

Aus der hirnbiologischen Sammlung der medizinischen Fakultät der Universität Zürich (Prof. Dr. W. R. HESS) und dem neuropathologischen Laboratorium (Prof. Dr. R. HASSLER) an der Universitäts-Nervenklinik Freiburg i. Br.
(Prof. Dr. H. RUFFIN)

Die zentralen Apparate der Wendebewegungen

I. Ipsiversive Wendungen durch Reizung
einer direkten vestibulo-thalamischen Bahn im Hirnstamm der Katze

Von
ROLF HASSLER

Mit 9 Textabbildungen

(Eingegangen am 21. Mai 1955)

Einleitung

Die ereismatische oder Stütz-Motorik (HESS, 1943) hat im Rahmen der Gesamtmotorik eine doppelte Aufgabe: 1. gibt sie den motorischen Unterbau oder das kräftemäßige Gerüst für die allein intendierten Zielbewegungen ab, 2. stellt sie die Ausgangshaltung oder *Position* (HESS) her, die jedes bewegungsfähige Lebewesen in wachem Zustand automatisch einnimmt. Diese Position kommt durch ein Gleichgewicht von Muskelkräften zustande; sie ist also dynamisch aufzufassen. So wie der gespannte Bogen die Vorbedingung für einen schnellen und zielsicheren Pfeilschuß ist, gewährt diese Position dem Tier optimale Verhältnisse für das Einsetzen gezielter Aktionen, aber auch für die Aufnahme von Sinnesreizen. Eine mäßige Grundinnervation schafft bessere Voraussetzungen für das Einsetzen kräftiger koordinierter Muskelinnervationen als ein erschlaffter Zustand. Bei einer Zielbewegung aus der räumlich definierten Position braucht nur ein schon bestehendes Innervationsmuster koordiniert verändert zu werden.

Die Position ist gegen erzwungene Abweichungen, die die Geschwindigkeit und Genauigkeit von gezielten Aktionen vermindern würden, durch *Korrekturbewegungen* vielfach reflektorisch oder automatisch gesichert. Die richtungsbezogenen Bewegungseffekte (Heben, Senken, Raddrehen und Wenden), die W. R. HESS im Mittel- und Zwischenhirn der Katze durch elektrische Reize hervorgerufen hat, sind größtenteils solche Korrekturbewegungen zur Aufrechterhaltung der Position, wenn es sich nicht um Einstellbewegungen auf exteroceptive Reize handelt. Hervorgerufen werden sie durch künstliche Reizungen vestibulärer und propriozeptiver Systeme. Die Bewegungreaktionen auf diese Reize entsprechen der Größe und Richtung der experimentell gesetzten Veränderungen des

afferenten Erregungsstromes. — *Wendebewegungen* sind die häufigsten durch Reizung oder Ausschaltung hervorgerufenen richtungsbestimmten Bewegungseffekte, die als Manegebewegungen in der experimentellen Literatur vor 50 Jahren eine große Rolle spielten. Wendungen werden nicht so prompt korrigiert wie die Hebungen, Senkungen und Raddrehungen, weil sie das Gleichgewicht weniger beeinträchtigen. Im Gegensatz zu den Raddrehungen, die physiologisch einheitlich sind und von einem zwar gegliederten, aber doch einheitlichen neuronalen Apparat (HASSLER u. HESS) ausgehen, gibt es mindestens 2 Arten von Wendungen, solche nach der gleichen Seite (*ipsiversiv*) und solche nach der Gegenseite (*kontraversiv*, HESS).

Aufgabe dieser Arbeit ist es, das morphologische *Substrat* für das *Wenden* nach der gereizten Seite (*ipsiversiv*) zu klären und seine physiologische Bedeutung aufzudecken.

Methodik

Die Untersuchungen wurden an der HESSschen Sammlung der Protokolle, Filme und Hirnschnittserien über Reiz- und Ausschaltungsexperimente subcorticaler Hirnabschnitte ausgeführt. Die Technik dieser Experimente ist in Monographien (1932; 1949, 2. Aufl. 1954) von W. R. HESS dargestellt.

Kurz zusammengefaßt handelt es sich um die Abtastung des Zwischen- und Mittelhirns der wachen, frei beweglichen Katze mit Zwillings-Reizelektroden von 0,25 mm Durchmesser (einschließlich der Isolierung) und einer blanken Spitze von 1,0 oder 2,0 mm Länge. In jede Hemisphäre wurden 3 Zwillingselektroden hintereinander im Abstand von $1\frac{1}{2}$ mm eingeführt (A, B und C) und in 2 verschiedenen Höhen gereizt, meist im Abstand von 2 mm (Ober- und Unterstufe). Die Reizung erfolgt durch *pulsierenden Gleichstrom monopolar* mit einer Frequenz von 8/sec und gedämpftem Stromanstieg. Die Reizfrequenz kann von 2—12 in der Sekunde variiert werden.

Diese niederen Reizfrequenzen erlauben Aussagen, ob der Reiz *intermittierend* oder *summierend* beantwortet wird, was Hinweise auf die ab- oder aufsteigende Leitungsrichtung der gereizten Fasern bzw. die Zahl der bis zum Erfolgsorgan durchlaufenden Synapsen gibt. Lokalisatorisch optimale Reizeffekte ergeben sich bei Spannungen von 0,4—1,5 Volt; mitverwertet werden auch Reizspannungen von 2—3 Volt. Dabei ist aber der Wirkungskreis durch Stromschleifen vergrößert. — Die Reizeffekte wurden protokolliert und zu einem großen Teil auch gefilmt.

In vielen Fällen ist das Reizexperiment mit einem *Ausschaltungsexperiment* kombiniert, indem eine Reizstelle durch einen Diathermiestrom koaguliert wird (WEISSCHEDEL u. JUNG, 1938). Anschließende Testreize lassen erkennen, ob die Reizsubstrate ausgeschaltet sind. Die Funktionsausfälle infolge der Koagulation wurden bis zum Tode des Tieres beobachtet (Stimulation-Elimination-Degenerations-Methode: W. R. HESS, 1943).

Bei den meisten neueren Reiz- und Ausschaltungsexperimenten der HESSschen Sammlung sind die Gehirne in *Marchifärbung* serienmäßig verarbeitet worden, so daß die absteigende (cellulifugale) Degeneration der unterbrochenen Faserbündel genau verfolgt werden kann. Wenn durch einen Koagulationsherd im Mittel- und Zwischenhirnbereich mehrere Faserbündel unterbrochen sind, muß eine „Eingrenzung“ des aktivierten Substrates erfolgen. Besonders geeignet dazu sind Fälle, in denen von einer Nachbarreizstelle kein ähnlicher Reizeffekt zustande kam. Die

Entscheidung über das Substrat eines Reizeffektes erfordert aber stets *mehrere* Reiz- und Koagulationsexperimente, da infolge der komplizierten topographischen Verhältnisse im Mittel- und Zwischenhirn Substrate sehr verschiedener Funktion eng benachbart oder miteinander verschlungen sind. — Ein bestimmtes Substrat muß von allen Teilstrecken seines Verlaufes den gleichen Effekt bei Reizung ergeben. Mit Hilfe der *Atlanten*¹ sämtlicher Reizpunkte der HESSschen Sammlung kann man alle Reizpunkte, die verschiedene Strecken des Faserbündels erreicht haben, heraussuchen und an Hand der Filme und Protokolle prüfen, ob sie den gleichen Reizerfolg gehabt haben. Dann erst ist die physiologisch-morphologische Korrelation sichergestellt.

Methodisch ergibt sich eine Erleichterung dadurch, daß auch Marchidegenerationen von Reizstellen ausgehen, die nicht koaguliert wurden. Ihre Zahl und Dichte ist viel geringer als nach Koagulation, aber doch oft ausreichend, um bestimmte Faserverläufe zu verfolgen. Die Tatsache, daß dabei viel weniger Degenerationen benachbarter Faserbündel durch Nebenverletzungen eintreten, macht die Entscheidung über das verantwortliche Substrat oft wesentlich leichter.

Die *Auswertung* des großen Materials von im ganzen annähernd 5000 Reizstellen, die regelmäßig mehrfach mit verschiedenen Spannungsstufen gereizt wurden, ist in der HESSschen Sammlung noch dadurch erleichtert, daß ein *Symptomenkatalog* angelegt ist, in welchem die Reizeffekte sämtlicher Elektroden nach ihrer Wirkung zusammengestellt sind.

Für die gegenwärtige Untersuchung wurden keine neuen Experimente angestellt. Es war vielmehr die Hauptaufgabe, den physiologischen Tatbeständen, die an Hand der Filme und Protokolle festgestellt wurden, anatomische Befunde an Hand der Schnittserien gegenüberzustellen, um das gereizte Substrat einzuschränken.

Ergebnisse: Beschreibung einiger Elitefälle

Die große Anzahl der Reizstellen mit ipsiversivem Wenden, die in der HESSschen Sammlung vorhanden sind, macht eine Einteilung zunächst nach grob topographischen Gesichtspunkten für die Beschreibung erforderlich. Aus jedem Hirnteil, der mit Reizelektroden abgetastet wurde, werden einige Musterbeispiele wiedergegeben. Ipsiversive Wendeffekte wurden im Laufe der HESSschen Experimentalserien beobachtet von Reizstellen in der Brücke, im Mittelhirn und im Thalamus.

a) Beispiele für ipsiversives Wenden aus dem Mittelhirn

1. Nr. 340. Sobald die *Reizstelle Aru*² mit 1,5 Volt gereizt wird, neigt und wendet die liegende Katze den Kopf nach der Reizseite (Abb. 1 a), zunächst in Schüben intermittierend, d. h. den Rhythmus der Reizimpulse reproduzierend. Dann aber wird der Kopf dicht über dem Boden gleichmäßig und *fließend* in der gleichen Richtung gewendet. Ohne sich zu

¹ Alle Reizstellen sind in eine Standardserie transponiert worden; siehe W. R. HESS Methodik 1932.

² Von den einzelnen Experimenten wird im folgenden nur die Nummer angegeben. Die Elektroden werden nach folgendem Schema bezeichnet: Die 3 Zwillingselektroden in einer Hemisphäre werden von oral nach caudal *A*, *B* und *C* genannt. In der Abkürzung schließt sich daran die Bezeichnung der Hemisphäre (*r* bzw *l*) und zuletzt die Angabe an, ob in der Oberstufe (*o*) oder Unterstufe (*u*) gereizt wurde. *Aru* bedeutet also die vordere der 3 Elektroden in der rechten Hemisphäre, gereizt in der Unterstufe.

erheben, wendet die Katze auch den Vorderkörper mit 2 Schritten nach der Reizseite, wobei der gleichseitige Vorderlauf auf dem Boden liegen bleibt (Abb. 1a/b). Die gegenseitige Vorderextremität wird vorgestreckt aufgestützt und bleibt etwas zurück. Die Wendung des Vorderkörpers beträgt etwa 120° , die des Kopfes 240° gegenüber der Ausgangsstellung. Der Hinterkörper bleibt in der Primärstellung. Bei der ganzen Bewegung geht die rechte *Kopfseite mit dem Ohr voran*, die Augen eilen nicht in der Bewegungsrichtung voraus.

