

Untersuchungen über die Entwicklung der Markscheiden und den Faserverlauf im Rückenmark der Maus.

Von

Dr. Michael v. Lenhossék,
Docent an der Universität in Budapest.

Hierzu Tafel VI und VII.

Seitdem P. Flechsig durch sein grundlegendes Werk: „Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. Leipzig, 1886“ der anatomischen Forschung eine neue Bahn erschlossen und die von ihm vertretene neue Methode der Forschung durch eine Reihe der bedeutendsten Entdeckungen so glänzend inaugurirt hatte, wurde die Untersuchung der Markscheidenbildung in den Centralorganen des Nervensystems und im Anschluss daran die des inneren Baues der letzteren vielfach in Angriff genommen, und man wird zugestehen müssen, dass jene Fülle von wichtigen Aufklärungen, die wir in letzter Zeit über die Organisation des Gehirns und Rückenmarkes erhielten, in erster Linie diesen Untersuchungen zu verdanken sei.

Fast alle diese Forschungen aber — an denen sich sonderbarer Weise nur Psychiater und Neuropathologen betheiligten, obwohl sich dem Anatomen auf diesem eigentlich ihm zugehörigen Gebiete ein lohnendes Feld der Thätigkeit darbietet — beziehen sich blos auf den Menschen.

Die Frage, ob die Entwicklung der Markscheiden im Centralnervensystem der Thiere denselben Gesetzen unterliege, wie beim Menschen, ob jene Thatsachen, die in dieser Richtung von Flechsig und seinen Schülern, unter denen wohl in erster Reihe Bechterew zu nennen ist, für diesen ermittelt worden sind, auch für jene Geltung haben, war bis in die letzte Zeit hinein eine offene geblieben. Zwar hatte schon Edinger zahlreiche hierher gehörige, auf die niedrigsten Wirbelthiere bezügliche, interessante Beob-

achtungen mitgetheilt, doch fehlte es, namentlich in Betreff des Rückenmarkes, an einer systematischen Untersuchung.

Dies bewog mich, diese Verhältnisse bei der Maus einer Durchforschung zu unterziehen.

Im Laufe meiner Untersuchungen konnte ich mir bald die Ueberzeugung verschaffen, dass sich das Rückenmark dieses Thieres in Betreff der Markentwicklung ganz so verhalte wie dasjenige des Menschen. Auch hier erhalten die die weisse Substanz zusammensetzenden Bündel zu verschiedenen Zeiten ihre Markscheiden und stimmt auch die Reihenfolge, in welcher sie myelinhaltig werden, im Ganzen und Grossen mit der für den Menschen erkannten überein. So zeichnen sich z. B. die Pyramidenstränge auch hier durch ihre spät auftretenden Markscheiden aus, so findet man die Vorderwurzeln auch bei diesem Thiere früher markhaltig als die hinteren u. s. w.

Obwohl sich meine Untersuchungen bisher nur auf dieses einzige Object beziehen, so stehe ich doch nicht an, es als höchst wahrscheinlich zu erklären, dass das Auftreten der Myelinscheiden in den nervösen Centralorganen der Wirbelthiere und namentlich der höheren denselben Gesetzen folge.

Hiermit muss nun der „entwicklungsgeschichtlichen Methode“ dieselbe Wichtigkeit für die Erkenntniss der Leitungsbahnen in Thiergehirnen und Rückenmarken beigelegt werden, welche dieselbe anerkanntermaassen für die Erforschung dieser Theile beim Menschen besitzt.

Die Untersuchung ausgebildeter Nervenorgane an wenngleich ganz lückenlosen und vortrefflich gefärbten Schnittserien scheint an sich unzulänglich zu sein zur sicheren Lösung von Fragen, wie die nach dem Verlauf der Leitungsbahnen, nach dem Ursprung einzelner Faserbündel u. s. w., auf welche es doch dem Anatomen wie dem Physiologen in erster Linie ankommt. Die am meisten geeignete Methode zur Erforschung dieser Verhältnisse dürfte meines Erachtens die Flechsig'sche sein. Ich glaube, dass, wenn man in dieser Richtung viele und pünktliche Beobachtungen gesammelt und zahlreiche Thiere — namentlich auch niedrigste Vertreter der Wirbelthiere — auf die Entwicklung ihrer centralen Markscheiden untersucht haben wird, sich viele bisher offene Fragen der Anatomie des Centralnervensystems werden beantworten lassen.

Ein wichtiger Beweggrund, der uns zur Werkstellung ähnlicher Untersuchungen auffordert, ist die Aussicht, in der Erkenntnis des Baues vom Gehirn und Rückenmark der Thiere einen Schlüssel zu finden für das Verständniss der Structur dieser Organe beim Menschen. Es ist schon vielfach und neuerdings wieder von Edinger¹⁾ und Köppen²⁾ darauf hingewiesen worden, dass die Forschung auf diesem Gebiete, um einen Erfolg zu verzeichnen, von den einfacheren Formen ausgehen müsse. Dem muss man unbedingt zustimmen, und wenn trotzdem die schon in ziemlich grosser Zahl angestellten hierher gehörigen Untersuchungen mit Ausnahme einiger neueren auf die Entwicklung unserer diesbezüglichen Kenntnisse nicht vom erwarteten Einflusse waren, so hängt dies meiner Ueberzeugung nach zumeist mit der Unsicherheit der gewonnenen Resultate, mithin also wieder mit der Unzulänglichkeit der Methode zusammen. Das Centralnervensystem selbst der niedrigsten Vertebrata ist zwar in seinem Baue viel einfacher als z. B. dasjenige des Menschen, jedoch noch immer viel zu complicirt, um mit den gewöhnlichen Methoden einer zufriedenstellenden Lösung zugeführt werden zu können. Auch hier muss zur Flechsig'schen Methode gegriffen werden und werden sich solchen Untersuchungen gewiss viele und allgemeinwichtige Resultate abgewinnen lassen.

Das von mir benützte Thier, die Maus eignet sich ganz vorzüglich zu solchen Untersuchungen. Die Vortheile dieses Thieres für unsere Zwecke bestehen einmal in der Kleinheit desselben, in Folge deren sich seine nervösen Centralorgane nach Einbettung in Celloidin ohne allzugrosse Mühe in Schnittserien — die ohnehin nicht complet zu sein brauchen — zerlegen lassen, andererseits in dem Umstande, dass die Bildung der Markscheiden bei demselben erst nach der Geburt beginnt, mithin man sich also nicht genöthigt sieht, nach Embryonen zu fahnden. Junge Exemplare lassen sich bei der bekannten Fruchtbarkeit des Thieres leicht verschaffen. Das Herauspräpariren von Gehirn und Rückenmark selbst neugeborener Thiere ist bei einiger Uebung keine Sache von Schwierigkeit.

1) Dr. L. Edinger, Vergleichend-entwicklungsgeschichtliche Studien im Bereich der Gehirn-Anatomie. Anatomischer Anzeiger II. 1887. Nr. 6. p. 145.

2) Dr. Max Köppen, Zur Anatomie des Froschgehirns. Archiv für Anat. u. Physiologie. Anat. Abtheilung. 1888. p. 1.

Als einzigen Nachtheil dieses Objectes könnte ich den Umstand anführen, dass die von mir bei meinen Untersuchungen fast ausschliesslich in Anwendung gebrachte Hämatoxylinfärbung nach Weigert bei jungen Exemplaren mitunter — ohne jede nachweisbare Ursache — nicht recht gelingen will. Hat man sich bei der Färbung noch so streng an die von Weigert angegebenen Vorschriften gehalten, so wird man doch zu seinem Aerger einige Serien unbrauchbar finden. Obwohl ich Rückenmarke von einem jeden Tage vom 1. bis zum 15., z. Th. in mehreren Exemplaren, ausserdem noch solche von 18, 20, 25, 27 und 30 Tage alten Thieren untersuchte, blieb meine Sammlung doch aus dem eben angeführten Grunde eine lückenhafte. Dies der Grund, weshalb, wie ich mir recht gut bewusst bin, die mitzutheilenden Resultate in Betreff vieler Punkte sich äusserst dürftig präsentiren. Eine Ausfüllung der Lücken hätte die Veröffentlichung meiner hiermit zu vorläufigem Abschluss gebrachten Untersuchungen zu sehr verzögert.

Hinsichtlich der Darstellungsweise hatte ich die Wahl zwischen zwei Verfahren. Ich konnte meine Befunde entweder einfach casuistisch oder aber systematisch geordnet darstellen. Grösserer Uebersichtlichkeit halber habe ich mich für letztere Darstellungsweise entschlossen.

Das Rückenmark der Maus wurde speciell untersucht von Bochmann¹⁾ und Stieda²⁾. Ersterer befasst sich sehr eingehend mit der Structur desselben, während Stieda unter Berufung auf Bochmann's Arbeit dem Gegenstande nur wenige Seiten widmet.

I. Graue Substanz im Allgemeinen und gelatinöse Formation.

Das Rückenmark der Maus stimmt in den meisten Punkten seiner Structur mit demjenigen des Menschen überein, eine That- sache, die ich gleich eingangs hervorheben zu müssen glaube. So ist auch die Anordnung der grauen und weissen Substanz auf dem Querschnitte fast ganz dieselbe wie bei diesem; ein geringer Unterschied gibt sich darin kund, dass erstere sich hier etwas plumper und

1) Eugen v. Bochmann, Ein Beitrag zur Histologie des Rückenmarks. Inaug.-Dissertation. Dorpat 1860.

2) Dr. Ludwig Stieda, Studien über das centrale Nervensystem der Vögel und Säugethiere. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. 19. 1869. p. 61.

verhältnissmässig grösser präsentirt, letztere einen etwas schmälern Mantel um diese herum bildet.

Wie dort, sind auch hier je nach den Höhen des Rückenmarkes Verschiedenheiten sowohl im Umriss der grauen Substanz wie in ihrem quantitativen Verhältniss zur weissen nachzuweisen und kann ich Stieda¹⁾ keineswegs beistimmen, wenn er angibt: „die Form der grauen Substanz sei in den verschiedenen Gegenden des Rückenmarks nur sehr geringem Wechsel unterworfen.“ Dies könnte noch einige Berechtigung haben für die Vorderhörner, die von ihrer rundlichen Form in der That weniger Abweichungen erkennen lassen, nicht aber für die Hinterhörner, die beispielsweise im Lumbalmark eine plumpe Masse darstellen, im Cervicaltheil hingegen allmählich eine schlanke Form annehmen und sich schliesslich in einen eingeschnürten Stiel und einen breiten, abgeflachten Kopf sehr deutlich sondern, welch' letzterer hauptsächlich durch die Rolando'sche Formation dargestellt wird. Unmittelbar vor der lateralen Hälfte dieser letzteren findet sich durch die graue Substanz zerstreut eine Anzahl longitudinaler Nervenfaserbündel, so dass es hier in allen Gegenden des Rückenmarkes zur Bildung eines reticulirten Gebietes oder, wie Bochmann²⁾ diese Partie nennt, einer Substantia spongiosa kommt.

Eine ausgesprochene Substantia gelatinosa centralis lässt sich bei der Maus nicht nachweisen. Unmittelbar um den Centralkanal herum befindet sich ein schmales Gebiet, welches der Nervenzellen und eines Fasernetzes entbehrt, nur mitunter einige selbstständige Nervenfasern enthält und sich, seitlich begrenzt von den medialsten Bündeln der Hinterwurzeln und nach hinten allmählich breiter werdend, bis zur hinteren Commissur fortsetzt. Dieses Gebiet ist aber nichts anderes als ein zellen- und faserloses Feld der gewöhnlichen Grundsubstanz und ist der Rolando'schen Substanz vermöge seiner Structur durchaus nicht gleichwerthig. Bochmann³⁾ hat dies ganz richtig erkannt, indem er sagt: „die vorliegenden Untersuchungen haben durchaus keine Anhaltspunkte gegeben, diese Masse als verschieden von der übrigen Masse anzusehen, sie stimmt vielmehr vollkommen mit derselben überein.“

1) Stieda, a. a. O. p. 64.

2) Bochmann, a. a. O. p. 25.

3) Bochmann, a. a. O. p. 21.

In ähnlichem Sinne hat sich neuerdings auch H. Virchow¹⁾ über die „Substantia gelatinosa centralis“ des Menschen ausgesprochen.

Das was man gewöhnlich mit einem Worte als Hinterhorn bezeichnet, besteht aus zwei distincten Theilen: dem eigentlichen nervösen Hinterhorn und der diesem hinten anliegenden Rolando'schen Substanz oder Formation (H. Virchow). Diese setzt sich an gelungenen nach Weigert gefärbten Präparaten sehr deutlich von jenem ab, dessen Anhängsel sie gewissermaassen bildet. Sie ist bei der Maus recht ansehnlich entwickelt. Ihre Gestalt und Grösse ist in verschiedenen Höhen nicht so sehr einem Wechsel unterworfen, wie die der übrigen grauen Substanz; sie behält allenthalben die für unser Thier charakteristische abgeflachte Halbmondform bei. Da dies auch im Cervicalmark der Fall ist, wo das eigentliche Hinterhorn einer Schrumpfung unterliegt, bedingt sie die Segmentirung der Hintersäule in Cervix und Caput.

Die Rolando'sche Substanz hat bei unserem Thiere die Eigenschaft, dass sie in ihrer äusseren Hälfte ganz bis zur Peripherie reicht und nicht von derselben, wie beim Menschen, durch Längsbündel (Lissauer's²⁾ Randzone) geschieden wird. Nur ihre mediale Hälfte wird von Quer- und Längsfasern, jedoch auch in sehr geringer Breite, bedeckt. Dieses Verhalten findet seinen makroskopischen Ausdruck in Folgendem: Betrachtet man das Rückenmark von hinten, so sieht man neben der hinteren Längsfissur je einen weissen Streifen (Hinterstränge), nach aussen von diesem einen gelblichen, welcher der hier frei zu Tage liegenden Rolando'schen Formation entspricht.

Die Begrenzung der Rolando'schen Formation ist medianwärts sowie nach hinten ungemein scharf, nach vorn — wenn auch nicht mehr so exact — so doch immer deutlich, noch weniger exact ist sie aber nach aussen, indem sich die gelatinöse Masse eine Strecke in das Gebiet der Seitenstränge hinein in Form eines grobmaschigen, in seinen Lücken longitudinale Faserbündel beherbergenden Netzes fortsetzt. Ich nenne diese Stelle „spongiöse

1) H. Virchow, Ueber Zellen in der Substantia gelatinosa Rolando. Neurologisches Centralblatt. 1887. p. 263.

2) H. Lissauer, Beitrag zum Faserverlauf im Hinterhorn des menschlichen Rückenmarks und zum Verhalten desselben bei Tabes dorsalis. Archiv für Psychiatrie. XVII. p. 380.

Zone des Seitenstranges“; sie beschränkt sich blos auf den hintersten Theil des letzteren.

Es sei mir gestattet, meine Ansicht über die Bedeutung der Rolando'schen Substanz hier einzuschalten. Meine Erfahrungen lassen mich der Ansicht beistimmen, dass man es hier mit verhornten Ectodermalzellen zu thun habe, ohne Betheiligung von Bindegewebe oder nervösen d. h. als solche functionirenden Elementen.

Bekanntlich gehen die Ansichten der Forscher über diesen Punkt auch heute noch auseinander. Wenn wir absehen von den Ausführungen älterer Forscher, die die Substanz theils aus Bindegewebe (Bidder und Kupffer, Goll etc.), theils aus dicht gedrängten Nervenfasern (Schröder v. d. Kolk, Stilling, Bochmann) bestehen liessen, so lassen sich die wichtigsten und neuesten Aeusserungen hierüber in Folgendem zusammenstellen.

Gerlach¹⁾ erklärte sie als den „an nervösen Elementen ärmsten Theil der grauen Substanz.“

Meynert²⁾ hielt sie für nervös und liess die aufsteigende Quintuswurzel aus ihr entspringen. In diesem Sinne äusserten sich W. Krause³⁾ und neuerdings Darkschewitsch und Freud⁴⁾. Nach W. Krause „bildet ihre Grundlage granulirtes Bindegewebe. Abweichend von der Substantia gelatinosa centralis ist ihr Gehalt an grossen spindelförmigen multipolaren Ganglienzellen“. Ihren sich in das oberste Cervicalmark und darüber erstreckenden Theil bezeichnet er geradezu als „uuteren sensiblen Trigeminuskern.“

Ausser W. Krause beschrieben auch Schwalbe⁵⁾, Gierke⁶⁾, sowie namentlich H. Virchow⁷⁾ Nervenzellen als Bestandtheile

1) J. Gerlach, Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Wien 1870. II. p. 689.

