(Aus dem hirnanatomischen Laboratorium der Landes-Irrenanstalt Wien).

Zur Kenntnis des Bindearmes, der Haubenstrahlung und der Regio subthalamica.

Von

Dr. M. PROBST

Vorstand des Laboratoriums.

(Hierzu Taf. VIIl. u. IX.)

Die verwickelten Faserverhältnisse der Regio subthalamica, sowie des Sehhügels sind durch die von mir beschriebene und systematisch angewendete Technik mit Hilfe der Methode der Markscheidenfärbung nach Marchi in schöner Weise klarzulegen¹⁾. Durch die experimentellen Versuche, sowie durch pathologisch-anatomische Fälle beim Menschen ist es mir gelungen, den Ursprung, die Verlaufsrichtung und die Endigung dieser Fasersysteme teils richtig zu stellen, teils neu gefundene Leitungsbahnen festzustellen, die in dieser ihrer Gesamtheit betrachtet und für die physiologische Erkenntnis des Gehirnes von Be-

¹⁾ Probst, Archiv f. Psych. u. Nervenkrankh., Bd. 33, H. I.

deutung sind. Die Hauptfaserung des Sehhügels besteht in den Sehhügel-Rindenfasern¹⁾ und den Rinden-Sehhügelfasern²⁾, durch welche dem Sehhügel in der Gehirnthätigkeit eine hervorragende Rolle zugesprochen werden muss.

Das Hauptcontingent von Fasern, das der Sehhügel von der Peripherie, d. h. von den caudalen Hirnpartien, erhält, sind die Schleifenfasern, und wie ich es vorweg nehme, die Bindearmfaserung.

Auf die übrigen von der Peripherie dem Sehhügel zuströmenden Fasern will ich hier nicht näher eingehen, da ich diese bereits öfters anderweitig sichergestellt habe.

Den Ursprung, Verlauf und das Ende der Schleifenfasern habe ich ebenfalls bereits genau beschrieben.

Im folgenden will ich hauptsächlich auf den Verlauf und die Endigung der Bindearmfasern beim Menschen eingehen. Während ich experimentell die Faserung des Bindearmes bereits in zahlreichen Arbeiten bezüglich des Ursprunges, Verlaufes und der Endigung festgestellt habe, wobei sich der Bindearm als ein Kleinhirn-Sehhügelbündel herausstellte, obliegt mir nur noch die Aufgabe, diese Verhältnisse auch beim Menschen in derselben Art nachzuweisen. Ich kann hier vorwegnehmen, dass die Faserverhältnisse des menschlichen Bindearmes vollständig den Faserverhältnissen des Bindearmes bei Hund, Katze und Igel gleichen.

Bevor ich in die Schilderung dieser von mir gefundenen Faserverhältnisse eingehe, will ich noch kurz die bisherigen Anschauungen über den Bindearm wiedergeben.

Obersteiner³⁾ schildert den Bindearm in seinem Lehrbuche, dass fast alle Fasern des Nucleus medullaris corporis dentati aus dem Hilus in den Bindearm treten und dessen wichtigsten, (intraciliaren) Bestandteil bilden. Der Bindearm führt aber auch extraciliare Fasern aus dem Vliesse, dem Akusticusgebiete, dem Dachkerne und vielleicht auch einige wenige aus der Kleinhirnrinde, namentlich dem Wurme. Sobald sich die Bindearmfasern zu einem Bündel gesammelt haben, liegt dieses an der medialen Seite des Strickkörpers. Im seitlichen Winkel

¹⁾ Probst, Zur Anatomie u. Physiologie des Sehhügels, Monatsschr. f. Psych., 1900, u. Arch. f. Psych., Bd. 33, H. 3.

Probst, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. XIII, 1898.

Probst, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd., XV, 1899.

Probst, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. XVII, 1900.

Probst, Pathol., anatom. und physiol.-anat. Untersuchungen des Sehhügels. Arch. f. Psych., Bd. XXXIII, H. 3.

²⁾ Probst, Ueber den Verlauf u. die Endigung der Rinden-Sehhügelfasern des Parietallappens. Arch. f. Anat., 1901.

Probst, Ueber die Rinden-Sehhügelfasern der Sehsphäre. Arch. f. Psych., Bd. 35, 1901.

Probst, Ueber die Rinden-Sehhügelfasern des Temporallappens. Arch. f. Anatom., 1901.

Probst, Ueber die Rinden-Sehhügelfasern der motor. Zone. Jahrb. f. Psych., 1901.

³⁾ Obersteiner, Nervöse Centralorgane, Wien 1896.

der Rautengrube, knapp unter dem Ependym, schliesst sich dem Bindearme ein leicht abzufaserndes Bündel an, das cerebralwärts bis zum Locus coeruleus verfolgt werden kann und mit ihm jedenfalls in Zusammenhang steht; dies geht daraus hervor, dass man zahlreiche versprengte, pigmentierte Zellen in diesem Bündel vorfindet, welche spindelförmig meist der Faserrichtung entsprechend gelagert sind (laterales Längsbündel des Daches vom vierten Ventrikel).

Wenn die Bindearme aus der Substanz des Kleinhirns ausgetreten sind und von aussen sichtbar convergierend gegen die Vierhügel hinziehen, werden sie bald von der Seite her durch die laterale Schleife bedeckt; ferner zeigen sie das Bestreben, ventralwärts und gegen die Mittellinie zu rücken, bis sie etwa unter dem vorderen Dritteile der hinteren Vierhügel die Kreuzung beginnen; diese ist gerade unter der Mitte der vorderen Vierhügel am ausgebildetsten. Jedenfalls kreuzt sich hier der grösste Teil der Bindearmfasern; es ist aber sehr möglich, dass im Bindearm auch Fasern vorhanden sind, welche sich an der Decussation nicht beteiligen. Auch sollen im hinteren Winkel der Kreuzung Commissurenfasern zwischen beiden Kleinhirnhemisphären, respective zwischen Ursprungsgebieten des Nervus acusticus vorhanden sein (Mendel, v. Bechterew).

Nachdem sich die Bindearme gekreuzt haben, ziehen sie als kreisrunde Stränge (weisser Kern der Haube) eine kurze Strecke weiter cerebralwärts, schwellen aber jederseits bald durch Einlagerung kleiner pigmentierter Ganglienzellen zu einer am Querschnitte ebenfalls rundlichen Masse an, die im frischen Zustande leicht bräunlich gefärbt ist, dem roten Kern. Die genaueren histologischen Verhältnisse des roten Kernes bedürfen noch sehr einer eingehenderen Untersuchung. Aus dem roten Kerne treten die Fasern in der Weise aus, dass sie sich schon innerhalb des Ganglions zu kleinen Faserbündeln sammeln, wodurch dieses bei schwacher Vergrösserung ein eigentümlich gestreiftes oder punktiertes Aussehen erlangt. Es ist anzunehmen, dass ein Teil der Bindearmfasern den roten Kern ohne Unterbrechung durchzieht.“

„Es ist nicht leicht möglich, sich eine klare, überzeugende Anschauung von dem weiteren Schicksale der aus dem roten Kerne austretenden Fasern zu verschaffen. Am wahrscheinlichsten ist es, dass, wie dies Forel beschreibt, diese Fasern sich meist in dem ventralen Teile des Thalamus opticus verlieren; aber auch zur Grosshirnrinde, besonders zu den Centralwindungen (Flechsig und Hösel) und zum Linsenkern ziehen vielleicht solche Fasern. Da der Bindearm nach Zerstörung einer Kleinhirnhemisphäre vollständig degeneriert (Ferrier und Turner), so darf man sich eher der Anschauung hingeben, dass seine Fasern wenigstens grösstenteils im Kleinhirn entspringen und cerebralwärts leiten, obwohl auch gegenteilige Erfahrungen vorliegen.“

Maheim nahm an, dass die Bindearme im roten Kerne entspringen und im Corpus dentatum und in der Kleinhirnhemisphäre enden. Kölliker stellt sich auf den Standpunkt, dass Bindearm, Brückenarm und Corpus restiforme beiderlei Fasern, solche, die zum Kleinhirn hinleiten, und solche, die von dort weggleiten, in gleicher Menge enthalten müssen.

