterale Haubenbündel*<sup>2</sup> geht, was durch v. ECONOMOS Fall (dort als *l. H'* bezeichnet) vollauf bestätigt wird, sicherlich nicht in FORELS *Haubenfaszikel* über, sondern erscheint nach Durchflechtung mit dem *Bindearm* in Höhe des *vorderen Vierhügels* medial vom Aufstieg der *medialen Schleife* an der Mittelhirn-Zwischenhirngrenze wieder. Ob der Ursprung des *lateralen Haubenbündels* gekreuzt oder gleichseitig liegt, geht aus SPITZERS Fall nicht hervor. In dem auffällig ähnlichen Fall von Ponstuberkei, den v. ECONOMO 1911 veröffentlichte, ist aber das *laterale Haubenbündel* auf *beiden* Seiten degeneriert<sup>3</sup>. *Doppelseitige Degeneration bei einseitigem Herd* ist für *gekreuzten Verlauf* beweisend.

Nach diesen ziemlich eindeutigen Marchibefunden verläuft also eine thalamopetale Bahn in dem gekreuzten *lateralen Haubenbündel*. Im Mittelhirn ist das letztere von FORELS *Haubenfaszikeln* weit entfernt und daher nicht mit ihnen zu verwechseln. Sein Ursprung ist irgendwo in der caudalen Brücke bzw. Oblongata zu suchen, keineswegs nur in den *Trigeminuskernen*.

v. ECONOMOS Ponstuberkei hatte außerdem noch zu einer Degeneration der oralen Fortsetzung des *Fasciculus ovalis* (und der äußeren Bündel der *dorsolateralen Haubenbahn*) auf der Läsionsseite geführt; diese Bahnen waren im Gegensatz zum *lateralen Haubenbündel* nur *gleichseitig* mit Marchi-Körnern erfüllt. Nach v. ECONOMO setzt sich der *Fasciculus ovalis* in FORELS *Haubenfaszikeln* fort. Diese Ansicht widerspricht nicht nur den früheren Affenexperimenten von v. ECONOMO und KARPLUS, nach denen das gleiche Bündel, dort  $\omega$  genannt, in der vorderen Brücke nach ventral zur Raphe abbiegen soll, sondern sie ist schon allein mit dem Unterschied im Faserkaliber zwischen beiden Bündeln unvereinbar. Vielmehr behält das in v. ECONOMOS Fall ebenfalls partiell degenerierte *dorsolaterale Haubenbündel* (wie aus Untersuchungen anderer Autoren bekannt ist) seinen Platz am Rande des Höhlengraus bei und vereinigt sich mit der Masse der *zentralen Haubenbahn*, aus der es weiter oral nur schwer herauszudifferenzieren ist. Die Degenerationsschollen, die v. ECONOMO gleichseitig bis in FORELS *Haubenfaszikel* verfolgen konnte, stellen also die orale Fortsetzung der *dorsolateralen Haubenbahn*

<sup>1</sup> Bei Verfolgung der Serie nach caudal gewinnt das *laterale Haubenbündel* durch den Engpaß zwischen *motorischem Trigeminuskern* und *ventralem Kern* der *lateralen Schleife* hindurch Anschluß an die ventrolaterale *Formatio reticularis*.

<sup>2</sup> Das von v. ECONOMO mit dem gleichen Namen belegte Bündel bezeichne ich nach ZIEHEN als *Fasciculus ovalis*.

<sup>3</sup> Das geht aus v. ECONOMOS Abb. 6 und 7 hervor, wo das Bündel links mit *l. H'*, rechts auf Abb. 6 mit  $\eta$  bezeichnet, auf Abb. 7 unbezeichnet ist.

dar, was auch mit LEWANDOWSKYS Behauptung der ausschließlich *gleichseitigen* Degeneration der FORELSchen *Haubenfaszikel* übereinstimmt. Der *Fasciculus ovalis* setzt sich dagegen wahrscheinlich in dem nur gleichseitig degenerierten medialen Zipfel der 1. H' auf der Abb. 7 v. ECONOMOS fort.

Die in FORELS *Haubenfaszikel* fortgesetzte *dorsolaterale Haubenbahn* ist aber nicht mit der WALLENBERG'schen Bahn identisch; denn v. ECONOMO hebt selbst ausdrücklich gegen WALLENBERG hervor, daß die dorsale Bahn, die sich in FORELS *Haubenfaszikeln* fortsetzt, *ungekreuzt* verlaufe. v. ECONOMO sieht im Gegensatz zu LEWANDOWSKY in dieser gleichseitigen Bahn eine zentrale Bahn aus dem *sensiblen Hauptkern* des *Trigeminus* (s. unten).

Nach DÉJÉRINE und STOPFORD gibt es eine sekundäre Bahn des *spinalen Trigeminuskerns*, welche sich schon retroolivär mit dem gegenseitigen *Tractus spinothalamicus* vereinigt, dessen medialste Teile bildend. SMYTH vermüßte jedoch bei einem frischen menschlichen Fall mit vasculärem Herd im Gebiet der *spinalen Trigeminuswurzel* Degenerationsschollen in der Gegend des *Tractus spinothalamicus* vollständig. Er lehnt deshalb diese Ansicht ab. Ebenso wendet er sich gegen die Existenz eines *dorsalen Tractus quintothalamicus*, weil in dem entsprechenden Bereich Marchi-Schollen bei seinem Fall gänzlich fehlten. Die sekundäre Bahn aus caudalen Teilen des *spinalen Trigeminuskerns* bildet vielmehr, WINKLER und SMYTH zufolge, nach der Kreuzung zunächst ventromediale Bündel der *medialen Schleife* und begibt sich in der vorderen Brücke in die Nähe des *Tractus spinothalamicus*, um mit ihm zusammen den Thalamus zu erreichen.

Nach dieser Literaturübersicht ist einzig und allein SPITZER'S (kreuzendes) *ventrales Haubenbündel*, welches identisch ist mit LEWANDOWSKYS *Trigeminusschleife*, als zentrale Trigeminusbahn (aus dem *Hauptkern*) gesichert. Die Bahn vom *spinalen Kern* scheint zunächst einen entsprechenden Verlauf zu haben, sich aber in der vorderen Brücke nach lateral in Richtung auf den *Tractus spinothalamicus* abzusondern.

Abgesehen vom gleich näher zu erörternden *dorsolateralen Haubenbündel* gibt es noch folgende thalamopetale Bahnen unbekannten Ursprungs aus Pons und Medulla oblongata,

1. Das (kreuzende) *laterale Haubenbündel* von SPITZER, HÖSEL und v. ECONOMO; 2. der *Fasciculus ovalis*, der nach GROSSMANN, v. ECONOMO und KARPLUS, ZIEHEN aus dem gleichseitigen *Nucleus tractus solitarii* und den *Nuclei ovals* in der Nähe des *Trigeminushauptkerns* entspringt, dessen weiterer Verlauf aber noch unklar ist. Auf Abb. 1 sind diese beiden Bündel links infolge einer Querdurchtrennung der Mittelhirnhaube degeneriert.

### 3. Degenerationsbefunde der FORELSchen Haubenfaszikel aus der Literatur.

Meine These, daß die *Haubenfaszikel* FORELS eine vestibuläre *Empfindungsbahn* darstellen, d. h. von den *Vestibulariskernen* zum *Thalamus* leiten, möchte ich zunächst an Hand einer Literaturbesprechung stützen, wobei zu bemerken ist, daß alle Autoren ihnen bisher eine andere Bedeutung beigemessen haben.

LEWANDOWSKY hat in seinem Werk über die Leitungsbahnen des Truncus cerebri experimentell nachgewiesen, daß FORELS *Haubenfaszikel* die orale Fortsetzung der dorsolateralen Haubenbahn sind. Ihr Ursprungsgebiet soll von der Gegend der unteren Olive bis zum Genu facialis reichen, hauptsächlich aber im Pons liegen. Ihre Bedeutung läßt er offen. MARBURG ist gleicher Ansicht.

In dem schon mehrfach erwähnten Fall von v. ECONOMO aus dem Jahre 1911 hat ein Ponstüberkel außer den *Trigeminuskernen* auch das Einstrahlungsgebiet des *Nervus vestibularis* zerstört. Die ausschließlich gleichseitige Degeneration der FORELSchen *Haubenfaszikel* dieses Falles, die nach LEWANDOWSKY die orale Fortsetzung der degenerierten dorsolateralen Haubenbahn sind, möchte ich im Gegensatz zu v. ECONOMO auf die Zerstörung der *Vestibulariskerne* zurückführen; als Folge der Zerstörung des sensiblen *Trigeminuskerns* ist die SPITZERSche *ventrale Haubenbahn* (= *Trigeminusschleife* LEWANDOWSKYS) degeneriert<sup>1</sup>. Bei den Affenexperimenten v. ECONOMOS sind außer der beabsichtigten Läsion des sensiblen Hauptkerns des *Trigeminus* auch in den *Vestibulariskernen* schwerste Zerstörungen gesetzt worden, so daß die von ihnen ausgehenden Bahnen degeneriert sind. Die aufsteigende Degeneration ( $\gamma$  bei v. ECONOMO) liegt im lateralen Teil des gleichseitigen hinteren Längsbündels und lateral davon in der Gegend der dorsolateralen Haubenbahn<sup>2</sup>. Während v. ECONOMO angibt, daß diese beiden Degenerationen im *Oculomotoriuskern* enden, und die Degeneration von FORELS *Haubenfaszikeln* nur als Fortsetzung seiner gleichseitigen dorsalen *Trigeminusbahn* (dem *Fasciculus ovalis* in Abb. 1 entsprechend) auffaßt, was schon wegen des ganz verschiedenen Faserkalibers unmöglich ist, möchte ich die Degenerationen der FORELSchen *Haubenfaszikel* aus den zerstörten *Vestibulariskernen* (über die degenerierte dorsolaterale Haubenbahn) ableiten, zumal dieser letzte Übergang von LEWANDOWSKY nachgewiesen ist.

KOHNSTAMM schließt aus seinen tigrolytischen Experimenten, daß die *Haubenfaszikel* FORELS aus dem gegenseitigen sensiblen *Trigeminuskern* entspringen. Nach seinen Protokollen ist der Ursprung aus dem gleichseitigen BECHTEREWSchen Kern wahrscheinlicher: Denn vor allem in Fall 5 (II. Mitteilung), in dem FORELS *Haubenfaszikel* einwandfrei zerstört sind, finden sich im *Nucleus angularis* „eine ganze Anzahl klar degenerierter Zellen“, reichlicher auf der operierten Seite als auf der gesunden, während der Kern der spinalen Wurzel, der auf der ungekreuzten Seite intakt war, auf der operierten Seite „in fast allen Schnitten einzelne degenerierte Zellen“ enthielt. KOHNSTAMM folgert ferner aus seinem Fall 2, „daß eine Anzahl der Neurone des *Nucleus angularis* nicht im dorsalen Längsbündel

<sup>1</sup> Ich lasse dabei vorläufig offen, ob die thalamopetale *Vestibularisbahn* nicht außer in der dorsolateralen Haubenbahn noch in lateralen Teilen des hinteren Längsbündels verläuft, da sich an beiden Stellen in v. ECONOMOS Fall ungekreuzte Degenerationen finden.

<sup>2</sup> Aus dem *Deiters-Kern* tritt unter anderem ein mächtiger Degenerationsstrang nach dorsal aus ( $\delta$  in v. ECONOMOS Abb. 9) in die mediale Höhlung des *Bindearmes*. Eine ganz ähnliche Degeneration ist auf der folgenden Abb. 10 eingezeichnet; v. ECONOMO spricht sie aber nicht als Fortsetzung von  $\delta$  an, sondern als Ursprung der dorsalen zentralen *Trigeminusbahn* (c. *V. d*) mit der Begründung, daß die Degenerationen der beiden Faserbündel durch dazwischenliegendes gesundes graues Gewebe getrennt seien. Bei der oft sehr ungleichmäßigen Färbung und der schwierigen Beurteilung der Marchi-Präparate halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß ein Teil der Fasern von  $\delta$  in c. *V. d* übergeht.

verlaufen, sondern in dessen lateraler Nachbarschaft, und zwar höchstwahrscheinlich im Bindearm“. Auch in diesem Fall ist nach den Abbildungen und Beschreibungen eine Läsion der FORELSchen *Haubenfaszikel* anzunehmen, was meines Erachtens als Ursache der Tigrolysen im *Nucleus angularis* wahrscheinlicher ist, als die Läsion des *Bindearmes*. Im *Trigeminuskern* auch in diesem Fall keine Veränderung. Wichtig ist das Ergebnis KOHNSTAMMS, daß die Nervenfasern des *Nucleus angularis* BECHTEREW fast nur gleichseitig degenerieren und ganz überwiegend aufsteigend.