2) Th. Meynert, Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Wien 1870. II. p. 777.

3) W. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. I. Hannover 1876. p. 389 und 420.

4) L. Darkschewitsch und Dr. Sigm. Freud, Ueber die Beziehung des Strickkörpers zum Hinterstrang und Hinterstrangkern. Neurologisches Centralblatt, 1886. p. 121.

5) Dr. G. Schwalbe, Lehrbuch der Neurologie. Erlangen 1881. p. 347.

6) H. Gierke, Die Stützsubstanz des Centralnervensystems. Archiv für mikrosk. Anatomie, 26. 1886. p. 144.

7) H. Virchow, Ueber Zellen in der Substantia gelatinosa Rolando. Ref. im Neurologischen Centralblatt, 1887. p. 263.

dieser Formation, welcher Angabe auch Obersteiner¹⁾ beistimmen zu müssen glaubte.

Corning²⁾ giebt zwar in einer unlängst erschienenen interessanten Arbeit zu, dass die Zellen der gelatinösen Formation einen „embryonalen Charakter“ haben, woraus man schliessen könnte, dass er sie für unentwickelte, mithin also mit keiner Funktion ausgestattete Elemente hält, schliesst sich aber sonst der Anschauung Gierke's an, derzufolge die Formation „unendlich viel mehr Nervenzellen enthalte als die übrigen Theile der grauen Substanz.“

Diesen Angaben gegenüber steht die an mehreren Stellen³⁾ dargelegte Ansicht Bechterew's, es sei diese Formation nichts als eine Anhäufung von centraler Stützsubstanz ohne Beimischung nervöser Elemente.

Auf Grund meiner Beobachtungen muss ich mich ganz für Bechterew's Anschauung erklären.

Untersucht man das Rückenmark einer neugeborenen Maus eines solchen Kaninchens oder eines menschlichen Foetus aus dem 6.—7. Monat, so wird man in überraschend klarer Weise die Zusammensetzung der Rolando'schen Substanz aus dicht gelagerten, etwas ovoiden Epithelzellen zur Anschauung bekommen, die in sagittaler Richtung sich zu Längsreihen anzuordnen scheinen. Die Contouren der Zellen sind wohl um diese Zeit schon vielfach nicht mehr zu erkennen, doch treten ihre Kerne — namentlich bei Osmium- und Karminfärbung — noch sehr distinct hervor. Auf einem späteren Stadium erblicken allmählich auch diese, indem die ganze Substanz einer Verhornung (Schwalbe) oder einem ähnlichen Process anheimfällt. Fasern und dergleichen Structur treten erst später, nicht zufolge des Hereinwachsens von Bindegewebe, sondern bloß durch secundäre Differenzirung der Masse auf. Als Ausdruck der erwähnten Anordnung der Zellen bleibt eine auch von Ober-

1) Dr. Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane. Leipzig und Wien 1888. p. 183.

2) H. K. Corning, Ueber die Entwicklung der Substantia gelatinosa Rolando beim Kaninchen. Archiv für mikrosk. Anatomie. 1888. Bd. 31. p. 593.

3) W. Bechterew, Ueber einen besonderen Bestandtheil der Seitenstränge des Rückenmarks. Ref. im Neurologischen Centralblatt, 1885. p. 369. Derselbe: Ueber einen besonderen Bestandtheil der Seitenstränge des Rückenmarks. Archiv für Anat. und Physiologie. Anat. Abtheilung, 1886. p. 4.

steiner¹⁾ angeführte analoge Streifung der Formation. Die aus ihrer Entwicklung verständliche ungemein dichte Beschaffenheit der Formation bedingt ihre charakteristische Färbung, indem sie sich mit Karmin bekanntlich dunkler tingirt, als die nervöse graue Substanz; noch schärfer ausgesprochen ist jedoch dieser Unterschied bei Weigert'scher Färbung, bei welcher sie sich durch ihre gesättigte Orangefarbe von der gelblich-bleich gefärbten nervösen Substanz sehr deutlich unterscheidet.

Ihr Mangel an Nervenelementen erhellt auch aus ihrer totalen Faserlosigkeit, welche sich bei unserem Thiere besonders klar zu erkennen giebt. Hier beschränken sich nämlich jene die Rolando'sche Formation durchsetzenden Bündel der Hinterwurzeln, die bekanntlich beim Menschen als „meridionale Fasern“ die ganze Breite derselben in Anspruch nehmen, bloß auf ihren medialsten Abschnitt, ihr grösster Theil ist absolut faserlos, von ganz homogenem Aussehen, und man wird hier selbst auf ausgesuchtesten Präparaten, wo Weigert's vorzügliches Verfahren selbst die feinsten Fäserchen und auf allen Punkten der grauen Substanz ein reiches Fasernetz hervortreten lässt, jegliche Fäserchen vermissen. Gesetzt also, es fänden sich wirklich ihrer äusseren Erscheinung nach als Ganglienzellen anzusprechende Elemente in der Formation, wovon ich mich durchaus nicht überzeugen konnte; wie könnte man Zellen, denen das von Deiters²⁾ festgestellte Kriterium eines Nervenkörpers: die Verbindung mit einer Nervenfaser abgeht, als nervös anerkennen?

Meines Dafürhaltens gehören die Elemente der Rolando'schen Substanz in eine Kategorie mit den Epithelzellen des Centralkanal; hier wie dort handelt es sich um Ectodermalzellen, die sich nicht zu Nervenzellen umgewandelt, sondern ihren einfach epithelialen Charakter bewahrt haben.

Wir sehen da also in jeder Hälfte des Rückenmarkes symmetrisch angeordnet ein Band von Stützsubstanz, dem vielleicht die nicht unwichtige Aufgabe zufällt, dem Rückenmark eine gewisse Festigkeit zu verleihen. Für eine solche Bedeutung derselben spricht auch der Umstand, dass es, wie es scheint, in den meisten

1) Obersteiner, a. a. O. p. 183.

2) Otto Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Herausgegeben von Max Schultze. Braunschweig 1865. p. 55.

Wirbelthierklassen vorhanden ist. So ist eine Rolando'sche Substanz neuerdings von Köppen¹⁾ auch für den Frosch nachgewiesen worden. Sie ist hier ebenfalls von Neuroglia-artiger Beschaffenheit, indem sie nach diesem Autor „aus einer dichten Grundsubstanz ohne zellige Elemente besteht.“

II. Nervenzellengruppen und Fasernetz.

Die vorliegenden Untersuchungen ergaben, dass Rückenmarke junger Mäuse und auch menschlicher Foeten sehr günstige Objecte abgeben zur Ermittlung der Gruppierung der Ganglienzellen innerhalb der grauen Substanz und namentlich innerhalb der Vorderhörner, sowie auch zur Bestimmung der ihrer Bedeutung nach zusammengehörigen Nervenkörper.

Die Umstände, die diese Verhältnisse deutlich zu Tage treten lassen, liegen in gewissen, bisher, so viel ich weiss, nicht beobachteten, in der grauen Substanz zu den Zeiten der Markscheidenentwicklung sich abspielenden Vorgängen.

Untersucht man das Rückenmark einer sehr jungen, z. B. 4—5 Tage alten Maus an Schnitten, die nach Weigert gefärbt sind (Fig. 4 und 5), so wird man finden, dass sich die grossen „motorischen Zellen der Vorderhörner durch ihre dunkelbraune, mitunter tiefschwarze Färbung mit einer Schärfe hervorheben, wie sie sich nicht vollständiger denken lässt. Die Färbung ist bedingt durch die Anwesenheit zahlreicher mehr weniger feiner Körner und Schollen, mit welchen die Zellen namentlich in der Umgebung ihres Kerns reichlich beladen sind (Fig. 2).

Dass es sich hier nicht um Pigment handelt, beweist die Untersuchung ungefärbter Schnitte, auf welchen diese Elemente nicht hervortreten. Ihre charakteristische Färbung lässt mich vermuthen, dass hier eine dem Nervenmark verwandte Substanz vorliegt, welche aber mit letzterem doch nicht ganz identisch sein kann, indem sie auf Osmiumsäure die bekannte Reaction des Myelins nicht zeigt. Gewöhnliche Hämatoxylinfärbung, Karmin sowie Anilinfarben (Methylviolett, Bismarckbraun, Saffranin) lassen die Körner, die ich als Myeloidkörner bezeichnen möchte, ungefärbt. Vielleicht trägt zum Verständniss ihrer chemischen Beschaffenheit die Erwähnung dessen bei, dass — soviel ich wenigstens in allen Theilen

1) Köppen, a. a. O. p. 5.

des Centralnervensystems finde — ausser dem Nervenmark auch noch die Leucocyten eine dunkle Färbung bei Weigert's Methode annehmen.

Nicht nur in den Nervenzellen der Vorderhörner, auch in dem zwischen und hinter diesen liegenden Gebiet der letzteren lässt sich, obzwar in viel geringerer Menge, eine ähnliche Körnchensubstanz nachweisen. Die übrigen Zellen der grauen Substanz entbehren um diese Zeit noch vollständig einer dunklen Färbung und nur die Zellen der Spinalganglien sind durch eine solche, jedoch auch nicht in sehr ausgesprochener Weise ausgezeichnet.

Beiläufig sei bemerkt, dass sich ein ähnlicher Process im Rückenmark menschlicher Foeten noch viel deutlicher ausgeprägt beobachten lässt. Um dies zu zeigen, habe ich den Figuren auch die Abbildung eines Querschnittes aus dem Rückenmark eines 28 cm langen Foetus beigelegt (Fig. 3).

Verweilen wir nun, ohne diese Vorgänge, die sich später auch in anderen Theilen der grauen Substanz einstellen, weiter zu verfolgen, bei den Nervenzellen der Vorderhörner.

Mit grosser Schärfe lassen sich innerhalb dieser zwei Zellgruppen unterscheiden: eine plumpe, grosse, einen beträchtlichen Theil des Vorderhorns in Anspruch nehmende Hauptgruppe und eine sehr viel kleinere, im medialsten Theil des Vorderhorns befindliche und sich durch ihre gleich zu erwähnenden Beziehungen zur vorderen Commissur kennzeichnende Commissurengruppe.

Wenn wir ausgehen von dem Bilde, welches ein Querschnitt aus der Lumbalintumescenz bietet, so zeigt sich hier die Sonderung in die beiden Gruppen am schärfsten. Man sieht im vorderen lateralen Theil des hier plumpen Vorderhorns einen ansehnlichen Haufen multipolarer Zellen, die ihre Axencylinderfortsätze in der Richtung der Vorderwurzeln entsenden. Die andere Gruppe steckt in der medialen Ecke des Vorderhorns, unweit der Commissur, mitunter ganz in die Nähe derselben gerückt und wird von der Hauptgruppe durch einen breiten Zwischenraum getrennt. Die spärlichen Zellen derselben sind nur um ein Geringes kleiner als diejenigen der Hauptgruppe, jedoch mehr spindelförmig, wobei sich ihre Längsaxen gegen die vordere Commissur zu richten, und vom 3. bis zum 9. Tage sehr stark mit Myeloidmasse beladen. Was sie aber besonders auszeichnet, ist der Umstand, dass ihre Nervenfortsätze sich mit Sicherheit in die vordere Commissur verfolgen lassen und

zwar gehen dieselben geradeaus durch die weisse Substanz hindurch. Der mediale Rand der Vorderhörner ist nämlich ein bogenförmiger; die Ausläufer der Commissurenzellen halten sich nicht an diesen ausgeschweiften Rand, sondern benützen einen kürzeren, den Sector dieses Bogens bildenden Weg, wobei sie natürlich durch die Vorderstränge hindurchtreten müssen.

Im Dorsaltheil ist das Vorderhorn etwas schmaler geworden. Der seitliche Rand der grauen Substanz hat sich unmittelbar vor der Rolando'schen Formation in einen eckigen Vorsprung ausgezogen und so die Bildung eines Seitenhorns veranlasst, dessen kleine Zellen aber in einer viel späteren Zeit als die Vorderhornzellen dunkel gefärbt erscheinen, mithin also denselben nicht gleichwerthig sind. Die Hauptgruppe findet im lateral-vorderen Theil des Vorderhorns Platz und wird vorn weniger und auch — was von Interesse ist — von kleineren Zellen gebildet; nicht nur die Zahl, auch die Grösse der Nervenzellen ist im Dorsalmark eine geringere. Die Commissurengruppe, die schon im oberen Lumbalmark bloß durch 1—2 Zellen auf jedem Schnitt vertreten war, verschwand hier ganz.

Sobald wir uns der cervicalen Auftreibung nähern, ändert sich das Bild. Die Vorderhörner nehmen wieder ihre frühere rundliche Form an, die Hinterhörner werden, wie schon beschrieben, schlanker. Die Hauptgruppe gewinnt allmählich eine stärkere Entfaltung. Im unteren Cervicaltheil lässt diese Gruppe eine charakteristische Eigenschaft erkennen: sie zeigt nämlich eine beträchtliche Auflockerung, indem sie aufgelöst erscheint in eine Kette von lose liegenden Zellen, deren vorderste sich in der vorderen lateralen Ecke des Vorderhorns, deren hinterste sich schon unweit der Rolando'schen Formation befindet. Die von Neuem hervorgetretene Commissurengruppe liegt sehr medial, in grosser Entfernung von der Hauptgruppe und wird zumeist von spindelförmigen Zellen zusammengesetzt, doch finden sich hier ausser solchen auch einige multipolare, namentlich im lateralen Theil der Gruppe. In einem höheren Abschnitt des Cervicaltheils, in der eigentlichen Intumescenz und darüber hat die Hauptgruppe ihre zerstreute Beschaffenheit wieder aufgegeben und liegt nun als compacter Haufen im vordersten Theil des Vorderhorns. Medial und rückwärts, fast innerhalb der Commissur liegen die spärlichen Commissurenzellen, die indess schon gegen das obere Cervicalmark allmählich verschwinden.

Die Differenzirung der Vorderhornzellen in die zwei distincten Gruppen entging sowohl Bochmann wie Stieda. Ersterer¹⁾ hat „eine compacte Gruppierung der Nervenzellen im vorderen Horne nirgend nachweisen können“, letzterer²⁾ kennt nur eine Gruppe, die er „laterale Gruppe“ oder „Gruppe der Unterhörner“ nennt und die mit unserer Hauptgruppe identisch ist.

Ich habe mich gelegentlich von Untersuchungen an Rückenmarken menschlicher Foeten auf's Sicherste überzeugen können, dass hier diese Sonderung eine noch schärfer ausgeprägte ist wie bei der Maus und dass sich eine selbstständige Commissurengruppe an den meisten Stellen des Rückenmarkes nachweisen lässt. Hier ist sie in der That auch schon von Pick³⁾ beobachtet worden, doch schreibt dieser sie bloß dem „Uebergangstheil vom Brust- zum Lendenmark“ zu. Auch der eigenthümliche Verlauf der Ausläufer der Commissurenzellen ist von demselben Autor einer sehr guten Beschreibung theilhaftig gemacht worden. Dass überhaupt die Fortsätze der medialsten Vorderhornzellen sich in die vordere Commissur begeben, wurde im Jahre 1855 von meinem Vater⁴⁾ entdeckt.

Die zweite selbstständige Zellenanhäufung hat ihre Lagerung hauptsächlich in der Umgebung des Centralcanals oder besser gesagt des denselben umgebenden faserlosen Gebietes und bezeichne ich sie daher mit Stieda⁵⁾ als Centralgruppe. Sie findet sich,

1) Bochmann, a. a. O. p. 22.

2) Stieda, a. a. O. p. 64.

3) Dr. Arnold Pick, Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Centralnervensystems. Archiv für Psychiatrie VIII. 1878. p. 288.

4) Joseph v. Lenhossék, Neue Untersuchungen über den feineren Bau des Centralnervensystems des Menschen. Denkschriften der Wiener Akademie. X. 1855, p. 27.

5) Dr. Ludwig Stieda, Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. XX. 1870. p. 159. — Bei Kaninchen und Frosch scheinen die in Rede stehenden Zellen keine scharf umschriebene Gruppe zu bilden. Stieda fasst bei diesen daher, wohl etwas unconsequent, alle Nervenzellen nach Abzug der Vorderhornzellen als Centralgruppe zusammen. Am deutlichsten sah Stieda eine Centralgruppe im oben ausgeführten Sinne im Rückenmark des Huhnes und sagt er hierüber Folgendes (Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. 19. p. 10): „Von der lateralen Gruppe verschieden ist eine andere Zellengruppe, welche in der Mitte des Centraltheils der grauen Substanz seitlich vom Centralcanal bis an die Basis der

wie dieser Forscher überzeugend nachgewiesen hatte, bei vielen Wirbelthieren als geschlossene Gruppe in derselben Lagerung vor. Allerdings glaubte Stieda gerade für die Maus eine Ausnahme feststellen zu müssen, indem er angab, es sei bei diesem Thiere eine solche Gruppe nicht scharf abzugrenzen, doch zeigen meine Untersuchungen, dass hier keine Ausnahme vorliege.

