

(Aus dem hirnhistologischen und interakademischen Hirnforschungsinstitut
der k. ung. Universität zu Budapest [Direktor: Prof. Karl Schaffer].)

Zur Markscheidenentwicklung des Rautenhirns.

Von

Dr. Desiderius Miskolczy,
Assistenten des Instituts.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 4. September 1922.)

Folgende Ausführungen schließen sich den Untersuchungen Hoesels¹⁾ über die Myelogenese des Rhombencephalons an, und da er die ersten Markspuren des Rautenhirns verfolgend die Zunahme der Markscheidenentwicklung bei 4-, 5- und 6 monatigen Foeten beschrieb, können diese meine Schilderungen als Fortsetzung seiner Studien betrachtet werden. Mein Untersuchungsmaterial bildeten nämlich Foeten aus der zweiten Hälfte des intrauterinen Lebens, und zwar:

- | | | | | | | | | |
|----|-----|-------|--------|--------|-----|-----|-------|--------|
| 1. | Ein | 38 cm | langer | Foetus | aus | dem | VII. | Monat, |
| 2. | „ | 40 | „ | „ | „ | „ | VIII. | „ |
| 3. | „ | 44 | „ | „ | „ | „ | VIII. | „ |
| 4. | „ | 46 | „ | „ | „ | „ | IX. | „ |

Da eine lückenlose Darstellung der Myelogenese des Rautenhirns aus der zweiten Hälfte des intrauterinen Lebens bisher noch ausstand, glaube ich diesen Mangel durch meine Befunde behoben zu haben.

Das Rhombencephalon bietet ein sehr wechselvolles Bild für das Auge des Untersuchers aus mehrfachen Gründen:

1. Es besteht aus phylo- und ontogenetisch sehr verschiedenwertigen Teilen.
2. Es ist der Durchzugsort der den verschiedensten Höhen und Tiefen entspringenden afferenten und efferenten Bahnen, die selbst den Gesetzen der Phylo- und Ontogenese unterworfen sind.
3. In ihm endigen bzw. entspringen die meisten Gehirnnerven. —

¹⁾ Hoesel, Otto: Beiträge zur Markscheidenbildung im Gehirn und in der Medulla oblongata des Menschen. Monatsschr. f. Psychiatr. u. Neurol. 6, 1899 und 7, 1900.

Daraus folgt, daß in diesem entwicklungsgeschichtlich gut abgrenzbaren Organ, das in sich die Brücke, das verlängerte Mark und das Kleinhirn vereinigt, mit Haematoxylin tiefblau gefärbte markhaltige Systeme an vollkommen marklose Felder grenzen können, u. z. gemäß der zeitlich differenten Myelogenese dieser verschiedenwertigen Bahnen.

Meine Aufmerksamkeit erregten folgende Fragen:

1. Welche Schlüsse lassen sich für die normale Phylo- und Ontogenese gewinnen?
2. Was für eine Reihenfolge läßt sich in der Umarmung einzelner Bahnen bzw. Markscheidengruppen bestimmen?
3. Welche Vergleiche können zwischen normaler Ontogenese und gewissen degenerativen Veränderungen angestellt werden?

Die Beobachtung jüngerer, aus der ersten Hälfte des intrauterinen Lebens stammenden Entwicklungsstufen läßt eine sehr genaue Abgrenzung zwischen den ontogenetisch verschiedenwertigen Teilen, so im Pons wie im Cerebellum durchführen. Niro Masuda¹⁾ teilt zu diesem Zwecke die Entwicklung der Brücke in fünf Entwicklungsabschnitte ein. Er fand nämlich die erste deutliche Anlage der Brücke bzw. des Pars basilaris pontis beim 4 cm langen, zweimonatigen Foetus. In dieser ersten Phase der Brückengestaltung kann man ventral von der schon mächtig angelegten Haubenetage die erste Brückenanlage nur als ein schmales, spindelförmiges Feld erkennen (Masudas „primitives Brückengrau“).

In der zweiten Phase (3½ bis 4 monatige Foeten) ist die Brücke im Verhältnis zur Haube noch immer „dorsoventral abgespalten und eiförmig“. In diesem Zeitalter erscheinen die ersten deutlichen Nervenfasern. Erst während der 3. Phase (6. bis 7. Foetalmonat) kommt es zur kräftigeren Gliederung auch in dem ventralen Brückenfelde, so daß am Ende dieser Periode die allmähliche Annäherung an das endgültige Größenverhältnis zwischen Fuß und Haube immer mehr und mehr zutage tritt. In dieser Phase weist der Brückenfuß die ersten Markfasern auf, wohingegen in der Haube schon von der zweiten Stufe an eine fortschreitende Zunahme an Markfasern beobachtet werden konnte.

In der vierten Phase nimmt der Umfang der Brücke immer noch zu, und zwar zugunsten des Brückenfußes. Diese Phase umfaßt die 8. bis 9. Foetalmonate und die ersten Lebenswochen des Säuglings. — Die immer deutlicher sich fortsetzende Formausbildung bzw. Markentwicklung findet erst in der 5. Phase ihren vorläufigen Abschluß bei 3 monatigen bis 2 jährigen Kindern.

Aus dieser kurz geschilderten Einteilung erhellt, daß die ontogenetischen Verhältnisse der Brücke sehr leicht mit den phylogenetischen

¹⁾ Masuda, Niro: Über das Brückengrau des Menschen. Arb. a. d. hirnanat. Inst. in Zürich. H. IX. Wiesbaden 1914.

Ergebnissen in Einklang gebracht werden können. Die erste Phase der Entwicklung erinnert sehr an Formverhältnisse niederer Säuger, so daß die Edingersche Einteilung zwischen palaeo- und neencephalen Anteilen des Gehirns auch im Rhombencephalon mit vollem Recht durchgeführt werden kann.

Vor der Beschreibung meiner Befunde sehe ich mich genötigt, eine Zusammenfassung der Ergebnisse Hoesels zu geben, denn nur auf diese Weise können meine von der Untersuchung späterer Entwicklungsstufen gewonnenen Daten mit seinen von jüngeren Früchten stammenden Resultaten verglichen und so die Lückenlosigkeit in der Darstellung erreicht werden.

Die ersten markhaltigen Fasern in der Medulla oblongata zeigen sich erst bei 4 monatigen Früchten, und zwar im Gebiete des vorderen Grundbündels. Diese verlieren sich in der Gegend des Hypoglossuskerns. Sonst sind nur die austretenden Wurzelfasern des N. XII schwach markhaltig.

Im 5. Monat sendet das vordere Grundbündel bzw. der aus ihm sich entwickelnde Fasc. long. med. schon zu den Kernen der Augenmuskeln markhaltige Fasern; im Seitenstrang gibt nur das Seitenstranggrundbündel und der Tr. spinocerebellaris dors. gute Markscheidenfärbung. Das Seitenstranggrundbündel gliedert sich in seinem späteren Verlauf folgendermaßen: einerseits sendet er einen raphealen Teil zum N. centralis, anderseits verlieren sich seine ungekreuzten, diesseits der Raphe bleibenden Fasern in drei Bündelchen gespalten im 1. Nucl. reticularis tegmenti, 2. im N. Deiters, und im vorderen Seitenstrangkern. — Im Hinterstrange sind markhaltig: 1. Die im Gollischen Kern endigenden Fasern, sowie das erste System der mittleren Wurzelzone Flechsig's, 2. von den beiden Abteilungen des Burdach'schen Kerns weisen nur Flechsig's vordere Wurzelzone, das zweite System der mittleren Wurzelzone und der laterale Teil der medialen Wurzelzone einen Markbesitz auf. Markhaltig sind noch: Beginn der Schleifenkreuzung, die aus der vorderen medialen Kerngruppe stammenden Fasern des Vorderhorns und Fasern, die von der hinteren Wurzel zur Clarkeschen Säule ziehen, ferner der N. XI und XII vom letzteren diejenigen Fasern, die aus dem ventralen Abschnitt des Hypoglossuskerns stammen. Vom N. IX und X sind die Fasc. solitarius und Fasern aus dem dorsalen Vaguskerne markhaltig; ebenso verhalten sich jene Markfäden des vestibulären Anteils des N. VIII, die zum Nucl. Deiters und von dort zur Raphe ziehen. Markhaltig fand Hoesel bei 5 monatiger Frucht noch den aufsteigenden Schenkel, das Knie, den absteigenden Schenkel, die raphealen und Wurzelfasern des N. VII, sowie die Raphe- und Wurzelfasern des N. VI. — Es erscheinen in der aufsteigenden Wurzel des N. V die ersten Anfänge der Markscheidenbildung, markhaltig sind die sen-

siblen, motorischen sowie die gekreuzten Wurzelfasern. Volle Ummarkung zeigen die Fasern, die vom Trochleariskern und vom zentralen und lateralen Oculomotoriuskern stammen. Endlich wurden der Stiel der oberen Olive und die von der oberen Olive zur Raphe ziehenden Fasern, die die ersten Spuren des Corpus trapezoides darstellen, markhaltig gefunden.