Im scheinbaren Gegensatz dazu steht ein Befund von MARBURG: Bei einem Fall von Syringobulbie mit Spaltenbildung im *Nucleus triangularis* war (infolge der Unterbrechung von Bogenfasern) die *Area acclinis* der Gegenseite aufsteigend verschmälert, deren Fortsetzung in den *Fasciculi Foreli* erwogen wird. Der Widerspruch gegenüber der *ungekreuzten* Natur der *Fasciculi Foreli* ist damit zu erklären, daß die Spaltbildung *caudal* vom *Nucleus Bechterew* und *Deiters* sitzt, so daß sie die *Bogenfasern* nur aus dem *Nucleus tractus spinalis vestibularis* getroffen hat; auch nach den Experimenten LEWANDOWSKYS können nämlich von den wenigen Ursprungsfasern der FORELSchen *Haubenfaszikel* aus Gegenden *caudal* von der Brücke einige gelegentlich *gekreuzt* entspringen.

Nun fand schon SPITZER bei seinem Fall von Ponsstüberkel eine Bahn aufsteigend degeneriert, welche zunächst im mittleren ventralen Teil des *hinteren Längsbündels* verläuft, sich in Höhe des Mittelhirns aber nicht wie die übrigen Bündel im *Oculomotoriuskern* aufsplittert, sondern nach lateral abbiegt und sich nach seiner Meinung in der Gegend über dem *Ruber* verliert. Möglicherweise gehört diese Degeneration den FORELSchen *Haubenfaszikeln* an, die in v. ECONOMOS so sehr ähnlichem Fall stark mit Marchi-Körnern angefüllt waren.

Eine wesentliche Klärung der einzelnen Anteile des *hinteren Längsbündels* brachten die Untersuchungen von MUSKENS aus dem Jahre 1914. Er wies nach, daß die sekundären aufsteigenden Vestibularisbahnen überwiegend im *lateralen Horn* des *hinteren Längsbündels* verlaufen, in einem Teil, der von einigen anderen Forschern wohl gar nicht mehr zum *hinteren Längsbündel* gerechnet wird. In diesem *lateralen Horn* ordnen sich von medial nach lateral an: erst die gekreuzte, dann die gleichseitige (aus dem *Nucleus Bechterew*) vestibulomesencephale Bahn, ferner im äußersten Teil der aus dem großzelligen *Nucleus Deiters* entspringende *Tractus vestibulotegmentalis lateralis*, dessen genaue Endigung im Mittelhirn von MUSKENS nicht aufgedeckt werden konnte<sup>1</sup>. Beide *Tractus vestibulomesencephalici* sollen im *Nucleus Darkschewitschi* enden. Zweifel an den Befunden von MUSKENS sind sicherlich nicht bezüglich der Anordnung der Bahnen im *hinteren Längsbündel* begründet. MUSKENS bestätigt nämlich in bezug auf die Bahn aus dem *Darkschewitsch-Kern* die älteren Befunde von PROBST und LEWANDOWSKY; in bezug auf die aufsteigenden Bahnen wurde von VAN DER SCHUEREN fast gleichzeitig gefunden, daß die sekundäre Bahn aus dem *Nucleus Bechterew* im lateralen Teil des gleichseitigen *hinteren Längsbündels* aufsteigt. LEIDLER erhob etwa die gleichen Befunde, rechnet die betreffenden Bündel aber nicht mehr zum *hinteren Längsbündel*, sondern bezeichnet sie als *Faserbündel lateral* davon.

Bei den Katzenexperimenten von PROBST<sup>2</sup> (1902) degenerierten die *Fasciculi Foreli* nach Verletzung im Mittelhirn aufsteigend und endigten in den *Thalamuskernen* (nach v. MONAKOWS Bezeichnung *med. b*, *med. c*, *vent. b* und *vent. a*).

<sup>1</sup> Diesem soll sich medial ein auch nach MUSKENS nicht ganz gesicherter *Tractus vestibulotegmentalis medialis* anschließen, der möglicherweise aus dem *Nucleus tractus spinalis vestibularis* entspringt.

<sup>2</sup> Die Bezeichnung *l. H.* von PROBST hat nichts mit dem *lateralen Haubenbündel* von SPITZER, HÖSEL oder dem von v. ECONOMO zu tun.

Wichtig sind folgende Ergebnisse PROBSTS, die er bei sagittalen Verletzungen der Brückenhaube erzielte (1902): Die FORELSchen *Haubenfaszikel*, diesmal von PROBST als Hauben-Sehhügelbündel bezeichnet, degenerieren frontalwärts an der lateralen Seite des *dorsalen Längsbündels* der Verletzungsseite nach einer sagittalen Zerstörung der Haube zwischen *austretendem Facialisschenkel* und *Raphe*; ebenso nach einem Sagittalschnitt durch den *Abducenskern* und bei anderen Experimenten nach sagittaler Verletzung in der Gegend des *Facialisknies*. Also übereinstimmend nach sagittalen Läsionen lateral vom *hinteren Längsbündel* in Höhe des *Abducenskerns* aufsteigende Degeneration der *dorsolateralen Haubenbahn*, die in die *Haubenfaszikel* FORELS übergeht. — In dem Affenexperiment Nr. 3 von SPITZER und KARPUS wurde in der Brücke unter anderem auch im lateralen Teil des *hinteren Längsbündels* eine Zerstörung gesetzt. Sie führt zu einer ins Mittelhirn aufsteigenden Degeneration nur des lateralen Teiles des *hinteren Längsbündels*. In den FORELSchen *Haubenfaszikeln* wurden keine Marchi-Schollen beobachtet. Dieser Befund spricht gegen einen Übertritt von Fasern aus dem lateralen Teil des *hinteren Längsbündels* in die FORELSchen *Haubenfaszikel*, welcher auf Grund der Veröffentlichungen von v. ECONOMO und MUSKENS nicht ausgeschlossen werden konnte.

HELD erwähnt 1923 einen von der ventralen Zone des *Nucleus triangularis* ausgehenden Tractus vestibuloreticularis, der in seitlichen Feldern der *Formatio reticularis* in das Mittelhirn aufsteigen soll, wo er dorsolateral vom *Ruber* liegen und „wahrscheinlich sogar noch bis in den ventrolateralen Thalamuskern“ ziehen soll. Eine Gleichsetzung mit irgendeinem zumindest topographisch bekannten Faserzug, eine Abbildung oder die Beschreibung irgendwelcher Befunde, die ihn zu dieser Behauptung geführt haben, gibt HELD nicht. Eine ähnliche Bahn soll GODLOWSKI beschrieben haben in einer mir nicht zugänglichen Arbeit.

LE GROS CLARK hat in seinem Macacusexperiment C eine Läsion gesetzt, die die Fasern vom *Vestibulariskerngebiet* nach medial unterbricht. Davon geht eine gleichseitige Marchi-Degeneration in der *zentralen Haubenbahn* aus, welche im *äußeren Teil* des *Ventralkerns* des Thalamus endet. Im Experiment D hat eine etwa ähnlich gelegene Läsion wieder zu einer gleichseitigen Degeneration in der *zentralen Haubenbahn* geführt, welche dann durch den *Nucleus parafascicularis* hindurch zum *äußeren Teil* des *Ventralkerns* des Thalamus verläuft. Ich glaube nicht in Widerspruch zu diesem englischen Forscher zu kommen, wenn ich diese gleichseitigen Bündel als vestibulothalamische Bahn auffasse, da er selbst als Grund ihrer Degeneration eine Läsion von aus dem *Vestibulariskerngebiet* stammenden Fasern erörtert.

Aus den angeführten Untersuchungen kann man, weil sie bei kritischer Betrachtung sämtlich darin übereinstimmen, den Schluß ziehen, daß eine sekundäre zentrale Vestibularisbahn im Brückengebiet in der *dorsolateralen Haubenbahn* verläuft und sich im Mittelhirn in FORELS *Haubenfaszikeln* fortsetzt, um im *ventrolateralen Thalamus* zu enden.

An Hundegehirnen, bei denen SPIEGEL die *Vestibulariskerne* zerstört hatte, haben WHITAKER und L. ALEXANDER die sekundären Vestibularisbahnen verfolgt. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die über die *Oculomotoriuskerne* hinausgehenden Fasern, den *Tractus retroflexus*



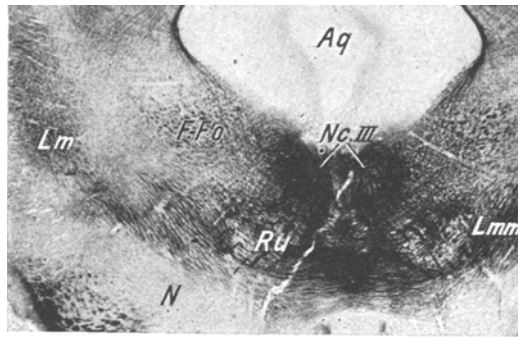
MEYNERTI begleitend, in dessen Umgebung gelegene *mediale Thalamuskern* erreichen, um dort zu enden. In ihren Abb. 34, 35 und 37, 38 sind in den FORELSchen *Haubenfaszikeln* Degenerationen eingezeichnet. Den schlüssigen Beweis für meine These liefert ihr Photogramm Abb. 36, auf dem Marchi-Körner in den *Fasciculi Foreli* direkt zu sehen sind, nämlich an der Stelle, wo sie sich, den *Tractus Meynerti* umgreifend, scharf nach lateral wenden. Daraus ergibt sich entgegen den Autoren die Schlußfolgerung: Nach Zerstörung der *Vestibulariskerne* sind die FORELSchen *Haubenfaszikel* degeneriert.

#### 4. Myelogenetische Befunde an Hund, Affe und Mensch.

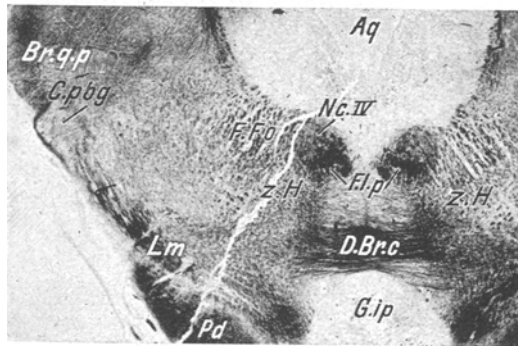
Es ist seit FOREL bekannt, daß seine *Haubenfaszikel* beim Menschen eine geringere Entwicklung erfahren als bei niederen Säugetieren. Durch die starke Ausbildung der *zentralen Haubenbahn* und des *Bindearmes* beim Menschen ist eine Verfolgung der *Fasciculi Foreli* in die Brücke hinein an normalanatomischen Präparaten ausgeschlossen. Auch an Markscheidenpräparaten von menschlichen Neugeborenen und Feten treten die gleichen Schwierigkeiten, wenn auch in geringerem Maße, auf. Anders bei jungen Hunden.

An Hand von vier solchen Serien habe ich die *Fasciculi Foreli* hinauf in den *Thalamus* wie hinab in die Brücke verfolgen können (H. j. 4, 5, 43, 44). Wie aus den Abb. 2a—c hervorgeht, schließen sie sich bei der Verfolgung nach caudal allmählich dem *hinteren Längsbündel* lateral an. In dieser Lage durchflechten sie sich mit dem *Bindearm*, verlagern sich danach wieder etwas mehr nach lateral (Abb. 2c) und weichen vor dem *Abducenskern* nach ventrolateral aus. Von dort aus gewinnen sie durch einige quer unter dem Höhlengrau nach lateral verlaufende Faserbündel den Bereich der *Vestibulariskerne*. In zu tiefen Querebenen kann man mit diesen Querbündeln die dorsalen Ursprungsbündel des *Tractus vestibulospinalis* verwechseln, da diese eine fast gleiche Lage, wenn auch etwas dunklere Färbung haben. Aus welchem der *Vestibulariskerne* FORELS *Haubenfaszikel* entspringen, kann auf Grund der myelogenetischen Präparate allein nicht erschlossen werden. Der Verlauf der *Haubenfaszikel* FORELS in der Brückenhaube lateral vom *hinteren Längsbündel* und ihre Fortsetzung in der *dorsolateralen Haubenbahn* ist auf Grund dieser Präparate eindeutig.