Die Gruppe verdient den Namen einer centralen nicht nur vermöge ihrer Lage, sondern auch mit Rücksicht auf ihre Verbindungen, indem sie, wie wir sehen werden, ein wichtiges Bindeglied darstellt für Fasern fast aller Kategorien. Sie unterscheidet sich von den Vorderhorngruppen einmal durch ihre lockere Beschaffenheit, indem sie aus viel weniger und in grösseren Distanzen von einander liegenden Zellen besteht, zweitens durch die geringere Grösse und zumeist spindelige Gestalt ihrer Elemente.

Zu beiden Seiten des Centralcanals sieht man bei Karminfärbung in allen Höhen des Rückenmarkes kleine Zellen, die sich in sagittaler Richtung beinahe von der Gegend der vorderen Commissur bis zum medialen Ende der Rolando'schen Formation erstrecken. Es handelt sich hier um continuirliche Zellensäulen, die wohl nirgends ganz unterbrochen sind, deren einzelne Partien aber je nach den Höhen des Rückenmarkes eine verschiedene Entwicklung zeigen; während nämlich einzelne Theile derselben hier und da beinahe ganz zu verschwinden scheinen, differenzieren sich andere stellenweise zu selbstständigen Kernen. Solche sind z. B. die Stilling'schen Kerne, die sich also zur Centralgruppe verhalten wie Theile zum Ganzen. Schon Stieda¹⁾ hat sich über dieselben in ähnlichem Sinne geäussert. „Bei einigen Thieren — meint er — treten unter den Nervenzellen des Centraltheils einige zu wohl charakterisirten Gruppen oder Säulen zusammen, so bei *Petromyzon* Reissner's grosse innere Zellen, so bei Säugern Stilling's Dorsalkern und so fort.“

Bei ausgewachsenen Thieren wird man die Zellensäule auch bei Anwendung zellfärbender Methoden zwar erkennbar aber nicht besonders hervortretend zu sehen bekommen. Dies ist aber der Fall,

Oberhörner reicht. Ich bezeichne sie als die centrale Gruppe und halte sie dadurch für genügend gekennzeichnet, um sie der ebenso benannten Gruppe im Rückenmark der Knochenfische zu vergleichen.“

1) Stieda, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XX. p. 159.

wenn man gewisse Stadien der Markentwicklung untersucht. Schon bei 4—5 Tage alten Mäusen (Fig. 4 und 5) sieht man an nach Weigert gefärbten Querschnitten einen seiner Lage nach dieser Zellgruppe entsprechenden Streifen. Derselbe ist in allen Höhen des Rückenmarkes nachzuweisen und ist bedingt durch eine spärliche Quantität von Myeloidmasse, die sich in der Zwischensubstanz dieser Gruppe abgelagert findet. Ihre Nervenzellen sind um diese Zeit noch frei. Erst später, am 9.—11. Tage, in einer Periode, wo die Vorderhornzellen schon allmählich zu erbleichen begannen, unterliegen auch diese einer myeloiden Metamorphose, wobei sie aber gar nie eine solche Ueberfüllung mit Körnern zeigen, wie die grossen motorischen Zellen, doch deutlich genug hervortreten, um die Gruppe als selbstständige zur Anschauung zu bringen.

Aus dem Gesichtspunkte der Beschreibung ist die Gruppe in drei Theile zu sondern: in einen mittleren, einen vorderen und einen hinteren.

Der mittlere Theil entspricht den Stilling'schen Kernen, von denen aber bei der Maus als geschlossene Gruppen nur die Dorsalkerne d. i. die Clarke'schen Säulen vorhanden sind.

Die Clarke'schen Säulen zeigen bei unserem Thiere eine ziemlich starke Entwicklung und bilden ansehnliche, beiderseits hinter dem Centralkanal gelegene Haufen. Vom unteren Ende des Rückenmarkes bis zum oberen Theil des Lumbalmarkes sieht man an ihrer Stelle nur zerstreute spärliche Zellen, erst hier treten sie unter allmählicher Verschärfung ihrer Umrisse als distincte Zellanhäufungen in die Erscheinung, doch lassen sie sich in ihrer abgegrenzten Form nur eine verhältnissmässig kurze Strecke nach oben verfolgen, Allmählich schrumpfen sie nämlich zusammen und werden ihre Umrisse weniger deutlich und schon in der Mitte des Dorsaltheiles treten sie ganz zurück. Doch sieht man an ihrer Stelle auch in höheren Gegenden hin und wieder Zellen kleinerer, stellenweise auch grösserer Sorte, welche sich aber nirgends zu selbstständigen Gruppen zusammenfügen, sondern zerstreut, häufig auch in der Mittellinie hinter dem Centralcanale liegen.

Die Lage der Clarke'schen Säulen ist hier nicht ganz dieselbe wie beim Menschen, und entspricht sonderbarer Weise exact jener, die Pick¹⁾ in einem Falle bei diesem beobachtet und als Abnor-

1) Dr. Arnold Pick, Ueber eine abnorme Lagerung der Clarke'schen Säulen im Rückenmarke. Archiv für Psychiatrie. VI, 1877. p. 287.

mität beschrieben hatte. Während sie sich nämlich beim Menschen hinter der hinteren Commissur oder zumindest in einem Niveau mit derselben befinden, mithin sich also wenigstens mit einem Theile in die frei hervorstehende Partie des Hinterhorns erstrecken, dessen medialer, die Hinterstränge begrenzender Rand durch sie etwas ausgebuchtet erscheint, liegen sie bei der Maus mehr nach vorne (s. Fig. 6). Hier ist das hinter dem Centralcanale befindliche Gebiet der grauen Substanz, also die hintere graue Commissur verhältnissmässig breiter als beim Menschen und in diesem Felde, stets nach vorne von der hinteren Fasercommissur finden sich die beiden Kerne. Sie sind von rundlicher Form; ihre nicht besonders zahlreichen Zellen sind spindelig mit sagittaler Längsaxe, doch kommen zuweilen auch unregelmässig geformte, vielstrahlige zur Beobachtung. Laura's¹⁾ Angabe von den in der Richtung der Seitenstränge abgehenden Axengliederfortsätzen lässt sich nicht bestätigen.

Der vordere Theil bildet einen Balken, der von den Clarke'schen Säulen an fast bis zur Querebene der vorderen Commissur reicht. Allerdings handelt es sich hier allenthalben nur um zerstreute, sehr spärliche Zellen, die zumeist von geringer, nur selten von ansehnlicher Grösse sind. Sie sind im Lumbaltheil wenig entwickelt, im mittleren und oberen Dorsaltheil am stärksten, im Cervicalmark wieder schwächer vertreten. Die seitliche Begrenzung der Gruppe ist nicht überall scharf, indem einzelne, gewöhnlich grössere Zellen derselben seitwärts weit in die graue Substanz hinein reichen. Viele sind von unregelmässig-polykloner Gestalt mit nach aussen gehendem Fortsatz, während andere sagittal-spindelförmig erscheinen. Ihr Zellkörper unterliegt etwas später der myeloiden Metamorphose als die Elemente der Clarke'schen Säulen; sie heben sich erst bei 11tägigen Mäusen durch dunkle Färbung deutlicher hervor.

Die hinterste Gruppe der Centralsäule hat ihren Sitz im medialsten und hintersten Theil der Hinterhörner unmittelbar vor der Rolando'schen Substanz, bildet vor dem medialsten Abschnitt der letzteren einen stärkeren Haufen, zieht aber auch seit-

1) G. B. Laura, Sull' origine reale dei nervi spinali e di qualche nervo cerebrale. Memorie della Reale Accademia delle scienze di Torino. Ser. II. T. 31, 1878. Citirt nach Schwalbe.

wärts eine Strecke vor letzterer hin. Das Hauptgebiet der Gruppe befindet sich in der oberen Hälfte des Lumbalmarkes, hier wird der mediale Rand der Hinterhörner durch die hier ansehnliche Anhäufung sogar etwas hervorgewölbt. Sie tritt bei jungen Thieren namentlich in ihrem medialen Theile durch die bräunliche Färbung ihrer Grundsubstanz ziemlich abgegrenzt hervor und eigenthümlicher Weise erhält sich mitunter diese Färbung bei Anwendung der Weigert'schen Hämatoxylin-Methode, allerdings in viel schwächerer Weise, auch im entwickelten Zustande, was am schönsten in den Burdach'schen Kernen zu sehen ist, die wie dies auf fortlaufenden Schnitten erkannt wird und schon aus ihrer Lage erhellt, nichts als stärker entwickelte Theile der in Rede stehenden Gruppe darstellen. Wir dürfen daher annehmen, es bleibe hier jene myeloide Veränderung constant, ohne, wie in anderen Bezirken der grauen Substanz, ganz regressiv zu werden. Dafür aber konnte ich kein Stadium finden, wo die hier befindlichen Zellen selbst mit Myeloidkörnern beladen waren. Karminisirte Schnitte lassen hier äusserst kleine, multipolare Zellen erkennen. Im Allgemeinen ist die Gruppe nicht scharf umrandet und hängt nach vorn continuirlich zusammen mit dem mittleren Theil der Centralgruppe.

Damit hätten wir nun die zwei wichtigeren Zellkategorien der grauen Substanz beschrieben. Die dritte Kategorie wird repräsentirt durch jene zerstreuten Elemente, die sich in sehr spärlicher Zahl in den Hinterhörnern vorfinden und als „solitäre Nervenzellen der Hinterhörner“ aufgeführt werden. Sie sind sehr klein und lässt sich die Richtung ihrer Nervenfortsätze nicht bestimmen. Sie scheinen die Eigenschaft der myeloiden Metamorphose nicht mit den anderen Nervenzellen zu theilen, jedenfalls geht dieses Stadium, falls es auch vorhanden, sehr schnell vorüber.

An allen Punkten der grauen Substanz, mit Ausnahme des centralen Gebietes (*Substantia gelatinosa centralis*), lässt sich ein von ungemein zarten und dennoch wie es scheint markhaltigen Fasern gebildetes Netz nachweisen. Dasselbe ist besonders dicht in den Vorderhörnern, deren hintere Grenze an manchen nach Weigert gefärbten Präparaten sich eben dadurch zu erkennen giebt. Hiedurch treten die Vorderhörner gewissermaassen als selbstständige, in das Rückenmark gebettete Ganglien hervor, die, wie ich nicht umhin kann zu bemerken, in ihrer Anordnung eine ge-

wisse Aehnlichkeit mit den Ganglien wirbelloser Thiere erkennen lassen. Nach vorne, sozusagen unter Bildung eines peripherischen Mantels, finden sich die grossen motorischen Zellen, die einerseits nach aussen direct Nervenfasern (Vorderwurzeln) den Ursprung geben, in der anderen Richtung hingegen durch die Verästelung ihrer Protoplasmafortsätze die Bildung eines Nervennetzes veranlassen, welches der Leydig'schen fibrillären Punktsubstanz¹⁾ oder Haller's centralem Nervenetz²⁾ niederer Thierformen entsprechen würde und welchem ebenfalls zahlreiche Nervenfasern entstammen, und zwar, wie wir sehen werden, hauptsächlich diejenigen der Hinterwurzeln und der vorderen Commissur. Wenn auch die Untersuchungen Golgi's betreffs der motorischen Zellen zu einer solchen Annahme nicht berechtigen, so glaube ich mich doch auf Grund meiner Beobachtung und namentlich mit Rücksicht auf jene vielen in diesem Netzwerk sich verlierenden Nervenfasern für einen solchen zweifachen Ursprung der Fasern aussprechen zu dürfen, welcher auch aus den schönen, an Ringelwürmern angestellten Untersuchungen meines Landsmannes B. Haller als ein Verhalten von allgemeiner Giltigkeit und Tragweite sich ergibt.

Innerhalb der Hinterhörner erscheint das Netzwerk etwas lockerer. Unmittelbar vor der Rolando'schen Formation findet sich aber wieder ein schmales Gebiet mit engerem Fasernetze.

Schliesslich noch einige Worte über die Deutung der Myeloidkörnchen. Unzweifelhaft handelt es sich hier um eine Metamorphose des Protoplasma's der Nervenzellen und auch der Grundsubstanz. Dass sich die Veränderung auch in letzterer einstellt, kann uns nicht Wunder nehmen, da es in letzterer Zeit zu einer über allen Zweifel erhobene Thatsache geworden ist, dass sich die Neuroglia des Rückenmarkes entwicklungsgeschichtlich ebenfalls nur aus ectodermalen, aber indifferenten Zellen zusammensetzt.

Ich meine, dass hier Vorgänge vorliegen, welche als Einleitung dienen zur Markentwicklung in den, aus den betreffenden Zellen entspringenden Fasern. Eine hiefür sprechende zeitliche Congruenz lässt sich in der That nachweisen, am schönsten für die grossen

1) Dr. Franz Leydig, Vom Bau des thierischen Körpers. Handbuch der vergleichenden Anatomie. Bd. I. Tübingen 1868.

2) Béla Haller, Ueber die sogenannte Leydig'sche Punktsubstanz im centralen Nervensystem. Morphologisches Jahrbuch. XII. 1886. p. 3.

Vorderhornzellen, die ebenso wie die Vorderwurzeln, zuerst diese Metamorphose erkennen lassen, vom 3. Tage an allmählich in grösserer Zahl hervortreten, zuerst nur einige, dann mehr und mehr, vom 9. Tage an, wo die Vorderwurzeln bereits so gut wie ganz myelinhaltig sind, sich alle dunkel färben, vom 11. Tage an aber langsam einer Erbleichung unterliegen. Jedenfalls verdiente die Sache zum Gegenstand einer sorgfältigen histologischen Untersuchung gemacht zu werden.

III. Weisse Substanz im Allgemeinen und Faserkaliber.

Der Verlauf der Nervenfasern im Rückenmarke der Maus ist an sich durchaus nicht einfacher als in demjenigen des Menschen. Das, was die Sache einigermaassen vereinfacht, ist der Umstand, dass eine jede Fasersorte durch verhältnissmässig weniger Fasern repräsentirt wird.

Ich unterlasse es, ein Gesamtbild des Verlaufs der auf einem Rückenmarksquerschnitte sich darstellenden Fasern zu entwerfen. Wir werden die einzelnen Faserkategorien der Reihe nach durchnehmen und ihren Verlauf, wie er sich auf Grund der Markscheidenentwicklung ergibt, einzeln festzustellen suchen. Doch glaube ich hier zunächst einige Angaben über die Kaliber und die Dichtigkeitsverhältnisse der im Markmantel vorhandenen Fasersorten nicht vorenthalten zu sollen.

Es zeigen sich hier Differenzen, die im Ganzen übereinstimmen mit jenen, die in dieser Hinsicht einerseits beim Menschen, andererseits bei niedrigeren Wirbelthieren, namentlich beim Frosch gefunden wurden und scheinen hier Gesetze von allgemeiner Bedeutung Geltung zu haben, ebenso wie in den Verhältnissen der Markscheidenentwicklung.

Die stärksten Fasern finden sich im Vorderstrang und zwar in der peripheren Zone desselben. Die auffallende Breite (8—12 μ) dieser Fasern ist lediglich bedingt durch ihre starken Axenglieder. Sie bilden ein Bündel, das man mit Köppen¹⁾ als „Grossfaserbündel“ bezeichnen könnte. Dasselbe ist am breitesten zu beiden Seiten der vorderen Fissur, namentlich in der medialen Ecke der Vorderstränge, woselbst sich zugleich die stärksten Elemente finden, nach aussen setzt es sich — stets an der Peripherie liegend —

1) Köppen, a. a. O. p. 4.

durch die Vorderstränge hindurch in das Gebiet der Seitenstränge fort, um etwas vor der Querebene des Centralcanals, nachdem es sich allmählich verschmälert hatte, zu enden. Es besteht aber nicht ausschliesslich aus dicksten Fasern, vielmehr finden sich zwischen diesen auch solche dünneren Kalibers. Das Bündel ist etwas lockerer gebaut, als die Innenzone der Vorderstränge, daher es auch an Präparaten, die nach Weigert gefärbt sind, etwas heller erscheint als letztere.