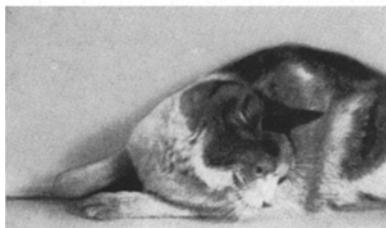


Abb. 1a. *Ipsiversive Wendung* des Kopfes kurz nach Beginn der Reizung der in FOREL'S Haubenfaszikeln steckenden Elektrode Aro mit 1,5 Volt (Slg. HESS Nr. 340)

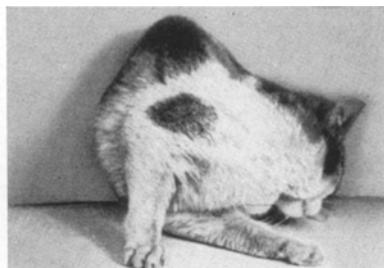


Abb. 1b. Wendung auch des *Vorderkörpers* nach der Reizseite bei Fortführung der gleichen Reizung einige Sekunden später (Slg. HESS Nr. 340)

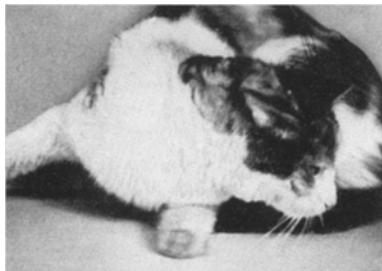


Abb. 1c. *Ipsiversive Wendung* von Kopf und Vorderkörper mit Übergang in *Manegebewegung* infolge Reizung der Elektrode Aro in FOREL'S Haubenfaszikeln 2 mm oberhalb der vorigen (Slg. HESS Nr. 340)

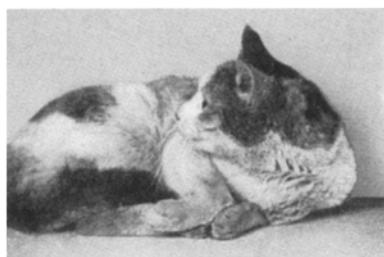


Abb. 1d. *Kontraversive Blick- und Kopfwendung* unter Beibehaltung der liegenden Stellung bei der gleichen Katze durch Reizung der im *Tectum opticum* gelegenen Elektrode Clo mit 1,5 Volt (Slg. HESS Nr. 340)

Die Reizung dieser Elektrode an einem Punkt 2 mm höher (*Aro*) ergibt bei gleicher Spannung einen dem gerade beschriebenen sehr ähnlichen Wendeeffekt nach der Reizseite: sofort mit Reizbeginn leichte Neigung und fließende Verschiebung und Wendung des Kopfes nach der Reizseite, wobei das Ohr vorangeht. Bei fortlaufendem Reiz wendet die Katze den Vorderkörper und führt eine *Manegebewegung* nach der Reizseite aus, immer unter Vorangehen der gleichen Hals- bzw. Gesichtsseite mit dem Ohr. Wendung und Manege sind fließend, d. h. sie lassen die Reizfrequenz im Gegensatz zu dem gleichzeitig ablaufendem Lidzwinkern nicht erkennen (Abb. 1c).

Dieser ipsiversive Wendeeffekt war von der Oberstufe bereits mit 1 Volt zu erzielen und bei gleicher Reizspannung etwas stärker als von der Unterstufe. Wenn der Kopf festgehalten wurde, suchte die Katze die Wendung mit Gewalt durchzusetzen.

Im gleichen Experiment rief die Reizung einer im *Tectum opticum* liegenden Elektrode (Clo) auch eine *Wendung* aber *zur Gegenseite* hervor, wie sie von HESS, BÜRGI u. BUCHER bereits beschrieben wurde. Sie hat einen ganz anderen Charakter: Bald nach Reizbeginn öffnet die liegende Katze zunächst nur die Augen, dann hebt sie ganz langsam den Blick, bleibt aber in der Seitenlage liegen. Erst nach etwa 5 sec erhebt sie den Kopf, wendet ihn und blickt nach rechts und aufwärts, ohne die

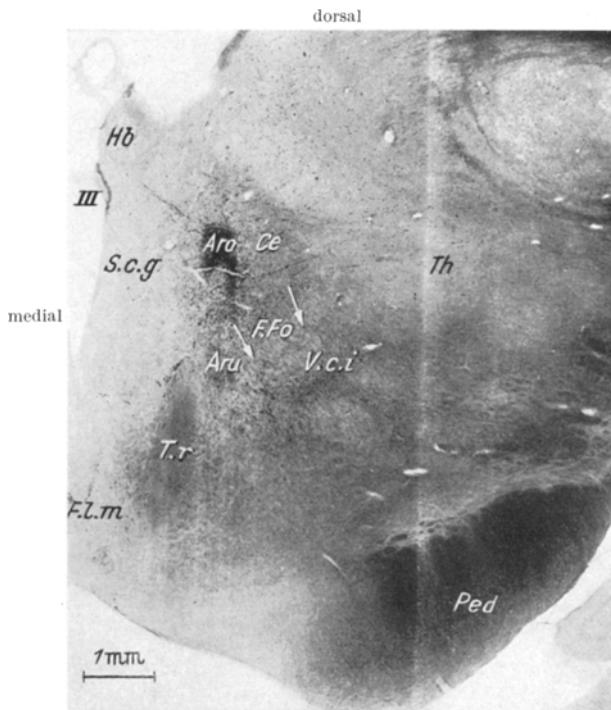


Abb. 2. Frontalschnitt durch das rechte Praetectum von Nr. 340 mit den Elektrodenspuren von Aro und Aru dicht neben dem Höhlengrau des hintersten Abschnittes des III. Ventrikels. Die untere Reizstelle Aru liegt an der Stelle, wo FOREL's *Haubenfaszikel* (F. Fo) vom Höhlengraurand nach lateral und etwas nach ventral zum Thalamus abbiegen. Einige ihrer Fasern haben Marchidegenerations-schollen, die so verlaufen (Pfeile). Auch von der oberen Reizstelle Aro gehen Bündel von FOREL's *Haubenfaszikeln* nach lateral und ventral aus, von denen einige Fasern degeneriert sind. Ce centre médian des Thalamus, F. l. m. rostrale Kreuzung des hinteren Längsbündels, T. r. Tractus retroflexus, Hb Ganglion habenulae, Ped Pedunculus cerebri, S. c. g Höhlengrau, Th Thalamus, V. c. i Nucleus ventrocaudalis internus thalami (Nucleus arcuatus), III caudales Ende des 3. Ventrikels. — Verg. 9,5 : 1 (Slg. HESS 340 r/453)

Haltung des Körpers und der Vorderextremitäten zu verändern (Abb. 1d). Nach Reizschluß bleiben Augen und Kopf in der erreichten Stellung mindestens $1\frac{1}{2}$ sec „hängen“.

Lage der Reizstellen und Degenerationen. Die Reizstellen für die beschriebenen ipsiversiven Wendungen liegen im Prätectum an der Grenze von Mittel- und Zwischenhirn (Abb. 2). Man sieht in der Frontalebene des Vorderrandes der Commissura posterior zwei Herde übereinander im Abstand von 2 mm. Jeder von ihnen hat einen Durchmesser von 0,6 mm. Die Spuren der beiden feinen Einzelnadeln der Zwillings-elektrode sind zu erkennen. Der untere Herd Aru sitzt unmittelbar neben dem

Höhlengrau des III. Ventrikels über dem Tractus retroflexus (MEYNERT), an der Stelle, wo FOREL's Haubenfaszikel etwas nach dorsal ziehen. Die dorsale Elektrode (Aro) hat ihre Spuren an der Stelle hinterlassen, wo FOREL's Haubenfaszikel umbiegen, um nach ventrolateral unter dem centre médian und dem Nucleus arcuatus (*V. c. i.*) thalami in Richtung auf die Ventralkerne zu verlaufen. — Einige Bündel von FOREL's Haubenfaszikel sind durch die Reizelektroden unterbrochen worden und daher in ihrer Leitungsrichtung (nach rostral) degeneriert. Man sieht auf der Abb. 2 nur wenige, die nach ventral und lateral vor dem Nucleus arcuatus thalami ausweichen. Von der Basis des Thalamus aus strahlen die degenerierten Bündel, wie die Verfolgung der Schnittserie nach rostral zeigt, nach dorsolateral in den intermediären Ventralkern ein (siehe Abb. 2; II. Teil).

Physiologisch-anatomische Korrelation. Es haben also in diesem Experiment schwache elektrische Reizungen von blanken Elektrodenspitzen in FOREL's Haubenfaszikeln die beschriebenen *ipsiversiven Wendeeffekte* hervorgerufen.

2. Nr. 318. Mit Beginn der Reizung der am meisten rostral gelegenen Elektrode Alu mit 1 Volt verlagert sich der Kopf der sitzenden Katze zunächst allein nach der Seite des Reizes und hinten. Erst nachdem der Kopf, mit dem Hinterkopf voran, weit über die Unterstützungsfläche seitlich hinausgeschwenkt worden ist, machen die Extremitäten zum Ausgleich einige Schritte in der gleichen Richtung (Abb. 3a). Die Katze fällt gleichsam mit dem Vorderkörper in die Wendebewegung hinein.

Auch die Reizungen der beiden Elektroden $1\frac{1}{2}$ und 3 mm weiter caudal (Blu und Clu) haben ipsiversive Wendungen zur Folge, aus denen aber schneller eine fortlaufende glatte Wendebewegung des ganzen Körpers (*Manege*) nach der Reizseite mit gesenktem Kopf wird. Es führt dabei der Hinterkopf, der Rumpf ist stark eingekrümmmt (Abb. 3b, c).

Verschieden ist bei den 3 hintereinander gelegenen Reizstellen die Kopfhaltung während der Wendung, deutlich besonders bei 2 Volt: Von der vorderen Elektrode (Alu) Wendung in der Höhe der Ausgangshaltung (Abb. 3a), von der mittleren (Blu) mit deutlich gesenktem Kopf (Abb. 3b), von der hinteren (Clu)¹ mit so starker Kopfsenkung, daß dieser auf dem Boden schleift (Abb. 3c). Bei allen Reizstellen ist es auffällig, daß nicht die Augen bei der Wendebewegung führen, sondern diejenige Kopfseite mit dem Ohr, die der Reizseite entspricht.

Lage der Reizstellen und Degenerationen. Die Stichkanäle der 3 Elektroden (Alu, Blu, Clu) liegen, wie die Abb. 4a zeigt, mit ihren Spitzen sämtlich in dem gleichen Faserzug. Dieser steigt am Rand des Höhlengraus auf, biegt an der Mittelhirn-Zwischenhirngrenze nach ventro-oral um und verläuft unter dem (hellen) Nucleus arcuatus thalami nach rostral und lateral. Durch die sagittale Schnitttrichtung ist der Verlauf dieses Faserbündels gut zur Darstellung gekommen, aber auch der Sitz der Elektroden. Vom Stichkanal jeder Elektrode geht ein Büschel von Marchi-degenerationen nach oral aus. Der Faserzug *ascendiert* also zum Zwischenhirn. Er ist der gleiche wie im ersten Beispiel, nämlich FOREL's Haubenfaszikel. Die beiden vorderen Elektroden haben zwischen sich ein von ventral aufsteigendes Faserbündel gefaßt, die mediale Portion des Lemniscus medialis, welche die Trigeminus-schleife enthält. Die mittlere Elektrode (Blu) steckte im Vorderrand der Säule der

¹ Als die gleiche Elektrode in einer Stellung 2 mm höher gereizt wurde (Clo), kam eine Blickwendung zur Gegenseite zustande, die bei Erhöhung der Reizspannung in eine glatte *kontraversive Manegebewegung* überging, welche den Reiz einige Sekunden überdauerte im Sinne einer positiven Nachwirkung.

Commissura posterior, die hintere in deren Hinterrand. 2 mm höher lag die Spitze dieser Reizelektrode in einem von BÜRGI u. BUCHER an Hand des HESSSchen Materials beschriebenen tectothalamischen Faserzug.

FORELS *Haubenfaszikel* sind, wie Abb. 4b zeigt, nach vorne und lateral degeneriert und strahlen nach dem Bogen um den Nucleus arcuatus in einen *intermediären Ventralkern* (V. im) des Thalamus ein. Auf der Abb. 4b ist auch dorsal von den hellsten Teilen des Nucleus arcuatus eine Faserbündeldegeneration rostralwärts zu verfolgen, die im gleichen intermediären Ventralkern endigt.