Im sechsten Monat bereichert sich folgendermaßen dieser Markgehalt:

Der Fasc. long. med. gewinnt einen Zuwachs durch den aus dem Kerngebiet des N. trigeminus und N. vestibularis stammenden, sowie vom N. retic. lat. zum Vestibularkern ziehenden Fasern. Der Markgehalt des Seitenstranges wird mit den ersten Fasern des Gowersschen Bündels und den ersten Ansätzen der seitlichen Grenzschrift ergänzt. Die vordere Wurzel bekommt schon aus der vorderen und hinteren seitlichen Kerngruppe Markfasern und im Hinterhorn erscheinen die Reflexkollateralen. Der Hypoglossuskern schickt schon auch zur Raphe einige Fasern und seine Wurzelfasern werden durch solche aus dem dorsomedialen Abschnitte kommenden ergänzt; so bereichert sich der N. IX und X mit Fasern, die aus dem Nucl. ambiguus stammen. Nur im 6. Monat gelangen zuerst jene Fasern des Ramus cochlearis N. VIII zur Darstellung, die mit der medialen Hälfte des vorderen Acusticus-kerns im Zusammenhang sind; zu gleicher Zeit wird die Kleinhirnwurzel des Vestibularastes markhaltig. Es zeigen sich ferner Anfänge der Markbildung in der absteigenden Trigeminuswurzel. Der Trapezkörper wird durch Fasern, die aus dem ventralen Acusticus-kern stammen, vermehrt, und gleichzeitig stellen sich die ersten Markfasern der lateralen Schleife ein. In diesem Alter konnte endlich Hoesel zwischen den unteren Oliven commissurale Fasern beobachten.

Nun sollen meine Befunde aufgezählt werden.

Das Markreifungsbild des 38 cm langen Foetus gestaltet sich folgendermaßen:

Der Burdachsche Strang weist den dichtesten Markgehalt auf, das Vorder- und Seitenstranggrundbündel sowie die hintere Kleinhirnseitenstrangbahn wetteifern mit ihm betreffs Farbenton und Dichtigkeit; viel blässer ist schon die Färbung der im Gebiet des Gollischen Stranges sich befindenden Fasermasse, und die Fasern der absteigenden Trigeminuswurzel zeigen nur eine schwache Tinktion. Der Burdachsche Strang scheint seine endgültige Dichtigkeit schon beinahe erreicht zu haben, in seinem Kern erscheint in nestartiger Anordnung sein aus feinen Fasern bestehendes Fasergeflecht.

Im Gollischen Strang findet man in viel bescheidenerer Anzahl die schwächer gefärbten Faserquerschnitte, wobei im Kern das Markgeflecht sich auch sehr gering und unvollkommen zeigt. Vollständig marklos ist die Substantia gelat. cent., ebenso findet man keine weiße

Commissur. Auch die Fasern der absteigenden Trigeminiwurzel sind spärlich und blaß gefärbt, die ihr sich anschmiegende Subst. gelat. Rolando wird von etlichen Radiärfasern durchzogen. Medial von ihr, an der Stelle, die dem Hinterhornhalse entspricht, ist ein feines blasses Fasernetz und darin die schwach gefärbten Bündelchen der *Fibrae concomitantes trigemini* zu sehen.

Im Seitenstrang heben sich die quergeschnittenen und sich auf die Außenfläche der absteigenden Trigeminiwurzel verschiebenden Fasern der Flechsig'schen Bahn lebhaft vom Gebiete der Subst. retic. lat. ab, wo die blassen Faserquerschnitte spärlich zerstreut liegen. Der Seitenstrang wird außen von einem schmalen tiefblauen Marksaum umrandet, zwischen ihm und dem gesättigt gefärbten Seitenstranggrundbündel erscheint ein markarmer Streifen, der mit Querschnitten gut gefärbter Markscheiden spärlich besät ist.

Im Vorderhorn ist schon eine nestförmige Faseranordnung zu beobachten, die aber noch von der Vollendung weit entfernt ist; die vorderen Wurzeln sind tiefblau gefärbt, ebenso weist das vordere Grundbündel einen tiefblauen Farbenton auf.

In dem sich kreuzenden Pyramidenbündel sowie im Felde der ungekreuzten Pyramide findet sich keine einzige quergeschnittene Markscheide. Wohl erblickt man im ungekreuzten Bündel querverlaufende, öfters sich schlängelnde feine Fäserchen, diese stammen aber von der ventralen weißen Commissur, bzw. vom Vorderstranggrundbündel, wenn sie nicht vom Vorderhorngebiet auf die andere Seite hinüberstreben. Es drängen sich auch zwischen die gekreuzten Pyramiden solche Fäserchen durch, die teils vom Vorderhorn, teils vom Burdach'schen Kern ihren Ursprung nehmen. Einige setzen ihren Weg nach Umkreisen der einzelnen marklosen Bündelchen fort, um damit die Marklosigkeit der Py-Bahn noch schärfer hervorzuheben.

Der *Fasc. cornu anterioris* (Ziehen) ist gut abgrenzbar und hinlänglich bemerkt.

Auf höheren Querschnitten erscheinen die *Fibrae arcuatae internae*, die hauptsächlich aus dem Burdach'schen Kern stammen; der Goll'sche Kern sendet solche entsprechend seiner unvollständigen Markreife nur in sehr bescheidener Anzahl.

In diesem Alter erscheinen die ersten äußeren ventralen Bogenfasern, die aber nur bis an den Burdach'schen Kern heranreichen, hintere äußere Bogenfasern sind noch nicht markreif. Die inneren Bogenfasern sammeln sich im Areal des *Lemniscus medialis*, ohne aber die vollständige Dichtigkeit erreicht zu haben (s. Abb. 1). Eine andere Gruppe dieser Fasern folgt nach Überschreiten der Mittellinie folgende Wege:

1. Es sind Fasern, die in der Regel bis zur *Fissura mediana ant.*

hinabgleitend die Py. als *Fibrae circumpyramidales* von außen umsäumen. 2. *Fibrae intrapyramidales*, die ihren Weg im marklosen Py-Feld fortsetzen. 3. Der größte Teil der inneren Bogenfasern aber bestimmt sich so, daß sie am dorsalen Rand der Py auf die Oberfläche des verlängerten Marks streben, wobei manche Fasern den Nucleus olivaris accessorius medialis als *Fibrae chordales* (Ziehen) durchsetzen. Diese ventralen äußeren Bogenfasern schließen sich dem Strickkörper an. Anfangs können noch die zarteren längs- oder schrägverlaufenden Fasern von den quergeschnittenen der Flechsigischen Bahn unterschieden werden, später aber vermengen sich diese Fasern miteinander. Der Nucleus reticularis lateralis und Nucl. arcuatus entsendet keine markhaltigen Bogenfasern. Der Tractus solitarius ist genügend markhaltig.

Das zarte Kerngeflecht des Nucl. ambiguus hebt sich schön hervor von der fast marklosen Umgebung der Substantia reticularis grisea. Einige Ambiguusfasern können auch in die Raphe verfolgt werden.

Die untere Olive ist beim 38 cm langen Foetus vollkommen marklos (Abb. 1), sie entbehrt eines jeden eigenen markhaltigen Fasersystems, die zwischen seinen dorsalen Lamellen erscheinenden schwachen Fäserchen müssen als von andersher durchziehende fremde Fasern betrachtet werden, es sind dies ebenfalls innere Bogenfasern, die ihren Weg durch die Olivenblätter nehmend zur Außenfläche streben.

Die Substantia reticularis grisea ist nicht vollkommen marklos. Es kann eine Anreicherung ihrer Faserquerschnitte an folgenden Stellen beobachtet werden: 1. Es lehnt sich an den Fasciculus longitudinalis medialis ein mit schwach gefärbten Fasern spärlich besätes Feld an; das sich vom sonst markarmen seitlichen retikulierten Feld gut abhebt: die Area acclinis (Ziehen). 2. Einwärts von der Gowerschen Bahn an der dorsalen Fläche der unteren Olive: die dorsoolivaren Fasern Hoesels.

Die Raphe zeigt sich am besten in der Höhe der Fasciculi longitudinales mediales bemerkt. Weiter ventral wird dieses Geflecht immer ärmer, um in der Höhe der Oliven eine Bereicherung zu erfahren. Man sieht zwar eine sehr schwache interolivare Faserung auch vertreten, aber diese entspricht noch durchaus nicht der Fasermenge der vollständigen Ausbildung, es zeigt sich hingegen, daß die beiden Lemnisci mediales von parallelen marklosen Spalten mehrfach durchfurcht werden, und diese Gliederung ist eben durch die Unreife der *Fibrae interolivares* bedingt.