Die Innenzone der Vorderstränge enthält feinere Fasern, die aber eine dichtere Anordnung erkennen lassen, so dass sich diese Zone mit schwächeren Vergrösserungen betrachtet von der äusseren etwas abhebt. Nur in dem Gebiete zwischen den Vorderhörnern, namentlich unmittelbar vor der vorderen Commissur, ist ihr Gefüge etwas schütterer.

In den Seitensträngen lassen sich mit Rücksicht auf die Faserkaliber, abgesehen von der sich hierher erstreckenden Partie des Grossfaserbündels, zwei Gebiete unterscheiden. Eine breite Aussenzone beherbergt durchweg mittelstarke Elemente, der innere Abschnitt wird zum grössten Theile von feinen, in seiner innersten, die Einsenkung zwischen Vorder- und Hinterhorn einnehmende Partie aber von Fasern zusammengesetzt, die sehr locker angeordnet sind und zu den feinsten gehören. Diese „Grenzschicht der grauen Substanz“ setzt sich nach hinten fort in ein Gebiet, welches vielleicht noch dünnere Elemente führt: es ist dies die schon oben angeführte „spongiöse Zone der Seitenstränge“. Von beiden Faserbezirken nicht scharf geschieden und ebenfalls durch sehr schmale Elemente ausgezeichnet sind jene vor der Rolando'schen Formation befindlichen Gruppen longitudinal verlaufender Faserbündel, die von Kölliker¹⁾ als „longitudinale Bündel der Hinterhörner“ bezeichnet worden sind und die bei unserem Thiere eine ansehnliche Entwicklung erkennen lassen.

In den Hintersträngen begegnet man Fasern sehr verschiedenen Kalibers.

Die Goll'schen Stränge werden der Hauptsache nach von Fasern constituirt, die hinsichtlich ihrer Breite mit jenen der Innenzone der Vorderstränge übereinstimmen und sehr dicht gedrängt liegen. Dasjenige aber, was in diesen Bündeln hauptsächlich auf-

1) A. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 5. Auflage. Leipzig 1867. p. 262.

fällt, ist der Umstand, dass sich in ihrem vorderen Theile hin und wieder auch Fasern von ansehnlicher Dicke finden, welche sich fast an die Elemente des Grossfaserbündels anschliessen.

Die Burdach'schen Stränge führen mittelstarke Fasern, die aber von lockerer Anordnung sind; ihre den Goll'schen Strängen anliegende Zone erscheint noch etwas dichter als die äussere.

Der vorderste Theil der Hinterstränge wird bei der Maus in Anspruch genommen durch zwei Bündel, die sich, wie wir sehen werden, sowohl durch ihren Zusammenhang mit den Pyramiden der Oblongata wie auf Grund der Markscheidenentwicklung mit Sicherheit als die Pyramidenstränge zu erkennen geben. Die Bündel enthalten sehr feine und ungemein dicht gelagerte Fasern. Wenn auch eine scharfe Abgrenzung derselben gegen die benachbarten Burdach'schen und Goll'schen Stränge durch die Verschiedenheit der Faserkaliber und der Dichtigkeit nicht gegeben ist, so lässt sich diese Grenze doch mit einiger Wahrscheinlichkeit erkennen. So treten auf den naturgetreuen Zeichnungen, die Bochmann seiner Dissertation beigab (Fig. I. II) die Pyramidenbahnen gegen die übrigen Bestandtheile der Hinterstränge recht gut hervor, obwohl Bochmann jene als selbstständige Stränge nicht erkannt hatte, und nur soviel erwähnt, dass „im Hinterstrang der untere Theil nur von feinen Fasern gebildet werde.“ Eine weitere Beobachtung Bochmann's, die ich ebenfalls constatiren kann, ist, dass die Fasern der Pyramidenstränge sehr schwache, kaum bemerkbare Myelinscheiden besitzen.

Stellt man nun die verschiedenen Theile der weissen Substanz mit Rücksicht auf ihre Faserkaliber zusammen, so erhält man folgende Reihenfolge, wobei die stärksten Fasern den Anfang machen:

- 1) Aussenzone der Vorderstränge.
- 2) Zerstreute starke Fasern der Goll'schen Stränge.
- 3) Burdach'sche Stränge.
- 4) Aussenzone der Seitenstränge.
- 5) {Innenzone der Vorderstränge und Seitenstränge.
Goll'sche Stränge.
- 6) {Pyramidenstränge.
Seitliche Grenzschrift der grauen Substanz.
Gelatinöse Zone der Seitenstränge.
Längsbündel der Hinterhörner.

Wenn wir nun die hier dargelegten Ergebnisse mit jenen Angaben vergleichen, die in dieser Beziehung für andere Thiere und für den Menschen mitgetheilt worden sind, so begegnen wir zunächst in Bezug auf den Frosch grossen Analogien. Bei diesem Thiere befinden sich laut Köppen's Untersuchungen¹⁾ die stärksten Fasern im Vorderstrang, unmittelbar neben der vorderen Fissur („Grossfaserbündel“). Die Seitenstränge enthalten Fasern von kleinerem Kaliber, die Hinterstränge solche von mittelmässiger Dicke. Dies würde also im Ganzen übereinstimmen mit dem, was wir bei der Maus fanden. Die feinsten Fasern finden sich auch hier in den Seitensträngen, die Hinterstränge enthalten ebenfalls — abgesehen von den Pyramidenbündeln, die bei dem Frosche ohnehin noch nicht nachgewiesen sind und eventuell eine Bahn darstellen, die diesem Thiere überhaupt nicht zukommt oder anderswo als im Hinterstrang verläuft — zumeist Fasern von mittelmässiger Breite. Die grösste Analogie besteht aber in Betreff des Grossfaserbündels in den Vordersträngen; es handelt sich hier höchst wahrscheinlich um systematisch gleichwerthige Fasergruppen.

Bezüglich des Menschen sind die in Rede stehenden Verhältnisse geschildert worden von Deiters und namentlich in sehr einlässlicher Weise von Flechsig.

Ersterer äussert sich hierüber folgendermaassen¹⁾: „Die Fasern der Vorder- und der grössten Masse der Seitenstränge gehören fast durchweg zu den breitesten, die überhaupt vorkommen. Im inneren Winkel der Seitenstränge, an der Stelle, wo Vorderhorn und Hinterhorn an einander stossen, liegen sehr schmale Bündel. Die Fasern der Pyramiden zeichnen sich durch sehr auffallende Schmalheit aus.“ Des Weiteren p. 127: „Vorderstränge durch die breitesten Primitivbündel ausgezeichnet, zum grössten Theil aus solchen bestehend. Diejenigen Fasern der Seitenstränge, welche innen und gewissermaassen in der grauen Substanz liegen und sich unmittelbar an die Clarke'schen aufsteigenden Columnen anreihen, sind schmal. Die grösste Gleichmässigkeit der breiten Bündel findet man mehr gegen die Peripherie hin, während sie ganz nahe der Peripherie durch schmale Züge durchsetzt erscheinen. Die Goll'schen Stränge sind durch bedeutende Schmalheit und Gleichmässigkeit ihrer Fasern ausgezeichnet.“

1) Deiters, a. a. O. p. 111.

Flechsig¹⁾ unterscheidet 4 Kategorien von Nervenfasern: starke, mittelstarke, feine und feinste. Von grossem Interesse ist zunächst das, was er über die Grundbündel der Vorderstränge sagt, die natürlich bei der Maus den ganzen Vordersträngen entsprechen: „In der Nähe der vorderen Wurzelfasern, beziehentlich längs der Peripherie treten Elemente auf, welche alle übrigen der weissen Substanz an Querschnitt übertreffen Der grösste Theil enthält mittelstarke Fasern.“ Ferner, p. 307: „Im Vorderstranggrundbündel findet sich eine grosse Anzahl starker Fasern zwischen mittelstarken und feinsten; die Ersteren treten insbesondere in dem zwischen vorderer Rückenmarksfläche und Innenfläche der vorderen Längsfissur gelegenen Winkel beziehentlich in dem an die Pyramidenvorderstrangbahn anstossenden Rayon auf.“ „Im oberen Halsmark kann man besonders bei Kindern im ersten Lebensjahre mit Rücksicht auf das Faserkaliber zwei Abschnitte unterscheiden, einen der grauen Substanz unmittelbar benachbarten und einen zweiten, jenen concentrisch umgebenden.“

In Betreff der übrigen Stränge giebt Flechsig Folgendes an: Von den Bestandtheilen der Seitenstränge besteht die Kleinhirnsseitenstrangbahn aus sehr starken, die vordere gemischte Seitenstrangzone aus „einer Mischung starker, mittelstarker, feiner und feinsten Fasern“, die je nach Höhen verschieden vertheilt sind, die seitliche Grenzschicht der grauen Substanz aus feinen und feinsten, der Pyramidenseitenstrangbahn aus mittelstarken, starken und feinen Fasern. — In den Hintersträngen zeichnen sich die Goll'schen Stränge „durch gleichmässiges feines Kaliber aus.“ Der übrige Theil derselben führt „starke, mittelstarke, feine, nur ganz vereinzelt feinste Fasern.“

Ueberblickt man nun diese Angaben, so wird man zunächst betreffs der peripheren Vorderstrangzone namentlich in Flechsig's Mittheilungen Anklänge finden an die Verhältnisse, die in dieser Beziehung bei der Maus sowie bei dem Frosche sich feststellen lassen. Die stärksten Elemente liegen ebenfalls saumartig angeordnet im peripheren Abschnitt der Vorderstränge, und Flechsig scheint geneigt zu sein, mit Rücksicht auf das Faserkaliber eine ähnliche Eintheilung der Vorderstränge vorzunehmen, wie wir sie bei der Maus durchzuführen Veranlassung fanden. Die feinen Fasern

1) Flechsig, a. a. O. p. 163.

der Grenzsicht (Deiters, Flechsig) treffen auch zu, auch hinsichtlich der „gemischten Seitenstrangzone“ scheinen keine wesentlichen Differenzen vorzuliegen, dasjenige aber, was bei unserem Untersuchungsthier auffällt, ist der vollkommene Mangel eines „dickfaserigen zonalen Seitenstrangbündels“, d. i. einer Pyramiden-seitenstrangbahn.

Im Hinterstrang begegnen wir wieder analogen Verhältnissen: die Goll'schen Stränge führen hier wie dort feine, die Burdach'schen mittelstarke Fasern, nur gehen dem Menschen, wie es scheint, jene bei der Maus innerhalb der Goll'schen Stränge zerstreut anzutreffenden auffallend breiten Fasern ab. Bezüglich der Pyramidenbahnen kann ich auch keine grössere Differenz zugeben. Flechsig lässt sie zwar aus einem Gemisch mittelstarker und starker Fasern bestehen, doch finde ich bei speciell auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen, dass diese Stränge im Rückenmarke des Menschen eher von feinen, allerdings aber sehr gedrängt liegenden Elementen gebildet werden. Mithin sind also auch in Betreff dieser analoge Verhältnisse vorhanden.

IV. Vorderwurzeln.

Die Vorwurzeln enthalten durchweg starke Fasern und werden früher markhaltig als die Hinterwurzeln. Sie gehören zu den zuerst markhaltig werdenden Elementen des Rückenmarkes.

Im Allgemeinen lässt sich constatiren, dass in allen Theilen der weissen Substanz die starken Fasern sich früher mit Mark umhüllen, als die schwächeren. Die Zeit des Auftretens der Myelinscheiden in den Nervenfasern ist abhängig von der Breite ihrer Axenglieder. Zieht man nun den von Flechsig¹⁾ nachgewiesenen Satz in Betracht, dass zwischen der Markscheidenbildung und der ersten, embryonalen Entwicklung der Fasern ein Zusammenhang bestehe, derart, dass die in ihrer ersten Anlage früher entstehenden Fasern auch früher myelinhaltig werden, so ergibt sich aus der Vergleichung beider ein dritter Satz: dass nämlich grosse Breite der Nervenfasern auf eine frühe Entstehung hinweist.

Schon am 3.—4. Tage findet man in den motorischen Wurzeln zahlreiche markhaltige Fasern. Da um diese Zeit abgesehen von einigen Fasern der Vorderstränge sowie der vorderen Commissur noch

1) Flechsig, a. a. O. p. 190 sq.

Alles marklos erscheint, hebt sich ihr Verlauf in überaus plastischer Weise hervor. Man sieht sehr deutlich, wie die starken schwarzen Fasern — gewöhnlich in 2—4 Bündel gespalten — schief nach hinten und etwas medianwärts durch den beinahe noch ganz marklosen Vorderstrang ziehen, um zwischen den um diese Zeit zum Theile schon ebenfalls dunkel gefärbten Zellen der Vorderhornhauptgruppe auszustrahlen. Ihr Verlauf lässt in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes nur sehr unbedeutende Differenzen erkennen. Von der Eintrittsstelle bis zum Rande der grauen Substanz ist er überall derselbe; während im Dorsal- und oberen Cervicaltheil aber die Fasern die gleich in der Spitze der Vorderhörner gelegenen Nervenzellen sogleich erreichen, müssen sie in der Lumbal- und Cervicalanschwellung, um zu der mehr lateral gelegenen Hauptgruppe zu gelangen, innerhalb der Vorderhörner sich winkelig nach aussen umbiegen, und in dieser Richtung eine kurze Strecke weiter ziehen. Es kommt so also zur Bildung eines Knies, welches beim Menschen noch viel ausgesprochener erscheint.

Während im Lendentheil die Commissurenzellen Fasern aus den Vorderwurzeln nicht erhalten, lassen sich im Halsmark einige solche unzweifelhaft zu den am lateralsten gelegenen Zellen dieser Gruppe verfolgen.

Direct zur vorderen Commissur läuft keine motorische Nervenfaser; letztere enthält um diese Zeit schon allerdings markhaltige Elemente, doch liegt zwischen Vorderwurzeln und vorderer Commissur ein breiter faserloser Zwischenraum, so dass ein Zusammenhang ausgeschlossen erscheint.

Bei 6—9tägigen Mäusen hat die Zahl der markhaltigen Fasern in den Vorderwurzeln zugenommen, doch sind letztere noch immer nicht ganz markweiss; erst am 11. Tage findet man sie ganz markhaltig. Ihr Verlauf innerhalb der grauen Substanz ist um diese Zeit noch immer sehr deutlich zu erkennen, da das Fasernetz der Vorderhörner erst in späterer Zeit hervortritt. Das, was sich auf diesen Präparaten hinsichtlich ihres Verlaufes ergibt, ist immer nur dasselbe: ein directer Ursprung aus den Hauptzellen und im Cervicaltheil auch aus den lateralsten Zellen der Commissurengruppe. Letztere scheint also im Halsmark ein Gemisch zu sein von echten Commissurenzellen und medial gerückten Vorderwurzelzellen. Zur vorderen Commissur ziehen Fasern nicht.

Bei Exemplaren, die in der Entwicklung weiter fortgeschritten

sind, wird die Deutlichkeit des Bildes durch viele andere Fasern und namentlich durch das Erscheinen des Fasernetzes gestört, so dass man durchaus nichts mehr als das Mitgetheilte zu erweisen vermag.

Sehr schwierig ist die Entscheidung, ob in den Längsfasern der Vorderstränge nicht auch Wurzelfasern vertreten seien. Da die Elemente der Vorderstränge zum guten Theile durch die vordere Commissur hindurch sich auf die andere Seite begeben, so würde auf diesem Wege doch eine Verbindung von Vorderwurzelfasern mit Nervenzellen der anderen Seite stattfinden. Auf Grund meiner Erfahrungen kann ich ein solches Verhalten in der That für wahrscheinlich erklären; allem Anscheine nach sind in der äusseren Zone der Vorderstränge Wurzelfasern enthalten. Ich werde noch bei Besprechung der Vorderstränge auf diese Frage näher einzugehen haben.

Wenn Stieda¹⁾ einen Ursprung der Vorderwurzeln auch aus den centralen Nervenzellen derselben Seite als ein allgemeines Verhalten angiebt, so muss ich ihm hinsichtlich der Maus entschieden widersprechen. Die Zellen der Centralgruppe haben keine Beziehung zu den gleichseitigen Vorderwurzeln.

Ebensowenig finde ich eine Betheiligung der Vorderwurzeln an der Bildung der Seitenstränge, wie dies Bochmann²⁾, Kölliker³⁾ und Flehsig⁴⁾ behauptet hatten.