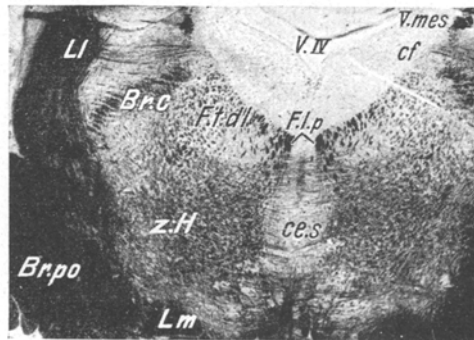
Wenn man myelogenetisch bei Hunden die *Fasciculi Foreli* in Richtung auf den *Thalamus* verfolgt, findet man etwas unterhalb der *Commissura posterior* die spitzwinklige Abknickung in Richtung auf den *medialen Kniehöcker*. Dabei behalten sie ihre Verlaufsrichtung nach oral bei. Nach Durchflechtung mit der *medialen Portion* der *medialen Schleife* (*Lm.m*) und nach Umgreifen des *Tractus retroflexus* MEYNERTI



a



b



c

Abb. 2a—c. Färbung: Weigert-Kulschitzky (W.K.). Vergr. 7,5:1. a Querschnitt durch das Mittelhirn eines jungen Hundes. Die FORELSchen Haubenfaszikel (F.Fo) liegen am Höhlengraurand lateral vom hinteren Längsbündel (F.l.p) und dem Oculomotoriuskern (Nc.III). Aq = Aquaeductus cerebri. Ru = Ruber; N = Niger; Lm = mediale Schleife; Lmm = deren mediale Portion. H.j. 4, 441. Ph. 26388. b Querschnitt durch das caudale Mittelhirn des gleichen Gehirns. Die Haubenfaszikel FORELS (F.Fo) sind unmittelbar an das hintere Längsbündel (F.l.p) und den Trochleariskern (Nc.IV) herangerückt. Die beim Hund ziemlich kleine zentrale Haubenbahn (z.H) liegt ventral davon; in ihr sind die einzelnen Faserbündel kleiner, blasser und dichter gelagert. D.Br.c = Bindearmkreuzung; G.ip = Ganglion interpedunculare Pd = Pedunculus cerebri; C.pbg = Corpus parabrachiale; Br.q.p = Brachium quadrigeminum posterius. H.j.4, 475. Ph. 26389. c Querschnitt durch die vordere Brücke vom gleichen Gehirn. Die Durchflechtung von Bindearm (Br.c) und FORELS Haubenfaszikeln (F.Fo) ist vollzogen. Diese bilden jetzt die dorsolaterale Haubenbahn (F.t.dl). V.IV = 4. Ventrikel; Br.po = Brachium pontis. H.j. 4, 520. Ph. 26387.

treten sie in den ventralen Teil des *Corpus semilunare*<sup>1</sup> ein. Wenn aber fast alle Autoren (außer PROBST und LE GROS CLARK) übereinstimmend hier ihre Endigung annehmen, so beruht das auf einem Irrtum. Da die Faserbündel in dieser Gegend eng beieinander liegen, ergibt sich hier die dichteste Ansammlung der Marchi-Körner bei Degenerationen. Myelogenetische Präparate, vor allem Horizontalschnitte<sup>2</sup>, zeigen eindeutig, daß die Bündel, sich voneinander entfernend, den *Semilunarkörper* nur durchziehen, um in den äußeren Teil des (oral-caudal) mittleren *Ventralkerns* des *Thalamus* (= *Nucleus ventrointermedius*

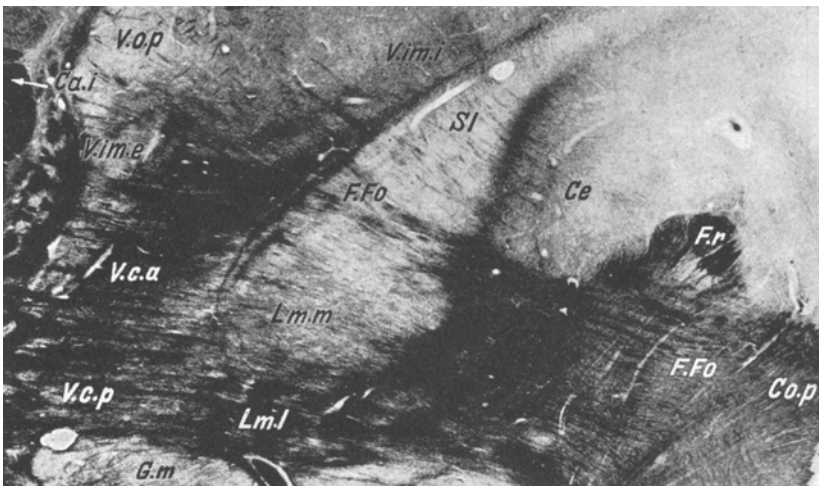


Abb. 3. W. K. Vergr. 7,5:1. Horizontalschnitt durch den ventralen *Thalamus* eines 10 Monate alten Kindes. Einstrahlung der FORELSchen Haubenfaszikel (F. Fo) aus der Gegend der hinteren Commissur (Co. p) durch den caudalen Teil des Centralkerns (Ce) und den Semilunarkörper hindurch (SI) in den intermediären Ventralkern (V. im. e). Die mediale (Lm. m) und laterale (Lm. l) Portion der medialen Schleife strahlen in den vorderen (V. c. a) und hinteren (V. c. p) Schleifenkern ein. Oral vom Endigungskern der FORELSchen Haubenfaszikel (V. im. e) die Hauptendigungsstätte des Bindearms (V. o. p). V. im. i = *Ventrointermedius internus*; Ca. i = *Capsula interna*; G. m = *Geniculatum mediale*; F. r = *Fasciculus retroflexus*. E. 30, r 3, 373. Ph. 26063.

*externus* = V. im. e) einzutreten. Das gleiche sieht man an Horizontalschnitten durch den *Thalamus* erwachsener Hunde.

Auf einem Horizontalschnitt (Abb. 3) durch das Gehirn eines 10 Monate alten Kindes ist der Verlauf der FORELSchen Haubenfaszikel von der Gegend der hinteren Commissur durch den *Semilunarkörper* hindurch in das ventrolaterale *Thalamusgebiet* (und zwar in V. im. e) hinein

<sup>1</sup> So wird wegen der architektonischen Uneinheitlichkeit der topographische Bezirk des früheren *Nucleus arcuatus* bzw. *semilunaris* genannt (s. HASSLER, im Druck).

<sup>2</sup> Von dieser Schnittrichtung standen mir myelogenetische Präparate außer vom Menschen nur vom Affen zur Verfügung.

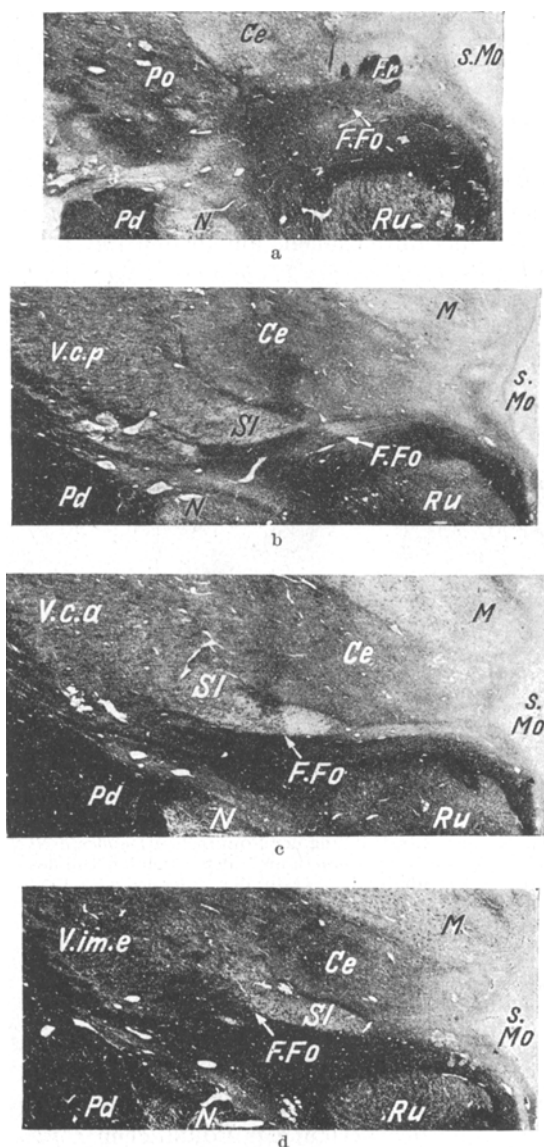


Abb. 4a—d. H. H. Vergr. 4:1. 4 Frontalschnitte durch das Gehirn eines normalen Erwachsenen, die den Verlauf der *Haubenfaszikel* FORELS (*F.Fo*) an der Basis des Thalamus zu ihrem Endigungskern *V.im.e* demonstrieren sollen. Zwischen Abb. 4a und b liegen 2,2 mm, zwischen den übrigen jeweils 1,1 mm Zwischenraum. Die Bündel (auf Abb. 4a zwischen helleren unter *F.r*) bilden infolge ihres schrägen Verlaufs nach orolateral auf Frontalschnitten jeweils einen scharfen Rand nach medial, der sich von Schnitt zu Schnitt weiter nach lateral verlagert, um endlich in *V.im.e* zu verschwinden. *M* = mediales Kerngebiet; *Ce* = Centralkern; *SI* = Semitrunkerkörper; *S.Mo* = Sulcus Monroi; *Ru* = Ruber; *N* = Niger; *Pd* = Pedunculus cerebri; *V.c.p* und *V.c.a* = hinterer und vorderer Schleifenkern; *F.r* = Fasciculus retroflexus; *Po* = Porta thalami. A. 58, 1. 4 552, 650, 697, 751. Ph. 20834, 20831, 20830, 20829.

klar zu erkennen. Die gleiche Menge von Faserbündeln, die medial in den *Semilunarkörper* eintritt, verläßt ihn wieder nach lateral.

Bei geeigneter Schnittrichtung (aus der Frontalebene etwas von caudomedial nach orolateral abweichend) ist der bogenförmige Verlauf der FORELSchen *Haubenfaszikel* vom Rand des Höhlengraus des Aqueductus zum *intermediären Ventralkern* des Thalamus unmittelbar zur Anschauung zu bringen.

Auch beim erwachsenen Menschen kann man diesen Verlauf eindeutig verfolgen (Abb. 4a—d). Bei ihrem schrägen Verlauf von caudomedial nach orolateral schneiden die Faserbündel scharf nach oromedial ab (Abb. 3); auf Frontalschnitten bilden sie daher eine scharfe mediale Grenze, welche, wenn man die Schnittserie nach oral verfolgt, immer mehr nach lateral rückt. Dabei münden die *Fasciculi Foreli* eindeutig in den vorderen Teil desjenigen Kerns ein, den C. und O. VOGT früher  $va_1$ , jetzt *Nucleus ventrointermedius externus* (*V.im.e*) bezeichnen (Abb. 4a—d).

Die Endigungsstätte der *Haubenfaszikel* FORELS ist also der *äußere intermediäre Ventralkern* des Thalamus.

Nachdem an Hand von Gehirnen junger Hunde der caudale Verlauf der *Haubenfaszikel* FORELS aufgedeckt worden ist, läßt er sich an myelogenetischen Präparaten vom Menschen wiederfinden. Auf von orodorsal nach caudoventral schrägen Schnitten durch den Hirnstamm ist direkt zu beobachten, wie FORELS *Haubenfaszikel* durch den *Bindearm* durchtreten und sich caudal in der *dorsolateralen Haubenbahn* fortsetzen. Die gleichen Bündel kommen weiter caudal lateroventral vom *Abducenskern* zu liegen, von wo aus sie quer zum *Vestibulariskerngebiet* (*tr*) abbiegen (Abb. 5).

Die *dorsolaterale Haubenbahn* wird caudal von der Brücke *topographisch* durch die *Area acclinis* fortgesetzt. WEISSCHEDEL verlegt auf Grund normalanatomischer Untersuchungen auch die *fasersystematische* Fortsetzung der *dorsolateralen Haubenbahn* (seiner dorsalen Teilbahn der zentralen Haubenbahn) in die *Area acclinis*. Da ihm aber, wie schon vielen Autoren vor ihm, die starke Abnahme der Fasermenge in Höhe des caudalen Brückenrandes auffiel, kommt er zu dem Schluß: „Das dorsale Teilbündel löst sich in der Substantia reticularis der Area acclinis auf.“ Er nimmt hier eine sukzessive Umschaltung ihrer Fasern auf ein neues Neuron an. Dabei wäre aber nur eine allmähliche Faserabnahme zu erwarten. Demgegenüber ist gerade die starke und plötzliche Verschmälerung der *dorsolateralen Haubenbahn* in Höhe des caudalen Brückenrandes als Argument für ihren Ursprung aus den *Trigeminuskernen* von vielen Autoren angeführt worden, ein Argument, welches ebenso für einen Ursprung aus den *Vestibulariskernen* gilt. Die *queren Faserbündel* (*tr* in Abb. 5), durch welche die *dorsolaterale*

*Haubenbahn* das Vestibulariskerngebiet erreicht, dürfen, wovor schon gewarnt wurde, nicht mit fast gleich gelagerten Ursprungsbündeln des *Tractus vestibulospinalis* verwechselt werden (*tr'* in Abb. 6).