Die thalamoolivare Bahn ist marklos.

Der Strickkörper enthält nur die frühmarkreifen Fasern der Flechsigischen Bahn und die *Fibrae arcuatae ext. ventr.* aus den gegenseitigen Hinterstrangkernen. Durch die Marklosigkeit der olivocerebel-

laren Bahn, die als ein spätmarkreifender Bestandteil des Strickkörpers zu betrachten ist, erblickt man diese frühmarkreifen Systeme zuerst ganz lateral an der Oberfläche ein halbmondförmiges seitliches Feld vom Gebiet des Corpus restiforme (*CR*) einnehmend. Das mediale marklose Feld ist die Anlagerungsstätte der olivocerebellaren Bahn, deren Fasern als *Fibrae prae-, trans- und retrotrigeminales* ihren Weg durch die Substantia reticularis lat. und Radix descendens *N. V* nehmen.

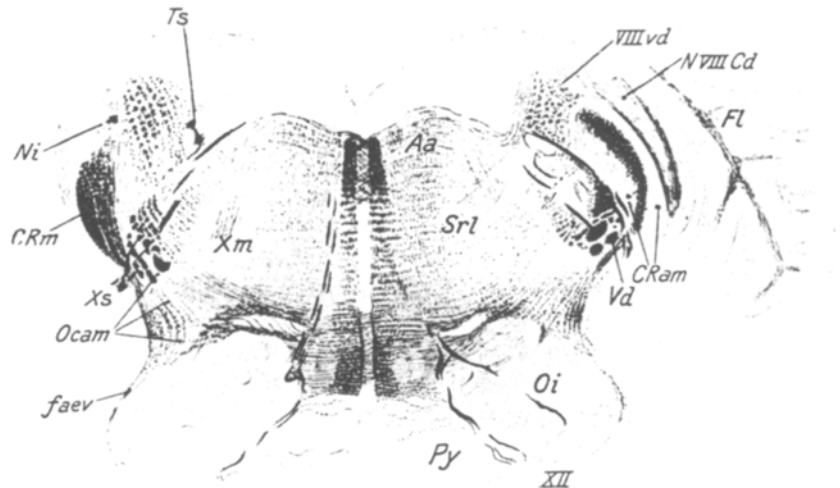


Abb. 1. 38 cm langer Foetus. Pyramidenbahn (*Py*) und Oliva inferior (*Oi*) marklos. Der Verlauf der von der Olive stammenden olivocerebellaren Bahn (*Ocam* = Tractus olivocerebellaris amyelinicus) wird durch marklose Streifen vorgezeichnet. Der markhaltige Teil des Corpus restiforme (*CR myelinicum*) enthält außer der Flechsigschen Bahn noch die *Fibrae arcuatae ext. vent* (*Faev*) das Corpus restif. amyelinicum (*CRam*), wird hauptsächlich vom *Ocam* gebildet, und wird links durch einen vom *CRm* medial liegenden, rechts von einem das *CRm* umzingelnden markleeren Raum vertreten (*CRam*). Die Gehirnnerven, und zwar *N. hypoglossus* (*XII*), *Vagus* (*Xs*, *Xm*, *Ts* = Tractus solitarius), Tractus vestibularis descendens (*VIII vd*), Radix trigemini descendens (*Vd*), und Tractus desc. nervi intermedii (*Ni*) sind genügend bemerkt. In der Flocke (*Fl*) angehende Myelogenese. In der Substantia reticularis lat. (*Srl*) spärliche Markfaserbildung, nur die Area acclinis (*Aa*) bereichert sich allmählich an Markscheiden.

Da diese Fasern erst im späteren Alter ihre Umhüllung erlangen, sind ihre Verlaufswege an den Oblongataquerschnitten überall als freigelassene marklose Streifen vorgezeichnet (s. Abb. 1).

An höheren Querschnitten in der Höhe des VIII. Gehirnnerven (wie auch an der Abb. 1 rechts ersichtlich, wo durch die schiefe Einstellung die rechte Hälfte des Präparates etwas weiter frontal liegt) nehmen die früher reifenden Fasern des C. R. eine zentrale Lage ein; so daß dieses Bündel wie von einem marklosen Hof eingesäumt er-

scheint. Dieses anfangs mediale Areal ist von feinen zartesten Fäserchen durchwoben, ob aber diese verspätete innere Bogenfasern oder nucleocerebellare Fasern sind, entzieht sich der weiteren Beurteilung.

In der Substantia reticularis alba erblickt man zwischen dem Fasciculus longitudinalis med. und Lemniscus med. die praedorsalen Bündelfasern, die sich fortschreitend ummarken, ohne daß man eine weitere Gliederung im Entwicklungsvorgang beobachten könnte.

Der Fasciculus longitudinalis dorsalis (Schütz) ist nicht markhaltig.

In der Markleiste der Flocke erscheinen schon schwach gefärbte Fasern, diese hören aber noch vor der Erreichung der Lamina granularis interna auf. Der Flockenstiel ist auch unvollständig bemerkt.

Die Gehirnnerven sind alle genügend markreich, es kann sogar der N. intermedius Wrisbergii als ein von der absteigenden Vestibulariswurzel lateralwärts gelegenes rundes Bündelchen unterschieden werden. Die Fibræ concomitantes trigemini erhalten ihre Markscheiden mit der absteigenden Trigeminiwurzel anscheinend zu gleicher Zeit.

Im Nucl. triangularis ist das Fasergeflecht noch unentwickelt. Die Bündelchen der absteigenden Vestibulariswurzel, die beim Erwachsenen in ein dichtes Fasergewirr eingebettet verlaufen, stehen noch beinahe frei, zwischen ihnen sich kreuzende Lichtungen freilassend.

Der ventrale Cochleariskern weist einen dichten Markgehalt gegen den dorsalen Cochleariskern auf, auch die Bodenstriae fehlen noch. Man kann Cochlearisfasern beobachten, die zum C. R., andere, die zum Tuberculum acusticum und solche, die zur Mittellinie streben.

An Schnitten, die vom Brückengebiet stammen, findet man den Brückenfuß und Brückenarm vollkommen markleer. Nur die Brückenhäube enthält markgefärbte Fasern in der schon geschilderten Anordnung. Trigemini, Facialis, Abducens verhalten sich wie bei Hoesels Entwicklungsphasen. Die gut gefärbten Fasern des ventralen Cochleariskerns strömen in den Trapezkörper und hauptsächlich in die obere Olive, deren Stiel schon bei jüngeren Foeten gut bemerkt gefunden wurde. Um die obere Olive legen sich die Faserbündel des Lemniscus lateralis.

Man findet im Brückenfuß auch keine Fibræ rectae markhaltig. Im Stratum profundum hingegen erblickt man aber einige sehr schwach gefärbte kurze Fäserchen, die wagerecht verlaufen und in der Raphe sich zu kreuzen scheinen. Die Radix mesencephalica trigemini zeichnet sich durch ihren genügenden Markreichtum aus.

In höheren Querschnitten scheint die mediale Lemniscusbahn abzublassen, wohingegen die absteigende Trigeminiwurzel bis zu ihrer Austrittsstelle eher eine allmählich zunehmende tiefblaue Färbung erfährt.

Das Kleinhirn. Der ventrale Teil des gezähnten Kerns (N. D.) ist vollkommen marklos, nur in die Lamellen seiner oberen Spitze und gegen seinen Hilus verirren sich einige sehr blasse Fasern. Im Stratum interciliare findet man schon in viel größerer Anzahl die markhaltigen Fasern, die um den Nucl. globosus und emboliformis sich in ein loses Geflecht verdichten. Man erblickt zwar stellenweise Fasern, die im Unterwurm endigen, diese können aber nur in den Markleisten gefunden werden und reichen nicht bis an die innere Körnerschicht. Zwischen dem Pfropf-