V. Vordere Commissur.

Schon im Rückenmarke neugeborener Mäuse finden sich mitunter markhaltige Nervenfasern innerhalb der vorderen Commissur, doch da die Thiere bei ihrer Geburt nicht gleich entwickelt sind, werden solche Fasern oft vermisst. Am 3. Tage lassen sie sich schon in grösserer Zahl nachweisen; man sieht ziemlich starke, varicöse Fäden, die in weiten Abständen von einander schief von vorn, geradeaus von seitwärts und schief von hinten zur Commissur ziehen; äusserst selten kommen auch in sagittaler Richtung von hinten kommende zur Beobachtung. Sie haben einen ganz kurzen

1) Stieda, Zeitschr. für wissenschaft. Zoologie. XX. p. 159.

2) Bochmann, a. a. O. p. 23.

3) Kölliker, a. a. O. p. 262.

4) Flehsig, a. a. O. p. 304.

Verlauf und erscheinen erst unmittelbar im Rayon der Commissur. Die vordersten beschreiben nach vorne concave Bogen, die übrigen lassen einen mehr gestreckten Verlauf erkennen. Vorne kreuzen sie sich alle, wobei sie je nach ihrer Provenienz verschiedene Winkel mit einander bilden, und gehen in den Vorderstrang über und zwar ausschliesslich in die um diese Zeit schon z. Th. markhaltige periphere Zone desselben, wobei sie eine ganz kurze Strecke, sich hart an die vordere Fissur haltend, nach vorn ziehen und dann erst in die Längsrichtung umbiegen.

Am 6. Tage ist die Zahl dieser dunkeln Fasern eine grössere und erscheinen auch einige sagittale Fasern, die vom vorderen Theil der centralen grauen Substanz herzukommen scheinen.

Untersucht man das Rückenmark einer 9—11tägigen Maus, so wird man bedeutende Fortschritte wahrnehmen. Einmal ist die ganze vordere Commissur viel dichter geworden, dann aber, was von Interesse ist, treten ihre Fasern nicht mehr erst in der Nähe der Commissur in die Erscheinung, sondern lassen sich weiter verfolgen namentlich in die centralen Gebiete der Vorderhörner, ja einige bis zwischen die Zellen der Hauptgruppe.

Das Verlaufsbild dieser, den Haupttheil der Commissur bildenden Fasern ist demnach ein folgendes: sie entspringen mit in weiten Abständen liegenden Fasern aus dem Vorderhorn und zwar sowohl aus dem Fasernetz wie aus den Zellen selbst, gehen dann unter Bildung weiter, nach vorn concaver Bogen, allmählich sich concentrirend, zur Commissur, kreuzen sich in derselben und treten in den gekreuzten Vorderstrang. Jene Fasern, die im Zeitraum von 6—11 Tagen markhaltig werden, gehen der Hauptsache nach in die Innenzone der Vorderstränge über, schlagen hier eine longitudinale Richtung ein, nachdem sie aber, wie wir noch sehen werden, kürzere oder längere Strecken als horizontal-schiefe Fasern bogenförmig verliefen.

In zwei Fällen gelang es mir, je eine Faser wahrzunehmen, die, nachdem sie die Commissur in gewöhnlicher Weise traversirt hatte, sich nicht in den Vorderstrang, sondern mitten in das Vorderhorn der anderen Seite hinein begab.

Die Vorderhörner bilden indess nur eine Ursprungsstätte der Commissurenfasern. Ein allerdings sehr viel geringerer, immerhin aber erwähnenswerther Theil derselben entspringt aus jenen Anhäufungen grauer Substanz, die wir als Centralgruppe zusammengefasst haben. Einige unter ihnen kommen vom hintersten Theil

dieser Zellsäule: diese Fasern sind es, die, wie ich glaube, zur Annahme einer Betheiligung von Hinterwurzelfasern an der Bildung der vorderen Commissur Anlass gaben. Obwohl eine solche Betheiligung auch von Bochmann angegeben wird, der den Verlauf der Hinterwurzelfasern bei der Maus sonst sehr zutreffend schildert, so dass seine Angaben jedenfalls Beachtung verdienen, und obwohl bis in die letzte Zeit hinein ähnliche Mittheilungen sowohl für verschiedene Thiere wie auch für den Menschen gemacht worden sind, so glaube ich doch auf Grund meiner Beobachtungen mich gegen einen solchen Verlauf von Hinterwurzelfasern aussprechen zu sollen. Nie gelang es mir direct Fasern aus den Hinterwurzeln zur vorderen Commissur zu verfolgen, sondern immer nur solche bis zur centralen grauen Substanz und weiterhin Fasern aus dieser zur Commissur, so dass ich annehmen muss, es bilde diese Anhäufung ein Internodium zwischen beiden Fasersorten.

Von allen Elementen, die in der vorderen Commissur verlaufen, werden zuletzt markhaltig die Fortsätze der Commissurenzellen. Zwar findet man schon in einer sehr frühen Periode, vom 3.—4. Tage an feine Myeloidkörnchen in ihnen, ohne dass diese aber zu einer ausgesprochenen Markscheide zusammenfliessen würden. Erst am 12. Tage fand ich sie myelinhaltig.

Hinsichtlich der weiteren Schicksale dieser Ausläufer wäre zwar die Annahme sehr plausibel, dass es sich um Vorderwurzelfasern der anderen Seite handle, allein eben das späte Auftreten ihrer Myelinscheiden lässt mich — in Anbetracht der frühen Markentwicklung innerhalb der Vorderwurzeln — vorläufig gegen eine solche Annahme Stellung nehmen.

Fasern, die analoge Zellen der beiden Rückenmarkshälften in einfach querer Weise verbinden, kommen der Commissur nicht zu; sie enthält ausschliesslich Kreuzungsfasern. Damit ist natürlich nicht gesagt, dass sie nicht zum Theile aus eigentlichen Commissurenfasern bestehe, nur ist der Verlauf dieser nicht ein so einfacher.

VI. Vorderstrang.

Der Vorderstrang der Maus zeichnet sich ebenfalls dadurch aus, dass man schon im ersten Stadium der Markentwicklung myelinhaltige Fasern in ihm findet. Er besteht aus zwei distincten Zonen: einer peripherischen und einer Innenzone. Wir sahen, dass diese Sonderung schon gegeben ist durch die Verschiedenheit

der Faserkaliber, indem in der Aussenzone auffallend viel starke, in der inneren nur feinere Fasern enthalten sind. Auch durch ihre verschiedene Dichtigkeit unterscheiden sich die beiden Zonen, jene ist nämlich etwas lockerer, diese dichter gebaut.

Alle diese Merkmale sind indess nicht markant genug, um eine deutliche Abgrenzung zu bedingen. In ungemein scharfer Weise wird aber eine solche ermöglicht durch die Verhältnisse der Markentwicklung. Die Aussenzone wird viel früher markweiss als die Innenzone. Schon im Rückenmark einer 3tägigen Maus gewahrt man in ersterer zahlreiche zerstreute markhaltige Elemente, doch tritt die Zone in scharf abgeschlossener Gestalt erst am 6. Tage in die Erscheinung, um welche Zeit man sie zum guten Theile markhaltig findet, während in der Innenzone solche Fasern nur in spärlicher Zahl nachzuweisen sind. Allein ganz fertig kann sie auch in dieser Zeit nicht genannt werden, vielmehr lässt sie bis zum 14. Tage eine bedeutende Zunahme an markhaltigen Elementen erkennen.

Das Gebiet der Aussenzone hat eine sehr charakteristische Gestalt. Sie fängt unmittelbar vor der vorderen Commissur zuge-spitzt an, zieht nun, allmählich breiter werdend, längs der vorderen Fissur nach vorn, um in der medialen Ecke der Vorderstränge ihre grösste Breite zu erreichen, wendet sich nun nach aussen und läuft durch den ganzen Vorderstrang hindurch, immer peripherisch liegend, in das Gebiet des Seitenstranges hinein, innerhalb dessen es — nachdem es sich allmählich sichelförmig verschmälert hatte — fast bis zur Querebene des Centralcanales zu verfolgen ist. Dass es sich hier um eine „kurze Bahn“ handelt, erhellt aus dem Umstande, dass das Bündel in den Intumescenzen breiter erscheint, zwischen denselben abnimmt.

Es ist sehr schwierig, in Betreff des Ursprunges der diese Zone zusammensetzenden Fasern zu einem abschliessenden Urtheile zu gelangen. Jedenfalls wird man eine verschiedene Bedeutung derselben zugeben müssen. Untersucht man das Rückenmark einer Maus vom 3. Tage, so wird man, wie erwähnt, zahlreiche myelinhaltige Fasern in der Aussenzone finden, die in einer Richtung unzweifelhaft alle aus der vorderen Commissur herkommen, deren Schicksale aber in der anderen Richtung sehr schwer zu eruiren sind. Es wären, da die Fasern aus erwähnten Gründen nicht als lange, bis in das Gehirn hinauf ziehende Elemente in Anspruch

genommen werden können, zwei Annahmen denkbar: ein Ursprung dieser Fasern aus dem Vorderhorn oder aber aus den Vorderwurzeln derselben Seite. In Betreff der ersten Annahme ist ausdrücklich hervorzuheben, dass in diesem Stadium keine einzige Verbindungsfaser zwischen Aussenzone und Vorderhorn nachzuweisen ist. Somit bleibt also nichts anderes übrig, als die zweite für die zutreffende zu halten, derzufolge longitudinale Vorderwurzelfasern vorliegen, wobei man aber annehmen muss, es erfolge ihre Umlenkung in die Längsrichtung so plötzlich, so ganz ohne Uebergänge, dass sich hierher gehörige directe Beobachtungen nicht beibringen lassen. Auch die Verhältnisse der Faserkaliber sprechen hiefür, indem sich in dieser Beziehung die Elemente dieses „Grossfaserbündels“ ganz an diejenigen der Vorderwurzeln anschliessen. Es wäre also durch diese Fasern eine Verbindung hergestellt zwischen Vorderwurzeln der einen und grauer Substanz (hauptsächlich Vorderhornnetz, ausserdem Hauptgruppe und Centralgruppe) der anderen Seite.

Auch die Ansichten anderer Forscher lassen sich hiefür geltend machen. So hält Köppen¹⁾ die von ihm beim Frosche beschriebenen, unserer Aussenzone offenbar gleichwerthigen „Grossfaserbündel“ für longitudinale Fortsetzungen der Vorderwurzeln. Stieda²⁾ nimmt ebenfalls eine Umbiegung letzterer in die Längsrichtung innerhalb der Vorderstränge an. Am deutlichsten äussert sich aber in dieser Beziehung Flechsig³⁾, indem er hinsichtlich der Vorderstränge des Menschen Folgendes angiebt: „In der Nähe der vorderen Wurzelfasern treten Elemente auf, welche alle übrigen der weissen Substanz an Querschnitt übertreffen. Dieselben stellen wenigstens zum grössten Theil vordere Wurzelfasern dar.“

Allein eine solche Erklärung kann nur für ein Bruchstück der Fasern der Aussenzone genügen. Ein sehr bedeutender Theil dürfte aus Elementen anderer Bedeutung bestehen. Für das Verständniss derselben ist folgende Beobachtung von Wichtigkeit. Vom 9. Tage an treten in allmählich zunehmender Zahl und Schärfe markhaltige, radial angeordnete, starke Fasern auf, die in ziemlich gleichmässigen Abständen aus allen Theilen der Vorderhörner, aber

1) Köppen, a. a. O. p. 4.

2) Stieda, Zeitschrift f. wiss. Zoologie. XX. p. 160.

3) Flechsig, a. a. O. p. 163.

wie es scheint hauptsächlich aus deren Fasernetz in gestrecktem Lauf in die Aussenzone eindringen und hier eine longitudinale Richtung einschlagen. Diese erklären die um diese Zeit sich einstellende Zunahme der Zone. Bezüglich dieser Radialfasern stehen uns zwei Erklärungen zu Gebote: sie können einfach Längscommissuren darstellen oder aber sie sind Fasern, die schliesslich auf dem Wege der vorderen Commissur in der grauen Substanz der anderen Seite ihre Endigung finden. Berücksichtigt man indess den Umstand, dass die Verbindung der Aussenzone mit der vorderen Commissur durch verhältnissmässig sehr wenig Fasern vermittelt wird, so wird man — unter Zulassung der Existenz von Radialfasern auch der letzteren Sorte — erstere Erklärung wenigstens für die Mehrzahl der in Rede stehenden Elemente jedenfalls als die wahrscheinlichere bezeichnen müssen.

Was die Innenzone anbelangt, so umscheiden sich ihre Elemente etwas später mit Myelinhüllen als diejenigen der Aussenzone. Am 6. Tage ist sie noch beinahe ganz marklos, nur vereinzelt findet man markhaltige Elemente in ihr. Am 9. Tage hat die Zahl dieser beträchtlich zugenommen, doch kann die Bahn um diese Zeit ebensowenig wie am 11. Tage ganz markhaltig genannt werden. Erst am 14. Tage nähert sie sich dem definitiven Verhalten, um sich am 18. Tage als fertig darzustellen.

Ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Zonen besteht — abgesehen von den schon erwähnten Merkmalen — darin, dass während sich die peripherische ausschliesslich aus wahren Längsfasern zusammensetzt, die innere ausser solchen auch auffallend viele kürzere oder längere Bruchstücke enthält, die in der Querebene des Rückenmarkes verlaufen, mithin also Fasern angehören, die im Ganzen betrachtet, einen schiefen Verlauf haben. Denkt man sich diese Bruchstücke zusammengesetzt, so erhält man Fasern von bogenförmigem Lauf, die von der vorderen Commissur, parallel dem vorderen Rande der Vorderhörner, nach aussen ziehen.

Wenn wir diese bogenförmig-schiefen Fasern auf ihren Ursprung und ihre Endigung zu erklären suchen, so lässt sich einerseits sicher angeben, dass sie alle aus der vorderen Commissur herkommen, mithin also ihren Ursprung in der grauen Substanz der anderen Seite haben; verfolgt man sie andererseits nach aussen, so erkennt man, dass sie z. Th. schon nach kurzem Verlauf in die Vorderhörner eintreten, z. Th. aber weiter ziehen bis in den vor-

deren Theil der Seitenstränge. Es finden sich hier Faserbündel von sehr charakteristischem Verlauf, mit denen sie in Verbindung treten: Fasergruppen, die aus dem vordersten Theil der centralen grauen Substanz entspringen, unmittelbar hinter den Vorderhörnern quer nach aussen ziehen und sich, sobald sie den Seitenstrang erreicht, unter Bildung nach aussen convexer Bogen nach vorne wenden. Es kommt also durch Verbindung dieser Bündel mit den in Rede stehenden schiefen Fasern der Innenzone zur Bildung sehr weiter, die Vorderhörner von vorn umfassender Schlingen, nur darf man sich die Sache nicht etwa so vorstellen, als würden dieselben in einer Querebene liegen, im Gegentheil dürften sich einige derselben auf längere Stücke erstrecken und muss ein grosser Theil der in der Innenzone befindlichen Längsfasern als Bestandtheile solcher schlingenförmiger Züge angesprochen werden. Diese Elemente sind also wahre Commissurenfasern zwischen der grauen Substanz beider Seiten, wobei es aber nicht festzustellen ist, ob sie analoge oder verschiedene Zellgruppen miteinander in Verbindung setzen. Auch die Fortsätze der Commissurenzellen scheinen zu dieser Gruppe zu gehören.

Die ungemein grosse Zahl der ausserdem noch in der Innenzone zur Beobachtung kommenden Längsfasern fordert zur Annahme auf, es seien in derselben ausser den soeben besprochenen Fasern — ebenso wie in der Aussenzone — noch zahlreiche Längscommissuren enthalten. Eine solche Annahme ist einzuräumen, namentlich in Betracht der reichen, durch viele kurze Fäserchen vermittelten Verbindung der Innenzone mit den Vorderhörnern.

VII. Seitenstrang.

Von allen Bestandtheilen des Markmantels lassen sich die Verhältnisse des Seitenstranges am schwierigsten erforschen.

Auf Grund der Kaliber und der Dichtigkeit haben wir zwei Zonen in demselben unterschieden; eine periphere und eine innere. Die schmale periphere Zone führt stärkere Fasern, die aber in dieser Beziehung die Elemente der peripheren Vorderstrangzone bei Weitem nicht erreichen. Sie geht ohne deutliche Grenzen in die innere, durch feinere Fasern ausgezeichnete Zone über, welcher letztere aber, wie ich nachträglich erwähnen will, wieder in einen äusseren, sowohl in Betreff der Faserquerschnitte wie der Dich-

tigkeit mehr einen Uebergang bildenden, und einen inneren, sehr zarte und zerstreute Elemente enthaltenden Theil zerfällt.

Auch in dem Auftreten der Markscheiden ist diese Trennung ausgesprochen.