Dorsal vom letzteren entspringen nach myelogenetischen Präparaten von Hunden gleichartige, etwas kleinere und nur wenig hellere Bündel, die ebenfalls ungekreuzt caudalwärts verlaufen. Während der *Tractus vestibulospinalis* dorsal von der *unteren Olive* absteigt, verlaufen die kleineren dorsalen Bündel lateral vom *hinteren Längsbündel* in der *Area acclinis*, bleiben aber durch einen senkrecht gestellten Streifen

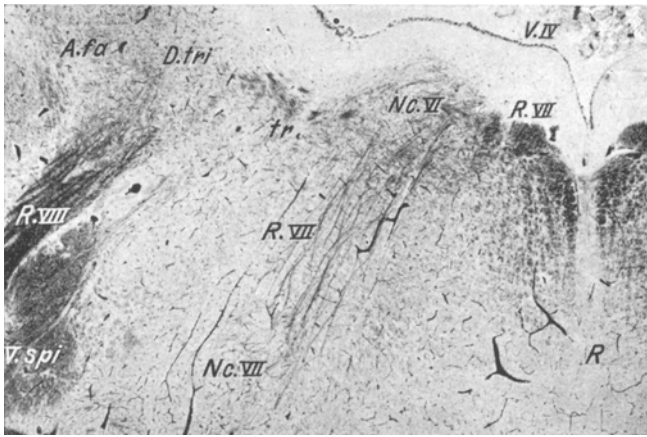


Abb. 5. W. K. Vergr. 16:1. Frontalschnitt durch die caudale Brückengegend eines menschlichen Fetus. Von der ventrolateralen Seite des *Abducenskerns* (*Nc. VI*) ziehen dichte Faserbündel (*tr*) quer zum *Vestibulariskerngebiet* herüber, welches hier durch die *Area fasciculata* (*A. fa*) und den *triangulären Teil* des *Nucleus Deitersi* (*D. tri*) gebildet wird. *R. VIII* = Vestibulariswurzel; *R. VII* = Wurzelfasern des Facialis; *Nc. VII* = Facialiskern; *V. spi* = *Radix spinalis trigemini*; *V. IV* = 4. Ventrikel, *R* = *Raphe*. F. 36, 370. Ph. 26393.

dünnere Faserbündel gleichen Ursprungs mit dem *Tractus vestibulospinalis* verbunden. Diese Bündel rücken dort, wo der vierte Ventrikel rinnenförmig zu werden beginnt, von der ventralen an die laterale Seite des Höhlengraus, wobei sich gleichzeitig die Zwischenbündel verlieren. Sie begeben sich offenbar in den Vorderstrang des Rückenmarkes, während sich der *Tractus vestibulospinalis* über der *Olive* nach lateral verlagert, um in den *Vorderseitenstrang* zu gelangen.

Den dorsalen Faserzug und die Zwischenbündel hat LEWANDOWSKY beim Hunde entdeckt und ihre absteigende Degeneration nach Zerstörung der *Vestibulariskerne* nachgewiesen. Nach ihm benenne ich diese Bündel *Fasciculi paradorsales*.

Die gleichen *Fasciculi paradorsales* finden sich bei menschlichen Feten, wenn auch in schwächerer Ausbildung, wieder. Die Abb. 6

zeigt neben dem Ursprung des *Tractus vestibulospinalis*<sup>1</sup> auch den der *Fasciculi paradorsales* aus dem Kern von DEITERS. Sie steigen, wie beim Hund, in Höhe der Pyramidenkreuzung am Rand des Höhlengraus seitlich hoch und sind caudal vom Verschuß des Zentralkanals nicht mehr nachzuweisen.

Diese *Fasciculi paradorsales* entspringen als *absteigende Bahn* etwa in gleicher Höhe aus dem *Vestibulariskerngebiet* wie die queren Ursprungsbündel der *dorsolateralen Haubenbahn*, die zum *Thalamus aufsteigen*. Die Fortsetzung der *dorsolateralen Haubenbahn* nach caudal in

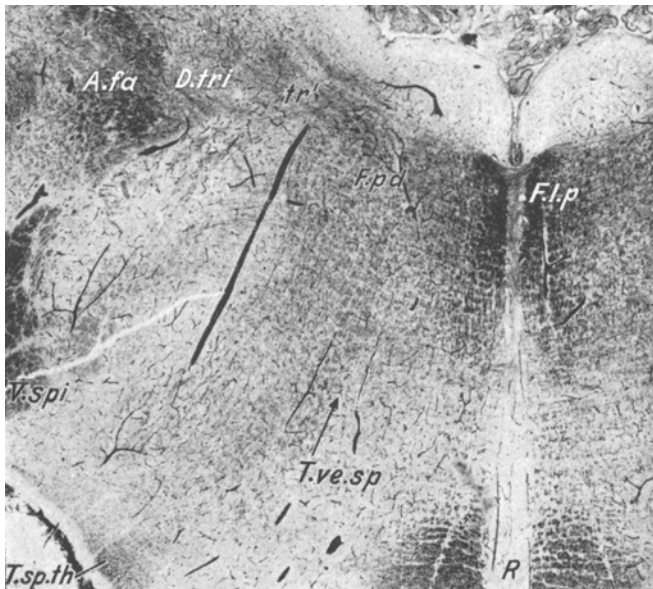


Abb. 6. W. K. Vergr. 16:1. Frontalschnitt etwa 1 mm caudal von dem der Abb. 5. Aus dem *Vestibulariskerngebiet* (hier *Area fasciculata* = *A. fa* und *Nucleus Deitersi pars triangularis* = *D. tri*, entspringen weniger deutlich gebündelte Fasern (*tr'*), die quer nach medial zur *Area acclinis* verlaufen und dort nach caudal und ventral abbiegen. Am Rande des Höhlengraus bilden sie die *Fasciculi paradorsales* (*F. pd*), weiter ventral den *Tractus vestibulospinalis* (*T. ve. sp*), beide stehen durch schwächere Zwischenbündel miteinander in Verbindung, welche den *Fasciculi paradorsales* zuzurechnen sind. *F. l. p* = hinteres Längsbündel; *T. sp. th* = *Tractus spinothalamicus*. F. 36, 345. Ph. 26394.

die *Area acclinis* ist also zumindest für ihren größten Teil nur eine *scheinbare*, vorgetäuscht dadurch, daß in der gleichen Höhe aus dem *Vestibulariskerngebiet* eine *auf-* und eine *absteigende Bahn* entspringen, die beide im dorsolateralen Teil der *Substantia reticularis* verlaufen. Da aber die aufsteigende *dorsolaterale Haubenbahn* an Fasermenge die absteigenden *Fasciculi paradorsales* weit übertrifft, kommt es zu der von allen Autoren bemerkten starken Verschmälerung der *Area acclinis* an ihrem oralen Ende.

<sup>1</sup> Er ist also (entgegen WEISSCHEDEL) auch beim Menschen gut entwickelt.

### 5. Degenerationsbefunde beim Menschen.

An Hand von Herdfällen der VOGTschen Serienschchnittsammlung kann ich den vestibulären Ursprung der FORELSchen *Haubenfaszikel* direkt nachweisen.

Beim 1. Fall (S. 24) hat ein Blutungsherd in der Brückenhaube vor allem deren mediale und ventrale Strukturen zerstört. Der Herd beginnt caudal in der Mittellinie unter dem Ependym des 4. Ventrikels unmittelbar vor dem *Abducenskern* und erstreckt sich nach oral, ventral und lateral durch die linke *Brückenhaube* bis tief in den *Brückenfuß* hinein. Außer der linken *Pyramidenbahn* und der linken *medialen Schleife* hat er das linke *hintere Längsbündel* völlig und die linke *dorsolaterale Haubenbahn* fast völlig vernichtet. Als Folge des Ausfalls der letzteren findet sich, wie nach obigen Ausführungen zu erwarten, ein fast völliger Ausfall der linken *Haubenfaszikel* FORELS die ja nichts anderes als eine orale Fortsetzung der *dorsolateralen Haubenbahn* sind (Abb. 7). In der *Area acclinis*, der *topographischen* Fortsetzung der *dorsolateralen Haubenbahn* nach caudal, besteht hinter dem caudalen Brückenrand keine stärkere Atrophie, aber eine geringe Verschmächti-gung im Vergleich zur anderen Seite<sup>1</sup>.

Die Faserbündel ventrolateral vom *Abducenskern*, welche nach den myelogenetischen Befunden die *dorsolaterale Haubenbahn* nach caudal fortsetzen, sind auf der linken Seite stark verschmälert, die von ihnen zum *Nucleus Deiters* führenden Querbündel verringert und der medial von der *Area fasciculata* gelegene *trianguläre Teil* des *Deiters-Kernes* deutlich verkleinert und an grauer Substanz verarmt<sup>2</sup>. Beweisend für einen Ursprung der *Fasciculi Foreli* speziell aus dem *triangulären Teil* des *Deiters-Kernes* sind die Veränderungen in diesem Fall aber nicht, da gleichzeitig der aufsteigende Teil des *hinteren Längsbündels* völlig zerstört ist, welches ja auch aus dem *Vestibulariskerngebiet* entspringt<sup>3</sup>.

Das Resultat dieses Falles ist, daß die *Haubenfaszikel* FORELS beim Menschen die orale Fortsetzung der *dorsolateralen Haubenbahn* sind,

<sup>1</sup> Die Geringfügigkeit der Faserabnahme in der *Area acclinis* beweist, wie auf S. 37 ausgeführt, daß sich die *dorsolaterale Haubenbahn* nicht in die *Area acclinis* fortsetzt, sondern vorher zu ihrem Ursprungskern in der caudalen Brücke abbiegt. Die Faserabnahme ist vielmehr auf den partiellen Ausfall der *Fasciculi paradorsales* zurückzuführen, deren vordere Ursprungsbündel aus dem *Vestibulariskern* durch den Herd mit zerstört worden sind. Ob darüber hinaus *einzelne* Fasern der *dorsolateralen Haubenbahn* nicht doch in die *Area acclinis* übertreten, kann an Hand dieses Falles infolge der Ausdehnung des Herdes nicht entschieden werden.

<sup>2</sup> Da der Fall nur zu einer Markscheidenserie verarbeitet ist, können Zell-ausfälle nicht direkt nachgewiesen werden.

<sup>3</sup> Im Hinblick auf die Annahme der meisten Autoren, FORELS *Haubenfaszikel* seien eine sekundäre Trigeminiusbahn, dürfte es interessieren, daß in diesem Fall weder am *sensiblen Hauptkern* noch am *Kern der spinalen Wurzel* des *Trigeminus* eine Atrophie im Markscheidenbild festzustellen ist.



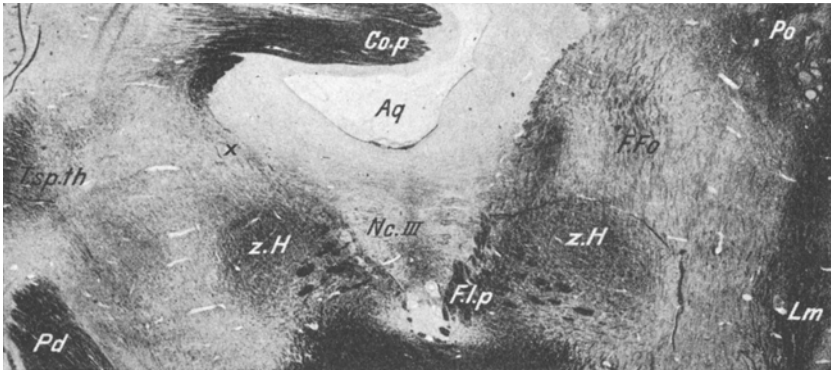


Abb. 7. W. K. Vergr. 5:1. Frontalschnitt durch das vordere Mittelhirn des Falles 1, in dem eine Blutung alle medial gelegenen Strukturen der linken Brückenhaube, unter anderem auch die *dorsolaterale Haubenbahn* zerstört hat. Fast vollständiger Ausfall der FORELSchen *Haubenfaszikel* (*F.Fo*) auf der linken Seite; nur bei *x* ist ein einzelnes restliches Bündel zu sehen. Auch die *zentrale Haubenbahn* ist in ihrem Umfang links reduziert (*z.H*). Im linken *hinteren Längsbündel* (*Fl.p*) sind einige Bündel zu erkennen. Die *mediale Schleife* (*Lm*) ist links bis auf verschwindende Reste ausgefallen; der *Tractus spinothalamicus* (*T.sp.th*) aber erhalten. *Nc.III* = *Nucleus oculomotorius*; *Aq* = *Aquaeductus cerebri*; *Co.p* = *Commissura posterior*; *Po* = *Porta thalami*. S. 24, 1081. Ph. 26390.

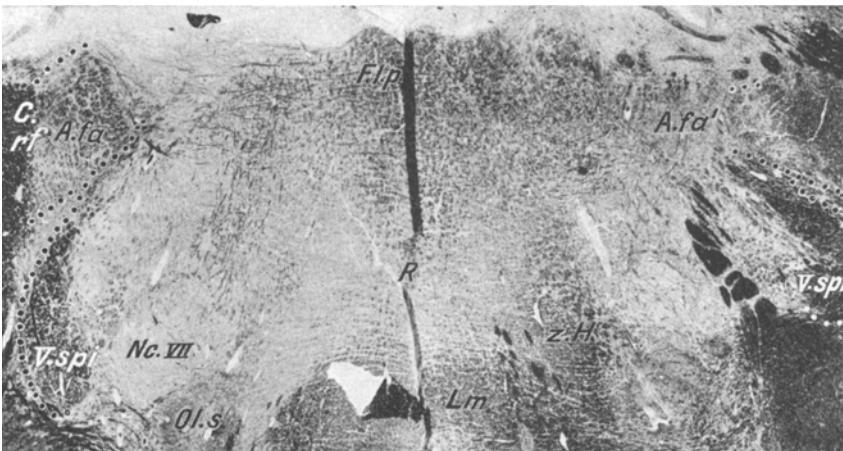


Abb. 8. W. K. Vergr. 7,5:1. Frontalschnitt durch die Brücke bei Aplasie einer Kleinhirnhemisphäre und Hypoplasie des gleichseitigen *Vestibulariskerngebietes*. Die *Area fasciculata* (*A.fa*) ist auf der Abbildung rechts deutlich unterentwickelt (*A.fa'*). Sie beginnt erst lateral von der Bezeichnung *A.fa'* und ist durch Punkte eingefasst. Die *zentrale Haubenbahn* (*z.H*) ist auf der Abbildung links ausgefallen. Die *mediale Schleife* (*Lm*) ist links hypertrophisch. Auf der rechten Seite unterhalb des Kerns der *spinalen Trigeminuswurzel* (*V.spi*) befindet sich ein absterbendes Faserbündel.