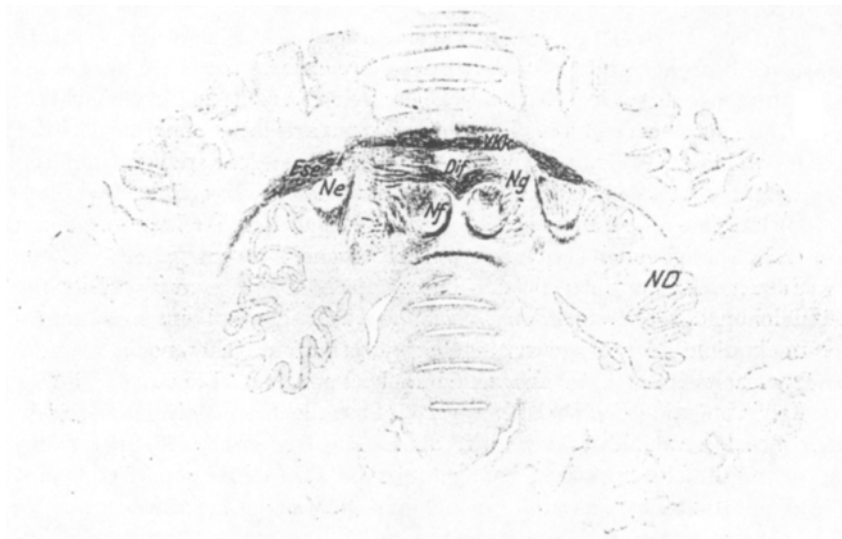


Abb. 2. 38 cm langer Foetus. Die Kleinhirnhemisphären und der Nucleus dentatus (ND) sowie der Vermis inferior sind vollkommen marklos. Um die zentralen Kleinhirnkern beginnt die Markscheidenbildung. Im Nucleus emboliformis (Ne) sehr schwaches Fasernetz, links führt ein Faserstiel vom Ne in die vordere Kreuzungskommissur (VKK) unterhalb deren eine, aus beiden Nuclei fastigii (Nf) stammende Decussatio interfastigiosa (Dif) zu erkennen ist. Die restiformialen Fasern der Fibræ semicirculares externae (Fse) streben gegen den Oberwurm. Ng = Nuclei globosi. Die markhaltigen feinen vom Cortex vermis senkrecht zu den Kleinhirnkernen ziehenden Fäserchen tragen den Namen: Fibræ corticonucleares.

kern und Rinde des Oberwurms ziehen feine senkrechte Fasern, die Fibræ corticonucleares Edingers. Sie werden also in dieser Phase zuerst markhaltig gefunden. Sehr schwache Andeutungen von Fibræ semicirculares internae, schwache Züge von Fibræ semicirc. ext., dessen Fasern vom Strickkörper herrühren. Von der Kreuzungskommissur kehren Faserzüge in den Pfropfkern ein, wie auch an Abb. 2 ersichtlich.

Nach dem Auftreten des Dachkerns entsteht folgendes Bild (Abb.2):

Der Dachkern wird von innen und unten von einem losen Fasermantel umhüllt. Oberhalb des Kernes liegt die *Decussatio interfastigiosa*, die von der Faserschicht der vorderen Commissur überdacht wird. Dach- und Pfropfkern sind mit der Rinde des oberen Wurms durch zarte dorsoventral gerichtete Fasern in inniger Verbindung. Die Kerne selbst besitzen sehr schwache Fasernetze.

Entsprechend der Marklosigkeit des N. D. und der Markarmut der medialen Kleinhirnkern ist der Bindearm auch sehr markarm, er besteht in dieser Phase noch aus sehr schwach sich färbenden Fasern.

Wenn wir diese kurzgeschilderten Befunde, wo unwichtige Einzelheiten oder schon bekannte Tatsachen weggelassen wurden, an Hoesels frühere Phasen angliedern wollen, erhalten wir folgende Ergebnisse:

Beide Hinterstrangkern erfahren bei der 38 cm langen Frucht eine erhebliche Bereicherung; der Gollische Kern wird schon mit den blaßblau gefärbten Fasern des *Funiculus gracilis* ganz umgenommen, das Burdachsche Bündel bezeugt seine sehr vorgeschrittene Markreife durch den tiefblauen Farbenton seiner dichten Fasern.

Es muß ferner die Zunahme der Schleifenbahn hervorgehoben werden, deren Fasern vorläufig hauptsächlich vom Burdachschen Kern geliefert werden, der Gollische Kern nimmt nur einen bescheidenen Anteil in der Entwicklung der inneren Bogenfasern.

Die Gehirnnerven bzw. ihre Kerne schicken alle Bogenfasern in die Mittellinie, ihre Anzahl wächst je nach der Ursprungshöhe des betreffenden Nerven.

Hand in Hand mit der Zunahme der inneren Bogenfasern geht die Entwicklung der vorderen äußeren Bogenfasern, die, da sie alle vom *Nucl. fun. cuneati* der Gegenseite stammen und durch Vermittlung des Strickkörpers dem Kleinhirn zustreben, als gekreuzte bulbo-cerebellare Faserung bezeichnet werden können. Diese Tatsache wird des weiteren auch durch die hier zuerst auftretenden *Fibrae circum-et intrapyramidales* bestätigt. Man sieht zwar die ersten bescheidensten Anfänge der gleichseitigen bulbo-cerebellaren Fasern angedeutet, aber besser entwickelte hintere äußere Bogenfasern sind erst der nächsten Phase aus dem VIII. Foetalmonat eigen.

Der *Ramus vestibularis* weist keine morphologische Änderung mehr auf, wohingegen der ventrale Cochleariskern durch die Anmarkung seines lateralen Abschnittes sich vervollständigt, auch der dorsale Cochleariskern sowie das *Tuberculum acusticum* besitzt schon die Anfänge der fortschreitenden Anmarkung gegen die Marklosigkeit der sechsmonatigen Phase.

Im Areal der Lemniscusbahn konnte Hoesel nur in der Höhe der unteren Oliven einen Markgehalt aufweisen, bei der 38 cm langen Frucht kann man diese Bahn in ihrer zentraleren Ausdehnung bis zum Mesence-

phalon verfolgen, obzwar sich ihre Faserquerschnitte hier allmählich abblassen; andererseits aber belegt die Bahn noch immer nicht das endgültige Areal: in der Höhe des Corpus trapezoides sind z. B. ihre Faserquerschnitte zwischen den Büscheln des Trapezkörpers zu finden.

Den Bindearm fand Hoesel noch ohne Markfärbung bei der 6-monatigen Frucht. Beim 38 cm langen 7-monatigen Foetus beobachtete ich schon spärliche Markfasern im Verlaufsgebiet des Bindearmes. Den Ursprung dieser Fasern muß ich von den medialen Kleinhirnkernen ableiten aus dem Grunde, weil neben der Marklosigkeit des gezähnten Kerns die erwähnten Kerne in der Markscheidenbildung einen guten Anlauf zeigen.

Im Kleinhirn ist der Fasergehalt der Flocke, des Dach- und Pfropfkernes eine neue Bereicherung, ebenso gelangt das Kleinhirn erst in diesem Alter in den Besitz der corticonuclearen und fastigiobulbären Fasern.

Das verlängerte Mark des 40 cm langen Foetus weist eine weitere Fortentwicklung in dem Sinne auf, daß einige Systeme durch Zunahme neuer Fasern und kräftigere Färbung eine schärfere Abgrenzung erfahren. Die Substantia reticularis lateralis ergänzt sich mehr und mehr, es erscheinen schon *Fibrae radiantes* (Ziehen) darin, die untere Olive blieb noch immer marklos, keine *Fibrae fimbriatae*, kein *Amygdalum olivae* und *Fibrae olivocerebellares* zu sehen.

In der Höhe der Py-Kreuzung erscheint als zufälliger Befund ein abnorm verlaufendes Bündel, dessen Verhalten folgendermaßen geschildert werden kann: In die linke Flechsigsche Bahn münden drei tiefblau gefärbte Bündelchen ein, die sich von der schwach bemerkten Umgebung kräftig abheben. Ihr Ursprung kann auf Grund der frontaleren Serienschnitte verfolgt werden. So bemerkt man, daß von der lateralen Spitze des Burdachschen Stranges eine umschriebene Fasergruppe sich abspaltet, die den Nucleus spinalis N. V in einwärts konvexem Bogen umkreisend sich in drei kleinere Bündelchen teilt, die sich der Flechsigschen Bahn immer mehr nähern. Diese Bündelchen müssen so aufgefaßt werden, daß sie sich vom Burdachschen Strang trennend sich an die Flechsigsche Bahn anschließen, indem sie einen caudalwärts sinkenden Bogen beschreiben. Da die Fasern im Corpus restiforme ihren Weg fortzusetzen scheinen, können sie als abnorm verlaufende bulbocerebellare Fasern aufgefaßt werden. Daß sie zum Py-Bündel keine Beziehung haben, beweist die Tatsache, daß sie zu einer Zeit, wo noch die Py in diesem unteren Abschnitt vollkommen marklos ist, eine kräftige Markscheidenfärbung aufweisen.

Als Neuerwerb kann betrachtet werden, daß vom Gollischen Kern einige Fäserchen zum gleichseitigen C. R. verfolgt werden können. Die mediale Schleifenbahn hat sich schon beinahe vervollständigt. Sie nimmt

schon eine größere Ausdehnung ein und wird z. B. in der Höhe des Corpus trapezoides von wagerechten, gleichverlaufenden, marklosen Streifen zerlegt, die höchstwahrscheinlich für die Fibræ profundæ pontis vorbehalten sind, wenn nicht die Nachzügler des Corpus trapezoides diese Stellen belegen werden. Der Brückenfuß ist mitsamt den Fasciculi pyramidales pontis marklos in den caudaleren Abschnitten. Je höhere Schnitte man durchprüft, um so mehr Fibræ rectæ können entdeckt werden; auch im Querschnitt der Py-Bündel erscheinen einige zerstreute Markschollen mit unvollständiger Färbung.