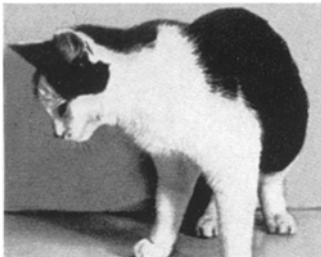


Abb. 3a



Abb. 3b

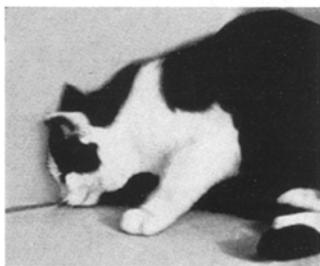


Abb. 3c

Abb. 3a. *Ipsiversive Wendung* von Kopf und Vorderkörper in *Ausgangshaltung* bei Reizung der in FORELS Haubenfaszikeln steckenden Elektrode Alu mit 1 Volt (Slg. HESS Nr. 318)

Abb. 3b. *Ipsiversive Wendung* und Manegebewegung mit deutlich gesenktem Kopf bei Reizung der in FORELS Haubenfaszikeln am Vorderrand der Säule der Commissura posterior steckenden Elektrode Blu mit 1 Volt (Slg. HESS Nr. 318)

Abb. 3c. *Ipsiversive Wendung* und Manegebewegung mit deutlicher reizsynchrone Kopfsenkung und am Boden schleifendem Kopf infolge Reizung der Elektrode Clu in FORELS Haubenfaszikeln, 1,5 mm weiter caudal als die vorige Reizstelle. Auch diese sitzt in der Säule der Commissura posterior: 1 Volt (Slg. HESS Nr. 318)

In der anderen Hemisphäre wurde ein Herd unterhalb des Nucleus arcuatus gesetzt, welcher auch die in den Thalamus einströmenden Fasern der FORELSchen Haubenfaszikel zerstört. Diese Fasern sind degeneriert und steigen vor dem Nucleus arcuatus in den intermediären Ventralkern des Thalamus auf. Über diesem Ventralkern ist noch feiner Marchi-Staub als Zeichen der Degeneration von Endigungskollateralen zu erkennen (Abb. 4c).

Physiologisch-anatomische Korrelation. Die 1 mm blanken Spitzen der 3 Zwillingselektroden mit ipsiversivem Wende-Effekt haben also in FORELS Haubenfaszikeln gesteckt. Auf deren Reizung ist die ipsiversive Wendung auch in diesem Experiment zu beziehen. FORELS Haubenfaszikel enthalten Fasern, die zum *intermediären Ventralkern* des Thalamus aufsteigen. Die Mitreizung der Trigeminusschleife an den beiden vorderen Elektroden hatte ein intermittierendes Lidzwinkern zur Folge. Die Kopfsenkungen, die von den beiden hinteren Elektroden ausgingen, sind auf die Reizung von Fasern der Commissura posterior zu beziehen, entsprechend dem Nachweis eines Senksubstrates in dieser durch HESS,

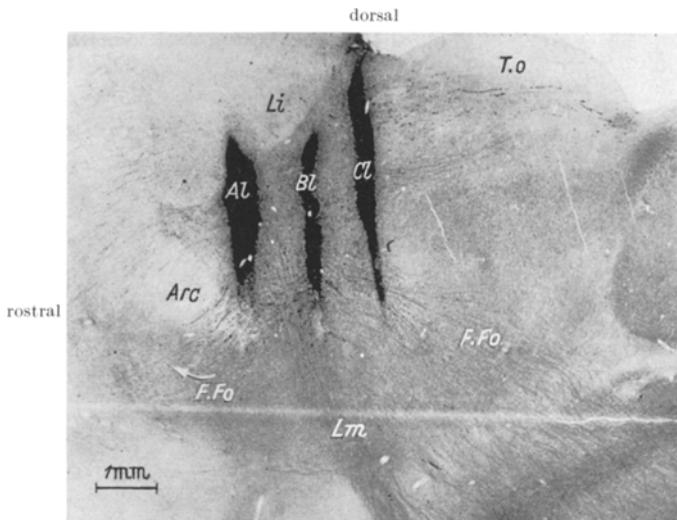


Abb. 4a. Sagittalschnitt durch das li. Mittelhirn von Nr. 318 mit den 3 Elektroden Alu, Blu und Clu in FOREL's Haubenfasziken (F. Fo). Von diesen sind einige Fasern ascendierend degeneriert und machen einen Bogen um den hellen Nucleus arcuatus (Arc). Li Limitans, Lm mediale Portion des Lemniscus medialis, T. o. Corpus quadrigemini anterius, — Verg. 8 : 1 (Sig. HESS 318 li/519)

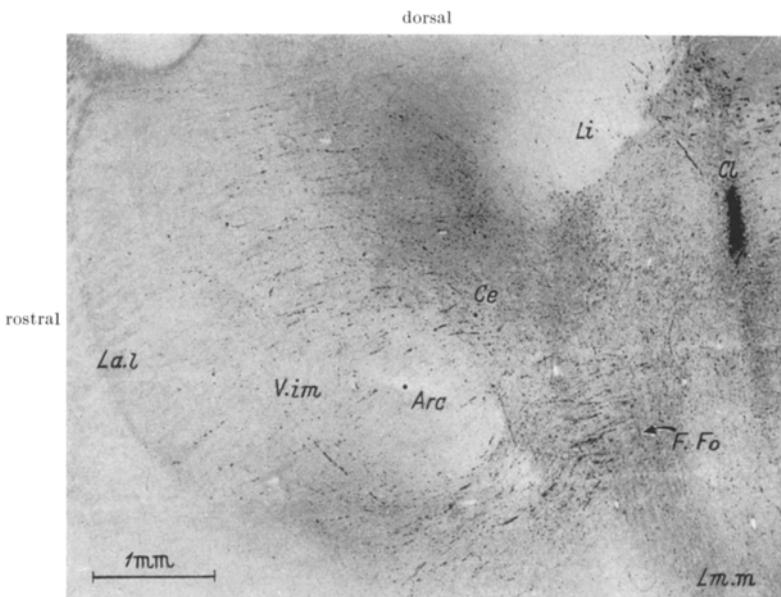


Abb. 4b. Sagittalschnitt 0,36 mm weiter lateral als Abb. 4a in doppelter Vergrößerung. Von den Stichkanälen ist nur noch derjenige der hinteren Elektrode Clu getroffen. Bogenförmiger Verlauf von einigen degenerierten Fasern der FOREL'schen Haubenfaszikel (F. Fo) ventral am Nucleus arcuatus (Arc) vorbei und aufsteigend in den davor gelegenen (intermediären) Ventralkern (V. im). Auch über dem Nucleus arcuatus verlaufen einige degenerierte Fasern in Richtung auf den gleichen Endigungskern. Lal Lamella lateralis am Vorderrand des Thalamus, Li Nucleus limitans, Lm.m mediale Portion des Lemniscus medialis. (Sig. HESS 318 li/528)

BUCHER, BÜRGI und WEISSCHEDEL. Dabei war der gleichzeitige Senkeffekt von der hinteren Elektrode noch stärker als von der mittleren. Das Substrat der beschriebenen Blickwendung der Gegenseite von der Oberstufe der hinteren Elektrode ist in Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen ein *tectothalamischer* Faserzug.

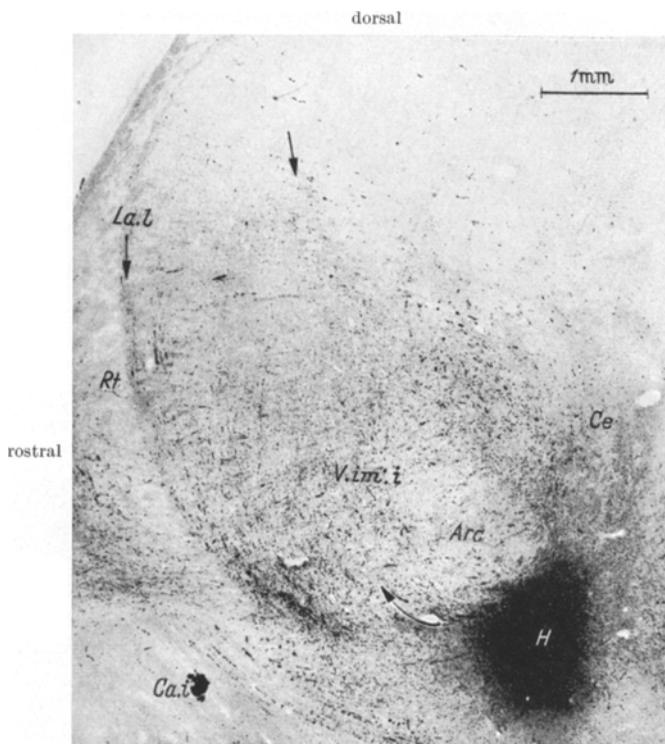


Abb. 4c. Sagittalschnitt vom gleichen Experiment, aber aus der anderen Hemisphäre. Marchi-degenerationen der Endäste von FOREL's Haubenfaszikeln (F. Fo), welche durch einen Koagulationsherd (H) unterhalb vom Nucleus arcuatus (Arc) unterbrochen sind, ziehen in den intermediären Ventralkern (V. im. i) hinein. Dieser Kern ist mit ziemlich feinen Degenerationskörnern erfüllt. Über ihm in dem intermediären Dorsalkern ein Streifen von feinem Marchi-dust (Pfeil). Auch Fasern von FOREL's Haubenfaszikeln sind unterbrochen und dementsprechend degeneriert in der Lamella lateralis vor den Ventralkernen und im Rand der inneren Kapsel. (Sie entsprechen beim Menschen den Fibrae pallido-thalamopolares und pallido-thalamoreticulares.) Rt Nucleus reticulatus thalami. Verg. 14:1 (Sig. HESS 318 r/300)

3. Nr. 321. *Reizeffekte*. Die Reizung der Elektrode Alo hat bei außergewöhnlich niedriger Spannung von nur 0,3 Volt neben einer Senkung eine deutliche ipsiversive Wendung mit voraneilendem Hinterkopf zur Folge, die in Manegebewegung übergeht. Diese Wendung ist nicht Teil einer Blicksynergie. Bei ungedämpfter Reizform entsteht schon bei 0,2 Volt und Frequenz 2/sec ein Kopfwenden. Gleichzeitig wird aber dabei der Kopf im Rhythmus des Reizes gesenkt. Je höher die Reizfrequenz (bis 12/sec), desto deutlicher fließen die Bewegungsphasen zu einem glatten ipsiversiven Wenden zusammen; je niedriger die Reizfrequenz, desto deutlicher setzt sich das intermittierende Senken des Kopfes durch.

In der Unterstufe (Alu), 2 mm tiefer, hat die gleiche Reizelektrode auch ein ipsiversives Wenden hervorgerufen, welches aber bei höherer Reizspannung mit einem Heben des Vorderkörpers verbunden war. — Die Reizungen 1,5 mm weiter caudal (Blo und Blu) haben sowohl in Ober- wie Unterstufe schon mit sehr geringer Reizspannung stets Kopfsenkung im Reizrhythmus ergeben. In der Unterstufe war diese mit einer ipsiversiven Manegebewegung kombiniert.