Kölliker¹⁾ giebt an, die Bindearme entspringen aus dem Marke des Corpus dentatum und nehmen auch Elemente der extraciliaren Fasern und der Rinde auf. Verfolgt man die Bindearmkreuzung bis zum Auftreten des roten Kernes beim Menschen, so gewinnt man, wie dies auch Forel ausspricht, die Ueberzeugung, dass die Kreuzung eine totale ist. Besonders beweisend in dieser Beziehung sollen Flächenschnitte sein, die einen Uebergang aller Bindearmbündel von einer Seite auf die andere ergeben. Durch die Bindearmkreuzung und durch das Auftreten des roten Kernes wird die Hauptmasse der Haubenfasern nach der Seite und dorsalwärts verschoben. Doch ist sicher, dass auch im roten Kerne und im gekreuzten Bindearme Haubenfasern erhalten bleiben. Vor allem bestehen diese aus Bogenfasern, die in der zwischen beiden roten Kernen vorhandenen und nach der Bindearmkreuzung neu sich entwickelnden Rapho die Meynert'sche und Forel'sche Haubenkreuzung bilden.

Indem der rote Kern in dem gekreuzten Bindearme an Grösse zunimmt, zeigt sich, dass an demselben eine oberflächliche weisse Markschicht auftritt, die besonders an der medialen und dorsalen Seite gut entwickelt ist, über deren Herkunft eine Entscheidung nicht leicht sich geben lässt. Dieselbe könnte von der Substantia reticularis der Haube abstammen oder von Bindearmfasern oder vom hinteren Längsbündel. Auch hier geben Flächenschnitte die beste Auskunft und lehren, dass die genannte Markschicht sicherlich ganz vorwiegend aus Bindearmfasern besteht, die gleichsam einen Mantel um die Hauptmasse des roten Kernes bilden.

Wie verhalten sich nun die Bindearmfasern nach dem Auftreten des roten Kernes? Treten dieselben einfach durch den roten Kern hindurch oder erleiden sie in demselben eine Unterbrechung durch Zellen? Enden die Bindearmfasern im roten Kerne mit freien Verästelungen oder entspringen dieselben in ihm von Zellen? Im ersteren Falle müsste man weiter annehmen, dass die von den Zellen des roten Kernes entspringenden Fasern cerebralwärts verlaufen, während im zweiten Falle von höheren Teilen im roten Kerne endende Fasern vorkommen müssten. Die Beobachtung von Horizontalschnitten lehrt nach Kölliker, dass sicher eine sehr grosse Zahl von Bindearmfasern den roten Kern einfach durchsetzen und lateralwärts von demselben weiter ziehen, auf der anderen Seite dagegen ist es nicht leicht zu sagen, ob nicht auch Fasern im roten Kerne ihr Ende erreichen

¹⁾ Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, Leipzig 1896.

und welche Bedeutung die Zellen des roten Kernes haben, d. h. wohin die Nervenfasern ziehen, die von denselben entspringen.

Nach Martin geben auch die Fasern des Bindearmes vor und nach der Kreuzung Collateralen an die *Formatio reticularis* der Haube und auch in den roten Kern ab.

Forel wies 1881 bei einem Kaninchen, dem er neben anderen Teilen den rechten Bindearm durchschnitten hatte, eine vollständige Atrophie der Fasern des Bindearms bis jenseits der Kreuzung derselben und eine Atrophie des hinteren Abschnittes des roten Kernes der linken Seite nach.

Gudden kam zu demselben Resultate, nachdem er einem neugeborenen Kaninchen die eine Kleinhirnhemisphaere entfernt hatte.

S. Vejas¹⁾ erklärte infolge von Exstirpation einer Kleinhirnhälfte bei der Ratte seine Übereinstimmung mit Forel's Befunden, ohne Näheres über die vorgefundene Atrophie des roten Kernes zu melden.

Marchi²⁾ fand bei Affen und Hunden, denen Luciani das Kleinhirn ganz oder teilweise entfernt hatte, dass die Bindearme sich nicht vollständig kreuzen, vielmehr ein Bündelchen auf derselben Seite bleibe und zum Sehhügel gehe. Das gekreuzte Bündel gehe zum roten Kern der anderen Seite und stehe vor allem mit dem gezahnten Kern, aber auch mit den übrigen Teilen der grauen Substanz des Kleinhirns in Verbindung.

Mingazzini³⁾ sah bei einem Hunde, bei dem die rechte Hemisphaere des Kleinhirns ganz und ein Teil des rechten Wurmes entfernt war, den Bindearm ganz geschwunden und den roten Kern der linken Seite zellenärmer und zwar vor allem in seinem hintersten Abschnitte, doch waren auch hier noch einige Zellen zu sehen.

Maheim⁴⁾ fand nach Durchseheidung des Bindearmes einer Seite beim Kaninchen, dass ein kleinzelliger an der lateralen Seite des roten Kernes gelegener Kern keine Beziehungen zum Bindearm habe, ebenso auch nicht der vordere kleinere Teil des eigentlichen Nucleus ruber und eine gewisse Menge von Zellen in den beiden anderen Abschnitten des Kernes. Von diesen Elementen lässt Maheim einen nicht gekreuzten, sehr bedeutenden Teil des Bindearmes entspringen. Der mittlere, grössere Teil des roten Kernes besteht beim Kaninchen vorzugsweise aus kleineren und mittelgrossen Zellen, deren Fortsätze einen grossen Teil des entgegengesetzten Bindearmes bilden. Vorher gehen dieselben aber der Substantia reticularis zahlreiche Collateralen ab. Der hinterste Abschnitt

¹⁾ Vejas, Archiv f. Psych. XVI. 1885.

²⁾ Marchi, Pubblicazioni d. R. Ist. di studi sup. in Firenze. 1891.

³⁾ Mingazzini, Ric. f. n. Labor. d. Univ. di Roma Vol. IV.

⁴⁾ Maheim, Recherches sur la structure anatomique du noyan rouge et ses connexions avec le pédoncule cérébelleux supérieur Bruxelles 1894.

des roten Kernes besteht vorwiegend aus grossen Zellen, die ihre Fortsätze in den gekreuzten Bindearm senden.

Kölliker nimmt nun auf Grund dieser experimentellen Arbeiten an, dass ein Teil der Bindearmfasern im roten Kern entspringt und kleinhirnwärts verläuft. Ein bedeutender Teil der Bindearmfasern entspringt im kleinen Gehirn. Kölliker glaubt entgegen von Maheim und Marchi nicht an ein ungekreuztes Bündel.

Ramón fand, wenn die Windungen einer Hemisphaere des Kleinhirns fast ganz exstirpiert waren, beiläufig die Hälfte der Fasern des Bindearmes entartet und erklärt es aus diesem Grunde als sehr wahrscheinlich, dass die grosse Mehrzahl, wenn nicht alle Fasern des Bindearmes von Purkinje'schen Zellen entspringen.

In Betreff des roten Kernes des Menschen mangeln bestimmte, pathologische Erfahrungen, die über seinen feinsten Bau Aufschlüsse geben.

Monakow, Maheim¹⁾, Flechsig, Hösel²⁾, Dejerine³⁾ und Witkowsky⁴⁾ sahen Atrophien des roten Kernes im Zusammenhange mit Rindenerkrankungen des Grosshirns, die aber keine bestimmten Schlüsse über die Beziehungen des roten Kernes geben.

Dejerine beschreibt einen Fall, der bestimmt eine Ausstrahlung des roten Kernes in die Hirnrinde beweisen soll.

Kölliker gesteht sich ferner selbst die Schwierigkeit ein, die Cerebello-Cerebralfasern zu verfolgen. Aus der lateralen Seite des roten Kernes verläuft eine grosse Anzahl von Fasern cerebralwärts, deren Herkunft vorläufig in keiner Weise mit Sicherheit zu bestimmen ist, von denen mit anderen Worten nicht zu sagen ist, wie viele derselben aus dem Bindearme, wie viele aus der Haube (den Bogenfasern und den Längsbündeln derselben) abstammen. „Somit bleibt für einmal nichts übrig, als den Verlauf und das weitere Verhalten dieser Elemente zu verzeichnen und genaue Deutungen der Zukunft vorzubehalten.“

Bezüglich der weiteren Faserung schliesst sich Kölliker den Ausführungen Forel's an. Schon in den Gegenden, wo der rote Kern noch sehr gut ausgebildet und gross ist, entwickelt sich von der lateralen Seite desselben ein Faserbündel H von Forel, welches im weiteren Verlaufe an Fasermenge und Dichtigkeit zunimmt, nach und nach in zwei Teile sich spaltet, einen dorsalen Teil H₁ von Forel, welcher in die Basalteile des Sehhügels und in die äussere Marklamelle eintritt und einen ventralen Abschnitt H₂ von Forel, der zum Teil am

¹⁾ Neurolog. Centralblatt 1890.