*Ol.s* = *Olivula superior*; *F.l.p* = *hinteres Längsbündel*; *C.rf* = *Corpus restiforme*.

Kück. Klh. 260. Ph. 26740.

die in der *Substantia reticularis* der Brücke zwischen *hinterem Längsbündel* und medialem Rand des *Locus caeruleus* verläuft und caudal

zum allergrößten Teil zum *Vestibulariskerngebiet* abbiegt. Weiter oral nehmen die Bündel den dorsalen und lateralen Saum der *zentralen Haubenbahn* ein.

2. Fall (K.): Aplasie einer Kleinhirnhemisphäre und Unterentwicklung des gleichseitigen *Vestibulariskerngebietes*. Hauptsächlich die *Area fasciculata* ist gegenüber der gesunden Seite viel kleiner (Abb. 8). Nach meiner These ist hierbei eine Hypoplasie der gleichseitigen FORELschen *Haubenfaszikel* zu erwarten. Das ist tatsächlich der Fall (Abb. 9).

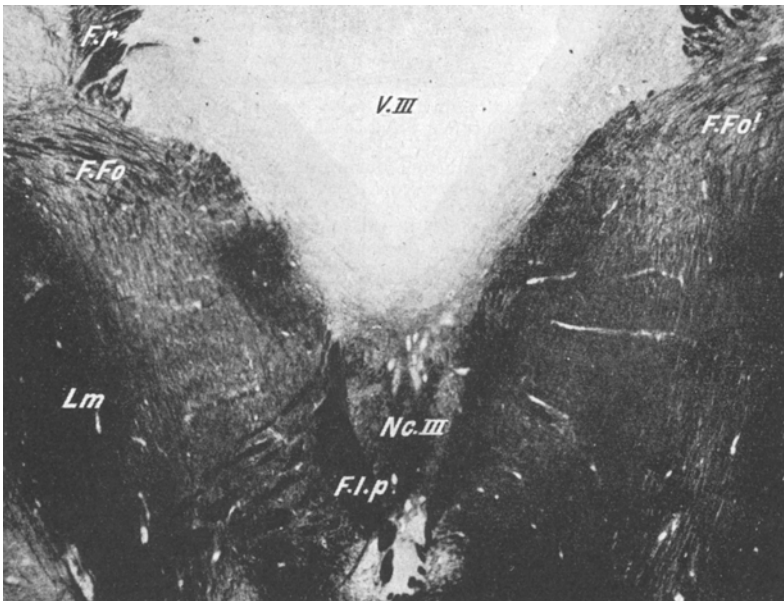


Abb. 9. W. K. Vergr. 7,5:1. Frontalschnitt durch das Mittelhirn des gleichen Falles. Unterentwicklung der FORELSchen *Haubenfaszikel* (F. Fo) auf der Seite der *Vestibulariskern-Hypoplasie* (F. Fo'). F. r = *Fasciculus retroflexus*; Nc. III = *Oculomotoriuskerne*; V. III = 3. Ventrikel. Kück. 1b, 36. Ph. 26741.

Dementsprechend sind auch die queren Verbindungsbündel zwischen *dorsolateraler Haubenbahn* und *Vestibulariskerngebiet* auf der Seite der Kleinhirnaplasie viel spärlicher und dünner. Im Pons ist die Hypoplasie der *dorsolateralen Haubenbahn* durch den völligen Ausfall der *zentralen Haubenbahn* auf der gesunden Seite schwieriger zu erkennen, besteht indes mit Sicherheit. — Bei einer Hypoplasie des *Vestibulariskerngebietes* sind also die *gleichseitigen Haubenfaszikel* FORELS hypoplastisch.

Im 3. Fall (C. 7 r) hat ein vasculärer Herd, offenbar bald nach der Geburt entstanden, die ganze rechte Mittelhirnhaube mit Ausnahme des *zentralen Höhlengraus* und des ihm anliegenden *hinteren Längs-*

bündels durchtrennt (Abb. 10). Infolgedessen sind auch FORELS *Haubenfaszikel* untergegangen, bis auf vereinzelte dem *hinteren Längsbündel* anliegende verblaßte schmale Bündel (Abb. 10). In der Brücke ist (Abb. 1) die *dorsolaterale Haubenbahn*, der caudale Vorläufer der *Fasciculi Foreli*, fast vollständig ausgefallen. Das lateroventral vom *Abducenskern* gelegene Faserfeld, in welches sie sich caudal fortsetzt, ist stark



Abb. 10. H. H. Vergr. 8:1. Frontalschnitt durch das orale Ende des cystischen Herdes (Cy) im Mittelhirn, welcher den ganzen Querschnitt mit Ausnahme des *hinteren Längsbündels* zerstört hat. Die Abb. ist seitenverkehrt. Es sind einige verblaßte Faserbündel der FORELSchen *Haubenfaszikel* (F.Fo) in bogenförmigem Verlauf unter dem *Fasciculus retroflexus* (F.r) zu sehen. Ce = *Centralkern* des Thalamus; SI = *Semilunarkörper*; Ist = *Nucleus interstitialis*; N = *Nucleus niger*; Ru. d = *Nucleus ruber* (degeneriert). C. 7, r 3, 828. Ph. 26062.

verschmälert und verblaßt. Die *queren Faserbündel* (tr), die (caudal vom *Abducenskern*) von der dorsolateralen Ecke der *Substantia reticularis* zum *Vestibulariskerngebiet* verlaufen, fehlen rechts auf Abb. 11 vollständig. Hiermit ist die letzte Wegstrecke der *Fasciculi Foreli* zum *Vestibulariskerngebiet* bewiesen; denn in diesem Fall kann der Ausfall nicht, wie im ersten, auf die Degeneration des *hinteren Längsbündels* zurückgeführt werden. Im Zellbild findet sich die stärkste Veränderung (Zellausfälle

und -atrophien sowie Schrumpfung des Gebietes) im *Nucleus Deiters*, und zwar in dem der *Area fasciculata* medial vorgelagerten sog. *triangulären Teil* der Herdseite, weniger im *lateralen Hauptteil* (Abb. 12a und b). Im *Nucleus angularis* BECHTEREW sind auf der gleichen Seite einige Nervenzellen atrophisch; im caudalen Abschnitt des *Kerns* der *spinalen Vestibulariswurzel* findet sich auf der Gegenseite eine leichte Verminderung der Zellen.

Die *queren Faserbündel* hinter dem *Abducenskern* werden also fast ausschließlich von der *vestibulo-thalamischen Bahn* (= FORELS *Hauben-*

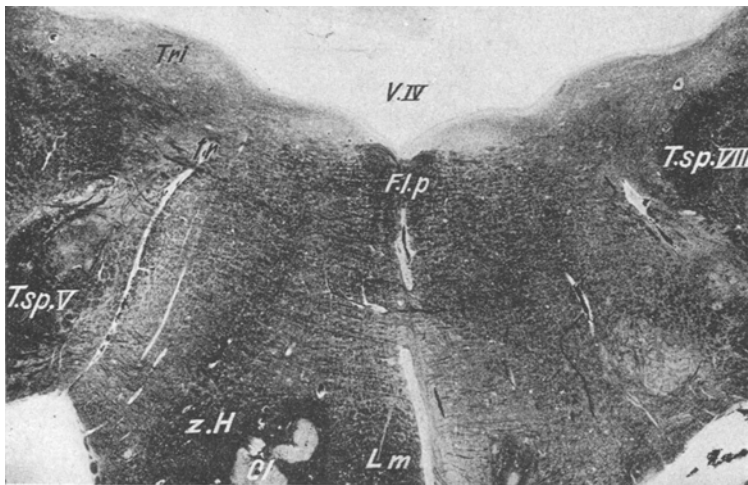


Abb. 11. H. H. Vergr. 8:1. Frontalschnitt durch den Hinterrand der Brücke des gleichen Gehirns wie Abb. 10. Es fehlen auf der rechten Seite die queren Faserbündel (*tr*), die die erste Wegstrecke der *vestibulothalamischen Bahn* bilden, völlig, da die FORELSchen *Haubenfaszikel* durch den Herd im Mittelhirn zur Degeneration gebracht worden sind. Die Bündel *tr* leiten vom *Vestibulariskerngebiet* [hier nur *Tractus spinalis vestibularis* (*T. sp. VIII*) und *Nucleus triangularis* (*Tri*) eingezeichnet] zu der ventro-lateralen Fläche des *Abducenskerns*. Die *mediale Schleife* (*Lm*) und die *zentrale Haubenbahn* (*z.H*) fehlen auf der rechten Seite infolge des Mittelhirnherdes. C. 7, Klh. 704 Ph. 26383.

*faszikel*) gebildet; die Ursprungsbündel des *hinteren Längsbündels* verlaufen als viel feinere Stränge dicht unter dem Höhlengrau oral und caudal davon.

Im 4. Fall (C. 16r) hat ein Erweichungsherd von den *Ventralkernen* des Thalamus die beiden *oralen*<sup>1</sup> sowie mediale Teile<sup>2</sup> des *äußeren intermediären*, der wie oben ausgeführt die Endigungsstätte von FOREL

<sup>1</sup> Über die verschiedenen *Ventralkerne*, ihre Abgrenzung gegeneinander und ihre Faserzuflüsse erfolgt eine andere Veröffentlichung (HASSLER, im Druck).

<sup>2</sup> Wie Abb. 3, 4c und d zeigen, münden FORELS *Haubenfaszikel* von medial in den äußeren intermediären Ventralkern ein. Die Zerstörung der medialen Teile führt daher zu einer Degeneration aller Bündel der *Haubenfaszikel*.

*Haubenfaszikeln* ist, und den ganzen ihm nahe verwandten *inneren intermediären Ventralhorn* zerstört. Die *caudalen Ventralkerne*, die die *mediale Schleife* aufnehmen, sind dagegen unversehrt.

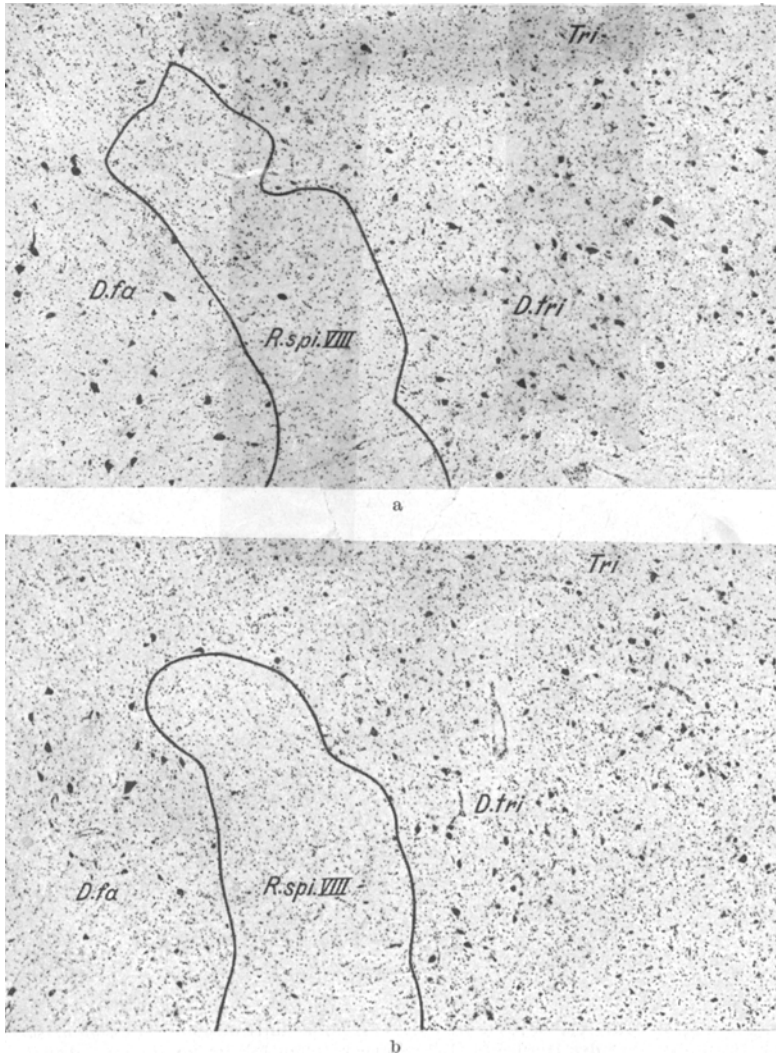


Abb. 12 a und b. Färbung: Cresylviolett. Vergr. 37,5:1. Frontalschnitt durch das *Vestibulariskerngebiet* des 3. Falles zur Demonstration der Zellausfälle und Zellschrumpfungen im *Nucleus Deitersi* auf der rechten Seite (Abb. 12b zur Erleichterung des Vergleichs hier seitenverkehrt abgebildet), und zwar sowohl im *triangulären Teil* (*D.tri*) wie in dem Teil in der *Area fasciculata* (*D.fa*). Im *D.tri* rechts (Abb. 12 b) auch Gliavermehrung und Gewebsschrumpfung, so daß er nur noch etwa die halbe Ausdehnung wie der linke hat. *Tri* = *Nucleus triangularis vestibularis*; *R.spi.VIII* = *Radix spinalis vestibularis*. C. 7, Klh. 654. Ph. 26375, 26376.