Elektrodenlage und Degenerationen. Der Stichkanal der vorderen Reizelektrode (Alo) erreicht mit seiner Spitze in der Oberstufe die FORELSchen *Haubenfaszikel*

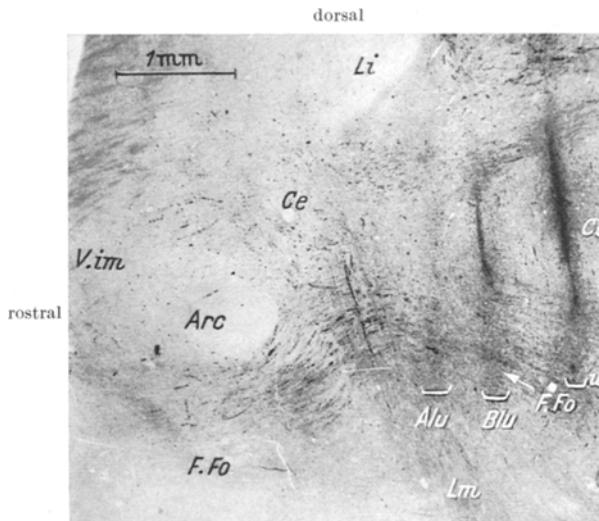


Abb. 5. Sagittalschnitt durch das Mittel- und Zwischenhirn von Nr. 321 mit den Spuren der 3 hintereinander gelegenen Elektroden Al, Bl und Cl. In den Unterstufen (Alu und Blu) stecken die beiden Elektroden in FORELS *Haubenfasziken* (F. Fo), wodurch diese teilweise zur Degeneration gebracht wurden. Daher ist ihr ascendierender Verlauf bis unterhalb vom intermediären Ventralkern (V. im) ersichtlich. Ihr Eintritt in diesen Ventralkern liegt etwas weiter lateral. Etwas medial von diesem Schnitt fassen Al und Bl die Säule der Commissura posterior zwischen sich. Die hintere Elektrode hat in der Unterstufe (Clu) neben FORELS Haubenfasziken auch den *Tractus tectospinalis* in seinem Verlauf um das Höhlengrau des Aquaeducts herum erreicht, so daß eine kontraversive Blickwendung zustande kam. Verg. 10 : 1 (Sig. HESS 321 li/557)

dicht caudal von ihrer Umbiegungsstelle an der Grenze von Mittel- und Zwischenhirn (Abb. 5). Die Elektrode steckte aber gleichzeitig in der Säule der hinteren Commissur. In der Unterstufe (Alu) liegt die Elektrode mitten in FORELS Haubenfaszikel und reicht nur mit ihrer Spitze eine Spur nach ventral darüber hinaus in den orodorsalen Pol des Nucleus ruber hinein. Die mittlere Elektrode (Blu und Blo) hat ihre Spuren längs des Hinterrandes der Säule der hinteren Commissur hinterlassen. In der Unterstufe erreichte sie FORELS *Haubenfaszikel* und bewirkte dementsprechend einen ipsiversiven Wendeffekt. Die hinterste der 3 Elektroden berührt zwar auch noch FORELS Haubenfaszikel, sitzt aber gleichzeitig in den tectospinalen Fasern, sodaß die Blickwendung zur Gegenseite als Reizwirkung überwog.

Physiologisch-anatomische Korrelation. Das schon bei außergewöhnlich niedrigen Spannungen ansprechende Substrat des ipsiversiven Wendens an der vorderen Elektrode sind FORELS *Haubenfaszikel* an ihrem Scheitelpunkt. Das gleiche Substrat wird auch von der mittleren Elektrode erregt.

Die Hebung des Vorderkörpers von der unteren Reizstelle der mittleren Elektrode ist ein Reizeffekt von Faserelementen im Nucleus ruber, deren Hebewirkung von HESS und WEISSCHEDEL demonstriert worden ist. Die Senkeffekte sind auf Reizung von Faserelementen der hinteren Commissur zu beziehen, in deren Säule 2 Elektroden gelegen haben.

4. Nr. 320. *Reizeffekte* links: Sofort mit Beginn der Reizung von Blu mit 1 Volt schwenkt die hockende Katze allein den Kopf nach der Reizseite. Plötzlich springt sie mit dem Körper nach der gleichen Seite. Danach kommt es zu einer schnellen ipsiversiven Manegebewegung, bei der stets der Hinterkopf mit dem Ohr der Reizseite vorangeht und nicht der Blick. Mit Reizschluß hört die Wendung auf; die Katze wird schlaftrig und rollt sich ein. Bei Verringerung der Reizfrequenz auf 2/sec führt der Kopf Bewegungsstöße nach der Seite des Reizes und nach unten aus, die an der ganzen ipsilateralen Muskulatur zu sehen sind. Steigerung der Reizspannung auf 1,5 Volt beschleunigt die ipsiversive Wendung auffällig. — Von den beiden Nachbarelektroden vor (Alu) und hinter (Clu) der besprochenen gehen auch ipsiversive Wendungen aus, aber von der hinteren kombiniert mit stärkerer Senkung und von der vorderen kombiniert mit deutlicher Raddrehung des Kopfes.

Elektrodenlage und Degenerationen. Die linke mittlere Elektrode (Blu) liegt in FOREL's Haubenfasziken am Vorderrand des Prätectum. Auch die beiden Nachbarelektroden erreichen mit ihren Spitzen dieses Faserbündel. Von den Elektrodenspuren geht, obgleich nicht koaguliert wurde, eine Faserdegeneration nach oral und etwas nach lateral aus bis in ein helles Feld, welches dem Nucleus arcuatus entspricht. Dort bilden die Faserbündel einen rechten Winkel (s. Abb. 4, II. Teil); dieser kommt dadurch zustande, daß sie nach unten und lateral abbiegen. Das Ausweichen nach lateral ist an einigen degenerierten Fasern noch zu erkennen. — Den Verlauf des gleichen Faserbündels in einer etwas tieferen Ebene zeigt die rechte Seite der gleichen Abbildung. Die Degeneration ist dort viel stärker, weil der Faserzug durch einen Koagulationsherd unterbrochen wurde. An Hand der Schnittserie kann man die Endigungen dieser Fasern teilweise nach dorsal in den intermediären Ventralkern hineinverfolgen.

Physiologisch-anatomische Korrelation. Alle 3 linken Elektroden haben in der tiefen Lage ein Substrat des ipsiversiven Wendens erregt. Das sind FOREL's Haubenfasziken. Die Raddrehung von der vorderen linken und mittleren rechten Elektrode beruhte auf Mitreizung von Elementen des Nucleus interstitialis, die Senkung auf Erregung von Fasern in der Säule der hinteren Commissur. — Auch in der rechten Hemisphäre ist der ipsiversive Wende-Effekt von einer Elektrode ausgegangen, die Kontakt mit FOREL's Haubenfasziken hatte. Die Reizstelle wurde durch einen Koagulationsherd zerstört. Demzufolge sind auch FOREL's Haubenfasziken bis zu ihrem Endigungskern aufsteigend degeneriert. — Die *Ausfallsmanege nach der Gegenseite* ist der Ausdruck des Funktionsausfalls des ipsiversiven Wende-Substrates der rechten Seite und ihr morphologisches Korrelat die *Degeneration* der FOREL'schen Haubenfasziken auf der rechten Seite (siehe S. 490).

b) Ipsiversives Wenden aus dem Thalamus

5. Nr. 266. *Reizeffekte.* Die 3 oberen Reizstellen in der linken Hemisphäre (Alo, Blu, Clo) bewirken, mit 1 bzw. 1,5 Volt gereizt, eine Manegebewegung zur Reizseite.

Der Kopf ist dabei in die Bewegungsrichtung vorgestreckt, der Blick aber geradeaus gerichtet. Die Wendung von den beiden vorderen Elektroden überdauert den Reizschluß 3—4 sec. — Reizungen der gleichen Elektroden in einer Lage 2 mm tiefer (Unterstufe Alu, Blu, Clu) rufen auch Wendungen hervor, aber zur *Gegenseite*. — Je weiter oral die Elektroden liegen, desto langsamer ist die Wendebewegung, desto seltener breitet sie sich auf Vorder- und Hinterkörper aus und desto eher überdauert sie den Reizschluß.

Elektrodenlage. Anatomisch haben alle 3 li. Elektroden in der Oberstufe Kontakt mit FOREL's Haubenfaszikeln im Bereich des Thalamus: Die vordere (Alo) liegt an der



Abb. 6. Horizontalschnitt durch den Thalamus von Nr. 266 in Faserfärbung nach HEIDENHAIN. Die Stichkanäle der li. Elektroden in den Oberstufen (2 von jeder Zwillingselektrode) liegen (Clo) in FOREL's Haubenfaszikeln (F. Fo), wo diese vor dem Nucleus arcuatus (Arc) nach lateral abbiegen bzw. (Alo) in ihrem Endigungskern (*Ventralis intermedius* = V. im) bzw. (Blu) in dessen Randgebiet gegen den Nucleus arcuatus (Arc). Aq Höhlengrau des Aqueductus, Co. p Säule der Commissura posterior, 1st Nucleus interstitialis, T. r Tractus retroflexus, V. o Nucleus ventralis oralis, III 3. Ventrikel.

Verg. 8:1 (Sig. HESS 266/193)

Grenze des Nucleus ventrocaudalis internus (VPM der Amerikaner), des Endigungskernes der Trigeminusbahnen, gegen den *Nucleus ventralis intermedius*, in dem sich FOREL's Haubenfaszikel aufsplittern. Die mittlere Elektrode liegt etwas weiter caudal, auch noch am Endigungskern der Trigeminusbahnen und die hintere Elektrode zwischen FOREL's Haubenfaszikeln lateral vom Centre median (Abb. 6). 2 mm tiefer, d. h. in der Unterstufe, liegen die Stichkanäle der Elektroden der linken Hemisphäre in der *Zona incerta* unterhalb des Thalamus.

Anatomisch-physiologische Korrelation. Die ipsiversiven Wendungen kamen zustande durch schwelennahe Reizungen von FOREL's Haubenfaszikeln. Je weiter oral die Elektroden sitzen, d. h. je näher dem Endigungskern, desto mehr beschränkt sich die Wendung auf den Kopf, desto länger ist ihre Latenzzeit und desto länger überdauert sie den Reizschluß. Auf Reizung von Elementen der *Zona incerta* ist der Wendungseffekt zur *Gegenseite*, von Reizstellen 2 mm tiefer, zu beziehen.

6. Nr. 355. *Reizwirkung* von Aro mit 1,5 Volt: Aus sitzender Stellung wird der Kopf bei halbgeschlossenen Augen fließend nach der Reizseite rückwärts verlagert. Die gegenseitige Vorderextremität, die zunächst etwas über dem Boden im Reizrhythmus zuckte, wird, nachdem der Kopf stärker über die Unterstützungsfläche hinausgeschwenkt ist, hochgezogen und in diese Richtung über die andere Pfote ungeschickt übergesetzt. Dann macht die Vorderextremität der Reizseite einen weiten Schritt in der gleichen Richtung, so daß die Unterstützungsfläche des Vorderkörpers stark verbreitert wird; der Hinterkörper bleibt sitzen. Aus einer *Wende-*

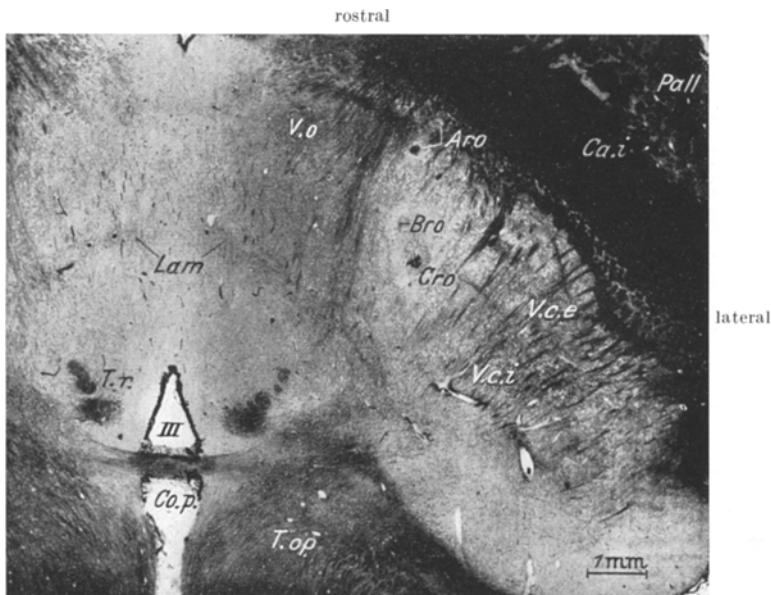


Abb. 7a. Horizontalschnitt durch den Thalamus von Nr. 355. Die Elektroden Bro bzw. Aro haben ihre Spuren im *intermediären Ventralkern* des Thalamus (V. im) hinterlassen bzw. in seinem Vorderrand gegen die innere Kapsel (Ca. i). Co. Commissura posterior, Tr. r Tractus retroflexus, Pall Pallidum, T. op Tectum opticum, V. c. e Nucleus ventrocaudalis externus, V. c. i Nucleus ventrocaudalis internus, V. o. Ventralis oralis, III 3. Ventrikel. Verg. 8:1 (Slg. HESS 355/88)

stellung des Vorderkörpers von etwa 90° erreicht der Kopf eine *Deviation* von etwa 250°. — Von der Unterstufe (Aru: 1 mm tiefer) gleichartiger, sehr langsamer ipsiversiver Wende-Effekt, aber kombiniert mit beiderseitigem Lidschluß.