Die Markstrahlen der Flocke und auch des Flockenstiels erfahren eine gewisse Zunahme an neuen Fasern, ohne den endgültigen Markgehalt erworben zu haben, es können schon einige U-Fasern in der Flocke verfolgt werden, die in die Markleiste der Nachbarlamelle eindringen. Der Flockenstiel schmiegt sich bis zur lateralen Ecke der Fossa rhomboidea eng an den Ramus cochlearis an, um später eine neue Richtung gegen die unteren Lamellen des gezähnten Kerns einzuschlagen. Die Striae medullares sind noch immer marklos, wohingegen das Fasergeflecht des Nucl. triangularis sich schön verdichtet hat, es werden einige Fasern auch zur Mittellinie entsendet.

Da das Markbild des Cortex cerebelli von O. Vogt¹⁾ schon genügend untersucht und ausführlich beschrieben wurde und meine Beobachtungen denen von Vogt vollständig entsprechen, verzichte ich auf eine ausführliche Schilderung dieser Hirnteile. Mein Augenmerk richtet sich insbesondere auf den gezähnten Kern; vor allem fällt es auf, daß die caudalen Abschnitte des Nucl. dentatus keine einzige Markscheide enthalten. Die ersten schwachen Anzeichen einer beginnenden Markscheidenbildung um die Dentatusblättchen werden erst in der Höhe der hinteren Kreuzungscommissur wahrgenommen. Zu gleicher Zeit erscheinen die Fibræ semicirculares extraciliares, d. h. äußere bogenförmige Fasern, die vom Oberwurm gegen den Brückenfuß und Hemisphärenmark gerichtet verlaufen, ohne aber auch nur die Markleisten der Hemisphären zu erreichen oder in die Schichten der Brücke tiefer einzudringen. Einige dieser Fasern biegen ins Stratum prof. pontis. Ob aber diese Fasern mit dem Bechterewschen²⁾ Tractus cerebello-
tegimentalis oder mit der pontopaleocerebellaren Bahn Schaffers³⁾ identisch wären, entzieht sich der sicheren Entscheidung.

Je oralere Schnitte man durchmustert, desto mehr Fasern werden in den Falten des N. D. beobachtet. In der Gegend des Dachkerns,

¹⁾ Vogt, O.: Die myelogenetische Gliederung des Cortex cerebelli. Journal f. Psychol. und Neurol. 5, 1905.

²⁾ Bechterew: Die Leitungsbahnen im Gehirn u. Rückenmark. Leipzig 1899.

³⁾ Schaffer: Über einige Bahnen d. menschlichen Rhombencephalons. Hirn-pathologische Beiträge Bd. II, 2. H. Berlin 1919.

dort, wo die *Decussatio fastigiobulbaris* und die *Fibrae fastigiobulbares* am schönsten entwickelt sind, hat sich schon ein allerdings noch zarter Faserfilz zwischen seinen Lamellen gebildet; so sieht man feine *Fibrae fimbriatae externae* und *internae* und U-Fasern, die bogenförmig von einer Lamelle zur nächsten hinüberbiegen. Die untere Spitze dieses feinen lockeren Fasergewebes scheint mit dem Kerngeflecht des *Tuberculum acusticum* im Zusammenhang zu sein. Zwischen dem *Vellus nucl. dentati* und der schon markhaltigen extraciliaren Faserung schiebt sich ein nach oben sich verjüngender markloser Streifen ein. In diesen Streifen dringen dann an oraleren Abschnitten die frühreifen *restiformalen* Fasern ein, die insgesamt zum Oberwurm hinaufstreben (vgl. auch Abb. 4 vom 46 cm langen Foetus).

Auch das Fasernetz um die medialen Kleinhirnkerne ummarkt sich zunehmend; in den Kernen selbst zeigt sich aber die Markgeflechtbildung in den bescheidensten Anfängen.

Es wird entsprechend der unvollständigen Markreife des gezähnten Kerns auch im Bindearm eine bemerkenswerte ontogenetische Reihenfolge in der Markfaserbildung beobachtet. Diejenigen Fasern nämlich, die in dieser anfänglichen Phase der Bindearmausgestaltung von den vorderen Partien des N. D. herziehen, nehmen eine mehr oberflächliche, äußere Lage im Bindearmquerschnitt ein in der Weise, daß eine mediale marklose Zone für die später reifenden Anteile freigelassen wird. Ein Verhalten, das bei den älteren Phasen eine weitere Würdigung beansprucht. Übrigens wird der Bindearm in diesem Alter noch nicht von *Fibrae perforantes lemnisci* durchdrungen, diese erscheinen erst im 9. Monat markhaltig.

Beim 44 cm langen Foetus fand ich beinahe dieselben Verhältnisse wie beim vorigen. Die Py-Bahn, Brückenfuß und untere Olive bieten grundsätzlich die bisherige Markleere dar. Als ein weiterer bescheidener Fortschritt im verlängerten Mark ist der Befund aufzuzeichnen, daß vom *Nucl. reticularis lat.* einige Fäserchen in den Strickkörper unmittelbar verfolgt werden können.

Etwas abwechslungsreicher ist das Bild im Kleinhirn. Der fortschreitende Ummarkungsvorgang in der Flocke, wo die Markfasern schon die Tiefe der Körnerschicht zu erreichen scheinen, greift auf die benachbarten Kleinhirnlamellen über, wie es auch schon von O. Vogt¹⁾ geschildert wurde. Die hinteren Kleinhirnlappen sind vollkommen marklos, demgemäß auch die entsprechenden *Dentatuswindungen*. Bei oraleren Schnitthöhen wird eine Markscheidenzunahme im N. D. beobachtet, und zwar fällt es besonders auf, daß die oberen gewundenen Lamellen immer mehr Fasern entsenden als die ventraler

¹⁾ Vogt, O.: l. c.

liegenden. Dieser Unterschied wird in den oralen Gegenden nur zum Teil ausgeglichen.

Nun erscheinen in schönen blaßblauen Zügen auch die *Fibrae semicirculares int.*, die sich zwischen den Zellgruppen des Nucl. emboliformis und globosus verlieren; ventralwärts kann ihr Verlauf bis in die Brückenhaube verfolgt werden.

Brückenarm, Bindearm, Striekkörper verhalten sich wie früher.

Im Mesencephalon bemerkte ich die gut entwickelten Fasern eines neuen Systems, die sich an die mediale Spitze des Lemniscus med. anlegen und oralwärts eine Kreuzung unterhalb der Wernekinkschen Commissur erlitten haben: anscheinend die Monakowsche rubrospinale Bahn.

Beim 46 cm langen Foetus sind im wesentlichen dieselben Verhältnisse aufzufinden. In der Oblongata sind nur kleinere Einzelheiten aufzuzählen: so z. B. eine schwache interolivare Commissur zwischen den unteren Oliven; doch erhielten weder die olivocerebellare noch die thalamoolivare Bahn ihre Markscheiden.

Das Markscheidenbild des Kleinhirns kann am besten an den beigelegten zwei Zeichnungen erklärt werden. Die Schnitte stammen nämlich von einem Präparat, wo das Messer nicht genau die frontale Ebene eingehalten hat, sondern durch die etwas schräge Einstellung die linke Seite des Präparates etwas caudaler liegt als die rechte. Dadurch kann an einem einzigen Schnitte das schon beim 44 cm langen Foetus besprochene Verhalten des gezähnten Kerns überblickt werden. Auf dem Schnitte (Abb. 3, links), der links den N. VIII, rechts aber schon den sensiblen N. V getroffen hat, sieht man den caudaleren sehr markarmen Abschnitt des Nucl. dentatus. Oralwärts aber (rechte Seite) vermehren sich die von ihm entspringenden Fasern in der Weise, daß die oberen Lamellen bedeutend mehr Fasern entsenden als die ventraler liegenden. Auf der Abb. 4, die von der Eintrittsstelle des sensiblen Trigemini stammt, sind diese Verhältnisse durch das Auftreten der medialen Kleinhirnkerne zwar etwas verwischt, doch genügend bemerkbar. Hier besitzt schon der N. D. feine *Fibrae fimbriatae ext.* und *int.* Auf den oralsten Abschnitten des N. D. (Abb. 4, rechts) wird natürlich keine genauere Abgrenzung mehr möglich, dafür kann aber das schon vorhin geschilderte Verhalten des Brachium conjunctivum in Augenschein genommen werden. Hier sieht man nämlich, daß das Bindearmgebiet nur dorsolateral von Markfasern ausgefüllt ist, das ventrolaterale Feld bleibt marklos bzw. nur spärlich mit Markscheiden besät; der Übergang vom marklosen Gebiet ins gut entwickelte ist ein allmählicher, und es könnte keine scharfe Grenzlinie zwischen den zwei Feldern gezogen werden, ohne den natürlichen Verhältnissen Zwang anzutun. Die an den oralsten Abschnitten gut fortschreitende