²⁾ Compl. rend. de la société de Biologie 1895.

³⁾ Arch. f. Psych. Bd. XIV.

⁴⁾ Arch. f. Psych. Bd. 25. H. 2.

lateralen Rande des Corpus Luysii in den Hirnstiel sich einseckt, zum Teil der Capsula interna direct sich anschliesst.

Im weiteren Verlaufe trennen sich nun die beiden Bündel H₁ und H₂, die Kölliker als Haubenbündel des Sehhügels und als Haubenbündel des Linsenkerns bezeichnet. Da, wo die letzten Reste des Corpus Luysii sich finden, und selbst schon früher zieht sich das Bündel H₂ medianwärts in eine Spitze aus, welche an der lateralen Seite des Vieq d'Azyr'schen Bündels gelegen, in der Richtung gegen das Corpus mamillare verläuft. Wo dieses und auch das Corpus Luysii verschwunden sind, wird diese Spitze immer deutlicher und zieht nun an der medialen Seite der Columnae fornicis weiter gegen das Tuber cinereum herab. Forel liess diesen Ausläufer des Bündel H₂ in das Tuber cinereum einstrahlen, Kölliker rechnet dieses Bündelchen zum Haubenbündel des Corpus mamillare.

Lateralwärts zieht das Bündel H₂ gerade gegen den lateralen Rand des Corpus Luysii, erreicht dessen dorsales Mark und verschmilzt mit demselben. Hierauf biegt das Bündel, in einige Unterabteilungen zerklüftet, um das Corpus Luysii herum, in den Randteil des Hirnschenkelfusses hinein, an der Uebergangsstelle desselben in die innere Kapsel und zerteilt denselben in senkrechte Blätter, in derselben Weise, wie dies weiter medianwärts durch Fasern aus dem Luys'schen Körper geschieht.

Sobald der Luys'sche Körper geschwunden ist, übernimmt das Feld H₂ die Rolle desselben und zerklüftet nun in derselben Weise das Wenige, was vom Hirnschenkel noch nicht in die innere Kapsel übergegangen ist. Endlich verschwindet auch der Fortsatz, den das Bündel H₂ medianwärts abgibt und verliert sich das Bündel als besondere Bildung, indem dasselbe mit der Linsenkernschlinge sich vereint oder diese an seine Stelle tritt, während zu gleich an die Stelle des früheren Hirnschenkelfusses das medialste Glied des Globus pallidus des Linsenkerns tritt. Das Feld H₁ verschwindet im allgemeinen früher als scharf begrenzte Bildung, lässt sich aber nach dem Schwinden des Luys'schen Körpers immer noch erkennen und stellt eine an der Basis des Sehhügels befindliche, etwas dickere Fortsetzung der äusseren Marklamelle des Sehhügels dar.

Edinger¹⁾ giebt über die Bindearme an, dass sie ihren Ursprung im Kleinhirn nehmen und im roten Kern endigen.

Held sowie Ramón y Cajal nehmen an, dass die Fasern des Bindearms teils im Corpus dentatum, teils im roten Kern entspringen.

Russel²⁾ fand nach Entfernung einer Kleinhirnhälfte Degeneration des gleichseitigen Bindearms zum entgegengesetzten roten Kern und Sehhügel.

¹⁾ Edinger, Nervöse Centralorgane, 1896, Leipzig.

²⁾ Russel, Proceed. of the Royal Society, Vol. 61.

Ebenso fanden, wie schon erwähnt, Ferrier und Turner¹⁾ im Anschluss an partielle und totale Kleinhirnerstörung Degeneration des Bindearmes. Faserschwind im Gebiete des gegenüberliegenden roten Kernes und Atrophie der Bahnen dieses Kernes zum Sehhügel. Wie diese Bahn sich zur Hirnrinde fortsetzt, vermochten sie nicht zu ermitteln.

Thomas²⁾ lässt nach seinen Degenerationsbefunden einen grossen Teil des Bindearmes im roten Kern endigen, doch verlaufen die Degenerationen noch über diesen Kern hinaus im Gebiete der inneren Kapsel bis zur Höhe der Sehhügel, wo sie vor allem an dem centralen Kern Monakow's, aber auch an dem hinteren Teil des Nucleus medianus von Monakow Halt machen. Der vordere Kern soll keine, der mediale Kern von Luys soll einige Fasern des Bindearmes aufnehmen.

Nach Klimow enthält der Bindearm nur Fasern, die äusserlich dem gezaknten Kern entstammen. Die Bindearme kreuzen sich vollständig und endigen im gegenüberliegenden roten Kern, ohne die Grenze dieses Kernes cerebrälwärts zu überschreiten. Eine Anzahl Fasern gelangt in beide Oculomotoriuskerne.

Ich³⁾ habe alle diese Faserverhältnisse in mehreren Abhandlungen experimentell bearbeitet und bin diesbezüglich zu ganz definitiven Ergebnissen gelangt, die in vielen Punkten den Verlauf und die Endigung der obigen Bündel feststellen.

In einem Falle von Tumor in der Brücke, der Kleinhirnhemisphäre und eines kleinen Abscesses im Schläfelappen beschrieb C. Mayer⁴⁾ die degenerierten Bahnen und stellte fest, dass ein beträchtlicher Teil des Bindearmes den roten Kern einfach durchzieht.

Untersuchungen über isolierte Degeneration eines Bindearms beim Menschen sind bisher mit den neuesten Hilfsmitteln noch nicht durchgeführt worden.

Forel⁵⁾ brachte die grundlegenden Arbeiten über die Regio subthalamica und wies mit Laufer nach, dass nach Durchschneidung eines Bindearms die Ganglienzellen des gegenüberliegenden roten Kernes degenerieren. In der Folge nahm man im Gegensatz zu Meynert an, dass die Bindearmfasern den Ganglienzellen des roten Kernes entstammen und im Kleinhirn endigen, und dass directe Verbindungen zwischen Bindearmfasern und Grosshirn nicht bestehen.

Monakow⁶⁾ fand nach Abtragung des Parietallappens bei der Katze, wobei der Sehhügel mit ladiert war, eine mässige

1) Ferrier u. Turner, Philos. Trans. Vol. 185. 1894.

2) Thomas, Le cervelet, Paris 1897.

3) Probst, Experimentelle Untersuchungen über die Schleifenendigung, die Haube-bahnen etc. Arch. f. Psych., Bd. 33, H. 1.

Probst, Zur Anatomie u. Physiologie des Kleinhirns. Arch. für Psych. 1901.

4) Mayer, Jahrbücher f. Psychiatrie 1892.

5) Forel, Archiv f. Psychiatrie Bd. 7.

6) Monakow, Archiv f. Psych. Bd. 27.

Atrophie des gekreuzten Bindearms, während er beim Kaninchen nach Abtragung einer ganzen Hemisphäre an den Bindearmen keine Veränderung nachweisen konnte. Beim Hunde mit Defect einer Hemisphäre zeigte sich Faserschwund im lateralen Mark des roten Kerns, leichte Atrophie der Ganglienzellen des roten Kerns secundäre Atrophie im gekreuzten Bindearm. Dasselbe fand Maheim in seinem Falle von porencephalischem Grosshirndefect, sowie auch Monakow in mehreren Fällen.

Monakow schloss daraus, dass der Bindearm auch vom Grosshirn der gekreuzten Seite im allgemeinen abhängig ist, aber nicht direct, sondern indirect durch die graue Substanz in der Haube vermittelt.

Aus den experimentellen Befunden von Forel-Laufer und Gudden schloss Monakow, dass Bindearmfasern aus den Ganglienzellen des roten Kerns ihren Ursprung nehmen und im Kleinhirn endigen. Damit sei aber noch nicht ein Beweis erbracht, dass nicht auch Bindearmfasern über den roten Kern hinaus in capitaler Richtung ziehen, und dass sich hier nicht, ähnlich wie im Stabkranz, in entgegengesetzter Richtung und neben einander verlaufende Fasern verschiedenen Ursprungs vorfinden. Nach Durchschneidung des Bindearms beim Hunde konnte Monakow die Bindearmdegeneration nicht nur in den gekreuzten roten Kern verfolgen, sondern über diesen hinaus in die Regio subthalamica und die ventralen Sehhügelabschnitte.

Cramer¹⁾ fand nach Kleinhirndefect beim Menschen neben Entartung des Bindearms und des gekreuzten roten Kerns noch Atrophie des Pulvinars.