Elektrodenlage. Die Stichkanäle der Zwillingselektrode Aro (Abb. 7a) liegen zu beiden Seiten der Lamella lateralis des Thalamus, die hintere im *Nucleus ventralis intermedius*, die vordere im zugeordneten Abschnitt des *Nucleus reticulatus thalami* an der Grenze gegen die innere Kapsel. Wie die Abb. 7b zeigt, hebt sich von diesem *Nucleus ventralis intermedius* (V. im), in dem FORELs Haubenfaszikel endigen, mit seinen ziemlich großen, locker verteilten Nervenzellen der medial anschließende *Nucleus ventralis oralis* (V. o) durch kleinere Nervenzellen in viel dichterer Anordnung ab. Auch die Grenze gegen die *Nuclei ventrales caudales* mit ihren Gruppen verschieden großer Nervenzellen ist gut zu erkennen. Diese caudalen Ventralkerne sind hier in einen äußeren, V. c. e (VPL der Amerikaner) und einen inneren V. c. i (VPM der Amerikaner) gegliedert; im letzteren endigt die Trigeminusschleife, im ersten der Lemniscus medialis. Die gleiche Abgrenzung eines intermediären von

den caudalen sensiblen und den oralen Ventralkernen ist auch beim Menschen möglich. — Auch in der Unterstufe liegt die Reizstelle (Aru) noch in diesem intermedialen Ventralkern, obgleich er dort schon viel schmäler ist.

Physiologisch-anatomische Korrelation. Die zögernde langsame ipsiversive Wendung von Kopf und Vorderkörper ist durch eine Reizung im auch architektonisch abgrenzbaren *Endigungskern der FORELSchen Haubenfaszikel*, dem Nucleus ventralis intermedius, zustande gekommen.

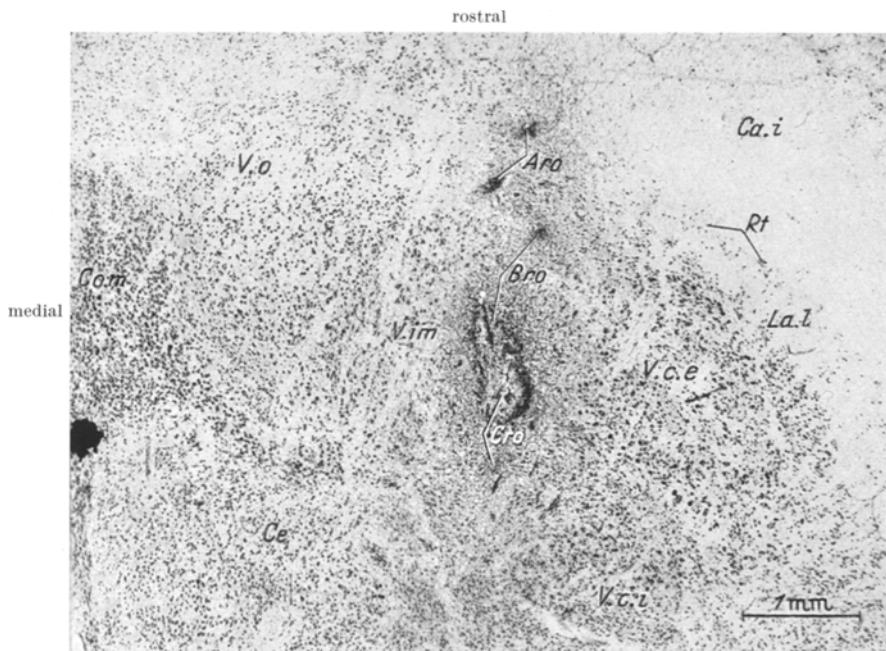


Abb. 7b. Nachbarschnitt in Nissl-Färbung. Die Elektrode Bro im intermedialen Ventralkern (V. im), Aro im vorderen Rand dieses Kerns, die Lamella lateralis (La.l) umgreifend. Kleiner Blutungsherz um den hinteren Einzeldraht von Bro und um Cro. Beachte die kleinen, dichtstehenden Nervenzellen des Nucleus ventralis oralis (V. o) im Gegensatz zu den deutlich größeren und lockerer stehenden Nervenzellen im Nucleus ventralis intermedius (V. im) und die andere Zellstruktur im inneren und äußeren Abschnitt des Nucleus ventrocaudalis (V. c. i und V. c. e). Verg. 16:1 (Sig. HESS 355/87)

Dabei liegt die Reizstelle jedoch sehr weit rostral an dem von der Lamella lateralis und dem Nucleus reticulatus (Rt) gebildeten Vorderrand des Kerns. Neben den Endaufsplitterungen von FORELS Haubenfaszikeln sind hier wahrscheinlich viele *efferente* Faserbündel dieses Kerns, die gebündelt durch die Lamella lateralis durchtreten, um zur Rinde zu verlaufen, vom elektrischen Reiz erfaßt worden.

c) *Ipsiversive Wendeffekte aus der vorderen Brücke und dem Isthmus*

Nachdem es sich auch in vielen anderen hier nicht einzeln aufgeführten Reizexperimenten (siehe die Diagrammserie S. 476/77) bestätigt hatte,

daß FOREL's Haubenfaszikel das Substrat des ipsiversiven Wendens im vorderen Mittel- und Zwischenhirn sind, erhab sich die Frage, ob nicht die auch *Vorläufer* dieses Faserbündels in der Brücke und im caudalen Mittelhirn den gleichen Reizeffekt ergeben. Diese Vorläufer sind nach den Ergebnissen einer früheren Arbeit (1948) der *Fasciculus segmenti dorsolateralis*, welcher aus dem gleichseitigen Vestibulariskerngebiet entspringt.

An Hand der Reizpunktatlanten wurden Reizstellen in diesem Gebiet herausgesucht. In der HESS'schen Sammlung ist die Zahl und Dichte der Reizstellen im Isthmus mesencephali und in der vorderen Brücke geringer als weiter oral, weil diese Gegend wegen der Konzentration des Interesses auf das Zwischenhirn weniger oft angezielt wurde. Bei der Auswertung der ipsiversiven Wendeffekte hat sich bestätigt, daß die Reizeffekte hier nicht so eindeutig und isoliert zutage treten wie in den bisher besprochenen Abschnitten der Bahn. Wenn aber die gleichen Fasern, die im Mittel- und Zwischenhirn FOREL's Haubenfaszikel bilden, hier schon vorhanden sind, muß ihre Reizung auch hier gleichen Effekt haben, nämlich ipsiversive Wendungen. Das ist auch der Fall. BÜRGU u. MONNIER haben das 1943 bereits beobachtet (im Rahmen der sogenannten segmentalen Reaktion), es aber nicht auf das dorsolaterale Haubenbündel bezogen.

Im folgenden werden nun einige ipsiversive Wendeffekte aus dem Isthmus und der vorderen Brücke als Beispiele beschrieben.

7. Nr. 300. Wenn die Reizstelle Cro mit 0,75 Volt gereizt wird, wird zunächst der Kopf *ipsiversiv gewendet*, dann auch der Vorderkörper. Dabei wird die gleichseitige Vorderextremität übermäßig gehoben und ungeschickt aufgesetzt. Während der Manegebewegung zuckt die ganze ipsilaterale Körperseite im Rhythmus der Reizimpulse, besonders die Vorderextremität und der Hals. Bei Reizfrequenz von 2/sec scheint auch die Kopfwendung intermittierend zu sein. Der ipsiversive Wendeffekt war von einer $1\frac{1}{2}$ mm weiter ventral gelegenen Zwillingselektrode nach dem Protokoll reiner, ist aber nicht im Film festgehalten. — Nach der *Koagulation* dieser Reizstelle wurden für wenige Tage *Kopf- und Körperwendungen zur Gegenseite* bevorzugt. Also spiegelbildlicher Ausfallseffekt.

Elektrodenlage und Degenerationen. Die zugehörigen Elektrodenspuren liegen in weniger als 1 mm Abstand im rechten *Fasciculus dorsolateralis segmenti* im Bereich der vorderen Brückenhaube (Abb. 8a). Die davon ausgehende ascendierende Degeneration setzt sich im Mittelhirn (Abb. 8b) in FOREL's Haubenfaszikeln fort, welche zum Thalamus nach lateral absteigen (Abb. 8c). Ihre Degeneration ist bis zu ihrer Endigung im intermediären Ventralkern zu verfolgen. — Durch die beiden Stichkanäle ist es auch zu Unterbrechungen von Fasern im dorsalen Teil des Brachium conjunctivum gekommen, welches aufsteigend degeneriert ist, aber zur anderen Seite (Abb. 8b, c) kreuzt. — Vom Vestibularissystem sind verschiedene Bahnen teilweise descendierend degeneriert, nämlich das dickfaserige vestibulospinale Bündel, dicke Fasern lateral im hinteren Längsbündel und eine schwächere Bahn in der Area acclinis. Ferner ist der dickfaserige Anteil des Tractus reticulospinalis lateralis rechts stark, links weniger stark degeneriert.

Physiologisch-anatomische Korrelation. Dieser komplexe anatomische Befund ist für Experimente im Bereich der vorderen Brücke fast typisch. Bezuglich des ipsiversiven Wendens ist zu betonen, daß die *Vorläufer* von

FORELS *Haubenfaszikeln* in der Brücke von den Reizelektroden erreicht wurden und degeneriert sind. Ihre Degeneration setzt sich durch FORELS Haubenfaszikel bis in den intermediären Ventralkern fort. Nicht zu entscheiden ist auf Grund dieses Experimentes allein, über welches der betroffenen Faserbündel die rhythmischen Zuckungen der ipsilateralen Körperhälfte zustande gekommen sind. Dafür in Betracht kommen sowohl der *Tractus reticulospinalis* wie *vestibulospinalis*. — Die kontraversive Ausfallswendung als spiegelbildlicher Ausfalls-Effekt der ipsiversiven Wendung koinzidiert mit der aufsteigenden Degeneration des ipsilateralen *Fasciculus dorsolateralis tegmenti*. Ob sie sein morphologisches Äquivalent ist, wird später besprochen.

8. Nr. 302. Wenn die Reizstellen Cro und Cru mit 1,5 bzw. 2 Volt gereizt werden, setzt sofort mit Reizbeginn auf der ipsilateralen Körperseite ein durch das Fell sichtbares reizrhythmisches Zucken ein. Währenddessen wendet sich die Katze unter Einkrümmung von Rumpf und Schwanz nach der Reizseite. Bei niedriger Reizfrequenz von 2—4 sec ist der Wendeeffekt nicht intermittierend. Auch als sich gegen Ende der Reizung die Katze niederlegt, wird der Kopf durch die Zuckungen noch deutlich ipsiversiv verlagert. Nach Koagulation der unteren Reizstelle hatte die Testreizung keine reizsynchronen Zuckungen und kein ipsiversives Wenden mehr zur Folge. Das Tier führte dann aber meist Wendungen *zur Gegenseite* aus.