Markscheidenentwicklung im Album gyrorum ist auf der rechten Seite der Abb. 4 zu bemerken, hier fällt es noch auf, daß der N. D. in eine markarme Kapsel eingeschlossen liegt, die Kapsel

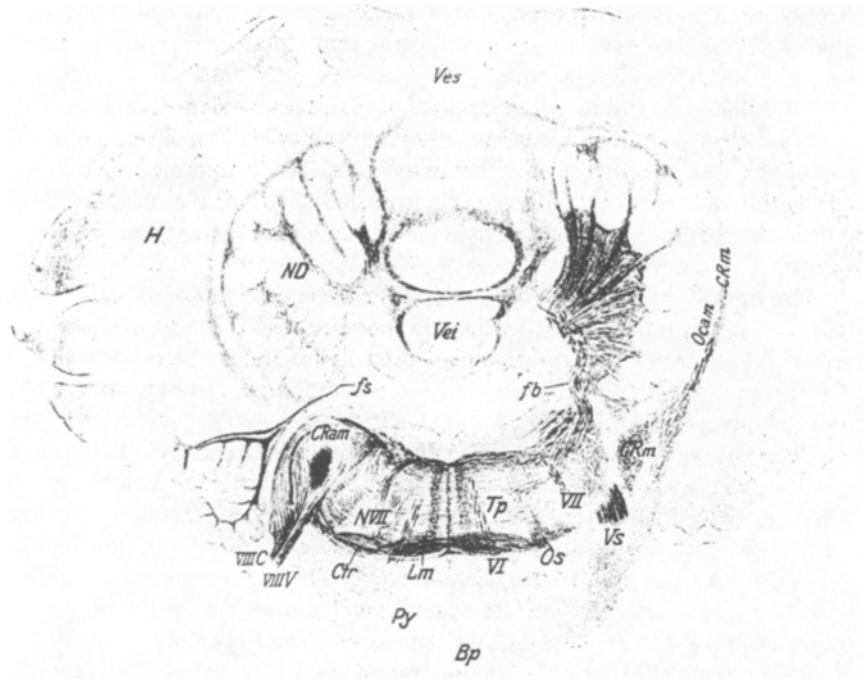


Abb. 3. 46 cm langer Foetus. Die neocephale Pars basilaris pontis (*Bp*) und Hemisphaeriae (*H*) cerebelli sind marklos; die paläencephale Pars tegmentalis pontis (*Tp*), ferner der Vermis (*Ves*, *Ve*i) und Flocculus mit seinem Stiel (*fs*) schreiten in der Myelogenese fort. Im Brückenfuß (*Bp*) findet man in den Querschnitten der Fasciculi pyramidales (*Py*) eine Andeutung der beginnenden Markscheidenbildung. In der Brückenhaube (*Tp*) sind außer den Gehirnnerven (*VIII C* = Ramus cochlearis N. octavi, *VIII V* = R. vestibularis n. oct., *N. VII* = Facialis-kern mit dem aufsteigenden Schenkel, *VII* = absteigender Facialischenkel, *VI* = N. abducens, *Vs* = sensible Trigeminuswurzel) noch folgende Systeme gut bemerkt: Corpus trapezoides (*Ctr*), dessen Faserung nach Durchsetzung der medialen Schleife (*Lm*) teils zur Gegenseite strebt, teils aber in der Oliva superior (*Os*) ihr Ende findet. Gut ausgeprägt sind die Verhältnisse im Strickkörpergebiet, wo das früh markreife *CRm* (Corp. restif. myelinicum) ringförmig vom *CRam* (Corp. restif. amyelinicum) umgenommen wird; das ganze System wird in die zwei Äste des achten Gehirnnerven, medial vom vestibulären (*VIII V*), lateral vom cochleären (*VIII C*) Ast sozusagen eingeklemmt. Auf der linken Seite des Bildes, die caudalere Verhältnisse darstellt, ist der gezähnte Kern (*ND*) markarm, etwas weiter oral (rechts) verstärkt sich seine Faserung, die dorsalen medialen Kernblättchen entsenden dichtere Büschel als die ventralen. Den *ND* umsäumen die Fibr. semicirculares ext., die aus der unbemarkten olivocerebellaren Faserung (*Ocam*) und den früh hmarkreifen *CRm* Fasern bestehen. Die Fibr. semicirc. int. werden hier von den fastigiobulbären Fasern (*fb*) vertreten.

wird in späteren Entwicklungsphasen mit den cerebelloolivaren Fasern ausgefüllt. Im Brückenarm sehr spärliche Fasern, die sich sehr bald im Brückengrau verlieren. Ihre genaueren Beziehungen zu den Brückenkernen wurden von Niro Masuda eingehend geschildert.

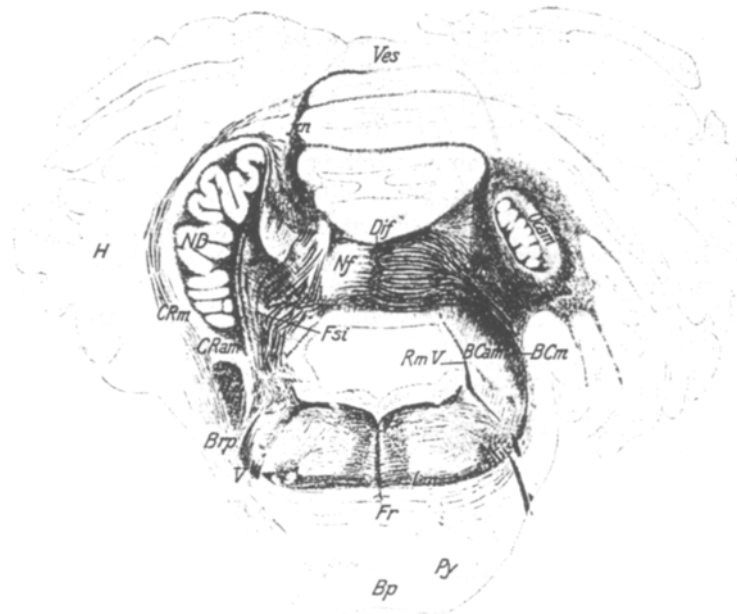


Abb. 4. 46 cm langer Foetus. Schnitt aus der Trigeminushöhe. Links die eintretende sensible Trigeminuswurzel (*V*), rechts die motorische Portion des Trigeminus mit der Radix mesencephalica quinti (*Rm V*). In der höchst markarmen Basis pontis (*Bp*) sind Markspuren der Py-Bahn, vereinzelte Fibræ rectae (*Fr*, im Brachium pontis (*Brp*) zarte Fäserchen zu beobachten. Links enthält die Hemisphäre (*H*) keine einzige Markfaser, weiter oral (rechts), wo der vordere Pol des *ND* in einer von den feinen corticonuclearen Fäserchen durchbohrten markarmen Kapsel der olivocerebellaren Bahn (*OCam*) ruht, weisen schon die Markstrahlen der Kleinhirnlappen einen Anlauf in der Myelogenese auf. Die zentralen Kleinhirnkern und der Vermis (*Ves*) bereichern sich Schritt für Schritt mit Markfasern. Vom Cortex vermis gleitet zu den zentralen Kernen ein feines Büschelchen corticonuclearer Fasern (*fcn*) hinab. Der Dachkern (*Nf*) entsendet eine mächtige fastigiobulbare Faserung, die sich in der Mittellinie kreuzt (*Dif* = Decussatio interfastigiosa). Der Brückenarm bezieht von den oberen Lamellen des *ND* mehr Markfasern als von den unteren, und diese werden von feinen Faserzügen der Fibræ semicirculares internæ (*Fsi*) durchsetzt. Der Bindearm besteht aus einem marklosen (*BCam* = Brach. conj. amyelinicum) und einem bemarkten Feld (*BCM*). Der Übergang von einem Feld ins andere ist ein allmählicher.