Die Folge dieser Läsionen sind u. a. sekundäre Degenerationen in den *gleichseitigen Vestibulariskernen*. Im Faserpräparat ist der *trianguläre*

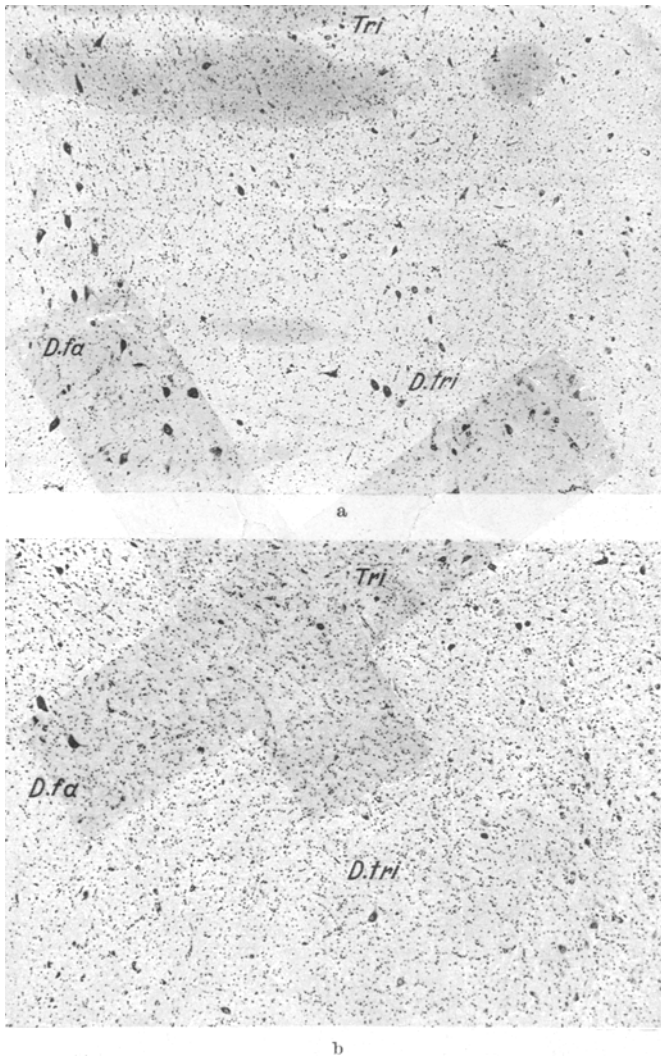


Abb. 13a und b. Cresylviolett. Vergr. 40:1. Frontalschnitt durch die *Vestibulariskerne* des 4. Herdfalles. Auf der Herdseite (13b) starker Zellausfall im *faszikulösen Anteil* des *Deiterskerns* (*D. fa*) und schwere Zellausfälle, Gliawucherung und Gewebsschrumpfung im *triangulären Teil* des *Deiterskerns* (*D. tri*). Im *Nucleus triangularis vestibularis* auf der Gegenseite des Herdes (Abb. 13 a) Zellverkleinerung (*Tri*). Zum besseren Vergleich sind die Kerne der Herdseite *seitenverkehrt* dargestellt. C. 16, Klh. 923. Ph. 241/242.

*Teil des Deiters-Kernes* deutlich *blasser* als auf der Gegenseite, ohne daß die Zahl der zuführenden *queren Faserbündel* auffällig verringert

wäre. Von den großen in der *Area fasciculata* gelegenen Deiterszellen sind auf der Herdseite die meisten ausgefallen, fast alle restlichen verblaßt oder hochgradig geschrumpft (Abb. 13a und b). Von der Gruppe mittelgroßer Nervenzellen unmittelbar medial von der *Area fasciculata* (*triangulärer Teil* des *Deiters-Kernes*) ist der größte Teil untergegangen, einige Zellen sind relativ gut erhalten, mehrere verblaßt, wie zersprungen und ohne färbbare Kernbestandteile; Schrumpfung des Gewebes und Vermehrung der Glia ebendort. In den Teilen des *Vestibulariskerngebietes*, die caudal von der Brücke liegen, ist keine

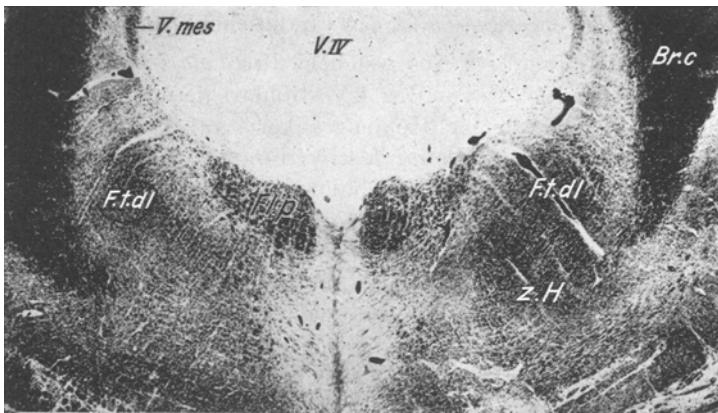


Abb. 14. H. H. Vergr. 8:1. Frontalschnitt durch die vordere Brücke des 5. Herdfalles. Auf der linken Seite fehlt die *zentrale Haubenbahn* (*z. H.*), während die *dorsolaterale Haubenbahn* (*F. t. dl*) beiderseits gleich gut entwickelt ist. *V. mes* = *mesencephale Trigemino-urzel*. Bu. 95. Kih. 651.

Seitendifferenz mehr zu erkennen; das gleiche gilt von den oralsten Abschnitten mit dem *Nucleus BECHTEREW*.

In diesem Fall hat als Folge der schweren Läsion der Endigungsstätte von FORELS *Haubenfaszikeln* (des *äußeren intermediären Ventral-kerns* des Thalamus), wie nach den übrigen Ausführungen zu erwarten, der *Deiters-Kern* in der caudalen Brücke, hauptsächlich sein *triangulärer Teil*, etwas weniger der laterale *Hauptteil*, schwere Zellausfälle mit Gewebsschrumpfung und Gliawucherung erlitten.

Von einem 5. Fall (Bu. 94) möchte ich nur zeigen, daß bei völligem Ausfall der *zentralen Haubenbahn* (= ventrales Teilbündel WEISSCHEDELS), die die Faserverbindung zwischen *Ruber* und *unterer Olive* herstellt, die *dorsolaterale Haubenbahn*, der caudale Vorläufer der *Haubenfaszikel* FORELS, erhalten ist (Abb. 14). Die letzteren sind also fasersystematisch kein Teilbündel der *zentralen Haubenbahn*.

Zur weiteren Stützung der *thalamopetalen* Leitungsrichtung von FORELS *Haubenfaszikeln* führe ich 2 Fälle von *Hemiatrophia cerebri* an:

In beiden Fällen sind in den *Ventralkernen* des Thalamus der erkrankten Hemisphäre sämtliche Nervenzellen ausgefallen; FORELS *Haubenfaszikel* sind jeweils auf der Seite der Hirnatrophie genau so gut ausgebildet wie auf der gesunden. Dieser Befund beweist, daß sie im Thalamus *enden* und nicht *entspringen*.

Damit halte ich den Beweis, daß die *Haubenfaszikel* FORELS eine sekundäre zentrale Vestibularisbahn sind, die im *intermediären Ventralkern* des Thalamus *endigt*, für geschlossen. Ich möchte sie *Fasciculus vestibulothalamicus aequilateralis* nennen.

#### 6. Über die Ursprungskerne der FORELSchen *Haubenfaszikel*.

Die nächste Frage ist: Aus welchem *Vestibulariskern* entspringen FORELS *Haubenfaszikel*? Von den 4 Vestibulariskernen ist der *Nucleus triangularis* als markarmer Höhlengraukern auf Grund des relativ starken Faserkalibers der *Haubenfaszikel* FORELS wohl auszuschließen. MUSKENS leitet seine laterale vestibulotegmentale Bahn, welche wahrscheinlich mit der *dorsolateralen Haubenbahn* und damit mit der aufgezeigten *vestibulo-thalamischen Bahn* übereinstimmt, aus dem *großzelligen Nucleus Deiters* ab; VAN DER SCHUEREN und LEIDLER geben als Ursprungsort der „Faserbündel lateral vom *hinteren Längsbündel*“ den *Nucleus angularis* BECHTEREW an. Gegen einen ausschließlichen Ursprung aus dem *Nucleus Bechterew* spricht, daß dieser Kern nach den Untersuchungen von KAPLAN und LEIDLER beim Menschen besonders gut entwickelt ist, während bekanntlich FORELS *Haubenfaszikel* beim Menschen relativ schwach ausgebildet sind.

Der 3. und 4. der angeführten Herdfälle erlauben in dieser Hinsicht eine gewisse Entscheidung. Am stärksten ist der der gleichseitigen *Area fasciculata* medial vorgelagerte Teil des *Nucleus Deiters* betroffen, den ich nach SPITZER als *triangulären* (weil schon im faserbündelfreien Gebiet liegend) bezeichne. Auch die meisten großen Nervenzellen zwischen und lateral von den Bündeln der *absteigenden Vestibulariswurzel* in der Brücke sind auf der Herdseite stark geschrumpft und teilweise ausgefallen. Einige verkleinerte Nervenzellen und eine leichte Verringerung des Nervenzellbestandes findet sich im 3. Fall noch im *gleichseitigen Nucleus angularis* BECHTEREW und im caudalen Abschnitt des *gegenseitigen Nucleus tractus spinalis vestibularis*<sup>1</sup>.

Nach diesen Befunden nehme ich als Hauptursprungsstätte der *Haubenfaszikel* FORELS den *gleichseitigen Nucleus Deiters* an, insbesondere seinen *triangulären* Teil. Einige Bündel kommen auch aus dem

<sup>1</sup> Die hauptsächlich im 4. Fall bestehenden Zellatrophien im *Nucleus triangularis vestibularis* auf der Gegenseite möchte ich zunächst noch nicht deuten. Sie lassen an eine *gekreuzte* Bahn vom *Triangularis* zu anderen Teilen der *intermediären Ventralkerne* des Thalamus denken.



*Nucleus angularis* BECHTEREW. Daneben haben, wie ich glaube, wenige Bündel einen überwiegend gekreuzten Ursprung im *Nucleus tractus spinalis vestibularis*. Für den letzteren spricht auch, daß WALLENBERG nach Zerstörung der *spinalen Trigeminiwurzel* und *Vestibulariswurzel* bzw. ihrer Bogenfasern in den FORELSchen *Haubenfaszikeln* bei Mensch und Kaninchen Degenerationen fand, und ebenso der Syringobulbiefall von MARBURG und einige Angaben LEWANDOWSKYS.

### 7. Schlußbetrachtung.

FORELS *Haubenfaszikel* sind demnach nicht, wie WALLENBERG, HATSCHKE, VAN GEHUCHTEN, v. ECONOMO und viele andere angenommen haben, eine sekundäre Trigeminiusbahn.

Den meisten Bearbeitern des Thalamus und der sekundären Bahnen des Vestibularis war der Mangel einer *vestibulo-thalamischen* Bahn aufgefallen. Da der Mensch bewußte Empfindungen vom Vestibularis hat, mußte eine Bahn zum Thalamus bestehen. Einer der besten Kenner der zentralen Vestibularisbahnen, SPITZER, hat darum 1924 in seiner zusammenfassenden Darstellung angenommen, daß die vestibuläre „Empfindungsbahn“ über das Kleinhirn und den *roten Kern* verlaufe und erst über diese Zwischenstationen den *Thalamus* erreiche. Durch Experimente von SPIEGEL ist diese Annahme aber widerlegt worden. SPIEGEL konnte nämlich an Hunden und Katzen nach umschriebener Strychninisierung der Hirnrinde epileptiforme Anfälle durch Drehung der Tiere auslösen; durch Kleinhirnexstirpationen wurde die Auslösbarkeit der Anfälle nicht beeinflusst. SPIEGEL folgert daraus, daß die labyrinthären Erregungen mittels *extracerebellarer* Bahnen zur Großhirnrinde geleitet werden.