Elektrodenlage und Degenerationen. Die Reizstelle Cro sitzt in der Brückenhaube innerhalb und etwas medial vom *Fasciculus dorsolateralis tegmenti*, $1/2$ mm unterhalb des Höhlengraus des Rautenhirns. Die Elektrodenspitze Cru liegt medial und etwas ventral vom motorischen Trigeminuskern an der Grenze zwischen den *Fasciculi tegmenti dorsolateralis* und *dorsomedialis* in der *Formatio reticularis pontis*. Diese tiefere Reizstelle ist in einen großen Herd, der die ventrale Haube in der mittleren Brückengegend rechts ausfüllt, einbezogen.

Vom dorsalen Herd aus sind der *Fasciculus tegmenti dorsolateralis* und die denselben fortsetzenden FORELSchen Haubenfaszikel ascendierend degeneriert. Die Abbildungen I a—c II. Teil zeigen diese Degenerationen und schließlich die Einstrahlung in den intermediären Ventralkern (I d, II. Teil). Ascendierend ist gleichzeitig der dorsale Teil des *Brachium conjunctivum* degeneriert, der in den gegenseitigen Thalamus einströmt. Sein Endigungskern liegt (Abb. I e, II. Teil) weiter medial und rostral als derjenige von FORELS Haubenfaszikeln. — Absteigend sind zahlreiche Faserbündel teilweise degeneriert, so der *Fasciculus longitudinalis medialis*, die zentrale Haubenbahn, der *Tractus vestibulospinalis*, der *Tractus reticulospinalis lateralis* und das PROBSTsche Bündel. Für die gegenwärtige Untersuchung von Bedeutung ist jedoch allein die schwere ascendierende Degeneration des dorsolateralen Haubenbündels und seiner Fortsetzung, der FORELSchen Haubenfaszikel.

Auch dieser ipsiversive Wendeeffekt ist durch Reizung der Vorläufer der FORELSchen Haubenfaszikel entstanden. Der angedeutete *spiegelbildliche Ausfallseffekt* ist auf deren Unterbrechung und *Degeneration* zu beziehen.

Ähnliche ipsiversive Wendeeffekte bzw. Manegen ohne entsprechende Blickbewegungen sind aus der Gegenseite des Isthmus und der vorderen Brückenhaube noch in den Experimenten 283, 291, 292, 297, 298, 299 zustande gekommen. Sie waren, wie die 2 ausführlicher geschilderten, oft

kombiniert mit Zuckungen der ipsilateralen Rumpf- und Halsmuskulatur, so daß die Wendungsbewegungen einen intermittierenden Charakter vortäuschten. Sie waren häufig auch mit Raddrehungen oder Senkungen des Kopfes verbunden. Der Wirkungsbereich der zugehörigen Reizstellen umfaßte den *Fasciculus dorsolateralis tegmenti*.

Auf Grund dieser 8 angeführten Experimente, die BÜRGI u. MONNIER 1943 schon verwerteten, ist es gesichert, daß auch von der dorsalen

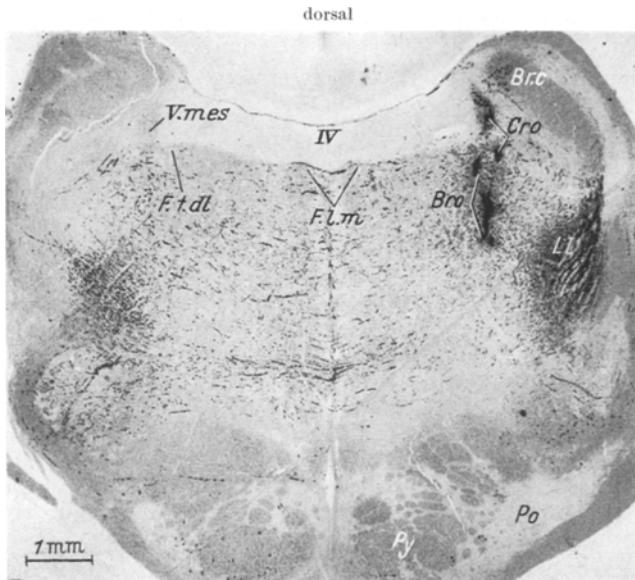


Abb. 8a. Frontalschnitt durch die Brückenhaube von Nr. 300. Die Stichkanäle von 2 Zwillingselektroden (Bro und Cro) im Bereich des *dorsolateralen Haubenbündels* (*Fasciculus tegmenti dorsolateralis F. t. dl.*). Verg. 10 : 1 (Sig. HESS 300/191)

Brückenhaube aus ipsiversive Wendebewegungen durch umschriebene Reizungen zustande kommen können. Das verantwortliche Substrat ist das dorsolaterale Haubenbündel, welches der *Vorläufer* der FORELSchen Haubenfaszikel, wie anatomisch nachgewiesen, ist. Auf Grund der im Vergleich mit dem übrigen Material der HESSschen Sammlung relativ geringen Anzahl der Fälle aus der Brückenhaube ist es aber nicht auszuschließen, daß an diesen ipsiversiven Wendeeffekten auch descendierende Faserbündel, insbesondere aus der *Formatio reticularis* und dem *Vestibulariskern*gebiet, beteiligt sind. Fast in allen der angeführten 8 Reizexperimente in der vorderen Brückenhaube sind auch descendierende *Vestibularisfasern* degeneriert.

Die intermittierenden Wendezuckungen von Reizstellen in der Brückenhaube sind aber durch Filmanalyse in mehreren Fällen in zwei verschiedene sich überlagernde Reizeffekte aufzulösen: ein Wenden und ein

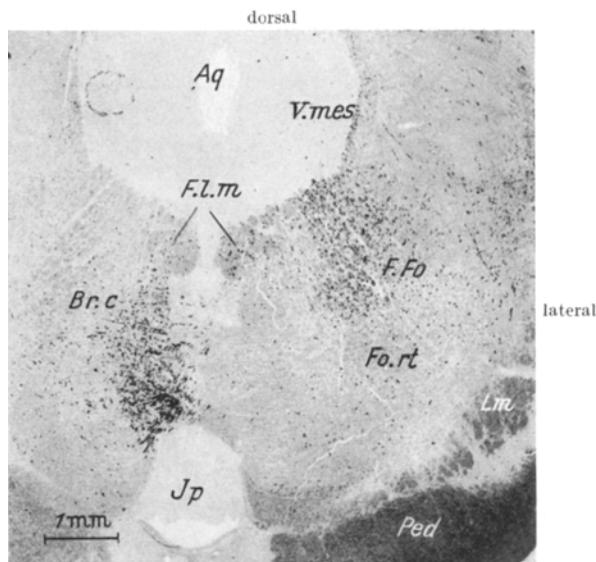


Abb. 8b. Frontalabschnitt durch das Mittelhirn des gleichen Experiments, 7,7 mm weiter rostral. Das degenerierte Brachium conjunctivum (Br. c) kreuzt zur li. Seite herüber. Die Degenerationen des Fasciculus segmenti dorsolateralis sind in FOREL's Haubenfaszikel (F. Fo) übergegangen. Degenerationskörperchen splittern sich nach ventral gegen die Formatio reticularis (Fo. rt) auf. Nur wenige Degenerationen im hinteren Längsbündel (F. l. m). Auch die mesencephale Trigeminuswurzel (V. mes) ist rechts degeneriert. *Aq* Aquaeductus cerebri, *Ip* Nucleus interpeduncularis, *Lm* Lemniscus medialis, *Ped* Pedunculus cerebri. Verg. 10 : 1 (Slg. HESS 300/385)

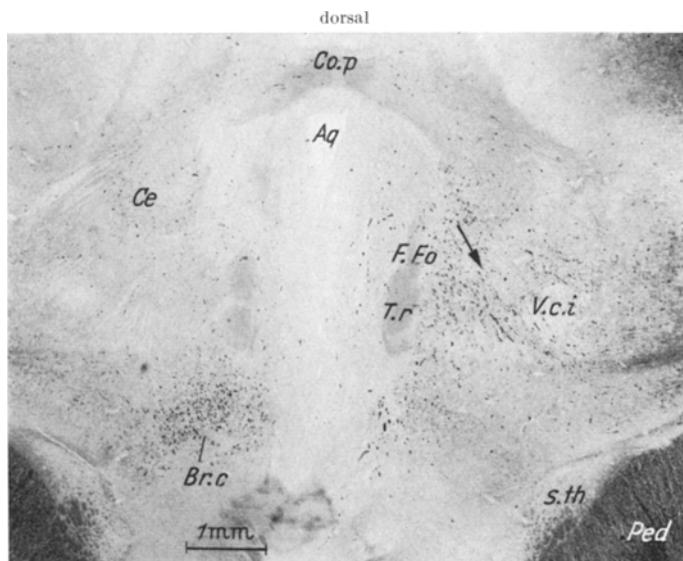


Abb. 8c. Die degenerierten FOREL'schen Haubenfaszikel (F. Fo) ziehen vom Höhlengraurand des Aquaeduct (Ag) nach lateral und ventral und machen einen Bogen um den hellen Nucleus arcuatus (V.c.i), um in den intermediären Ventralkern einzutreten. Degenerationen im Brachium conjunctivum (Br. c) auf der anderen Seite. Einzelne ascendierende Degenerationen des hinteren Längsbündels (F. l. m) endigen in der Gegend des rechten Nucleus interstitialis, unterhalb des Tractus retroflexus (T. r), wo links auch einige Brachiumfasern endigen. *Ce* centre médian. Verg. 10 : 1 (Slg. HESS 300/510)

reizrhythmischer Bewegungseffekt einer Körperseite. Darauf wurde in den ausführlicher beschriebenen Experimenten bereits hingewiesen. Ein Experiment aus den vorderen Mittelhirn bestätigt das:

9. Nr. 324. Bereits mit einer Reizspannung von 0,5 Volt und Frequenzen von 2 oder 4 in der Sekunde entstehen von den *Reizstellen Blu und Clu* reizsynchrone, gar nicht summierende *Kopfbewegungen nach der Reizseite* und *rhythmische Zuckungen* der ganzen ipsilateralen Körperseite einschließlich des Halses, die trotz ihrer Hef-tigkeit nur einen geringen Bewegungseffekt im Sinne der ipsiversiven Wendung haben. Bei Veränderung der Reizfrequenz wird die *Unabhängigkeit* der leichten *ipsiversiven Wendetendenz* vom *ipsilateralen Muskelzucken* deutlich. Wenn die Spannung auf 0,7 Volt gesteigert wurde, entsteht von beiden Elektroden Kopf-heben. Von der hinteren Elektrode kommt bei Reizung mit 1 Volt nach kurzer Latenz eine flotte fließende Manegebewegung eigenartigerweise aber nach der *Gegenseite* zustande.

Dem physiologischen Kombinationseffekt von ipsilateralem Körperzucken und ipsiversivem Wenden steht anatomisch die Tatsache gegenüber, daß außer FOREL's *Haubenfasziken* noch ein direkt *absteigendes* Faserbündel im Bereich der Reizelektrode lag. Auch in einigen anderen Fällen stellte sich dieses aus dem Subthalamus absteigende Bündel aus starken Fasern degeneriert dar, wenn als Reizeffekt Zuckungen im Rhythmus der Reizimpulse auf der gleichen Körperseite beobachtet worden waren.

In diesem Fall können die intermittierenden Wendezuckungen keinesfalls auf eine direkt absteigende Vestibularisbahn bezogen werden. Sie sind vielmehr der Ausdruck einer gleichzeitigen Reizung eines descendierenden Bündels aus dem Subthalamus und der *ascendierenden* FOREL'schen Haubenfaszikel. Das gleiche gilt wahrscheinlich für die Wendezuckungen aus der Brückenhaube.