Überblickt man diese myelogenetisch-anatomischen Daten im Sinne der eingangs erwähnten Gesichtspunkte, können folgende Ergebnisse festgestellt werden:

Vor allem fand ich bestätigt das bekannte Prinzip der Myelogenese, wonach die morphogenetisch sich früh ausbildenden Hirnteile, in denen selbstverständlich auch die Achsenzyylinder sich früher anlegen, mit ihren Markscheiden auch eher umkleidet werden. Auf ähnliche Weise könnte man eine scharfe Grenze ziehen zwischen den phylogenetisch verschiedenwertigen Teilen; der Brückenfuß z. B., der in der phylogenetischen Reihenfolge erst bei den Säugern zur Ausbildung gelangt, also ein neencephaler Hirnteil ist, bleibt im großen und ganzen marklos während der ganzen Dauer des intrauterinen Lebens mitsamt den in ihm endigenden fronto-temporo-occipitopontinen Bahnen und der durchziehenden Pyramidenbahn, obzwar in dieser letzteren die vom achten Foetalmonat an blaugrau sich färbenden Fasern schon den Anfang der Markscheidenentwicklung zeigen. Diese Markspuren können aber bei den von mir durchgeprüften Entwicklungsstadien nur in den cerebral liegenden Brückenschnitten aufgefunden werden, an caudaleren Präparaten waren dagegen die Py-Bündel marklos. Dieses in der Myelogenese der Pyramidenbahn sich offenbarende Verhalten scheint jenes Flechsig'sche¹⁾ Gesetz zu bestätigen, nach dem der fortschreitende Aufbau der Markscheiden und die Achsenfasern cellulifugal ist, d. h. von der Zelle zur Endverästelung strebt. Marklos sind die Brückenarme auch, abgerechnet die sehr spärliche Faserung, die ihren Ursprung vom Stratum profundum pontis zu nehmen scheint und sich bei den Fasern des C. R. verlierend nicht genauer untersucht werden kann. Diese Faserung könnte entweder für die Bechterewsche nucleocerebellare oder die Schaffersche pontopaleocerebellare Bahn gehalten werden (beidenfalls erweisen sie sich als paläoencephale Abkömmlinge).

Im verlängerten Mark enthalten die ventral liegenden unteren Oliven und die neencephale Py-Bahn keine einzige Markscheide, während der von mir untersuchten Entwicklungsphasen. Die auch sonst dünnfaserige spinoolivare bzw. olivospinale Bahn Helwegs, die die Olive mit dem Rückenmark verbindet, erlangt ihre Markumhüllung erst nach der Geburt. Die Hauptfaserung der Olive, die olivocerebellare Bahn, die die Verbindung mit dem Kleinhirn aufrecht hält, bekam noch nicht ihre Markscheiden, so daß an der Stelle der den Querschnitt des verlängerten Marks so scharf charakterisierenden prä-, intra- und retrotrigeminalen Fasern marklose Streifen den späteren Verlauf zwischen den paläoencephalen Faserquerschnitten der Subst. ret. grisea vorzeichnen. Im Gegensatz hierzu weisen die dorsalen Teile der Oblongata und Brücke eine beträchtliche Anzahl gut gefärbter Markscheiden auf, was mit der ontogenetischen Tatsache in Einklang

¹⁾ Flechsig: Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarks auf myelogenetischer Grundlage. I. Bd. Leipzig 1920.

gebracht werden kann, wonach die Pars basilaris pontis als ein Anhängsel der Pars tegmentalis beim 4 cm langen, 2monatigen Embryo durch einen schmalen Streifen vertreten wird, und eine kräftige Zunahme der Entwicklung nur im 6. Monat erfährt, also zu einer Zeit, wo in der Pars tegmentalis die Markscheidenbildung schon in vollem Umfang fortschreitet. Der N. hypoglossus wird bekanntlich schon im 4. Monat markhaltig gefunden, im 5. kleiden sich sämtliche Wurzelfasern der Gehirnnerven um, mitsamt den die Hirnnervenkerne miteinander verknüpfenden Fasern des Fasciculus longitudinalis medialis, der bekanntlich die phylogenetische älteste Bahn des verlängerten Marks ist.

In der Myelogenese der vom Goll- und Burdachschen Kern entspringenden Fasern konnte ich drei Abschnitte unterscheiden:

1. Im 6. Monat schiebt sich der Tractus bulbothalamicus zu myelinisieren an: Fasern des zweiten sensiblen Neurons, die von den Hinterstrangkernen zum Thalamus hinaufstreben (Hoesel).

2. Im 7. Monat beginnt die Myelogenese des Tractus bulbo-cerebellaris cruciatus, dessen Fasern von den Hinterstrangkernen als innere Bogenfasern entspringen und die Außenfläche der Oblongata erlangend als äußere vordere Bogenfasern ihren Weg durch Vermittlung des C. R. zum Kleinhirn einschlagen.

3. Die ersten Spuren der hinteren äußeren Bogenfasern, die sich ins gleichseitige C. R. vermischend den Tractus bulbocerebellaris directus darstellen, konnte ich nur im 8. Foetalmonat auffinden. Alle diese Fasern schmiegen sich der im 5. Monat schon reifen Flechsig'schen Bahn innigst an und setzen ihren Weg gemeinsam im früh markreifen Abschnitt des C. R. fort.

Die olivocerebellare Faserung aber, die einen beträchtlichen Teil des C. R. ausmacht, ist noch immer marklos und dementsprechend läßt sich in seinem Querschnittsfeld ein mediales leeres und ein laterales tiefblau gefärbtes Gebiet unterscheiden. In der Höhe des VIII. Gehirnnerven hüllt das markleere Feld die reifen Bestandteile allmählich ein, woraus die in der pathologischen Anatomie schon bekannte Tatsache gefolgert werden kann, daß die olivocerebellaren Fasern die übrigen Systeme des C. R. ringförmig umhüllen.

Das seitliche retikulierte Feld wird, wie schon erwähnt, Schritt für Schritt markreicher, doch erreicht es bis zum 9. Monat seinen endgültigen Markgehalt noch nicht. Ähnliche Verhältnisse können auch in den Kernen der im Rautenhirn endigenden bzw. entspringenden Gehirnnerven beobachtet werden: von den motorischen Kernen werden immer mehr Fasern zum Fasciculus longitudinalis med. entsendet, wohingegen von den sensiblen Kernen in fortschreitend sich vermehrender Anzahl cerebellarwärts gerichtete Fasern zum C. R. stre-

ben, als *Fibrae cerebellonucleares*, deren genauere Gliederung aber mittels der myelogenetischen Forschungsweise undurchführbar ist. Nur das Einstrahlen des *Ramus vestib. N. VIII* ins Kleinhirn kann unmittelbar verfolgt werden. (Die Zergliederung des VIII. Gehirnnerven in einen vestibularen und cochlearen Ast führte bekanntlich Bechterew mittels der myelogenetischen Methode durch.)

Die markreifen Teile des Strickkörpers streben zum *Vermis cerebelli* und somit sind diese vom Rückenmark und *Oblongata* stammenden fremden Herkömmlinge die ersten Markfasern des Kleinhirns, dessen eigene Faserung sich viel später ausbildet (*Sante de Sanctis*¹⁾.)

Im Kleinhirn verhält sich die Markentwicklungsreihe folgend:

Zuerst bauen sich die Flocke und der Wurm, also die phylogenetisch ältesten Abschnitte aus. Es setzt sich die Bildung der Markhüllen unterhalb des *Stratum gran. int.* in den Markleisten an, und erreicht nicht einmal beim 46 cm langen Foetus die Schicht der Purkinjeschen Zellen. Außer den von C. R. und Gowersscher Bahn herziehenden Projektionsfasern sind im *Lobus medianus cerebelli* noch andere mit Hämatoxylin färbbare Fasern am Ende des 7. Monats aufzufinden; diese sind die *corticonuclearen* Fasern, die von der Kleinhirnrinde in vertikaler Richtung zu den zentralen Kernen, in erster Linie zum *Nucl. emboliformis* und *globosus* hinstreben. (S. Abb. 2.) Vom *Vermis superior* erstreckt sich allmählich die Myelogenese nach den hinteren und unteren Wurmpartien. Zur selben Zeit baut sich die *fastigiobulbare* Bahn aus.

Im *Nucleus dentatus* konnte ich die ersten Ansätze der fortschreitenden Anmarkung nur beim 8monatigen Foetus feststellen, und zwar in den cerebralen Abschnitten, hingegen zeigen die hinteren Lamellen nur beim 44 cm langen Foetus einen schwachen Beginn der Myelogenese. Aber auch in den oralen Abschnitten müssen wir einen Unterschied zwischen den der Mittellinie näher liegenden oberen und seitlicheren unteren Lamellen in dem Sinne wahrnehmen, daß sich die Markscheidenbildung zuerst um die oberen medialen Kernblättchen ansetzt.

Gemäß diesen Verhältnissen baut sich der Bindearm, der seine Bestandteile von den zentralen Kleinhirnkernen und hauptsächlich vom N. D. bezieht, folgendermaßen aus: Beim 38 cm langen Foetus sind die blaßblau gefärbten Fasern im Bindearmquerschnitt in spärlicher Anzahl vertreten, und diese nehmen eine dorsale äußere Lage ein. Diese Fasern müssen in Anbetracht der völligen Marklosigkeit des N. D. und der beginnenden Bemarkung der

¹⁾ de Sanctis, Sante: Untersuchungen über den Bau und die Markscheidenbildung des menschlichen Kleinhirns. Monatschr. f. Psychol. u. Neurol. 5, 1898.