Am 3. Tage ist im Seitenstrang noch Alles marklos. Am 6. Tage findet man in der äusseren Zone ziemlich viel, in der inneren weniger und sehr zerstreut liegende markhaltige Fasern, wodurch jene gegen diese ziemlich deutlich als selbstständige Bahn hervortritt. Am 9. Tage hat die Zahl der myelinhaltigen Elemente in beiden Zonen zugenommen, verhältnissmässig mehr indess in der inneren, so dass der Unterschied nunmehr nicht so deutlich zu erkennen ist, — nur die innerste, der grauen Substanz unmittelbar anliegende Partie der Innenzone („Grenzschicht“) ist in der Entwicklung zurückgeblieben, indem sie kaum einige dunkel gefärbte Fasern enthält. Mit der Ablagerung des Markes in den Längsfasern hält Schritt das Auftreten von radialen Bündeln, die aus der grauen Substanz in den Seitenstrang ziehen.

Am 11. Tage beobachtet man wieder eine Zunahme an markhaltigen Elementen, doch lässt sich noch immer von aussen nach innen eine wenn auch geringe jedoch bemerkbare Abstufung in der Farbennuance nachweisen und beherbergt die neben der grauen Substanz befindliche Partie noch wenig Myelin. Vom 13.—14. Tage an werden allmählich auch die zerstreuten Bündel der Grenzschicht, die Längsbündel der Hinterhörner sowie diejenigen der spongiosen Seitenstrangzone markhaltig.

Am 18. Tage scheinen die Seitenstränge ihren definitiven Zustand erreicht zu haben.

Vergleichen wir zunächst, zur Gewinnung passender Gesichtspunkte, die soeben dargelegten, sich durch ihre Markentwicklung als selbstständig kennzeichnenden Stränge mit denjenigen, die den Seitenstrang des Menschen zusammensetzen.

Flechsig¹⁾ unterschied bekanntlich im Seitenstrange: 1, Pyramidenseitenstrangbahn, 2. directe Kleinhirnseitenstrangbahn, 3. Seitenstrangreste, die wieder zerfallen in a) seitliche Grenzschicht der grauen Substanz und b) vordere gemischte Seitenstrangzone.

Bechterew²⁾ lässt letztere Zone wieder aus zwei Theilen

1) Flechsig, a. a. O. p. 263.

2) W. Bechterew, Ueber die Längsfaserzüge der *Formatio reticularis med. oblongatae et pontis*. Neurologisches Centralblatt. 1885. p. 340.

bestehen: einem peripheren, den er „laterales System der Seitenstrangreste“ nennt und welcher sich offenbar deckt mit dem von Gowers¹⁾ beschriebenen und von Sherrington²⁾ constatirten „antero-lateralen Strang“, und einen inneren, der sich nach vorne an das Vorderstranggrundbündel anschliesst und mit demselben eine systematisch einheitliche Bahn, das „Vorderseitenstranggrundbündel“ darstellt.

Vergleichen wir nun diese Angaben mit unseren Befunden, so ist zunächst hervorzuheben, dass eine Seitenstrangpyramidenbahn unserem Thiere vollkommen abgeht, mit dieser werden wir also nicht zu rechnen haben. Für die übrigen Bahnen scheint auf den ersten Blick folgende Erklärung Wahrscheinlichkeit zu haben: die periphere, aus gröberen Elementen bestehende Zone entspreche der Kleinhirnseitenstrangbahn, der äussere Theil der Innenzone den Grundbündeln der Seitenstränge, ihre innere Partie der Grenzschicht der grauen Substanz.

Wie plausibel indess eine solche Art der Vergleichung auch erscheine, so glaube ich sie doch speciell betreffs der „peripheren Zone“ nicht annehmen zu dürfen. Es scheint mir nicht gestattet, diese Zone ohne Weiteres als Kleinhirnseitenstrangbahn anzusprechen. Allerdings würde sie ihrer Lage nach sowie mit Rücksicht auf ihre etwas stärkeren Elemente jener entsprechen, doch stimmt mich der Umstand, dass ihre Fasern sich früher mit Mark umhüllen als diejenigen der übrigen Seitenstrang-Bestandtheile, gegen diese Annahme. Die Foville'sche Bahn zeichnet sich nämlich beim Menschen eben dadurch aus, dass sie ihre Myelinscheiden in einer späteren Periode erhält, als die Seitenstrangreste.

In Anbetracht der übrigen Analogien aber und namentlich des Umstandes, dass die aus der grauen Substanz in die Seitenstränge ziehenden Fasern, aus denen also diese Stränge sich aufbauen, ganz dieselbe Anordnung zeigen, wie beim Menschen, möchte ich doch das Vorhandensein von Elementen dieser Bahn auch bei der Maus für wahrscheinlich halten, dabei aber annehmen, dass dieselben hier nicht zu einem compacten Bündel zusammentreten,

1) W. R. Gowers, Bemerkungen über die antero-laterale aufsteigende Degeneration im Rückenmark. Neurologisches Centralblatt. 1886. p. 97.

2) Sherrington, Note on two newly described tracts in the spinal cord. Brain, 1886.

sondern zerstreut verlaufen. Betont doch schon Flechsig, dass das als compacte „Kleinhirnseitenstrangbahn“ hervortretende Bündel nur einen Theil der in das Kleinhirn verlaufenden Rückenmarksfasern in sich fasse, indem viele der hierher gehörigen Elemente „einzeln, durch die andersartigen Systeme der Seitenstränge zerstreut, auftreten.“

Eine „Grenzschicht der grauen Substanz“ ist bei unserem Thier ganz deutlich nachweisbar und setzt sich aus zwei Theilen: der inneren, aus zerstreuten Bündeln bestehenden Partie der Innenzone und der „spongiösen Zone des Seitenstranges“ zusammen.

Eine weitere Eintheilung, wie sie Bechterew angab, ist hier nicht durchzuführen. Unsere „periphere Zone“ kann auch mit Gower's Bündel nicht identisch sein, da letzteres nach Bechterew's Mittheilungen später (31—33 cm Länge) markhaltig erscheint, als das „Seitenstranggrundbündel (25—28 cm L.), während hier zwischen den beiden Zonen ein entgegengesetztes Verhältniss besteht.

Was die Herkunft der Seitenstrangfasern betrifft, so ist ihre hauptsächliche, gemeinsame Quelle zu suchen in einem reichen System von Radialfasern, die aus dem centralen Theil der grauen Substanz sowie aus den solitären Hinterhornzellen entspringen.

Diese Querfasern lassen sich, ebenso wie die ihnen als Hauptursprung dienende centrale Säule, in drei Bezirke sondern.

1. Fasern, die aus der vorderen Partie der Centralgruppe entspringen. — Sie sind im Halstheil am mächtigsten, im Brustheil schwach, im Lendenmark wieder ansehnlicher entwickelt, ziehen von der Gegend des Centralkanales aus quer nach aussen und treten in den Seitenstrang. Einige lassen sich nun bis in die Aussenzone bezüglich hinterste Partie der peripheren Vorderstrangbahn verfolgen, andere entziehen sich schon innerhalb der Innenzone der weiteren Beobachtung, die Mehrzahl lässt indess einen, schon oben dargelegten, eigenthümlichen Verlauf erkennen. Nachdem nämlich diese — beim Menschen in derselben Anordnung vorhandenen — Fasern den Seitenstrang erreicht, wenden sie sich bogenförmig nach vorne und gehen nun in die Innenzone des Vorderstranges über, wo sie in die hier befindlichen, schief zur vorderen Commissur verlaufenden Fasern übergehen. Ueberhaupt zeigt die ganze vordere Abtheilung der „queren Seitenstrangfasern“ das Bestreben, sich innerhalb der Seitenstränge nach vorne

zu wenden. Ja man findet Fasern mitunter, die sich den Umweg ersparend schief durch das Vorderhorn hindurch zur Innenzone des Vorderstranges begeben. Die vordere Abtheilung der Querfasern wird zuerst markhaltig, indem man schon am 5.—6. Tage myelinhaltige Fasern in ihr findet.

2. Die Fasern der zweiten Gruppe kommen hauptsächlich aus dem mittleren Theil der centralen grauen Substanz. Sie sind in den meisten Gegenden des Rückenmarkes nur durch vereinzelte Fasern vertreten, nur im oberen Lumbal- und unteren Dorsalmark sammeln sie sich zu einigermaassen compacten Bündelchen zusammen. Diese entsprechen den schon von Gerlach¹⁾ beschriebenen und abgebildeten, von Flechsig²⁾ als „horizontale Kleinhirnbündel“ bezeichneten Fasern, sind aber bei der Maus von verhältnissmässig schwacher Entwicklung. Das, was mir hinsichtlich des Ursprunges dieser Fasern sowohl bei unserem Thiere, wie auch bei menschlichen Foeten auffiel, ist der Umstand, dass ihre Verbindung mit den eigentlichen Clarke'schen Säulen gewöhnlich nicht so manifest sich darstellt, wie man sich das nach Flechsig's Schilderung vorstellen sollte, indem sie stets etwas vor diesen entspringen, man also mehr den Eindruck gewinnt, es sei ihre Ursprungsstätte eher zu suchen in jenem Gebiet der Centralsäule, welches unmittelbar vor den Clarke'schen Säulen seine Lage hat. Jedenfalls findet man nie, dass — wie Flechsig angiebt — „dieselben die Clarke'schen Säulen selbst vielfach durchflechten.“ Die Bestandtheile dieser Bündel verlieren sich in allen Zonen des Seitenstranges.

3. Was die hintersten Querfasern anbelangt, so sind sie am schwächsten entwickelt und erhalten ihre Markscheiden zuletzt — erst am 12.—14. Tage. Sie entstammen dem hintersten Theil der Centralsäule, einschliesslich des vor der Rolando'schen Formation hinziehenden grauen Balkens. Es kann sehr leicht eine Verwechselung derselben mit Hinterwurzelfasern stattfinden, die z. Th. einen ähnlichen Verlauf erkennen lassen. Die äussere Portion letzterer wendet sich nämlich vor der Rolando'schen Formation nach aussen, um in den Längsbündeln der Hinterhörner, in der Grenzschicht und in der spongiösen Zone ein vorläufiges Ende zu

1) J. Gerlach, Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. II. Leipzig, 1872. p. 689.

2) Flechsig, a. a. O. p. 295.

finden. Diese erklären uns aber nicht alle vor der Rolando'schen Formation hinziehenden Fasern, für einen Theil muss man, wie erwähnt, einen Ursprung annehmen in der hierselbst befindlichen grauen Substanz, diese Fasern repräsentiren dann die hinterste Gruppe der queren Seitenstrangfasern.

Es ist demnach für die Elemente der Grenzschicht sowie der spongiösen Zone ein zweifacher Ursprung nachweisbar: sie beziehen ihre Fasern z. Th. aus der Hinterwurzel, z. Th. aus der vor der Rolando'schen Formation gelegenen grauen Substanz, die wir als hintersten Theil der Centralgruppe bezeichnet haben. Ausserdem sieht man noch Fasern zur Grenzschicht verlaufen, die von vorne herkommen, zum grössten Theil aus dem Vorderhorn, theilweise auch aus der Centralsäule, doch möchte ich diese nicht als Ursprungsfasern, sondern als Endstücke der in dieser Bahn enthaltenen Elemente deuten.

Das ist Alles, was ich in Betreff des Seitenstranges festzustellen vermochte, allerdings nicht zureichend, um sich eine übersichtliche Vorstellung zu machen von dem Verlauf der Fasern in demselben. Ich möchte meine Eindrücke in Folgendem zusammenfassen: da sich eine auffallende Zunahme der Seitenstränge von unten nach oben nicht nachweisen lässt, so muss man dieselben zum guten Theil aus kurzen Fasern bestehen lassen. Fasern aus der centralen grauen Substanz sowie aus den Hinterhörnern dringen in ansehnlicher Zahl in die Seitenstränge. Ein Theil derselben wendet sich nach vorne, geht in die Innenzone der Vorderstränge über, um schliesslich durch Vermittelung der vorderen Commissur zur grauen Substanz der anderen Seite zu gelangen. Andere Fasern lenken sogleich in die Längsrichtung um, kehren jedoch z. Th. wieder nach kürzerem oder längerem Lauf als Längscommissuren in dieselben Theile der grauen Substanz, aus der sie entspringen, zurück, oder geben z. Th. vielleicht als lange Bahnen bis in das Gehirn hinauf.

In den feinen Bündeln der Grenzschicht, der spongiösen Seitenstrangzone sowie der Längsbündel der Hinterhörner versammeln sich einerseits Fasern aus der lateralen Hinterwurzelportion (s. u.), andererseits solche, die den vor der Rolando'schen Substanz gelegenen Nervenzellen entstammen. Möglich, dass sie z. Th. lange Bahnen darstellen, höchst wahrscheinlich aber für einen Theil derselben ist, dass sie sich, nachdem sie eine Strecke in longitudinaler

Richtung verliefen, nach vorne wenden, um in den Vorderhörnern sowie in der centralen grauen Substanz ihre definitive Endigung zu finden.

VIII. Hinterwurzeln.

In Betreff der Hinterwurzeln bin ich in der Lage, ähnliche Angaben machen zu können, wie sie in neuester Zeit von Takács¹⁾ und namentlich von Bechterew²⁾ hinsichtlich des Menschen mitgetheilt worden sind.

Mit grosser Schärfe lassen sich in denselben auch hier, wie dieses Bechterew²⁾ in seiner verdienstvollen Arbeit für den Menschen nachgewiesen hat, zwei Portionen unterscheiden: eine mediale und eine laterale. Jene wird früher markhaltig und enthält gröbere Elemente, diese tritt durch ihren Markgehalt später hervor und führt zartere Fasern.

Vergleicht man die Querschnittsbilder der motorischen mit den sensitiven Wurzeln, so wird man den wesentlichen Unterschied wahrnehmen, dass die vorderen fast ausschliesslich aus starken Nervenfasern bestehen, während die hinteren zur Hälfte aus feinen und nur zur Hälfte aus starken und mittelstarken Fasern sich zusammensetzen, welche Faserkategorien unregelmässig vermisch sind.

Ein anderer Unterschied besteht darin, dass die Vorderwurzeln im Allgemeinen früher markhaltig erscheinen als die hinteren, eine Thatsache, die, wie wir sahen, mit der grösseren Breite ihrer Nervenfasern zusammenhängt.

Die Eintrittsstelle der hinteren Wurzel entspricht ungefähr der Mitte vom hinteren Rand der Roland'schen Formation, selten liegt sie etwas weiter nach aussen. Schon im letzten Stück ihres extramedullären Verlaufes liegen die Hinterwurzeln der Oberfläche des Rückenmarkes an, und ihr intramedullärer Verlauf ist zunächst eine gerade Fortsetzung ihres früheren Verlaufes, indem sie anfangs längs des hinteren Randes der Roland'schen Formation in querer Richtung medianwärts ziehen. Erst gegenüber dem in-

1) Dr. A. Takács, Ueber den Verlauf der hinteren Wurzelfasern im Rückenmarke. Neurologisches Centralblatt. 1887. p. 7.

2) W. Bechterew, Ueber die hinteren Nervenwurzeln, ihre Endigung in der grauen Substanz des Rückenmarkes und ihre centrale Fortsetzung im letzteren. Archiv für Anat. und Physiologie. Anat. Abtheilung. 1887. p. 126.

neren Drittel der letzteren erfolgt ihre Theilung in die beiden Portionen, sowie ihre Richtungsänderung. Die Bündel der lateralen Portion sammeln sich am meisten lateral und treten unter Bildung eines rechten Winkels durch die R o l a n d o'sche Formation hindurch, während diejenigen der medialen Portion z. Th. ebenfalls, aber mehr medial, diese Formation durchsetzen, z. Th. aber (die beiden Faserarten dürften ungefähr in gleicher Zahl vertreten sein) in die B u r d a c h'schen Stränge eingehen, innerhalb welcher sie eine Strecke als Längsfasern verlaufen, um erst später sich in die graue Substanz zu senken.

Wir werden nun die beiden Portionen gesondert zu betrachten haben.

Die m e d i a l e P o r t i o n enthält alle starken und mittelstarken Fasern der Hinterwurzeln, die sich also hier von der Mehrzahl der feinen gesondert haben. Indess kommen ihr auch zahlreichere schmalere Elemente zu, was sich schon aus dem Umstande ergibt, dass die Fasern breiten und dünnen Kalibers im Wurzelquerschnitt ungefähr in gleicher Menge vertreten sind, die mediale Portion aber im Ganzen viel beträchtlicher ist als die laterale.