ARONSON hat diese Befunde SPIEGELS bestätigt und konnte zusätzlich nachweisen, daß die Erregungen aus dem Labyrinth auch noch nach Zerstörung des *hinteren Längsbündels* die Hirnrinde erreichen können. (Bestätigt durch PRICE und SPIEGEL sowie durch GEREBTZOFF.) Damit fiel auch das *hintere Längsbündel*, welches nach FRASER, VAN GEHUCHTEN, CAJAL sowie WHITAKER und L. ALEXANDER unter anderem auch *vestibulo-thalamische* Fasern enthält, als entscheidende Bahn vom Labyrinth zum Großhirn fort. Als dritter *vestibulo-thalamischer* Weg wurde dann vor allem von WINKLER und später von WALLENBERG, GODLOWSKI und GEREBTZOFF die zentrale Cochlearisbahn hervorgehoben. Die vestibulären Impulse sollen auf zwei Wegen in die *laterale Schleife* gelangen, entweder durch vestibuläre Wurzelfasern, die im *ventralen Cochleariskern* enden und dann wie Cochlearisimpulse weitergeleitet werden, oder von den *Vestibulariskernen* medial am *motorischen Trigeminskern* vorbei. Mit der *lateralen Schleife* soll diese vestibuläre Leitung den *hinteren Vierhügel* und *medialen Kniehöcker*

erreichen. Ohne die Möglichkeit dieser Leitung abstreiten zu wollen, halte ich sie doch für zweitrangig.

Die entscheidende extracerebellare zentrale Leitung für Vestibulariserregungen ist vielmehr der *Fasciculus vestibulothalamicus aequilateralis*, der als *dorsolaterale Haubenbahn*<sup>1</sup> beginnt, sich oral in FORELS *Haubenfaszikeln* fortsetzt und in den *intermediären Ventral-kern* des Thalamus einmündet. Zu betonen ist dabei der fast ausschließlich *gleichseitige* Verlauf dieser vestibulo-thalamischen Bahn. Es ist bekannt, daß die durch Reizung eines Labyrinths bzw. eines Nervus vestibularis hervorgerufenen Augenbewegungen stets nach der *Gegenseite* gerichtet sind. Reizungen der Hirnrinde, sowohl der frontalen wie der occipitalen und temporalen „Augenfelder“, bewirken konjugierte Augenbewegungen ebenfalls zur *Gegenseite*. Es muß daher eine *ungekreuzte* Bahn von den *Vestibulariskernen* zur Großhirnrinde vorhanden sein, ein Postulat, welches der *Fasciculus vestibulo-thalamicus aequilateralis* für die erste Strecke bis zum Thalamus erfüllt.

#### 8. Anhang: Zur Frage der vestibulären Rindenfelder.

Zum Schluß sei mir noch eine fasersystematische Überlegung über die vestibulären Rindenfelder gestattet. Zahlreiche Autoren haben sich um diese Frage bemüht, ohne zu einem übereinstimmenden Ergebnis zu kommen.

Die *vestibulo-thalamische* Bahn endigt, wie nachgewiesen, im *intermediären Ventral-kern* (*V.im.e*) des Thalamus, einem durch architektonische Besonderheiten gekennzeichneten Kern. Er liegt oral von den Endigungskernen der *medialen Schleife* (*Nuclei ventrocaudales posterior* und *anterior* = *V.c.p* und *V.c.a*) und des *Tractus spinothalamicus* (*Nucleus ventrocaudalis parvocellularis* = *V.c.pc*) einerseits und caudal von dem des *Bindearmes* (*Nucleus ventrooralis posterior* = *V.o.p*) andererseits (s. HASSLER, im Druck).

Diese fünf *Ventralkerne* projizieren zur Hirnrinde. Welches sind ihre Projektionsfelder? Dasjenige der *medialen Schleife*, d. h. der *caudalen Ventralkerne*, liegt in der *hinteren Centralwindung* in den BRODMANN-VOGTSchen Feldern 1 (*Area postcentralis eumakropyramidalis*) und 2 (*Area postcentralis latomakropyramidalis*), dasjenige des *Tractus spinothalamicus* wahrscheinlich in 3b (*Area postcentralis supragranularis*); denn es wird, weil es ähnlich körnerreich ist, wie das primäre Seh- und Hörfeld, allgemein als das primäre Feld der primitiven Oberflächenensibilität angesehen. — Das Projektionsfeld des *Bindearmes* ist nach weitgehender Übereinstimmung der experimentellen und klinisch-anatomischen Befunde die *vordere Centralwindung*, mit der *Area gigantopyramidalis* (4 von BRODMANN-VOGT) (Abb. 15). Zwischen der *Area gigantopyramidalis* und der *postcentralis supragranularis* (3b) liegt in der Tiefe der Centralfurche die eigenartig gebaute *Area postcentralis tenuigranularis* (3a). Sie besitzt, wie die *Area gigantopyramidalis*, wenn auch in verminderter Zahl, Riesenpyramidenzellen in der V. Schicht, zeichnet sich jedoch durch Verschmälerung der Rinde und das Auftreten

<sup>1</sup> WEISSCHEDEL hat die *dorsolaterale Haubenbahn* als dorsales Teilbündel in das von ihm für einheitlich erklärte System der *zentralen Haubenbahn* einbezogen. Statt dessen halte ich es für zweckmäßiger, die Bezeichnung *zentrale Haubenbahn* auf die Verbindung zwischen *Ruber* und *unterer Olive*, WEISSCHEDELS ventrales Teilbündel, wie bisher zu beschränken.

einer klaren IV. Schicht vor dem motorischen Primärfeld (4) aus; an der Grenze zur Area 3b verschwinden die Riesenpyramiden der V. Schicht völlig, die IV. Schicht erfährt sprunghaft eine Verbreiterung, und in allen Schichten nimmt der Körnerreichtum stark zu.

Eine ziemlich allgemein gültige Regel ist es, daß im Gehirn Überkreuzungen benachbarter Fasersysteme nicht vorkommen. Für die Projektionsfaserung der *ventralen Thalamuskern* haben dies im besonderen POLYAK und WALKER nachgewiesen. Beide kommen zu dem Schluß, daß diese Strahlung als Serie von Fächern senkrecht zur Längsachse des Gehirns angeordnet ist. Auch für die rückläufigen Leitungsbahnen von der Rinde zum Thalamus fanden POLYAK, METTLER und DROOGLEEVER-FORTUYN eine saubere Anordnung der Fasersysteme von vorn

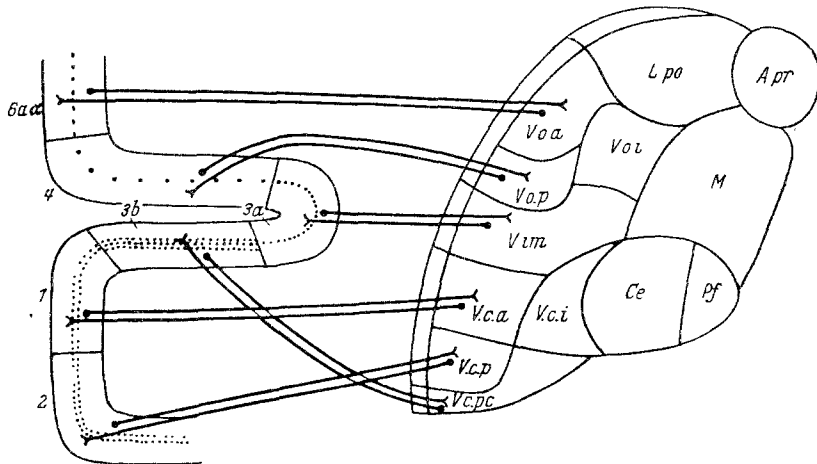


Abb. 15. Schema der Faserverbindungen zwischen einigen *Ventral-kernen* des Thalamus und den *Feldern der Centralregion*. Der ventrale Thalamus ist als Horizontalschnitt dargestellt, wobei der basal von *V.c.a* und *V.c.p* gelegene *V.c.pc* caudal von diesen beiden Kernen eingezeichnet wurde. Daher die nur darstellungstechnisch bedingte tatsächlich nicht vorhandene Kreuzung der Bahnen. Voreinander liegen die Endigungsstätten des *Tractus spinothalamicus* (*V.c.pc*), die beiden Endkerne der *medialen Schleife* (*V.c.p* und *V.c.a*), dann der des *Fasciculus vestibulo-thalamicus aequilobialis* (*V.im*), der des *Bindearmanteils* aus dem *kleinzelligen Dentatum* (*V.o.p*) und letztlich derjenige der durch *H<sub>2</sub>* und *H<sub>1</sub>* verlaufenden pallidären Bahn (*V.o.a*). Diese Kerne sind mit ihren zum Teil erwiesenen, zum Teil vermuteten Projektionsfeldern (Felderung nach BRODMANN-VOGT) durch doppellaufige Bahnen verbunden. *A.pr* = *Nucleus anterior principalis*; *Ce* = *Centralkern* des Thalamus; *L.po* = *lateropolarer Oberkern*; *M* = *mediales Kerngebiet*; *Pf* = *Parafascicularis*.

nach hinten: Je weiter oral ein Rindenfeld gelegen ist, desto weiter oral endigen auch seine Projektionsfasern im *ventralen Thalamusgebiet*<sup>1</sup>.

Demnach müßte sich also die Anordnung der *ventralen Thalamuskern* von caudal nach oral in ihren Projektionsfeldern wiederholen. Das führt zu der Folgerung, daß die zwischen *Area gigantopyramidalis* (4) und *postcentralis supragranularis* (3b) gelegene *Area postcentralis tenuigranularis* (3a) das Projektionsfeld

<sup>1</sup> In der schematischen Abb. 15 ist die Überschneidung der Bahnen zwischen *Area 3b* und *V.c.pc* mit den Bahnen zwischen den *Schleifenkernen* (*V.c.a* und *V.c.p*) und den *Areae 1* und *2* nur zeichentechnisch bedingt, da der ventral von *V.c.p* und *V.c.a* gelegene *V.c.pc* im Schema caudal von diesen beiden angebracht wurde. Es liegt hier also keine Ausnahme der angeführten Nichtüberschneidungsregel vor.

des zwischen *oralem* (Bindearm-Endigung) und *caudalem* (Schleifen- und *Spinothalamicus*-Endigung) *Ventralkern* gelegenen *intermediären Ventralkerns* (Endigung der *direkten vestibulo-thalamischen Bahn*) ist. Mit anderen Worten, man müßte daraus den Schluß ziehen, daß die *Area postcentralis tenuigranularis* (3a) ein corticales Projektionsfeld des Vestibularis ist.

Was ist über die Funktion bzw. über Reiz- und Ausfallserscheinungen dieses Feldes bekannt? Praktisch nichts. Wegen seiner Lage tief in der Centrifurche ist es experimentell schwer anzugehen und wohl bei Hirnoperationen am Menschen nie isoliert gereizt worden. C. und O. VOGT stellten zwar bei Affenexperimenten eine deutliche Abnahme der elektrischen Erregbarkeit an der Grenze von *Area 4* gegen 3a, soweit diese an der Oberfläche liegt, fest; außerdem eine stärkere Erregbarkeit des in der Centrifurche gelegenen Teiles der *hinteren Centralwindung* (hauptsächlich also 3a und 3b) gegenüber ihrer Kuppe. Sie halten aber bezüglich der reizphysiologischen Differenzierung der vier Felder der *hinteren Centralwindung* weitere Experimente für erforderlich.

Meist hielt man die *Area 3a* wohl für ein unbedeutendes Übergangsfeld zwischen dem motorischen und sensiblen Primärfeld oder unterstellte ihm eine gleiche Funktion wie der *Area 3b*, wobei man die auffällige Tatsache nicht beachtete, daß die *Area 3a* und die gleich zu besprechende *Area 5a* die einzigen Rindenfelder sind, die Riesenpyramidenzellen enthalten, wie das motorische Primärfeld. KLEIST zeichnet in seinen Lokalisationskarten für *Area 3a* Schmerz-, für 3b Temperaturempfindung ein, begründet zwar allgemein, daß er diese Sensibilitätsqualitäten in die vordersten sensiblen Felder und voneinander getrennt lokalisiert, aber nicht speziell, warum er dem *Feld 3a* die Schmerzwahrnehmung zuschreibt.

Es gibt aber ein strukturell mit der *Area 3a* nahe verwandtes Rindenfeld, welches Reizversuchen leichter zugänglich ist, die *Area praeparietalis* (5a). Die strukturelle Übereinstimmung mit *Area 3a* geht so weit, daß v. ECONOMO und KOSKINAS diese beiden durch eine Substanzbrücke im *Paracentralläppchen* auch räumlich zusammenhängenden *Felder* zu einem *Feld* (ihrem *P.A.*) zusammenfassen. Die Haupteigentümlichkeiten der *Area 3a* kehren in der *Area 5a* wieder, darin herrscht Einmütigkeit bei allen cytoarchitektonischen<sup>1</sup> Untersuchern dieses Gebietes. Auch in der *Area 5a* kommen in der V. Schicht Riesenpyramidenzellen vor und gleichzeitig besitzt sie eine schmale, aber deutliche IV. Schicht.