übrigen medialen Kerne als vom Nucl. fastigii, emboliformis und globosus entsendeten Bindearmfasern aufgefaßt werden.

Beim 40 cm langen Foetus schließen sich zu diesen die ersten Dentatusfasern an, und so bereichert sich allmählich der Bindearm, in seinem Querschnittsfeld bleibt aber sogar noch beim 46 cm-Foetus eine schmale mediale markleere Zone übrig. Die von Bechterew geschilderte Entwicklungsweise des Bindearms nach umschriebenen Fasergruppen konnte ich nicht beobachten. Der Anbau der Markscheiden ist vielmehr ein allmählicher, der von außen nach innen sich ausdehnt und mit der Markscheidenentwicklung des Nucleus dentatus Schritt hält, was so zu deuten ist, daß die früher reifenden dorsalen Bindearmfasern vom frontalen Pol des N. D. stammen, das mediale innere leere Feld ist für die später reifenden, von den hinteren Dentatuslamellen herziehenden Fasern des hinteren Poles vorbehalten.

Als wichtigstes Ergebnis vorliegender Untersuchungen verdient also neben dem wesentlichen Unterschied zwischen der Myelogenese der Pars basilaris und tegmentalis pontis die Marklosigkeit der oberen Olive, ferner die ontogenetische Reihenfolge im Ausbau des gezähnten Kerns hervorgehoben zu werden.

Nun drängt sich aber unwillkürlich die Frage auf, warum die untere Olive, die scheinbar ein Urbesitz des verlängerten Markes ist, so spät ihre Markscheiden gewinnt. Die Erklärung dieses sonderbaren Verhaltens gibt uns die Stammesgeschichte. Es ist wahr, daß auch bei den niederen Wirbeltieren die Oliva inferior immer aufzufinden ist, aber sehr oft nur in Gestalt einer unbedeutenden Zellgruppe, die neben den uralten Nucl. olivares access. med. und lat. eine untergeordnete Rolle spielt; diese letzteren sind eigentlich die beständigsten Olivenkerne, wobei der die mittlere Lage einnehmende Nucl. olivaris principalis eine immer größere Ausdehnung erwirbt. Beim Schweine weist er schon eine S-förmige Umbiegung auf, bei den niederen Affen erscheint schon der Hilus, bei den Anthropoiden zeigt sich eine bescheidene Fältelung, aber nur beim Menschen erscheint der Kern in seiner mächtigen Ausdehnung und reichen Faltenbildung (Brunner)¹⁾. Diese verspätete stammesgeschichtliche Ausbildung bekundet sich in der Ontogenese durch die späte Markscheidenbildung seiner Faserung.

Dieselbe phylogenetische Betrachtungsweise wirft auch auf die Entwicklungsfolge der den Kleinhirnkernen entspringenden Fasern ein erklärendes Licht, wenn man weiß, daß der Vermis und der Dachkern

¹⁾ Brunner: Zur Kenntnis der unteren Olive bei den Säugetieren. *Obersteiners Arb.* 22, S. 113.

bzw. Nucl. medialis die ältesten Kleinhirnteile sind, und in dem Maße, wie die Hemisphären sich ausbilden, gliedert sich der anfangs noch in die Hemisphäre sich erstreckende einzige Nucl. med. in zwei und später drei Kerne, so daß bei den niederen Affen schon drei Kerne deutlich unterschieden werden können: Nucl. lateralis, interpositus und medialis (Brunner)¹⁾. Die laterale Kerngruppe erhält nur bei den anthropoiden Affen einen Hilus, und von nun an verdient sie den Namen Nucl. dentatus; die mächtige Ausdehnung aber, mit der er die übrigen paläencephalen Kerne weit überflügelt, gewinnt der Kern ebenfalls nur beim Menschen, und so widerspiegelt sich das stammesgeschichtliche Bild einerseits dadurch, daß der Kern seine Markumhüllung verspätet erlangt, andererseits aber muß er das phylogenetische Nacheinander auch darin einhalten, daß die Myelogenese von den der Mittellinie näher liegenden Blättchen sich gegen die lateralen hinteren Lamellen ausdehnt.

Interessant sind die Folgerungen, die vom Markbildungsvorgang für die Physiologie verwertet werden können:

Es kann eine Bahn nur dann ihrer Aufgabe gerecht werden, wenn sich die Markscheiden um ihre Achsenfasern schon ausgebildet haben. Als Beispiel kann uns aus der Pathologie die multiple Sklerose dienen, wo die schweren Bewegungsstörungen ihre anatomische Erklärung im Nacktwerden der Achsenzylinder finden. Der beim Neugeborenen auslösbare extendierende Fußsohlenreflex (Babinski) ist mit der Marklosigkeit der Py-Bahn genügend begründet. Hingegen bewegt sich die Frucht schon im 5. Foetalmonat, was durch den Markreichtum der vorderen Rückenmarkswurzel ermöglicht wird, verschluckt Fruchtwasser, was durch die frühe Ummarkung der Hypoglossusfasern bedingt ist. Da die Gehirnnerven zur Zeit der Geburt schon alle beinahe vollständig ausgebaut sind, werden die Saug- und Schluckreflexe, das Weinen, Grimassieren ermöglicht; lauter solche Bewegungskomplexe, die allein durch das Rhombencephalon besorgt werden, wie uns die Beobachtung des Goltzschen Hundes und Edingers „Menschen ohne Großhirn“²⁾ gelehrt hat.

Auf das Bewerten der Entwicklungsgeschichte des Kleinhirns wirft ein lebhaftes Licht die interessante Beobachtung Löwys³⁾, daß bei jener Gruppe von Tieren, die sofort nach ihrer Geburt flott herumlaufen, die Myelogenese schon vollendet gefunden wurde: z. B. beim Hund, Schwein, Kalb, von den Vögeln beim Huhn.

¹⁾ Brunner: Die zentralen Kleinhirnerkerne bei den Säugetieren. Obersteiners Arb. 22, S. 200.

²⁾ Edinger und Fischer: Ein Mensch ohne Großhirn. Arch. f. d. ges. Psychol. 152.

³⁾ Löwy: Zur Frage der superficiellen Körnerschichte und Markscheidenbildung des Kleinhirns. Arb. a. d. neurol. Inst. d. Wiener Univ. 18. 1910.

Dagegen aber vollendet sich die Myelogenese im Kleinhirnerne der blindgeborenen, sich ungeschickt bewegenden Tiere (u. a. Katze, Kaninchen, Taube) erst nach kürzerer oder längerer Zeit post partum. Das menschliche Kleinhirn erwirbt ebenfalls spät nach der Geburt seinen endgültigen Aufbau, daher das unentwickelte Gleichgewichtsgefühl, die inkoordiniert erscheinenden Bewegungen bzw. ihre an tierische Koordinationen erinnernde Form.

Auf das Rhombencephalon segmentartig sich erstreckende heredo-degenerative Nervenkrankheiten ahmen mit ihren Markerkrankeungsbildern die Myelogenese so auffallend nach, daß wenigstens mit einigen Worten auch auf diese hingewiesen werden muß.

Es rufen insbesondere die cerebellare Heredoataxie (Form Pierre-Marie) und die auf das Rhombencephalon sich erstreckende Form der Tay-Sachsschen Krankheit solche Markausfälle hervor, bzw. verursachen jene Hemmung in der Entwicklungsfolge der Markscheiden, die eine Parallele ermöglichen. So z. B. in Schaffers¹⁾ Fällen, und auch in den bekannten Fällen der ponto-olivo-rubrocerebellaren Atrophien waren vorwiegend jüngere rhombencephale Systeme in verschiedener Kombination befallen. In Schaffers Fällen waren Wurm und Flocke gesund, die Hemisphären und der Brückenarm wiesen eine beträchtliche Abnahme der Markfasern auf. In seinem jüngst veröffentlichten Tay-Sachsschen Falle sah er^{2) 3)}, daß wieder der Wurm, die Flocke, Bindearm und Strickkörper es waren, die dem Krankheitsvorgang längere Zeit widerstanden haben, als die neocencephale Brücke, Brückenarm und Kleinhirnhemisphären.

Herr Prof. Schaffer unterstützte mich in meiner Arbeit mit Rat und Tat; es sei ihm dafür auch an dieser Stelle mein ergebener Dank ausgesprochen.

¹⁾ Schaffer: Beiträge zur Lehre der cerebellaren Heredodegeneration. Journ. f. Psychol. u. Neurol. 27. 1921.

²⁾ Schaffer, Tatsächliches und Hypothetisches aus d. Histopath. der infantil-amaurotischen Idiotie. Arch. f. Psychiatr. u. Nervenkrankh. 64. 1922.

³⁾ Schaffer: Die allgemeine histopathologische Charakterisierung der Heredodegeneration. Schweiz. Arch. f. Neurol. u. Psychiatr. 7. Zürich 1920.