Was die Verhältnisse der Markscheidenbildung betrifft, so sieht man schon am 4.—5. Tage myelinhaltige Fasern in ihr, deren Zahl allmählich zunimmt bis zum 12. Tage, um welche Zeit auch schon die Elemente der lateralen Portion sich mit Mark zu umhüllen beginnen.

Der weitere Verlauf der medialen Fasern ist folgender: diejenigen, welche direct durch die R o l a n d o'sche Formation hindurchgehen, ziehen zunächst einfach weiter sagittal nach vorne. Jene, die sich als Längsfasern an der Bildung der B u r d a c h'schen Stränge theiligen, treten vor dem vorderen Rand der R o l a n d o'schen Formation, mit lateraler Schwenkung in die graue Substanz der Hinterhörner. Sie schlagen dann ebenfalls eine sagittale Richtung ein, ohne aber hierbei jene eleganten, nach aussen convexen Bogen zu beschreiben, die die analogen Fasern beim Menschen an dieser Stelle erkennen lassen; ihr Verlauf ist ein mehr gestreckter.

In Betreff ihrer definitiven Schicksale erkennt man, dass sie nach kurzem sagittalen Verlauf kelchartig auseinanderweichen. Der bedeutend grössere Theil wendet sich nun, in mehrere kräftige Bündel gespalten, nach aussen, um im Vorderhorn und zwar theils in den lateralsten Zellen der Hauptgruppe, theils im Fasernetz zu

endigen, der geringere Theil geht geradeaus zur centralen grauen Substanz und zwar zu allen Theilen derselben, hauptsächlich aber zu den Claké'schen Säulen, resp. mittleren Theilen der Centralsäule, die jedenfalls wichtige Endigungspunkte der sensitiven Fasern darstellen; mitunter lässt sich eine directe Verbindung ihrer Zellen mit den medialsten Hinterwurzelfasern nachweisen. Die Centralsäule bildet also ein Bindeglied zwischen Hinterwurzelfasern, Seitenstrangfasern und Fasern der vorderen Commissur. Meine Ansicht, dass sich Hinterwurzelfasern an der Bildung der vorderen Commissur nicht betheiligen, habe ich schon oben mitgetheilt.

Die aus feineren Elementen bestehende laterale Portion erscheint erst gegen den 12.—14. Tag markhaltig. Der Verlauf ihrer Fasern ist etwas verschieden von dem der analogen des Menschen. Während sie nämlich bei letzterem gleich nach ihrem Eintritt in das Rückenmark zunächst eine longitudinale Richtung einschlagen und hierbei die von Lissauer beschriebene „Randzone“ bilden und dann erst durch die Roland'sche Formation hindurchgehen, wobei sie aber die ganze Breite derselben in Anspruch nehmen, fehlt hier einmal die Randzone, die Fasern der lateralen Portion gehen zuerst quer nach innen und senken sich dann gleich in die Roland'sche Formation, sodann erfolgt zweitens ihr Hindurchtreten durch letztere bloss in ihrem medialsten Abschnitt.

Nachdem nun diese Fasern den vorderen Rand der Formation erreichten, geht ein Theil, wie es scheint, gleich eine Verbindung ein mit den hier befindlichen Ganglienzellen, der wesentlichste Theil derselben jedoch wendet sich plötzlich unter rechtem Winkel nach aussen, um längs des vorderen Randes der Roland'schen Formation, mitunter ein ziemlich compactes Bündel bildend, lateralwärts zu ziehen. Der ganze Verlauf dieser sonderbaren Fasern kann daher als ein hufeisenförmiger bezeichnet werden.

Was den weiteren Verlauf dieser Fasern betrifft, so schlägt ein Theil unter Bildung der „Longitudinalbündel der Hinterhörner“ eine Längsrichtung ein, der übrige Theil verliert sich in der Grenzschicht der grauen Substanz, sowie in der spongiösen Zone des Seitenstranges. Für die Frage nach ihren definitiven Schicksalen ist der Umstand von Bedeutung, dass — wie schon mehrfach erwähnt — eine ansehnliche Einstrahlung von radialen Fasern aus der centralen grauen Substanz und hauptsächlich dem

Vorderhorn in alle drei Gebiete nachzuweisen ist. — Auf diese Art dürften nun die Fasern der lateralen Portion, wenn auch auf Umwegen, jedoch ganz dieselben Punkte erreichen, wie die der medialen. Doch lassen sich gewichtige Bedenken gegen einen langen, bis in das Gehirn sich erstreckenden Verlauf einiger derselben nicht geltend machen.

Ueber die Beziehungen der Hinterwurzeln zur hinteren Commissur s. unten.

Die Frage nach dem Verhältniss der Hinterwurzeln zu den Goll'schen Strängen scheint auf rein anatomischem Wege nicht mit Sicherheit gelöst werden zu können.

Schliesslich sei erwähnt, dass der Verlauf der Hinterwurzelfasern sich am deutlichsten eruiren lässt im Rückenmarke 15-tägiger Mäuse, um welche Zeit auch schon die Elemente der lateralen Portion ihre Markumhüllung erhalten haben, das Fasergewirr der grauen Substanz aber noch nicht in seiner definitiven Mächtigkeit in Erscheinung trat.

IX. Hinterstrang.

Der Hinterstrang der Maus besteht aus drei Theilen: dem Burdach'schen, dem Goll'schen Strang und der Pyramidenbahn. Wir werden nun die drei Bestandtheile einzeln einer Besprechung zu unterziehen haben.

X. Burdach'scher Strang.

In den Burdach'schen Strängen befinden sich die zuerst myelinhaltig werdenden Elemente der Hinterstränge. Ihr Hervortreten hält Schritt mit der Bildung der Markscheiden in der medialen Portion der Hinterwurzeln. Schon am 4. Tage erscheinen einige dunkle Faserquerschnitte in ihnen, am 9. Tage findet man dieselben in ansehnlicher Zahl und zwar durch die ganzen Stränge gleichmässig vertheilt. Doch erst am 14. Tage erscheinen die Stränge in ihrer endgültigen Markhaltigkeit.

Eine Eintheilung in eine vordere „Wurzelzone“ und eine hintere „peripherische Zone“, wie sie von Bechterew¹⁾ für den Men-

1) W. Bechterew, Ueber die Bestandtheile der Hinterstränge des Rückenmarks auf Grund der Untersuchung ihrer Entwicklung. Neurologisches Centralblatt. 1885. p. 31.

schen gemacht worden ist, ist hier weder auf Grund der Markentwicklung, noch mit Rücksicht auf die Faserkaliber gerechtfertigt. Betrachtet man zwar die Burdach'schen Stränge eines ausgewachsenen Thieres mit schwacher Vergrösserung, so wird man allerdings einen mässigen Unterschied in der Farbennuance zwischen der inneren, den Goll'schen Strängen anliegenden, und der äusseren, an die Hinterhörner angrenzenden Zone wahrnehmen, erstere färbt sich etwas dunkler als letztere, doch ist diese Differenz bloss durch die verschieden dichte Anordnung der Fasern in diesen Gebieten veranlasst.

Die Elemente der Burdach'schen Stränge kommen entweder alle oder doch gewiss zum grössten Theile aus den Hinterwurzeln. Diese — anatomisch ohnehin einzig nachweisbare — Quelle dürfte meines Erachtens vollauf genügen zur Erklärung des Herkommens aller ihrer Fasern. Schon mehrfach habe ich beschrieben, wie sich die Hinterwurzelfasern zu den Burdach'schen Strängen verhalten. Hier sei nachträglich nur soviel bemerkt, dass jene Bündel, die sich aus letzteren vor der Rolando'schen Formation in die graue Substanz begeben, alle aus dem inneren, den Goll'schen Strängen benachbarten Gebiet herkommen.

Zur Beantwortung jener Frage, ob in den Burdach'schen Strängen ausschliesslich nur kurze Fasern enthalten seien, wird man hauptsächlich berücksichtigen müssen, wie sich ihr Querschnitt in verschiedenen Höhen verhalte.

Im Allgemeinen lässt sich hierüber Folgendes angeben: Im untersten Theil des Rückenmarkes ist die Bahn sehr gering und von lockerem Bau, der Rand der hinteren grauen Commissur kommt der hinteren Rückenmarkspерipherie sehr nahe. Sie ist hier sehr flach und setzt sich aus fast ganz horizontal im Rückenmarksquerschnitt verlaufenden Hinterwurzelfasern zusammen. Nach oben wird die Bahn allmählich breiter, bis zum oberen Theil der Lumbalintumescenz, bis zu einer Stelle also, wo das Rückenmark an Breite bereits abgenommen hat. Von hier an nimmt ihr Querschnitt continuirlich, aber in sehr geringem Maasse ab. Vom oberen Theil des Dorsalmarkes an lässt sich wieder eine allmähliche Zunahme beobachten. Im Cervicaltheil findet man die Bahn in mächtiger Entfaltung, hier hat sie ihre breiteste Stelle.

Der Umstand also, dass die Bahn im Ganzen in den Anschwellungen breiter, im Dorsaltheil geringer ist, zeigt, dass sie

zum grössten Theil aus kurzen Fasern bestehe. Nun aber ist Folgendes zu bemerken. Der Unterschied ihrer Breite im Lumbal- und Dorsalmark ist auffallend gering, jedenfalls entspricht derselbe nicht jener grossen Differenz, die sich in der Stärke der betreffenden Wurzeln kundgiebt. Wenn man wieder die Stärke der Burdach'schen Stränge im Lumbaltheil mit der im Cervicaltheil vergleicht, so ergibt sich ein Unterschied zu Gunsten der Cervicalpartie, der sich mit dem Umstande gar nicht in Einklang bringen lässt, dass die Wurzeln, natürlich speciell die hinteren, in den beiden Partien ungefähr von gleicher Mächtigkeit sind. Aus diesen Thatsachen möchte ich den Schluss folgern, dass in den Burdach'schen Strängen ausser kurzen Fasern auch solche, ebenfalls den Hinterwurzeln angehörige Elemente enthalten sind, die sich in ihrem Lauf auf längere Gebiete des Rückenmarkes erstrecken, um vielleicht erst in der Oblongata zu endigen. Man könnte als das Gebiet, wo sich diese langen sensitiven Fasern befinden, die äussere, lockerer gebaute Zone in Anspruch nehmen, aus welcher sich, wie erwähnt, keine Einstrahlung in die graue Substanz nachweisen lässt.

Dass die Bahn im Lumbalmark bis zu einer Stelle stärker wird, wo der Querschnitt des Rückenmarkes selbst schon bedeutend abgenommen hat, dürfte einfach so erklärt werden, dass die Hinterwurzeln der Lumbalnerven vor ihrer Verbindung mit der grauen Substanz zumindest in einer Strecke von 2—3 Wurzelsegmenten nach oben verlaufen und sich erst dann in letztere senken. Vielleicht liegt auch hierin die Erklärung für das im oberen Lumbal- und unteren Dorsalmark erfolgende Auftreten der Clarke'schen Säulen, welche sich als wichtige Endigungsstationen der Hinterwurzeln ergaben und welche laut dieser Auffassung als Endigungskerne der sensitiven Wurzeln der hinteren Extremität zu deuten wären.

XI. Goll'scher Strang und hintere Commissur.

Die Goll'schen Stränge sind bei der Maus von recht ansehnlicher Entwicklung: sie sind stärker als die Pyramidenstränge. Vom unteren Ende des Dorsaltheiles an nach oben werden sie von den Burdach'schen Strängen durch eine Incisur und an vielen Stellen durch eine schief nach vorné und medianwärts ziehende, eine Fortsetzung der Pia mater enthaltende Furche geschieden. Die Furche geht, falls sie vorhanden, nie bis zu

dem hinteren Rand der grauen Substanz, sondern erreicht die hintere Fissur ein gutes Stück früher und zwar je nach den Höhen des Rückenmarkes in verschiedener Entfernung von der hinteren Commissur: im Lumbaltheil reicht sie bis zum hinteren Drittel, im unteren Abschnitt des Dorsalmarkes bis zum vorderen Drittel, von der Mitte desselben an nach oben bis zur Mitte der Fissur, ein Verhalten, welches durch das je nach Gegenden verschiedene quantitative Verhältniss der einzelnen Hinterstrang-Bestandtheile bedingt ist.

Dementsprechend lassen sie hier auch nicht jene langausgezogene Form erkennen, die sie beim Menschen besitzen, sondern sind mehr keil- oder herzförmig und bilden zusammengenommen beinahe ein rechtwinkeliges Dreieck.

Dieser Darstellung muss aber hinzugefügt werden, dass das Sepiment nur stellenweise entwickelt, der vordere Theil desselben sehr selten gut ausgesprochen ist. Trotzdem lässt sich aber die Bahn auch bei entwickelten Thieren recht gut abgrenzen auf Grund ihrer etwas dunkleren Färbung, die mit der dicht gedrängten Lagerung ihrer Elemente zusammenhängt.

In überaus scharfer Weise gelingt aber diese Abgrenzung bei 6—10 Tage alten Mäusen, um welche Zeit die Goll'schen Stränge viel weniger markhaltig erscheinen als die benachbarten Burdach'schen.

Die ersten markhaltigen Elemente zeigen sich in ihnen, soviel ich sehe, am 7. Tage. Am 9. Tage finden sich solche schon in grosser Zahl innerhalb der Bahn, doch macht sich da ein interessanter Unterschied in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes geltend. Während im Lumbal- sowie auch im Dorsalmark die Bahn von beträchtlicher und gleichmässiger Markhaltigkeit ist, stellt sich im Cervicalmark allmählich ein anderes Verhalten ein. Anfangs sieht man noch eine längere Strecke hindurch myelinhaltige Fasern in der Bahn, allein nur mehr im vorderen Theil, zuerst noch in den vorderen zwei Dritteln, schliesslich nur mehr in der Spitze derselben, dann verschwinden aber auch diese und erscheint die Bahn schon in der Mitte des Cervicaltheils ganz marklos, so dass sie sich von den Burdach'schen Strängen mit grosser Schärfe abhebt.

Dieses Verhalten bleibt sich gleich bei 11tägigen Mäusen. Am 14. Tage erscheinen auch im Halsgebiete innerhalb der hin-

teren Zone Faserpunkte, doch findet man erst am 18. Tage die Stränge in completer Markhaltigkeit.

Die Myelinscheiden der Fasern der Goll'schen Stränge legen sich also im Ganzen in centripetaler, aufsteigender Richtung an.

Sehen wir nun, woher diese Fasern stammen.

Flechsig hat sie in seinem grossen Werke¹⁾ aus zwei Quellen hergeleitet, u. zw. 1) „von der Innenfläche der Hinterhörner insbesondere von den Clarke'schen Säulen und ihrer nächsten Umgebung“, 2) von der hinteren Commissur, deren Fasern aber nach Flechsig's Beobachtungen ebenfalls aus den Hinterhörnern entspringen sollen. — In wesentlich abweichender Weise äusserst er sich in seinem „Plan des menschlichen Gehirns“²⁾, wo er hierüber folgendes angiebt: „Die Fasern der Hinterstränge sind sämmtlich als Fortsetzungen hinterer Wurzeln zu betrachten. Es ergiebt sich hierbei, dass die Fortsetzungen der in den tiefsten Abschnitten des Markes eintretenden Wurzeln im Halsmark gelegen sind in den Goll'schen Strängen, so dass die aus den unteren Extremitäten zum Gehirn ziehenden centripetalen Bahnen — soweit sie in den Hintersträngen verlaufen — ausschliesslich in den Goll'schen Strängen zu suchen sind.“

Rossolym³⁾ fand bei Meerschweinchen nach Durchschneidung der Hinterwurzeln die Goll'schen Stränge intact, aus welchem Befund er den Schluss zog, es enthalten diese keine directen Fortsetzungen der Hinterwurzelfasern.

Takács⁴⁾ schliesst sich den ersten Ausführungen Flechsig's an, indem er behauptet, die Goll'schen Stränge entstammen den Clarke'schen Säulen und zwar, wenn ich ihn recht verstehe, ausschliesslich diesen.

Bechterew⁵⁾ bestreitet ebenfalls eine Bethheiligung von Hinterwurzelfasern an der Bildung der Goll'schen Stränge, doch lässt er die Elemente der letzteren aus zwei verschiedenen Bezirken der grauen Substanz entspringen, 1) aus den Clarke'schen

1) Flechsig, Die Leitungsbahnen. p. 311.

2) P. Flechsig, Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig. 1883. p. 21.

3) G. Rossolym, Zur Frage über den weiteren Verlauf der Hinterwurzelfasern im Rückenmarke. Neurologisches Centralblatt. 1886. p. 391.

4) Takács, a. a. O. p. 8.