Monakow fand nach umfangreichen Defecten des Parietallappens bei Mensch und Tier Atrophie in den Faserfascikeln innerhalb des roten Kerns und im lateralen Mark des letzteren, und namentlich in mehr frontal gelegenen Ebenen des roten Kerns. Daraus schliesst Monakow, dass die internucleären Fascikeln des roten Kerns sowie ein Teil der Faserung des lateralen Marks Fasern mit sich führen, die höchst wahrscheinlich Fortsetzungen von Bindearmfasern sind und zwar von Bindearmfasern, welche über die Ganglienzellen des roten Kerns hinausgehen, um wahrscheinlich weiter oben in der Haubenregion blind zu endigen. Letztere Fasern dürften nach Monakow in den Zellen des Kleinhirns ihren Ursprung nehmen.

Monakow nimmt also centripetal und centrifugal verlaufende Fasern im Bindearm an; ein directer Uebergang von Bindearmfasern in das Grosshirn ist nach Monakow auch für den Menschen sicher zu verwerfen.

Die Regio subthalamica wurde bekanntlich von Forel in das dorsale Mark, die Zona incerta und den Luys'schen Körper gegliedert.

¹⁾ Cramer, Ueber Kleinhirnatrophie. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. 48.

Das dorsale Mark stellt ein mächtiges, aus zahlreichen sagittal verlaufenden Bündelchen zusammengesetztes, gegen die Fascikel des ventralen Sehhügelkerns schlecht abgegrenztes Feld dar, welches nach Monakow u. A. aus der ventralen Haubenkreuzung, sowie aus der sogen. Haubenstrahlung sich entwickelt und in frontaler Richtung vor allem die äussere Marklamelle in sich schliesst. Aus diesem Felde sieht man successive kleine Bündel sich abspalten und innerhalb des Graus der ventralen Kerne, namentlich des Kernes vent. a sich zerstreuen. Aus dem Linsenkern stammende Fasern ziehen beim Hunde nur vereinzelt durch den Hirnschenkelfuss in das dorsale Mark und ohne eine deutliche Schlinge im Sinne der menschlichen Linsenkernschlinge zu bilden.

Die *Zona incerta* bildet die ventrale Partie der *Regio subthalamica* und liegt zwischen Hirnschenkelfuss und äusserer Marklamelle. Sie besteht nicht nur aus Marksubstanz, sondern auch aus zahlreichen Ganglienzellen von wechselnder Form.

Der *Luys'sche Körper* zeigt bei Tier und Menschen grosskalibrige, multipolare Ganglienzellen und nimmt Fasern in sich auf, die den *Pedunculus* quer durchsetzen und zeigt eine dorsale dünne Markkapsel.

Von den übrigen Teilen der *Regio subthalamica* kommen noch die *Meynert'sche Commissur* wie die *Forel'sche* oder *Ganser'sche Kreuzung* in Betracht.

Monakow zerlegt die Haubenstrahlung einerseits in das laterale und frontale Mark des roten Kerns und andererseits in die Schleifenschicht.

Als *Forel'sche Haubenfascikel* bezeichnet Monakow ein Feld in den vorderen Schnittebenen durch den vorderen Zweihügel lateral vom hinteren Längsbündel und dem *Meynert'schen Bündel*. Sie werden durch Fasern aus dem tiefen Vierhügelmark mehrfach gekreuzt und zerklüftet und beherbergen in den Zwischenräumen etwas graue Substanz. Als *ventrales Mark* des roten Kernes bezeichnet Monakow ein Feld, das aus feinen sagittal verlaufenden Fascikeln besteht und ventral vom roten Kern liegt; die Bündelchen durchsetzen teils die Wurzeln des *Oculomotorius*, teils die Fasern der ventralen Haubenkreuzung.

Während das ursprüngliche Schleifenfeld im ventralen Sehhügel sich erschöpft, sieht man nach Monakow, dass die dem roten Kern dicht lateral anliegenden Bündel, die in den caudalen Ebenen durch einen Streifen grauer Substanz von dem Schleifenfeld getrennt sind und die Monakow als *laterales Mark* des roten Kernes bezeichnet, frontalwärts successive durch neuen und zweifellos in den roten Kern hinstrebenden der äusseren Marklamelle entstammenden Faserzuwachs verstärkt werden. Dadurch wird das laterale Mark des roten Kerns, *Ba th* von *Forel*, Haubenstrahlung von *Flechsig*, in frontaler Richtung stetig breiter und erreicht etwa im vorderen Drittel des roten Kerns die grösste Ausdehnung. In diesen Ebenen wendet sich

auch die Fasermasse in breiten Zügen lateralwärts, sei es, um in die innere Capsel überzugehen, sei es, um ebenfalls in die ventralen Kerngruppen des Sehlügels einzudringen und hier zu endigen. An den Stellen, wo sich die Fasern zu zerstreuen beginnen, schiebt sich graue Substanz, dem Kern vent. b. angehörend, zwischen die Fascikel ein. Und selbst nach dem Verschwinden des roten Kerns sieht man noch Fasern, wenn auch in schmälere Zügen, in der genannten Richtung einstrahlen; letztere über den roten Kern hinausgehende Strahlung bezeichnet Monakow als frontales Mark des roten Kerns; diese Strahlung, wie auch das laterale Mark des roten Kerns ist von der Schleifenstrahlung wohl zu trennen.

Ich stimme vollkommen Monakow bei, wenn er sagt, dass die Fortsetzung des lateralen Marks des roten Kerns nach vorn als besonderes Feld H abzugrenzen und aus diesem das Feld H₂ hervorgehen zu lassen, unstatthaft ist, wie dies Forel that. Monakow hat vollständig Recht, wenn er behauptet, dass es sich nicht mit Deutlichkeit feststellen lasse, dass das Feld H₂ anfangs zur Strahlung des roten Kerns gehört und sich später frontalwärts von diesem abtrennt.

Das laterale Mark des roten Kerns hängt nach Monakow wahrscheinlich mit dem Parietallappen zusammen, jedoch nicht in dem Sinne, dass alle oder die meisten bezüglichen Fasern als Fortsetzungen der Rindenzellen zu betrachten wären. Wahrscheinlich endigen viele der Fasern blind in der Umgebung des roten Kerns; manche mögen aber weiter ziehen und sich vielleicht nach Monakow auch an der Bildung des Bindearms, der nach Monakow durchaus nicht ausschliesslich aus den Ganglienzellen des roten Kerns hervorgehen kann, sich beteiligen. Zweifellos handelt es sich bei der Haubenstrahlung um Fasermassen von sehr verschiedener Bedeutung, ein Anteil entstammt nach Monakow wohl sicher direct dem Grosshirn und durchzieht die innere Capsel, es sind das solche Fasern, die nach Hemisphärendefect resorbiert werden. Dieselben würden sich an der Bildung der äusseren Marklamelle beteiligen. Ausserdem müssen aber mit Bestimmtheit Fasermassen angenommen werden, die caudalwärts herkommen und die in ventralen Sehlügelabschnitten und in der Haubengegend blind endigen, namentlich die das dorsale und ventrale Mark des roten Kerns bildende Faserung. Diese Fasern würden mit dem Grosshirn in eine directe Beziehung nicht treten.

Die Linsenkernschlinge teilt Monakow in drei Anteile. Ein dorsaler Anteil, ein mächtiges Bündel, welches anscheinend aus dem Putamen kommt, den Pedunculus in breiten Zügen quer durchbricht und in die dorsale, aus horizontal verlaufenden Fasern sich zusammensetzende Capsel des Luys'schen Körpers übergeht. Diese Capsel nimmt frontalwärts an Mark zu und zieht über den Luys'schen Körper hinaus als dickes Bündel, das Feld H₂ von Forel, um sich in mehr frontal gelegenen

Ebenen der Faserung des inneren Sehhügelstieles anzuschliessen. Nach Monakow wäre an die Möglichkeit zu denken, dass es sich hier um Fasern handeln würde, welche in der Mehrzahl, ohne mit dem Luys'schen Körper in engere Beziehung zu treten, den Linsenkern mit den vorderen und ventralen Partien des Sehhügels, sowie mit dem Tuber cinereum verbinden würden.

Der zweite mittlere Anteil der Linsenkernschlinge kommt aus dem Linsenkern (Putamen) und durchbricht ebenfalls den Hirnschenkelfuss und gelangt in den ventralen Abschnitt des Luys'schen Körpers.