Lokalisation der Reizstellen mit ipsiversivem Wendeffekt in 4 horizontalen Diagrammen

Abgesehen von den im einzelnen besprochenen Fällen erwiesen sich in jedem Experiment, in dem eine ipsiversive Wendung auftrat, FOREL's Haubenfaszikel oder ihr Vorläufer, die dorsolaterale Haubenbahn, als das gereizte Substrat. Die HESSsche Sammlung weist ipsiversive Wendungen in 69 Experimenten an 163 Reizstellen auf. Die 131 Reizstellen aus Mittel- und Zwischenhirn sind mit nachgeprüfter Elektrodenlokalisierung in eine Serie von horizontalen Diagrammen (nach der 1. HESSschen Leitserie 1932) eingezeichnet worden. Es wurde (zum Teil nach Transponierung) stets die Lage der Elektroden-*Spitzen* eingetragen. Jedes Symbol in der Karte bedeckt etwa die Hälfte des von der Zwillingselektrode besetzten Bezirkes.

Der Verlauf der FOREL'schen Haubenfaszikel wird für diesen lokalisatorischen Zweck in 3 Strecken eingeteilt: eine *pontine* Strecke, die bis zum Hinterrand des Nucleus ruber reichen soll, die mittlere *mesencephale* Strecke im vorderen Mittelhirn und Prätectum bis zum Hinterrand des Nucleus arcuatus thalami und die davor gelegene *thalamische* Wegstrecke einschließlich der Endigung im intermediären Ventralkern.

Zur Vereinfachung der Darstellung werden die 10 Horizontalschnitte, auf denen Reizstellen mit ipsiversivem Wendeeffekt enthalten sind, hier auf 4 Diagrammen wiedergegeben. Diese haben voneinander 1 mm Abstand von unten nach oben. In jedes Diagramm sind auch Reizstellen, deren Elektrodenspitze 0,5 mm darüber liegen, eingezeichnet und in das unterste Diagramm zusätzlich Reizstellen, welche 0,5 mm darunter liegen. Obgleich die Reizstellen, da sie jeweils von einer Zwillingselektrode gebildet werden, etwa 0,7 mm (0,5—0,9 mm) groß sind, wurden sie in den Diagrammen insgesamt mit einem Symbol \circ von etwa der halben Größe markiert, als ihnen bei dieser Vergrößerung entspricht. Eine maßstabsgerechte Einzeichnung wäre wegen der zahlreichen Überschneidungen unübersichtlicher. Die aktive Zone muß also als größer interpretiert werden.

Wo die ipsiversive Wendung schon bei Schwellenreizen in eine *gleichseitige Manegebewegung* übergeht, wurde die Signatur $\leftrightarrow\circ$ mit einem Pfeil versehen. — Solche ipsiversiven Wendeeffekte, die bei *Reizspannungen unter 1,5 Volt* zustande kommen, sind durch eine *dicke* Signatur wiedergegeben. Diejenigen *über 1,5 Volt* (bis 2,5 Volt) durch eine *fein* gezeichnete Signatur. — Wenn die ipsiversiven Wendungen mit Raddrehungen kombiniert sind oder mit Senkungen, sind die zugehörigen Signaturen mit eingetragen. Die Signaturen mit horizontalen Strichen nach rechts ($\circ-$; $\circ\rightarrow$) bedeuten *kontraversives Wenden* bzw., wenn mit Pfeil versehen, *kontraversive Manegebewegung*. Die *tectalen Blickwendungen* nach der Gegenseite sind dadurch hervorgehoben, daß die horizontalen Striche nach rechts im Kreiszentrum beginnen ($\circ-$).

Auf dem untersten Diagramm (Abb. 9a), dem Schnitt 412 der ersten HESSschen horizontalen Leitserie von 1932 entsprechend, sind auch die Reizstellen, die 0,5 mm darunter und 0,5 mm darüber liegen, eingetragen. Sämtliche Reizstellen mit ipsiversivem Wendeeffekt liegen hier caudal und lateral vom Tractus retroflexus. Sie passen sich damit größtenteils dem Areal von FORELs *Haubenfaszikeln* in dieser Schnittebene ein, welches der punktierte Bezirk lateral und caudal vom Tractus retroflexus ist. Weil diese Faszikel im Thalamus endigen, welcher erst oberhalb dieses Schnittes auftritt, liegen im Zwischenhirn hier noch keine Reizstellen. Es finden sich statt dessen im Bereich der Zona incerta, am Rand der Capsula interna und im Nucleus entopeduncularis Reizstellen mit *kontraversiver Manegebewegung*. Auch caudomedial wird das Feld der ipsiversiven Wendeeffekte von einer Anzahl *kontraversiver* eingefaßt, welche dem Höhlengrau-Rand des Aquädukts entsprechen. Sie sind auf die Erregung der längs des Höhlengrau-Randes absteigenden Fasern des Tractus tectospinalis zu beziehen. Sie haben einen ausgeprägten Blickwendungs-Charakter. Die Reizstellen im Bereich des Nucleus interstitialis ergaben meist Wendungseffekt mit Rotationseffekten kombiniert.

Auf dem 1 mm höher gelegenen Diagramm 387 (Abb. 9b), wo bereits die Basis der Ventralkerne angeschnitten ist, liegt die Hauptmasse der ipsiversiven Wendeeffekte in der Umgebung und caudal vom MEYNERTschen Bündel; sie reichen nach caudal nur bis zur Säule der Commissura posterior, ebensweit wie die FORELschen Faszikel in dieser Horizontalen Ebene. Wo die Reizstellen in der Nähe des Nucleus interstitialis liegen, ist die

Wendung oder Manege mit einer Kopfraddrehung kombiniert (siehe HASSLER u. HESS, 1954) und im Bereich der Säulen der posterior Commissura mit Senkungen (siehe HESS u. WEISSCHEDEL, 1949). 5 positive Reizstellen weiter rostral im Thalamus an der Grenze der caudalen (sensiblen) und der oralen Ventralkerne (Endigungskern des Brachium conjunctivum)

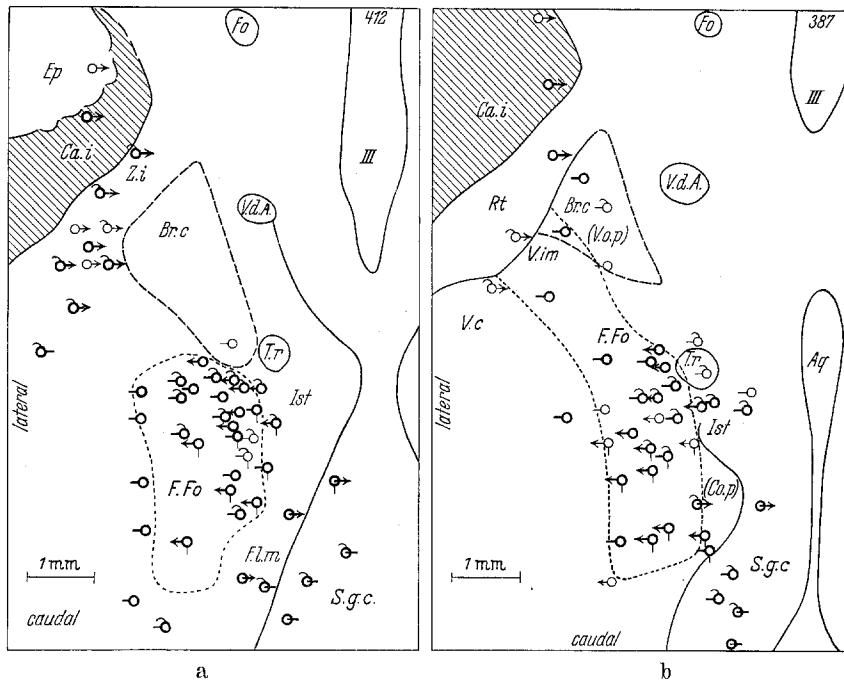


Abb. 9a. Diagramm des (untersten abgebildeten) Horizontalschnittes (Ebene 412) dicht ventral vom Thalamus. Zwischen Brachium conjunctivum (Br. c) und der inneren Kapsel (Ca. i) liegt die Zona incerta (Z. i) mit vielen *kontraversiven* Wendeeffekten, welche teilweise mit Raddrehungen kombiniert waren. Caudal vom Brachium conjunctivum (Br. c) der punktierte Bezirk von FOREL's Haubenfaszikeln (F. Fo) mit zahlreichen *ipsiversiven* Wendeeffekten. Im Höhlengrau des Aquaeduct (Aq) und in seinem Randgebiet kontraversive *Blickwendungen*, die auf dem Tractus tecto-spinalis zu beziehen sind. Einige *kontra-versive* Wendungen auch im Entopeduncularis (Ep) und Capsula interna (Ca. i). Beschreibung vgl. Text

Abb. 9b. Horizontals Diagramm, 1 mm höher (Ebene 387) durch den basalen Teil des Thalamus. FOREL's Haubenfaszikel (F. Fo) strahlen in den Ventralis intermedius (V. im) ein (punktierter Bezirk). Etwa medial davon im Einstrahlungsgebiet des Brachium conjunctivum (Br. c) nur wenige *ipsiversive* Wendeeffekte. In der dorsalen Zona incerta (als Rt bezeichnet) noch wenige *kontraversive* Manegebewegungen

entsprechen dem thalamischen Endigungsbezirk von FOREL's Haubenfaszikeln (Nucleus ventralis intermedius). Sie sind durch einen leeren Bezirk, welcher dem Nucleus arcuatus entspricht, von der Hauptmasse der Reizstellen getrennt. Unter dem ventralen Rand dieses Kerns fehlen *ipsiversive* Wendeeffekte. Reizstellen mit *kontraversiven* Wendungen liegen caudomedial von der Säule der Commissura posterior (tektale Blick-

wendungen) und in der Zona incerta bzw. am Rand des Nucleus entopeduncularis, hier als Vorderende des Nucleus reticulatus (Rt) eingezeichnet.

In der Horizontalebene 362, 1 mm höher, (Abb. 9c) durch die Commisura posterior häufen sich die positiven Reizstellen im Praetectum und dicht vor ihm an. Das entspricht dem *dorsalen Gipfel* des Verlaufs von

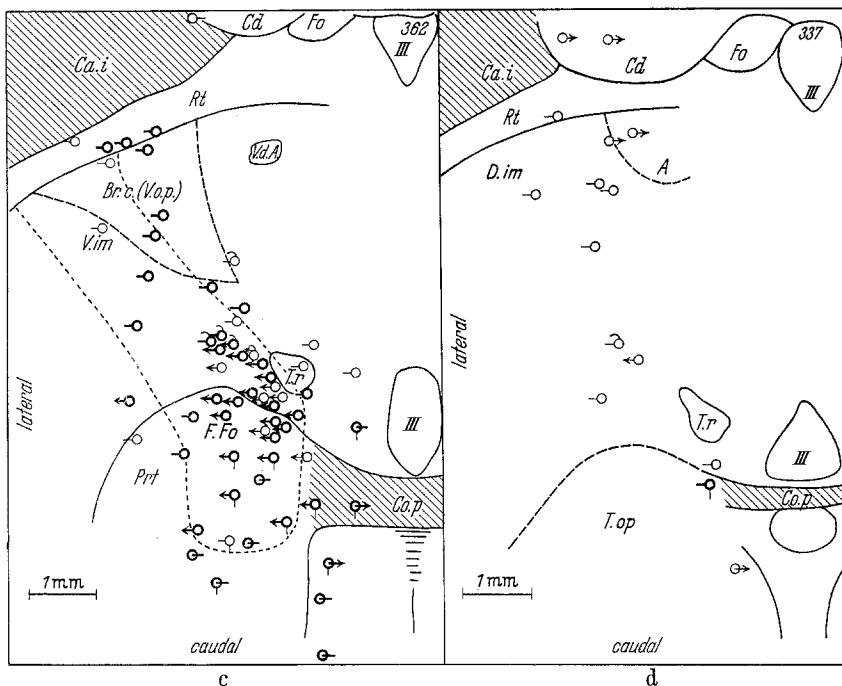


Abb. 9c. Diagramm eines Horizontalschnittes, 1 mm weiter dorsal (Ebene 362). Reizstellen mit ipsiversiven Wendeeffekten im Praetectum (Prt), in einem schmalen Streifen des Thalamus, welcher dem durch Punkte hervorgehobenen Verlauf von FOREL's Haubenfaszikeln entspricht, und davor im Nucleus reticulatus thalami (Rt). Der Endigungsbereich des Brachium conjunctivum [Br. c (V. o. p.)] überlappt nach lateral den Endigungsbezirk von FOREL's Haubenfaszikeln, welcher punktiert ist. Cd Caudatum, Fo Fornix

Abb. 9d. Diagramm 1 mm weiter dorsal (Ebene 337). *Ipsiversive* Wendeeffekte mit höherer Reizstärke (über 1,5 Volt) in einem schmalen Streifen des dorsalen Thalamus. Im Caudatum (Cd) einige *kontraversive* Wendeeffekte. Beschreibung vgl. Text. T. op Tectum opticum

FOREL's Haubenfaszikeln. Davor erstreckt sich eine Straße von Reizstellen abnehmender Dichte schräg nach rostral-lateral in den *intermediären* Bezirk der *Ventralkerne*. Am *Vorderrand* des *intermediären Ventralkerns* und im vorgelagerten Nucleus reticulatus (Rt) verdichten sich wieder die Reizstellen etwas. Hier kommt der manifeste Reizeffekt nicht mehr durch Erregung der *afferenten* Fasern, sondern wahrscheinlich durch Erregung der bereits wieder gebündelten *corticopetalen efferenten* Fasern des *intermediären Ventralkerns* (V.im) zustande. Wegen des nach rostral gerichteten

Verlaufs der Rindenprojektionsfasern greifen diese Reizstellen zum Teil auf das Randgebiet des Endigungskerns des Bindearms (V. o. p) über. Im Bereich der Commissura posterior sind viele Reizeffekte mit Senkungen kombiniert. Medial und caudal schließen sich an die ipsiversiven *kontraversive tektale Wendeeffekte* unter Führung des Blickes an, die von Elementen des Tectum opticum ausgehen.