Da aus der engen Verwandtschaft im Bau auf eine ebensolche in Bezug auf Fasersystematik und Funktion geschlossen werden kann, will ich kurz die reizphysiologischen Tatsachen über die *Area 5a* erwähnen. Nach C. und O. VOGT ist die *Area 5a* ein schwer und nur indirekt erregbares, gleich oder fast sofort mit *gemeinsamen* Bewegungen von Bein und Arm reagierendes *Feld*. FOERSTER erhielt bei Rindenreizungen am Menschen von der *Area 5a* Sensationen in der ganzen gegenseitigen Körperhälfte, die bei anhaltender Reizung bald auch auf die gleiche Körperhälfte übergriffen; Art der Sensationen: Außer Kribbeln und eingeschlafenem Gefühl, hauptsächlich Gefühl des Brennens und Wallens, sowie Leibschmerz, Übelkeitsgefühl und Beklemmung in der Brust. Gelegentlich hat er dabei auch Schwindel und Drehempfindung nach der Gegenseite beobachtet. Die motorischen Entladungen ließen keine fokale Gliederung erkennen, sondern betrafen sofort die ganze gegenüberliegende Körperseite und griffen, was charakteristisch zu sein scheint, sehr schnell auf die gleiche Seite über. PENFIELD erzielte bei einem Epileptiker durch Reizung der unmittelbaren Umgebung der *Area 5a* Schwindelgefühl, Drehgefühl und das Gefühl, aus dem Bett herauszufallen.

<sup>1</sup> R. A. PFEIFER widerspricht der Zusammengehörigkeit auf Grund der starken angioarchitektonischen Unterschiede der beiden Felder.

Einen wertvollen kasuistischen Beitrag zur funktionellen Bedeutung der *Area 5a* veröffentlichte jüngst K. v. SÁNTHA: Infolge eines Herdes in diesem Felde kam es außer zu kontralateralen Jackson-Anfällen zu eigenartigen Drehanfällen nach der gleichen Seite, die von einem Hitzegefühl begleitet waren, aber ohne Schwindelgefühl und Bewußtseinstörung einhergingen.

H. HOFF und KAMIN haben bei Vereisung bzw. Erwärmung einer Knochenrücke, die von der Interparietalfurche zum *Gyrus parietalis superior* reichte, Drehungen des Sehraumes und Verschleierung der Sehdinge beobachtet. RÖTTGEN berichtet über das Auftreten eines heftigen Drehschwindelgefühls nach der Herdseite während typischer Retrozentralfeldanfälle bei einem arterio-venösen Aneurysma parasagittalen Sitzes im Scheitelhirn. — Demnach sind vestibuläre Symptome häufige Reizerscheinungen der *Area 5a* bzw. ihrer Umgebung.

Wahrscheinlich gibt es aber noch andere vestibuläre Rindenfelder: FOERSTER hält das myeloarchitektonische Feld 87 von O. VOGT in der Oberlippe der Fissura interparietalis mit seinen architektonischen Besonderheiten (unter anderem Körnerreichtum) und seiner frühen Markreifung [= FLECHSIGs Gyrus supraangularis bzw. (1920) myelogenetisches Feld 17] für die corticale Einmündungsstätte der vestibulären Bahnen, da er von dieser Stelle aus am häufigsten Drehschwindel als Reizsymptom und als Auraerscheinung von fokalen epileptischen Anfällen beobachtete. Ein Rindenfeld, dessen Reizung Schwindelgefühl erzeugt, braucht aber nicht mit dem primären vestibulären Empfindungsfeld identisch zu sein, da ja auch durch optische, akustische und sogar taktile Reize Schwindel ausgelöst werden kann.

Andere Forscher, unter anderem SPIEGEL, PENFIELD, GEREBTZOFF und HASAMA verlegen ein vestibuläres Rindenfeld in den hinteren Temporallappen. Ferner muß wenigstens eine indirekte (wahrscheinlich über Kleinhirn, Bindearm und Thalamus gehende) Übermittlung vestibulärer Impulse zu den extrapyramidalen Feldern des Stirnhirns angenommen werden.

Ich möchte also die heuristische Hypothese aufstellen, daß die *Area postcentralis tenuigranularis (3a)* das Projektionsfeld des *intermediären Ventrialkerns* des Thalamus und damit eines vestibulären Thalamuskernes ist.

### Zusammenfassung.

1. FORELS *Haubenfaszikel* sind die Endstrecke einer sekundären zentralen Vestibularisbahn, des *Fasciculus vestibulothalamicus aequilateralis*. Sie entspringen aus dem gleichseitigen *Vestibulariskerngebiet* vorwiegend aus dem *triangulären Teil* des *Nucleus Deiters* und auch aus dessen lateralem Hauptteil, zu geringen Teilen wohl auch aus dem gleichseitigen *Nucleus angularis* BECHTEREW und dem caudalen Pol des gegenseitigen *Nucleus tractus spinalis vestibularis*. Bis zur Durchflechtung mit dem *Bindearm* ist diese Bahn im *dorsolateralen Haubenbündel* enthalten, danach bildet sie die dorsalen und lateralen Bündel der *zentralen Haubenbahn*, von der sie sich im vorderen Mittelhirn als FORELS *Haubenfaszikel* ablöst. Ihre Endigungsstätte im Thalamus ist der *intermediäre Ventrialkern (V. im. e)*.

2. Auch beim Menschen sind zwei aus dem *Vestibulariskerngebiet* entspringende absteigende Bahnen nachweisbar: Der *Tractus vestibulospinalis* und die *Fasciculi paradorsales*.

3. Die einzige in ihrem Verlauf sicher bekannte sekundäre Trigeminiusbahn ist das SPITZERSche *ventrale Haubenbündel* (= *Trigeminusschleife* von LEWANDOWSKY).

4. Es wird die heuristische Hypothese erörtert, daß die *Area postcentralis tenuigranularis* (3a) ein vestibuläres Rindenfeld ist.

### Literatur.

- ARONSON, L.: J. nerv. Dis. (Am.) 78, 250 (1933). — CAJAL, S. RAMONY: Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Paris 1909—1911. — CLARK, W. E. LE GROS: J. Anat. (Brit.) 71, 7 (1937). — DROOGLEVER-FORTUYN, J.: Experimenteel-anatomisch onderzoek over de verbindingen van de hersenchors naar den thalamus opticus van het konijn. Assen Holland 1938. Zit. nach WALKER. ECONOMO, C. v.: Jb. Psychiatr. (Ö.) 32, 107 (1911). — ECONOMO, C. v. u. J. P. KARPLUS: Arch. Psychiatr. (D.) 46, 275 (1909). — ECONOMO, C. v. u. G. KOSKINAS: Die Cytoarchitektonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen. Wien u. Berlin 1925. — FISCHER, M. H. u. A. E. KORNMÜLLER: Der Schwindel. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie von BETHE und BERGMANN, Bd. 15 I, S. 442. 1930. — FLECHSIG, P.: Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarkes auf myelogenetischer Grundlage. Leipzig 1920. — FOERSTER, O.: Motorische Felder und Bahnen. Handbuch der Neurologie, Bd. VI, S. 1. 1936. — Sensible corticale Felder. Handbuch der Neurologie, Bd. VI, S. 358. 1936. — FOREL, A.: Arch. Psychiatr. (D.) 7, 45 (1877). — FRASER: J. Physiol. (Brit.) 27, 372 (1902). — FRIEDEMANN, M.: J. Psychol. u. Neur. 18, 309 (1912). — GEHUCHTEN, A. VAN: Névrose 3, 237 (1901); 4, 253 (1903). — Anatomie du système nerveux de l'homme. Louvain 1906. — GEHUCHTEN, P. VAN: Rev. Oto-Neuro-Ophthalm. 15, 321 (1937). — GEREBTZOFF, M. A.: J. belge Neur. 40, 417 (1940). — GODLOWSKI, W.: Connexions anatomiques et importance physiologique du noyau ventrale du N. VIII. Warschau 1934. — Les centres sous-corticaux du regard. Krakau 1936. Zit. nach SPIEGEL. — HASAMA, BUN-ICHI: Z. Neur. 169, 607 (1940). — HATSCHKE, R.: Arb. neur. Inst. Wien. Univ. 9, 279 (1902). — HELD, H.: Beitr. Anat. usw. Ohr. usw. 19, 305 (1923). — HÖSEL, O.: Arch. Psychiatr. (D.) 24, 452 (1892); 25, 1 (1893). — Mschr. Psychiatr. 7, 265 (1900). — HOFF, H. u. M. KAMIN: Z. Neur. 125, 693 (1930). — KAPLAN, M.: Arb. neur. Inst. Wien. Univ. 20, 375 (1913). — KLEIST, K.: Gehirnpathologie. Leipzig 1934. — KOHNSTAMM, O.: J. Psychol. u. Neur. 17, 33 (1911). — KOHNSTAMM, O. u. F. QUENSEL: J. Psychol. u. Neur. 16, 81 (1910). — LEIDLER, R.: Mschr. Ohrenhk. 48, 321 (1914). Ref. Neur. Zbl. 16. — Arb. neur. Inst. Wien. Univ. 21, 157 (1916). — LEWANDOWSKY, M.: Neurobiol. Arb., II. s. 1904. — LORENTE DE NÒ, R.: Erg. Physiol. 32, 75 (1931). — MARBURG, O.: Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des N. cochlearis und vestibularis und Kleinhirns sowie der zugehörigen Abschnitte des zentralen Nervensystems. Handbuch der Neurologie Ohr, Bd. I, S. 175. 1924. — Mikroskopisch-topographischer Atlas des menschlichen Zentralnervensystems. Leipzig u. Wien 1927. — METTLER, F. A.: J. comp. Neur. (Am.) 61, 509 (1935); 62, 263 (1935). — MUSKENS, L. J.: Brain 36, 352 (1914); 45, 454 (1922). — PAPEZ, J. W. and W. RUNDLES: J. nerv. Dis. (Am.) 85 (1937). — PENFIELD, WILDER: Canad. med. Assoc. J. 33 (1935). — Arch. Neur. (Am.) 40, 433 (1938). —

POLLAK, E.: Anatomie der Medulla oblongata und der Brücke. Handbuch der Neurologie, Bd. I, S. 320. 1936. — POLYAK, ST.: The main afferent fiber systems of the cerebral cortex in primates. Berkeley 1932. — PRICE, J. B. and E. A. SPIEGEL: Vestibulo-cerebral pathways. A contribution to the central mechanism of vertigo. Arch. Otolaryng. (Am.) **26**, 658 (1937). — PROBST, M.: Arch. Psychiatr. (D.) **33**, 1, 721 (1900); **35**, 692 (1902). — Arch. Anat. u. Entw.gesch., Suppl. **1902**, 147. — Jb. Psychiatr. (Ö.) **23**, 18 (1903). — RÖTTGEN, P.: Dtsch. Z. Nervenhk. **156**, 1 (1944). ROSE, M.: Anatomie des Großhirns. Handbuch der Neurologie, Bd. I, S. 541. 1935. — SÁNTA, K v.: Arch. Psychiatr. (D.) **116**, 601 (1943). — SCHUEREN, VAN DER: Névraxe **13**, 183 (1912). — Sjöqvist, O.: Studies on pain conduction in the trigeminal nerve. Helsingfors 1938. — SMYTH, G. E.: Brain **62**, 41 (1939). — SPIEGEL, E. A.: Z. Neur. **138**, 178 (1932). — Arch. Neur. (Am.) **31** (1934). — Confin. Neur. **1**, 59 (1938). — SPITZER, A.: Jb. Psychiatr. (Ö) **18**, 1 (1899). — Arb. neur. Inst. Wien. Univ. **25**, 423 (1924). — SPITZER, A. u. J. P. KARPLUS: Arb. neur. Inst. Wien. Univ. **16**, 348 (1907). — STOPFORD, J. S. B.: J. Anat. (Brit.) **59**, 120 (1925). — SZENTÁGOTHAJ, J.: Arch. Psychiatr. (D.) **116**, 721 (1943). — VOGT, C.: J. Psychol. u. Neur., Erg.-Bd. **12**, 285 (1909). — VOGT, C. u. O.: Neurol. Arb. **1**, 1 (1902). — J. Psychol. u. Neur. **25**, Erg.-H. **1** (1919). **50**, 32 (1941). — VOGT, MARTHE: J. Psychol. u. Neur. **35**, 177 (1928). — WALKER, A. E.: The Primate Thalamus. Chicago 1938. — J. comp. Neur. (Am.) **71**, 59 (1939). — WALLENBERG, A.: Anat. Anz. **12**, 95, 474 (1896); **18**, 81 (1900); **26**, 145 (1905). — Arch. Psychiatr. (D.) **34**, 923 (1901). — WEISSCHEDEL, E.: Arch. Psychiatr. (D.) **107**, 443 (1937). — WHITAKER, J. G. u. L. ALEXANDER: J. Psychol. u. Neur. **44**, 253 (1932). — WINKLER, C.: Opera omnia, Bd. 7, S. 1. Haarlem 1921. — ZIEHEN, TH.: Anatomie des Zentralnervensystems. Handbuch der Anatomie des Menschen, Bd. IV, II. Abt., Teil 1—4. Jena 1899—1932.

---