Der ventrale Anteil der Linsenkernschlinge stammt aus allen Gliedern des Linsenkerns, die sich diesem ventral anlegt und teilweise mit dem Tractus opticus verschmilzt. Er umkreist mit einem mächtigen Anteil den Hirnschenkelfuss medial und zieht in die vordersten ventralen Anteile des Sehhügels (lateralen Kern und Tuberculum anterius). Diese Fasern mischen sich mit denen des dorsalen Anteils und sind schwer zu trennen. Dieser Faserzug ist die Hirnschenkelschlinge.

Auf Grund zahlreicher experimenteller Untersuchungen¹⁾, sowie auf Grund pathologisch-anatomischer Fälle ist es mir gelungen, die Faserung des Bindearmes ganz genau festzustellen.

An der Hand der beigegebenen Photogramme, in denen die Bindearmfasern rot eingezeichnet sind, ist der bisher unbekannte Verlauf der Bindearmfasern leicht zu überblicken und der Anteil der Bindearmfasern an der Regio subthalamica resp. deren dorsalen Mark zu sehen.

Die Schnitte stammen von einem Fall, wobei ein Bindearm isoliert erweicht war. Der Hirnstamm wurde auf lückenlosen Serienschnitten, die mit Osmiumsäure nach Marchi behandelt waren, untersucht.

Die Schnitte wurden in einer lückenlosen Frontalschnittserie angelegt.

Sämtliche Fasern degenerieren im Bindearm in der Richtung zum gegenüberliegenden roten Kern.

Wir haben oben gesehen, dass die Meinungen der verschiedenen Autoren über den Verlauf des Bindearmes, sowie über die Faserung der Regio subthalamica sehr weit auseinandergehen. Mit Hilfe der Marchi'schen Methode ist aber der Verlauf der Bindearmfasern in der Regio subthalamica ganz genau festzustellen.

Der gröbere Verlauf der Bindearmfasern bis zur Kreuzung ist ein ziemlich bekannter. Ueber den genaueren Ursprung und Verlauf des Bindearms bis zur Bindearmkreuzung werde ich weiter unten zu sprechen kommen.

Zunächst muss ich auf Grund meiner Untersuchungen feststellen, dass wohl die grosse Masse der Fasern des Bindearmes

¹⁾ Probst, Zur Anatomie u. Physiologie des Kleinhirns. Arch. f. Psych. 1901.

die Kreuzung in der hinteren Zueihügelgegend eingeht, dass aber doch eine allerdings geringe Anzahl von Fasern diese Kreuzung nicht eingeht, sondern zum gleichseitigen roten Kern ziehen, von wo aus sie denselben Verlauf nehmen, wie die gekreuzten Fasern.

Diese ungekreuzten Fasern unterscheiden sich aber von den die Bindearmkreuzung eingehenden Fasern durch ihren Ursprung. Jene Fasern, welche die Bindearmkreuzung nicht eingehen, entspringen hauptsächlich aus dem gegenüberliegenden Dachkern im Kleinhirn; es sind also diese Fasern eigentlich ebenfalls gekreuzte, nur kreuzen sich diese nicht in der Bindearmkreuzung, sondern schon im Kleinhirn¹⁾.

Diese Fasern nun, welche die Bindearmkreuzung nicht eingehen, gelangen in die mediale Seite der Markmasse des roten Kernes, verlaufen durch diese nach Abgabe von Collateralen hindurch, kommen in das dorsale Mark der Regio subthalamica und endigen mit Aufsplitterungen zwischen innerer und äusserer Marklamelle im ventralen Sehhügelkerne vent. a und teilweise in med. b.

Ueber den Sehhügel hinaus reicht keine einzige dieser Fasern, sondern alle splittern sich im ventralen Sehhügelkern proximal vor der Schleifenendigung auf.

Die Zahl dieser ungekreuzten Fasern ist eine sehr geringe. Ich bringe von diesen nicht die Photogramme wegen der Kostspieligkeit der Wiedergabe und weil die Fasern ganz ähnlich in der Regio subthalamica und im Sehhügel verlaufen, wie jene Fasern, welche die Bindearmkreuzung eingehen.

Die grosse Masse der Bindearmfasern geht die Bindearmkreuzung ein und gelangt in den gegenüberliegenden roten Kern. Wenn wir einen Frontalschnitt nach Marchi betrachten, der nach vollendeter Bindearmkreuzung durch den roten Kern (RK), den austretenden Oculomotorius (III), den Hirnschenkelfuss (p), den äusseren Kniehöcker (aK) und den hier eben einstrahlenden Tractus opticus (II) gefällt ist, so sehen wir in dem Photogramme der Figur 1 die Bindearmfasern oder des Kleinhirn-Sehhügelbündels (KTh) in der rot eingezeichneten Weise verlaufen.

Der rote Kern ist dicht von den Bindearmfasern durchzogen; im medialen Teile verlaufen diese Bindearmfasern in mehr sagittaler Richtung; in den lateralen Partien des roten Kernes nehmen die Fasern eine mehr lateral nach vorne gerichtete Verlaufsweise.

Wir sehen hier, dass die grösste Zahl der Markfaserbündel, die im roten Kern medial und lateral davon gelegen sind, den Bindearmfasern angehören.

¹⁾ Probst, Experimentelle Untersuchungen über die Hauberstrahlung. Arch. f. Psych. Bd. 33, 1.

Im Verhältnis zur Schleifenbahn liegen also, wie aus dem Photogramme ersichtlich ist, die Bindearmfasern mehr dorsal und mehr medial.

In den dorsalen Partien des roten Kernes der Figur 1, wo normaler Weise wenig Markfasern, sondern meist graue Substanz gelagert ist, finden wir auch nur spärliche Bindearmfasern.

Lateral nehmen die Bindearmfasern in Figur 1 einen ähnlichen Verlauf wie die Schleifenfasern und lassen sich von diesen nur durch die Marchimethode bei isolierter Zerstörung des Bindearms, wie in diesem Falle, trennen.

In die Zona incerta kommen Bindearmfasern nicht zu liegen.

Einzelne wenige Fasern sehen wir in Figur 1 dorsalwärts zur hinteren Commissur verlaufen, in welcher einzelne Bindearmfasern auf die andere Seite gesendet werden, wo sie nach kürzestem Verlaufe endigen.

Im medialen Teile des roten Kernes sehen wir die Oculomotoriuswurzeln mitten durch die sagittal verlaufenden Bindearmfasern (K Th) sich hindurchwinden.

Im lateralen Verlaufe vom roten Kern streben die Bindearmfasern die ventralen Sehhügelkerne an. Dieser Verlauf entspricht also schon dem lateralen Mark des roten Kernes nach Monakow, der Haubenstrahlung von Flechsig.

In frontaleren Schnitten verlaufen die Bindearmfasern so, wie es das Photogramm der Figur 2 zeigt. Es ist das ein Frontalschnitt vor dem äusseren Kniehöcker, der durch den roten Kern (RK), die austretenden Oculomotoriuswurzeln (III), den Hirnschenkelfuss (p), den Tractus opticus (II), den Linsenkern (Li), die innere Kapsel (c. i.), die äussere (a L) und innere Marklamelle des Sehhügels (i L), die medialen Sehhügelkerne med a und med b und die ventralen Sehhügelkerne vent a und vent b und den lateralen Sehhügelkern lat gelegt ist.

Der ganze rote Kern ist von Markfaserfascikeln des Bindearms durchzogen, am wenigsten noch dessen dorsalster Abschnitt. Die mediale wie die laterale Markmasse des roten Kernes ist fast vollständig von der Faserung des Bindearms gebildet.

Die Faserfascikel des Bindearms bilden ferner eine völlige Umrahmung des roten Kernes, indem die Faserbündel hier mehr schräg verlaufen. An der medialen Seite des roten Kernes sehen wir auch hier eine mehr minder sagittale Richtung der Fasern, ebenso im Innern des roten Kernes.

In der dorsalen Markmasse des roten Kernes verlaufen keine Bindearmfasern.

Das laterale Mark des roten Kernes, die Haubenstrahlung Flechsig's ist aber fast vollständig von Bindearmfasern gebildet. Der Verlauf dieser Fasern ist ein lateraler und reicht bis in den ventralen Teil der äusseren Marklamelle.

Die Bindearmstrahlung verläuft demnach an der lateralen Seite des roten Kernes, nachdem die Bindearmfasern denselben passiert haben, und ist dorsal vom Kern vent b und ventral von

der Zona incerta begrenzt. Der Raum zwischen diesen Grenzen ist völlig von den Bindearmfasern beherrscht.

Einzelne Fasern sehen wir dorsalwärts in die innere Marklamelle des Sehhügels und einige durch den Kern vent b hindurch zum Kern med b dem Centre median hinzutreten. Einzelne wenige Fasern werden noch in die hintere Commissur entsendet.