In der noch 1 mm weiter dorsal gelegenen Ebene 337 (Abb. 9d) liegen am Rand des Prätektum nur noch 2 positive Reizstellen. Die Reizstraße nach rostralateral ist noch vorhanden, aber viel schwächer besetzt. Die erforderlichen Reizspannungen liegen sämtlich über 1,5 Volt. Es kam nur einmal eine Manegebewegung aus dieser Ebene zustande. Die gereizten Strukturen liegen dorsal vom Endigungskern der FORELSchen Haubenfaszikel, offenbar in dem Kernbezirk, in welchem Kollateralen endigen. Medial davon 2 *kontraversive* Manegebewegungen, ausgehend von den Fasern des vorderen Hauptkerns, und 2 gleichartige vom Caudatum.

Zahlenmäßig sind die Reizstellen im Verlauf des gut gebündelten Teils der FORELSchen Haubenfaszikel im Praetectum und Mittelhirn etwa 3—3,5 mal so häufig wie Reizstellen davor im Thalamus. Die Erklärung dafür ist folgende: In der gut gebündelten Wegstrecke besteht für einen elektrischen Reiz eine viel größere Wahrscheinlichkeit, eine ausreichend große Anzahl von Fasern zu erregen, so daß ein beobachtbarer Effekt zu stande kommt, als im Endigungskern, wo die Faserbündel sich aufsplittern.

In der *pontinen Strecke* der FORELSchen Haubenfaszikel sind die Reizstellen um ein Mehrfaches in der Hessschen Sammlung seltener, hauptsächlich weil diese Gegend wesentlich seltener angezielt wurde. Die positiven Reizpunkte in der pontinen Wegstrecke bilden eine Straße im laterodorsalen Teil der Haube des Isthmus und der vorderen Brücke. Dort verläuft der *Fasciculus dorsolateralis tegmenti*, der *pontine Vorfächer* von FORELS Haubenfaszikeln. Einige Reizstellen liegen auch etwas ventraler in der *Formatio reticularis* (siehe dazu die Besprechung).

Nur 2 Reizstellen fügen sich in den durch die Anatomie vorgezeichneten Faserverlauf nicht ein: die ipsiversiven Wendungen des Experiments 382 Bru und Cru mit den Elektrodenspitzen im dorsolateralen Hypothalamus längs des Medialrandes des Pedunculus. Es handelt sich um ein vom typischen ipsiversiven Wenden unterschiedenes Abdrehen nach der Reizseite, nachdem sich ein Hebeeffekt durchgesetzt hatte. Die Interpretation ist noch ungeklärt.

Im ventralen Thalamus breiten sich die Reizstellen unter Wahrung des ventralen Thalamusrandes über ein etwa 1,2 mm breites, aber nach dorsal erweitertes Areal aus, welches vom VICQ d'AZYRSchen Bündel mindestens 1 mm lateral abgesetzt bleibt. Dieses Areal entspricht dem *intermediären Ventralkern* und ist das Endigungsgebiet von FORELS Haubenfaszikeln im Thalamus. Von allen Reizstellen, in deren Wirkungsbereich die Endaufsplitterungen von FORELS Haubenfaszikeln liegen,

kommt es zu einem ipsiversiven Wenden (an Hand der Reizpunktatlanten der HESSschen Sammlung festgestellt).

Von dem *intermediären Ventralkern*, dem Endigungskern von FOREL's Haubenfaszikeln im Thalamus, gehen *Rindenprojektionen* zur Central-region aus. In diesem Ventralkern liegen einige Reizstellen noch am Rand gegen die innere Kapsel. Bei deren Interpretation ist es unwahrscheinlich, daß von einer Reizelektrode mit niedrigen Reizspannungen noch eine ausreichend große Zahl von Fasern der FOREL'schen Haubenfaszikeln in Erregung versetzt werden kann. Vielmehr ist anzunehmen, daß die Reizeffekte hier durch Erregung der *efferenten*, zur Rinde aufsteigenden *Projektionsfasern* des intermediären Ventralkerns zustande kommen, welche durch die Lamella lateralis und den Nucleus reticulatus thalami in die innere Kapsel eintreten. — Wendeeffekte im thalamischen Endigungsbereich von FOREL's Haubenfaszikeln kommen bei einer etwas höheren Reizspannung zustande, sie haben eine etwas längere Latenz und neigen dazu, den elektrischen Reiz zu überdauern. Ein ipsiversives horizontales Kreisen kommt aus diesen Gebieten mit den angewandten geringen Reizspannungen nicht zustande. Diese Effekte sind in den Originalprotokollen meist als „Abwendung“ oder „Abdrängung nach der Reizseite“ beschrieben worden.

Dorsal über dem intermediären Ventralkern liegen noch wenige Reizstellen, die ein besonderes anatomisch-lokalisatorisches Interesse haben. Sie können kaum FOREL'sche Haubenfaszikel oder seine Endaufsplitterungen erreicht haben. Die Hauptmasse der FOREL'schen Haubenfaszikel splittert sich unterhalb des Dorsalrandes des intermediären Ventralkerns auf. Darüber findet sich ein schmaler Streifen von staubförmigen Marchidegenerationen nur in einer kleinen Zahl von Experimenten, in denen die Unterbrechung der FOREL'schen Haubenfaszikel im Prätectum oder in der Thalamusbasis liegt. Die Bedeutung dieses „Marchistaubs“ wird S. 484 besprochen. Er befindet sich in einem strukturell deutlich unterschiedenen Kern, der in den Komplex der dorsalen Integrationskerne des Thalamus gehört. Die Tatsache, daß Reizstellen mit ipsiversivem Wendeeffekt in diesem Dorsalkern vorkommen, weist auf den bereits anatomisch vermuteten Tatbestand hin, daß über dem primären vestibulären Projektionskern, dem intermediären Ventralkern des Thalamus, noch ein Integrationskern liegt, der auch im Dienst des Vestibularissystems steht.

In den Horizontalebenen 349 und 362 (s. Abb. 9c) machen einige Reizstellen den ventralen Umweg um den Nucleus arcuatus nicht mit. Dieser Befund spricht dafür, daß ein Teil der FOREL'schen Haubenfaszikel dorsal vom Nucleus arcuatus ihrem Endigungsbezirk im intermediären Ventralkern zustrebt. Dieser Befund wird durch Marchi-Körnerreihen, z. B. in den Experimenten 318 und 350 (Abb. 4b; 3, II. Teil) bestätigt. Ob diese wenigen abzweigenden Faserbündel auch im äußeren Teil des intermediären Ventralkerns (V. im. e) oder nur im inneren (V. im. i) endigen, welcher die orale Grenze des Nucleus arcuatus bildet, kann nicht entschieden werden.

Das *Substrat* des wohl charakterisierten ipsiversiven Wendens ist nach den angeführten Experimenten und Elitefällen ein Faserbündel, welches in der Brückenhaube das dorsolaterale Haubenbündel bildet, in der vorderen Mittelhirnhaube etwas lateral und ventral von der mesencephalen Trigeminuswurzel ansteigt, im Bereich des Praetectum nach ventral und lateral umbiegt, dann durch den Centralkern des Thalamus hindurch verläuft und um die mediale Spitze des Nucleus arcuatus (= ventrocaudalis internus) einen Bogen nach ventral macht. Von dort steigt es nach dorsolateral auf, um sich im intermediären Ventralkern (Ventralis-intermedius) aufzuspittern. Von diesem Ventralkern gehen Rindenprojektionen zur Centralregion aus.

Durch gleichzeitige Erregungen anderer Systeme kann die Manifestation dieses ipsiversiven Wendeffektes verändert werden: So im Bereich der oralen Ventralkerne des Thalamus und etwas caudal von ihnen durch die gleichzeitige Erregung von *Raddrehungssubstraten*. — Besonders häufig werden im Bereich des Praetectum, wo FOREL's Haubenfaszikel nach ventral umbiegen, gleichzeitig *Senksubstrate*, die eindeutig in der Gegend der hinteren Commissur verlaufen, miterregt. Je nach der Entfernung der Reizstelle von den beiden Substraten überwiegt dann entweder das Senken oder das Wenden; alle Übergänge kommen vor von einem Senken mit Schlägen einer Backe auf den Boden und langsamer geringer Kopfwendung bis zu einem fließenden Wenden zur Reizseite mit geringfügig gesenktem oder leicht nach unten zuckendem Kopf. — Caudal von der Commissura posterior kann der Wirkungsbereich einer Reizstelle gleichzeitig mit FOREL's Haubenfaszikeln auch tectospinale Fasern bei ihrem Abstieg um das Höhlengrau des Aquädukts umfassen. Besonders bei wenig gedämpfter Stromform überwiegt dann oft der Blickwende-Impuls der tectospinalen Fasern zur *Gegenseite*. Gelegentlich aber entsteht ein Wettstreit zwischen ipsi- und kontraversiver Wendung, bei dem sich jedoch das Blicken zur Gegenseite meist auf die Dauer durchsetzt. — Im einzelnen sollen die Kombinationseffekte des ipsiversiven Wendens später besprochen werden. Sobald man den typischen Effekt der FOREL'schen Haubenfaszikel kennt, sind diese Kombinationseffekte relativ leicht zu analysieren.

Zusammenfassung

Aus der hirnbiologischen Sammlung von HESS wurden die reiz- und ausschaltungsbedingten Wendeffekte untersucht, um die zugeordneten neuronalen Substrate zu klären.

*Ipsiversive Wendungen sind die Reizeffekte von FOREL's Haubenfaszikeln einschließlich ihrer thalamischen Endigungen und von ihrem Vorläufer im Pons, dem *Fasciculus segmenti dorsolateralis*, wie zahlreiche Elitefälle und die Anordnung von 130 Reizstellen (in 4 horizontalen Diagrammen) ergeben.*

Reizungen der pontinen und mesencephalen Abschnitte dieses Neuronensystems haben eine ipsiversive Kopfwendung, die bald in eine fließende *Manegebewegung* übergeht, zur Folge, während aus den thalamischen Abschnitten des Neuronensystems in der Regel nur einfache Kopfwendungen ohne Blickwendungen zustande kommen.

Literatur

(Siehe II. Teil, dieses Arch. 194, S. 512 ff.)