In der Markmasse dorsal vom roten Kern, zwischen rotem Kern und medialem Sehhügelkern med a verlaufen keine zusammenhängenden Bindearmfasern.

Die Zona incerta ist vollständig frei von Bindearmfasern.

In den caudalen Abschnitten des Kernes vent a, wo die Schleifenfasern endigen, ferner in den caudalen Partien des lateralen Sehhügelkernes gelangen keine Bindearmfasern.

Keine einzige Bindearmfaser geht in den Hirnschenkelfuss oder in die innere Capsel über.

Der mediale Sehhügelkern med. a steht nirgends mit Bindearmfasern in Zusammenhang.

Wenn wir dann den Verlauf der Bindearmfasern in noch frontaleren Gegenden ins Auge fassen, wo bereits der Luys'sche Körper (C L) auftritt, so sehen wir die Faserung des Kleinhirn-Thalamusbündels in der Regio subthalamica, so wie es die rote Einzeichnung im Photogramme der Figur 3 zeigt. Dieser Schnitt geht durch die vordere Partie des roten Kernes (R K), den Hirnschenkelfuss (p), den Tractus opticus (II), den Linsenkern (Li), die innere Capsel (c i), die Gitterschicht (gitt), die äussere (a L) und die innere (i L) Marklamelle, den medialen Sehhügelkern med a und med b, die ventralen Sehhügelkerne vent b und vent a.

Auch hier sehen wir das Grau des roten Kernes förmlich von Bindearmfasern umrahmt. Im Innern des roten Kernes sehen wir noch Faserfascikeln von Bindearmfasern gebildet.

In der medialen Umrahmung verlaufen die Bindearmfasern sagittal, in der dorsalen und ventralen Partie schräg nach aussen und im lateralen Mark des roten Kernes in lateraler Richtung noch zum ventralen Sehhügelkern vent a, wo bereits einzelne Fasern Aufsplitterungen eingehen.

Die Zona incerta, der Luys'sche Körper, die Gitterschicht und die innere Capsel sind völlig frei von Bindearmfasern.

Die Strahlung der Kleinhirn-Sehhügel-fasern verläuft also im lateralen Mark des roten Kernes und ist dorsal vom Kern vent b, ventral von der Zona incerta begrenzt, die laterale Grenze ist der Kern vent a, wo die Fasern sich aufsplittern. In die Gitterschicht gelangt keine einzige Kleinhirn-Sehhügel-faser.

Lateral dorsal vom roten Kern strahlen einige Kleinhirn-Sehhügel-fasern in die innere Marklamelle des Sehhügels, indem sie zum Teil durch den ventralen Kern vent b hindurchtreten. Diese Fasern endigen mit Aufsplitterungen im medialen Kern med b, dem Centre median.

Der mediale Sehhügelkern med a enthält keine Kleinhirn-Sehhügelfasern.

Die über der dorsalen Capsel des roten Kerns gelegene stärkere Markmasse enthält keine Bindearmfasern.

Wenn wir dann den weiteren Verlauf der Kleinhirn-Sehhügelfasern verfolgen an Frontalschnitten, die frontal vor dem roten Kern gelegen sind, so finden wir die Strahlung derselben so, wie sie im Photogramme der Figur 4 abgebildet ist. Dieser Schnitt geht durch das Corpus Luysii (C L), die Zona incerta (z. i), den Tractus opticus (II), den Hirnschenkelfuss p, den Linsenkern (Li), die innere Capsel (c i), die Gitterschicht (gitt), die äussere (a L) und innere (i L) Sehhügellamelle, den medialen Sehhügelkern (med a), den ventralen Sehhügelkern (vent a) und den lateralen Sehhügelkern (lat).

Die Strahlung der Kleinhirn-Sehhügelfasern geht hier in lateraler Richtung divergierend auseinander und wird dorsal von der inneren Marklamelle und ventral von der äusseren Marklamelle des Sehhügels begrenzt. Die Ausstrahlung und die Aufsplitterung erfolgt im Kern vent a und den angrenzenden Teilen des lateralen Sehhügelkernes.

Der mediale Sehhügelkern, die Zona incerta, der Luys'sche Körper sind völlig frei von Kleinhirn-Sehhügelfasern.

Keine einzige Bindearmfaser geht über die Gitterschicht hinaus.

Die Strahlung der Kleinhirn-Sehhügelfasern bildet hier am Frontalabschnitt ein förmliches Dreieck oder einen Kegel, dessen Spitze an der medialen Seite gelegen ist.

Die am Frontalschnitt getroffenen Fasern des Bindearms haben hier einen schrägen lateralen Verlauf.

Die meisten Kleinhirn-Sehhügelfasern splittern sich nun hier im lateral-ventralen Sehhügelkern an der Grenze zwischen vent a und vent ant auf und splittern sich zum Teil auch in den angrenzenden Partien des lateralen Kernes lat auf.

Eine Anzahl von Kleinhirn-Sehhügelfasern zieht aber noch weiter vorwärts. Den weiteren Verlauf zeigen uns Frontalschnitte, wie sie das Photogramm der Figur 5 zeigt.

Dieser Frontalschnitt geht durch die drei Linsenkernglieder (Li 1-3), den Tractus opticus (II), die innere Kapsel (ci), den Hirnschenkelfuss (p), die Gitterschicht (gitt), die äussere (a L) und innere Sehhügellamelle (i L), den medialen Kern (med a), den ventralen Kern (vent a u. vent ant) und den lateralen Kern (lat). Ausserdem zeigt dieser Schnitt das Vicq d'Azyr'sche Bündel (VA), die Hirnschenkelschlinge oder den basalen Anteil der Linsenkernschlinge Li S₁ und den dorsalen Anteil der Linsenkernschlinge Li S₂ oder das Feld H₂ von Forel.

Die Kleinhirn-Sehhügelfasern verlaufen auch divergierend von der lateral-dorsalen Seite des Vicq d'Azyr'schen Bündels in die lateral-ventralen Sehhügelkerne, aber keine einzige Binde-

armfaser überschreitet die Gitterschichte und keine einzige tritt in die innere Kapsel ein.

Die divergierende Ausstrahlung in lateral-dorsaler Richtung erfolgt zwischen innerer und äusserer Marklamelle des Sehhügels.

Die Ausstrahlung ist hier schon eine geringere geworden.

Die Gitterschichte, der mediale Sehhügelkern med a, die Zona incerta haben mit den Bindearmfasern nichts zu thun.

Ebenso hat auch die Linsenkernschlinge Li S₂, das Feld H₂ von Forel keine Verbindung mit der Haubenstrahlung des Bindearms.

Die Hauptmasse der hier noch vorhandenen Kleinhirn-Sehhügelfasern liegt zwischen medialem Sehhügelkern med a und lateralem Kern lat.

Gehen wir nun noch frontaler mit unseren Frontalschnitten, so zeigt uns das Photogramm der Fig. 6 die vorderste Ausstrahlung der Bindearmfasern. Dieser Schnitt geht durch die drei Linsenkernglieder (Li 1-3), die innere Kapsel (ci), den Tractus opticus (II) vor dem Chiasma, den ventralen Fornix (f), den dorsalen Teil der Linsenkernschlinge Li S, das Vicq d'Azyr'sche Bündel, die Zona incerta (zi), den medialen Sehhügelkern med a, die innere (i L) und äussere (a L) Sehhügelmarklamelle, den medialen Kern (med a), den hintersten Anteil des Tuberculum anterius (ant), den lateralen Kern und die Grenze zwischen Kern vent a und vent ant.

Die Ausstrahlung der Kleinhirn-Sehhügelfasern erfolgt hier ebenfalls divergierend von der lateral-dorsalen Seite des Vicq d'Azyr'schen Bündels in die ventralen Sehhügelanteile zwischen innerer (i L) und äusserer Marklamelle (vent a, vent ant und angrenzende Teile von lat). Keine einzige Bindearmfaser überschreitet die Gitterschichte (gitt); die innere Kapsel, die Zona incerta, die Linsenkernschlinge haben mit den Bindearmfasern nichts zu thun.

Auf diesen Frontalschnitten sind die letzten Ausstrahlungen und Aufsplitterungen der Bindearmfasern zu sehen. Einzelne feine Fäserchen sind noch eine Zeit lang zu verfolgen und verschwinden dann ebenfalls in der Gegend zwischen innerer und äusserer Sehhügellamelle.

Wir sehen demnach aus dem Vorstehenden den klaren und bestimmten Verlauf des Bindearms in der Regio subthalamica und seine Aufsplitterung hauptsächlich im ventralen Sehhügelkern zwischen innerer und äusserer Sehhügellamelle.

Die pathologisch-anatomischen Fälle, in denen der Bindearm isoliert degeneriert ist und in welchen die Methode nach Marchi angewendet werden kann, sind sehr seltene. Solche seltenen Fälle geben aber bei geschickter Technik die klarste Auskunft über die Faserverhältnisse der Regio subthalamica.

Auf experimentellem Wege habe ich in zahlreichen Fällen diese Gegend klar legen können. Ich habe den Verlauf des

Bindearms nach reinen Rindenläsionen des Kleinhirnes, ferner nach Zerstörung des Corpus dentatum, nach Durchschneidung eines Bindearms, nach Sehhügelverletzungen und nach Zerstörung eines roten Kernes studiert.¹⁾

Nach Sehhügelverletzungen, sowie nach isolierter Zerstörung des roten Kernes konnte ich mit der Marchimethode niemals Degenerationen im Bindearm nachweisen. Dagegen degenerieren nach Verletzung des Corpus dentatum und nach Durchschneidung des Bindearms alle Fasern des Bindearms in der Richtung zum roten Kern und ventralen Thalamuskern. Daraus muss geschlossen werden, dass alle Bindearmfasern im Kleinhirn entspringen und zum Sehhügel hinziehen. Bei Rindenläsionen, die am Kleinhirn experimentell erzeugt werden, werden gewöhnlich auch die äussersten Ganglienzellen des gezahnten Kernes von der Läsion direct oder indirect in Mitleidenschaft gezogen. Jedenfalls ist die Zahl der degenerierten Bindearmfasern nach reinen Kleinhirnrindenverletzungen eine sehr geringe.

Nach Verletzung des gezahnten Kernes degenerieren alle Bindearmfasern, dabei ist der gezahnte Kern der Hauptursprung des Bindearms.

Nach isolierter Verletzung eines Dachkernes degenerierten Fasern in dem gegenüberliegenden Bindearm. Diese Dachkernfasern gehen die Bindearmkreuzung nicht ein.

Experimentell ist ausserdem nach Kleinhirnverletzungen ein dem Bindearm gleichsam wie eine Mütze aufgelagertes Bündel nachweisbar, dass ich „accessorisches Bindearmbündel“ nannte. Dieses Bündel geht bereits im Kleinhirn die Kreuzung ein, im weiteren Verlaufe sind dann diese Fasern nicht mehr von den übrigen Bindearmfasern zu trennen. Der grösste Teil dieser Fasern verschwindet beim hinteren Zweihügel.

Auch experimentell lassen sich also bei Hund und Katze einige wenige Bindearmfasern nachweisen, welche die Bindearmkreuzung nicht eingehen und durch den roten Kern in den ventralen Sehhügelkern zwischen innerer und äusserer Marklamelle ziehen und dort endigen.

Nach der Bindearmkreuzung lässt sich auch bei Hund und Katze nachweisen, dass Bindearmfasern in die hintere Commissur gelangen, wo sie nach kurzem Verlaufe verschwinden.

Nach Kleinhirnverletzungen konnte ich ferner das von mir als „ventrales Kleinhirn-Sehhügelbündel“ bezeichnete Fasersystem nachweisen.

¹⁾ Probst, Zur Anatomie u. Physiologie des Kleinhirns. Arch. f. Psych.

Probst, Experimentelle Untersuchungen über die Haubenstrahlung, Arch. f. Psych. 33.

Probst, Physiolog.-anatom. u. pathol.-anatom. Untersuchungen des Sehhügels. Arch. f. Psych., Bd. 33, H. 3, u. Monatsschr. f. Psych., 1900 u. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., 1900, Bd. 17.

Dort wo der Bindearm aus dem Kleinhirn tritt, löst sich ventral ein Bündelchen los, das in Bogenfasern durch die Substantia reticularis der Medulla oblongata zieht und sich auf der gegenüberliegenden Seite in dem Winkel zwischen Raphe und medialer Schleife sammelt und hier sagittal weiter verläuft. Dieses Bündel wird scheinbar durch Fasern aus der Substantia gelatinosa der spinalen Trigeminiwurzel verstärkt. Wahrscheinlich sind das jene Fasern, welche bereits Wallenberg vor mir in einer schönen Arbeit darstellte und die er als centrale Trigeminibahn bis in den Sehhügel verfolgen konnte.

Diese Fasern des ventralen Kleinhirn-Sehhügelbündels, die durch diese Fasern aus der Substantia gelatinosa der spinalen Trigeminiwurzel verstärkt werden, verlaufen in dem Winkel zwischen medialer Schleife und Raphe sagittal zum Nucleus reticularis Tegmenti, wo sie Collateralen abgeben.

In der hinteren Zweihügelgegend liegt das ventrale Kleinhirn-Sehhügelbündel ventral von der Vierhügel-Vorderstrangbahn und wird hier von neu zuströmenden Fasern verstärkt.

Bei Hund und Katze zweigt nämlich knapp caudal von der Bindearmkreuzung ein Ast des Bindearmes im ventralen Teil ab und verläuft bogenförmig knapp über der medialen Schleife auf die andere Seite, wo er im Winkel zwischen Raphe und medialer Schleife mit den Fasern des ventralen Kleinhirn-Sehhügelbündels weiter in den Sehhügel verläuft.

Dieses so verstärkte ventrale Kleinhirn-Sehhügelbündel zieht dann in den roten Kern, giebt hier Collateralen ab und läuft im dorsalen Mark der Regio subthalamica und in der Haubenstrahlung weiter und endigt im ventralen und teilweise medialen Sehhügelkern zwischen innerer und äusserer Marklamelle (vent a, med b, med c und vent ant).

Denselben Verlauf nimmt auch die Hauptmasse der Bindearmfasern nach der Bindearmkreuzung, nur liegen diese Fasern im roten Kern und im dorsalen Mark der Regio subthalamica etwas dorsaler, bilden also das dorsale Kleinhirn-Sehhügelbündel.

Die Bindearmfasern bilden die Markfascikeln im roten Kern, bilden die mediale sagittal verlaufende Markmasse des roten Kernes und dessen laterale Ausstrahlung in das ventrale Sehhügelager (vent a, vent ant) zwischen den beiden Marklamellen des Sehhügels, einzelne Fasern endigen innerhalb der inneren Marklamelle des Sehhügels (med b, med c).

Keine einzige Bindearmfaser ist über den Sehhügel hinaus zu verfolgen, sondern alle endigen mit Aufsplitterungen im ventralen Sehhügelkern. Es verhalten sich also die Fasern der Haubenstrahlung des Bindearmes diesbezüglich genau so wie die Fasern der medialen Schleife, deren Endigung im ventralen und teilweise medialen Sehhügelkerne ich nachzuweisen vermochte. Ueber die Art und Weise der Endigung der Schleifenfasern erinnere ich an meine Abbildungen Fig. 1—3 Tafel I, Archiv für Psychiatrie, Bd 33. Ich

habe dort auch den Verlauf der Bindearmfasern in der *Regio subthalamica* (Figur 5) abgebildet. Bei Vergleichung des Photographes der Fig. 3 und der Fig. 5 ersehen wir die gegenseitige Lage von medialer Schleife und Haubenstrahlung des Bindearmes. Die mediale Schleife liegt im allgemeinen hier lateral als die Haubenstrahlung des Bindearmes. Die mediale Schleife bildet hier zwei getrennte Bündel, das eine mehr sagittal verlaufende liegt an der Innenseite des inneren Kniehöckers und verläuft dort in gerader Richtung zum ventralen Sehhügelkern, das andere liegt medial davon und bildet einen nach innen offenen Bogen mit dorsal lateraler Verlaufsrichtung. Ähnlich wie dieses Schleifenbündel (s. Fig. 3 Tafel I Archiv f. Psych. Bd. 33) verläuft das ventrale Kleinhirn-Sehhügelbündel, (g H Figur 5, Tafel I, Archiv f. Psychiatrie) in der lateralen Strahlung des roten Kerns, während die Hauptmasse des Bindearm (K Th Fig 5 Tafel I Arch. f. Psych. Bd. 33) im dorsalen Mark der *Regio subthalamica*, in der frontalen Markstrahlung des roten Kerns weiter verläuft.

Die Endigung der Schleifenfasern im Kern vent a zeigt für den Hund das Photographum 1 Tafel I Arch. f. Psych., Bd XXXIII, für die Katze die dortige Figur 2.

Wir sehen also, dass die Schleifenfasern früher in caudaleren Partien des Kernes vent a ihre Aufsplitterung finden, während die Bindearmfasern weiter frontalwärts und lateralwärts im ventralen Sehhügelkern vent a und dessen unmittelbarer Nachbarschaft endigen.

Die Schleifenfaserendigung nimmt hauptsächlich die äussere Marklamelle als Strasse, während die Bindearmfasern medialer in der sog. lateralen Strahlung des roten Kerns verlaufen. Mit den Ganglienzellen des roten Kerns steht aber die Strahlung nur insofern in Beziehung, als die Bindearmfasern Collateralen hier abgeben.

Die Bindearmfasern oder die Kleinhirn-Sehhügel Fasern (K Th Fig. 1 Arch. f. Psych.) liegen also auf einem Frontalschnitt durch die Gegend der Schleifenendigung (Fig. 1 Taf. I Arch. f. Psych., Bd. 33) zwischen Vieq d'Azyr'schen Bündel und der Schleifenendigung und strahlen dann divergierend zwischen beiden Sehhügel-Marklamellen in den ventralen Sehhügelkern aus.

Wenn ich in dieser Weise den Verlauf der Kleinhirn-Sehhügel Fasern sicher stellte und die *Regio subthalamica* bezüglich ihres dorsalen Markes einigermaßen klarlegte, so muss ich noch auf die Faserung der Ganser'schen oder Forel'schen Kreuzung eingehen.

Bezüglich des Verlaufes der Linsenkernschlinge und Hirnschenkelschlinge schliesse ich mich den Ausführungen Monakow's an. Thatsächlich konnte ich auch nach Durchschneidung der Linsenkernschlinge die Degeneration dieser Fasern vom Linsenkern aus in die medialen vordersten Sehhügelpartien verfolgen, was beweist, dass die Ursprungsganglienzellen dieser Fasern in

der Gegend des Linsenkerns zu suchen sind, während die Aufsplitterung der Fasern im vordersten medialen Teil des Sehhügels geschieht.

Die Faserung der sog. Gudden'schen und der Meynert'schen Commissur bedarf noch sehr der Aufklärung, ob die Verhältnisse thatsächlich sich so verhalten, als man es bisher annahm.

Bezüglich der Forel'schen oder Ganser'schen Commissur bin ich aber zu ganz bestimmten Resultaten¹⁾ gelangt. Ich erinnere diesbezüglich an meine Figur 8 (Tafel 18 Arch. f. Psych., Bd. 33). Die Fasern der Forel'schen Commissur kommen aus der Gegend caudal vom roten Kern und verlaufen an der medialen Seite des roten Kerns in das dorsale Mark der Regio subthalamica. Dort wo der ventrale Fornix und das Chiasma Nervi optici auf Frontalschnitten erscheinen (die oben citierte Figur 8), verlaufen nun die Fasern der Forel'schen Kreuzung lateral vom Vicq d'Azyr'schen Bündel und vom ventralen Fornix im Tuber cinereum und kreuzen in der sog. Meynert'schen Commissur auf die andere Seite, wo sie (F. K. Fig. 8 Taf. 18 Arch. f. Psych., Bd. 33) in der Meynert'schen Commissur weiter verlaufen, in die innere Kapsel ziehen, diese durchqueren und in der Gitterschichte ventral vom äusseren Kniehöcker verschwinden und sich hier aufsplintern.

Nach Zerstörung des roten Kerns degenerieren keine Fasern zur Grosshirnrinde, sondern alle endigen im Sehhügel. Dieser Befund spricht also gegen die Ansicht Dejerine's. Allgemein hat man auch angenommen, dass ein grösserer Teil der Haubenstrahlung in die innere Kapsel übergehe. Ich konnte nun sowohl experimentell als in pathologisch-anatomischen Fällen nachweisen, dass die Haubenstrahlung des Bindearms ebenso wie die Schleifenfasern ihre Endigung im ventralen und zum Teil medialen Sehhügelkern finden und keine Faser in die innere Kapsel übergeht.

Eine Einteilung der Felder H_1 und H_2 im Sinne von Forel muss nach den aufgezählten Befunden wohl fallen gelassen werden.

Eine wichtige und interessante Rolle in dem Fasersystem der subthalamischen Gegend spielt der rote Kern. Namentlich dessen caudaler Abschnitt steht mit den Bindearmfasern in Zusammenhang durch Collateralen. Der vordere Anteil des roten Kernes entsendet hauptsächlich seine Fasern in den von mir zu Ehren Monakow's als Monakow'sches Bündel²⁾ bezeichneten

¹⁾ Probst, Zur Anatomie u. Physiologie experimenteller Zwischenhirnläsionen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. 17.

Probst, Physiolog.-anat. u. pathol.-anat. Untersuchungen des Sehhügels. Arch. f. Psych., Bd. 33, H. 3.

Probst, Ueber den Hirnmechanismus der Motilität. Jahrbücher für Psychiatrie und Neurologie, Bd. 20, H. 2.

²⁾ Probst, Ueber das Monakow'sche Bündel etc. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. XV.

Probst, Ueber den Verlauf u. die Endigung der Rinden-Sehhügel-fasern des Parietallappens, sowie Bemerkungen über den Verlauf des Balkens, des Gewölbes und der Zwingen und über den Ursprung des Monakow'schen Bündels. Arch. f. Anatomie, 1901.

Faserzug. Es können daher Erregungen, die vom Kleinhirn kommen, im roten Kern umgeschaltet werden und den Fasern des Monakow'schen Bündels übertragen werden. Ausserdem steht der rote Kern durch Fasern mit dem Sehhügel in Verbindung, wodurch Erregungen vom Kleinhirn den von mir beschriebenen Sehhügel-Rindenfasern übergeben werden können.

Eine weitere wichtige Rolle spielt das ventrale Sehhügel-lager¹⁾. Ich habe nachgewiesen, dass sowohl die Schleifenfasern als die Kleinhirn-Sehhügelfasern sich hier aufsplitteln. Es können also hier Erregungen oder Reizwellen, die von der Peripherie her durch die Schleifenfasern kommen, sowie auch Kleinhirnerregungen aufgenommen und umgeschaltet werden. Von hier aus können diese Erregungen entweder der Grosshirnrinde durch Sehhügel-Rindenfasern zur Weiterverarbeitung übergeben werden oder die Reizwellen können subcortical bleiben und von Sehhügel direct durch Vermittlung des roten Kerns dem Monakow'schen Bündel, durch Vermittlung des vorderen Zeehhügels der Vierhügel-Vorderstrangbahn oder durch Vermittlung des Kerns der hinteren Commissur (dorsales Längsbündel) des Kerns der cerebralen Trigemini-Vaguswurzel, sowie der Formatio reticularis und der Brückenseitenstrangbahn der Peripherie übergeben werden.

Erklärung der Photographie.

Sämtliche Photographie sind bei Lupenvergrößerung aufgenommen; sämtliche zeigen dieselbe Vergrößerung der nach Marchi behandelten Frontalschnitte.

- a K = äusserer Knöchel.
- a L = äussere Marklamelle des Sehhügels.
- ant = Tuberculum anterius.
- e i = innere Capsel.
- C L = Luys'scher Körper.
- f = ventraler Fornix.
- i L = innere Marklamelle des Sehhügels.
- gitt = Gitterschichte.
- K Th = Bindearm oder Kleinhirnsehhügelbündel.
- lat = lateraler Sehhügelkern.
- Li = Linsenkern.
- Li₁₋₃ = Die drei Linsenkernglieder.
- Li S = Linsenkernschlinge.
- Li S₁ = ventraler Anteil der Linsenkernschlinge od. Hirnschenkelschlinge.
- Li S₂ = dorsaler Anteil der Linsenkernschlinge oder Feld H₂ von Forel.
- med a = medialer Sehhügelkern.
- med b = medialer Sehhügelkern (Centre médian).
- p = Hirnschenkelfuss.
- R K = Roter Kern.
- S K = Schweifkern.
- V A = Vicq d'Azyr'sches Bündel.
- vent a = central ventraler Sehhügelkern.
- vent b = medial ventraler Sehhügelkern oder schalenförmiger Körper von Flechsig.
- z i = Zona incerta.
- II = Tractus opticus.
- III = Nervus oculomotorius.

¹⁾ Probst, Ueber den Hirnmechanismus der Motilität. Jahrbücher f. Psych. u. Neurologie. Bd. XX, H. 2.