5) W. Bechterew, Archiv für Anat. und Physiologie. Anat. Abtheilung. 1887. p. 133.

Säulen, 2) „aus den unmittelbar vor der Rolando'schen Substanz gelegenen kleinen sensitiven Zellen.“

Meine Untersuchungen ergaben, wie schon vorhin erwähnt, dass sich ein directer Verlauf von Hinterwurzelfasern in die Goll'schen Stränge auf rein anatomischer Basis weder nachweisen noch ausschliessen lässt. Nichtsdestoweniger glaube ich mich mit Rücksicht auf die Resultate der experimentellen Forschung den soeben namhaft gemachten Autoren anschliessen zu dürfen.

Im Widerspruch mit den Befunden, die Flechsig, Takács und Bechterew bei dem Menschen erhielten, fand ich bei der Maus, dass die Clarke'schen Säulen ganz sicher keine einzige Faser an die Goll'schen Stränge abgeben. Der Ursprung der Elemente dieser ist vielmehr hauptsächlich, möglicherweise ausschliesslich, zu suchen in der vor der Rolando'schen Formation befindlichen grauen Substanz.

Im Besondern ergab sich Folgendes.

Alle sich an der Bildung der Goll'schen Stränge betheiligenden Fasern kommen von vorne her, sie treten in die vordere Spitze derselben. Hier ist, wie man sagen könnte, der Hilus dieser Stränge. Sie entstammen alle der hinteren Commissur und müssen wir daher zunächst diese näher in's Auge fassen.

Die hintere Commissur der Maus zerfällt in zwei distincte Abschnitte: einen vorderen und einen hinteren. Sie sind durch einen breiten Zwischenraum von einander geschieden und hängen auf keine Weise zusammen.

Der vordere Theil, der, wie es scheint, etwas später als der hintere mit Markscheiden versehen wird, ist zwar in allen Höhen des Rückenmarkes einigermaassen vertreten, indess nur im Lumbalmark von ansehnlicherer Entwicklung. Man bekommt ihn nur selten, höchstens in dickeren Schnitten, in seiner ganzen Ausdehnung zur Anschauung; denkt man sich aber die Bruchstücke zusammengestellt, so erhält man ein Bündel von flach bogenförmigem Verlauf, welches von dem hinteren Theil der Commissur durch die ganze Breite der Clarke'schen Säulen getrennt wird, unmittelbar vor dem lateralen Abschnitt der Rolando'schen Formation entspringt, und dann schief nach vorne und einwärts ziehend, die Clarke'schen Säulen, wo sie vorhanden sind, von vorne umfassend, sich zu demselben Punkt der anderen Seite begiebt. An der Stelle, wo das Bündel die Mittellinie passirt, gewahrt man zu-

weilen überaus spärliche Fasern, die sich von den übrigen abzweigen, zuerst noch in der grauen Substanz, dann schon innerhalb der hinteren Längsfissur direct nach hinten laufen und schliesslich nach einem langen sagittalen Weg sich in den Goll'schen Strängen verlieren. Forscht man nach dem Ursprung der Fasern dieses vorderen Commissurenthelles, so wird man keine sichere Entscheidung treffen können, ob sie aus den „Längsbündeln der Hinterhörner“ oder aus der hier befindlichen grauen Substanz herkommen. Ersteres scheint mir wahrscheinlicher, doch wären bei dieser Annahme wieder zwei Möglichkeiten denkbar: 1) ein Ursprung aus den soeben erwähnten Nervenzellen, 2) aus der lateralen Portion der Hinterwurzeln. Welche von den beiden Annahmen der Wirklichkeit entspricht, lässt sich nicht ausmachen.

Die hintere Portion der hinteren Commissur zeigt bei der Maus, im Vergleich zum Menschen, eine ziemlich starke Entwicklung. Sie wird repräsentirt durch ein bogenförmiges Bündel, welches sich in seinem ganzen Verlauf streng an den hinteren Rand der grauen Substanz hält, vor dem medialen Ende der Roland o'schen Formation entspringt und, unter Bildung eines länglichen, schmalen Hufeisens, zur analogen Stelle der anderen Seite verläuft. Die Fasern dieser Portion gehören zu den feineren und lassen einen welligen Verlauf erkennen. Sie gehen fast alle auf die andere Seite über. Aehnlich aber, wie vom vorderen Theil, zweigen sich auch von diesem auf manchen Schnitten in der Mittellinie einige sagittale Fasern ab, die in der hinteren Längsfissur nach hinten ziehen, um sich in die Goll'schen Stränge zu senken.

Woher stammen die Elemente der hinteren Portion? Untersucht man Rückenmarksquerschnitte auf oberflächliche Weise, so wird man vielleicht auf den ersten Blick den Eindruck erhalten, dass hier sammt und sonders Hinterwurzelfasern vorliegen.

Die Stelle ihres Ursprungs entspricht nämlich derjenigen, wo die letzteren aus den Burdach'schen Strängen in die graue Substanz treten. Es erfolgt hier also eine Vermischung der beiden Fasersorten, welche den Eindruck eines directen Zusammenhanges hervorrufen könnte. In der That lässt sich ein solcher Ursprung für einige der Commissurenfasern nicht nur nicht ausschliessen, sondern direct feststellen; der hintere Theil der hintern Commissur enthält unzweifelhaft einige Hinterwurzelfasern. Für die meisten wird man aber bei näherem Zusehen ein anderes Verhalten finden;

man sieht, wie sich das Bündel in der vor dem medialsten Theil der Rolando'schen Formation gelegenen gangliösen Anhäufung büschelförmig auflöst, während die Hinterwurzelfasern dieselbe in Form compacter Bündel durchsetzen. Diese Zellgruppe ist also als hauptsächliche Ursprungsstätte der in Rede stehenden Fasern zu betrachten.

Eine Reihe der Möglichkeiten steht uns offen, wenn wir der Frage nach den definitiven Schicksalen der Commissurenfasern nahe treten wollen. Sie stellen höchst wahrscheinlich z. Th. wahre Verbindungsfasern zwischen den analogen Nervenzellengruppen beider Seiten dar, z. Th. entsprechen sie Hinterwurzelfasern, die in der grauen Substanz der anderen Seite ihre Endigung finden. Die dritte Kategorie wird repräsentirt durch diejenigen Fasern, die sich zu den Goll'schen Strängen begeben, und die uns hier näher angehen; doch woher stammen dieselben: aus dem Nucleus praerolandicus, wie man den hier in Betracht kommenden, häufig erwähnten Kern nennen könnte, oder aus den Hinterwurzeln? Haben sich doch beide als Quellen der Commissurenfasern ergeben.

Ich wiederhole, was ich oben sagte, dass hier den Ergebnissen experimenteller Untersuchungen Rechnung zu tragen sei und dass dieselben letztere Annahme sehr unwahrscheinlich machen. Die Fasern der Goll'schen Stränge entspringen also allem Anschein nach aus der vor der Rolando'schen Formation befindlichen grauen Substanz.

Weder der vordere, noch der hintere Theil der hinteren Commissur lässt Beziehungen zu den Clarke'schen Kernen erkennen.

Wir haben nun die Frage in's Auge zu fassen, ob die Goll'schen Stränge eine kurze oder lange Bahn darstellen.

Alle neueren Forscher haben sich für eine lange Bahn ausgesprochen und auch ich kann mich auf Grund meiner Untersuchungen dieser Anschauung anschliessen.

Zunächst spricht schon die geringe Zahl der in die Goll'schen Stränge zu verfolgenden Ursprungsfasern hiefür. Wenn diese Stränge nicht nur Fasern von der grauen Substanz empfangen, sondern solche an dieselbe auch abgeben würden, so müsste die Zahl derselben eine bedeutend grössere sein.

Zweitens kommt die späte Entwicklung ihrer Markscheiden in Betracht, eine Eigenschaft, die meiner Ansicht nach ein Prärogativ langer Bahnen darstellt.

Aber mit grösserem Nachdruck kann man hierfür den Umstand geltend machen, dass sie von unten nach oben continuirlich an Querschnitt zunehmen.

Die ersten Spuren der Goll'schen Stränge zeigten sich bei den meisten von mir untersuchten Exemplaren schon im untersten Abschnitt des Rückenmarkes und nur einigemal traten sie erst im oberen Theil des Lumbalmarkes hervor. Vielleicht kommen ähnliche individuelle Differenzen auch beim Menschen vor und liesse sich hierdurch dann jene Divergenz erklären, die in den diesbezüglichen Angaben von Flechsig und Bechterew besteht. Ersterer¹⁾ lässt sie nämlich als gut abgegrenzte Stränge stets erst im oberen Dorsalmark in die Erscheinung treten, was vielleicht doch etwas zu weit gegriffen sein dürfte, letzterer lässt sie hingegen in einer unlängst erschienenen Arbeit²⁾ schon im unteren Sacralmark beginnen.

Immerhin erscheinen aber die Stränge im Lumbalmark, falls sie auch vorhanden sind, sehr unbedeutend. Im oberen Lumbal- und namentlich im unteren Dorsaltheil wachsen sie beträchtlich und rapid an: hier ist ihre hauptsächliche Ursprungstätte. Dann bleiben sie längs des ganzen Brustmarkes gleich breit und lassen erst in der Halsanschwellung, jedoch nur eine verhältnissmässig geringe Zunahme erkennen.

Aus dem wird man also mit Gewissheit den Schluss folgern können, dass erstens hier eine lange Bahn vorliege, zweitens die Elemente derselben hauptsächlich im oberen Lumbal- und unteren Dorsalmark entspringen, in der Gegend also, wo, wie wir sahen, die Hinterwurzeln der stärksten Lumbalnerven, nachdem sie eine Strecke nach oben verliefen, ihre Endigung finden.

Eine, durch graue Substanz vermittelte Beziehung der Goll'schen Stränge zu den sensitiven Nerven der hinteren Extremität ist somit fast zweifellos.

Jener Umstand, dass sich zwischen vorderem und hinterem Theil der Goll'schen Stränge im Laufe der Markentwicklung ein Unterschied geltend macht, möchte ich einfach auf die in centripetaler Richtung erfolgende Ablagerung der Myelinscheiden zu-

1) Flechsig, Die Leitungsbahnen. p. 310.

2) Bechterew, Arch. f. Anat. und Physiologie. Anat. Abth. 1887. p. 103.

rückgeführt wissen. Da die Stränge ihre Ursprungsfasern, wie erwähnt, von vorne, aus der hinteren Commissur erhalten, werden sich die zuerst mit Markscheiden sich umhüllenden Anfangsstücke ihrer Fasern in ihrem vorderen Theil befinden. Für die hier anzutreffenden auffallend starken Elemente finde ich keine Erklärung.

XII. Pyramidenbahn.

Die Pyramidenbahn der Maus zeichnet sich ähnlich derjenigen des Menschen dadurch aus, dass sie ihre Markscheiden sehr spät erhält. In einem Stadium, wo schon alle übrigen Fasern des Rückenmarkes ihre Myelinbekleidung erhalten haben, ermangeln ihre Elemente noch einer solchen.

Suchen wir die Bahn zunächst auf in einer Schnitthöhe etwas oberhalb der Kreuzung, im untersten Theil des verlängerten Markes (Fig. 8).

Hier stellen sich die Pyramidenstränge als zwei platte, quer-ovale, zu beiden Seiten der vorderen Längsfurche, an der Oberfläche gelegene Bündel dar. Sie sind im Vergleich zu denjenigen des Menschen schwach entwickelt, bedingen kaum einen Vorsprung und fehlt die sie lateral von den Oliven abgrenzende Furche beinahe vollständig. Dorsalwärts werden sie vom Nucleus basalis Stieda's und von spärlichen *Fibrae arciformes* bedeckt. Ventralwärts liegen sie frei zu Tage, da hier die sie beim Menschen auf der Oberfläche überziehenden äusseren Gürtelfasern nicht vorhanden sind. Sie bestehen aus sehr feinen und dicht gelagerten Fasern.

Verfolgen wir die Bündel nach unten, so ergibt sich zunächst, dass sie etwas auseinander rücken, so dass der früher kaum angedeutete *Sulcus longit. ant.* nunmehr als eine breite Furche sich bemerkbar macht. Dies ist zum Theil auch dadurch bedingt, dass sich die beiden, früher im Querschnitte mehr ovalen Stränge zu rundlicher Form zusammenbalten, zufolge dessen auch die Furche an ihrer äusseren Seite besser ausgesprochen erscheint. Nun erfolgt ihre Umlagerung, welche darin besteht, dass ein jedes Pyramidenbündel in seiner Totalität in den Hinterstrang der anderen Seite sich biegt, wie dies schon Stieda ganz richtig erkannt und beschrieben hatte.

Die Prämedulla der Maus (Fig. 7), wie Rauber¹⁾ den durch

1) Dr. C. E. E. Hoffmann und Dr. A. Rauber, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. II. Band. 3. Auflage. Erlangen 1886. p. 363.

die Pyramidenkreuzung gekennzeichneten Abschnitt nennt, ist von sehr ovalem Querschnitt und schliesst sich auch in seinem inneren Bau mehr an die Oblongata an, während z. B. diese Partie beim Menschen einen runden Querschnitt aufweist und sonst auch noch den Rückenmarkstypus bewahrt.

Die Kreuzung erfolgt bei der Maus ebenfalls mit mehreren alternirenden Bündeln; da aber der Verlauf dieser in Beziehung zur Längsaxe des Rückenmarkes ein beinahe ganz transversaler ist, d. h. sich an die Querebene des Rückenmarkes hält, so lässt sich ihre Decussation auf einem Querschnitte recht gut überblicken.

Untersucht man einen solchen, so findet man Folgendes. Die Kreuzungsbündel bleiben bis zuletzt compact und lassen, da sie sich in die Hinterstränge zu begeben haben, einen fast ganz sagittalen, von der Mittellinie nur wenig abweichenden Verlauf erkennen. Sie ziehen dorsalwärts, kreuzen sich, und zwar erst unmittelbar vor dem abgeschnürten basalen Theil der Vorderhörner, in der Tiefe der Längsfissur und nicht auf der Oberfläche, wie beim Menschen, wenden sich hierauf etwas mehr nach aussen und erreichen schliesslich, unter Bildung eines schwachen, nach aussen convexen Bogens ihre Endstation.

Um die Lage der Pyramidenstränge an einer Stelle gleich unterhalb der Kreuzung schildern zu können, muss ich Folgendes vorausschicken. Die Hinterstränge sind hier von sehr abgeflachter Form. An Stelle der Goll'schen Stränge gewahrt man zwei plumpe, der grauen Substanz mit breiter Basis aufliegende graue Erhabenheiten, die in ihrem Wurzeltheil mit einander verschmolzen sind, dann etwas divergirend sich seitwärts wenden. Es sind dies die Nuclei funiculi gracilis. Da sich Nervenfasern nur in geringer Zahl in denselben vorfinden, darf man annehmen, dass die Elemente der Goll'schen Stränge zum grössten Theil ihre Endigung in ihnen fanden. Die Nuclei funiculi cuneati sind sehr unbedeutend, sie präsentiren sich als schwache Vorsprünge der Hinterhörner, was sie aber auszeichnet, ist ihre braune Färbung bei Weigert's Hämatoxylin-Tinction, eine Erscheinung, die schon oben mitgetheilt und auf ihre Ursache zurückgeführt wurde. In der Ecke zwischen Nucl. fun. gracialis und cuneati finden nun die Pyramiden Platz; sie sind im Durchschnitte von ovoider Form. Sie liegen hier also in einiger Entfernung von einander, durch die Kerne der zarten Stränge getrennt.

Im oberen Abschnitt des Cervicalmarkes rücken die Stränge allmählich zusammen, sie werden nunmehr nur durch den sehr schmalen, eingeschnürten Halstheil der Nucl. fun. gracilis von einander geschieden. Weiter unten verschwinden diese Kerne und nun kommen die beiden Pyramidenbündel in Berührung mit einander, indess zunächst nur mit einem kleinen Theil, ihr grösster Abschnitt steht noch frei und schmiegt sich, sich seitwärts wendend und allmählich verschmälernd, dem medialen Rand der Hinterhörner an, so dass das Bild zweier getrennter Pyramidenbündel noch immer ausgesprochen ist. Allmählich legen sie sich dann in ihrer ganzen Ausdehnung aneinander und nehmen dann gewissermaassen als ein gemeinsames Bündel den vordersten Theil der Hinterstränge in Anspruch, wobei sie sich vom übrigen Theil letzterer einfach durch eine quere Linie absondern.

In der Halsanschwellung tritt in der Form der verschmolzenen Pyramidenstränge eine Aenderung ein, insofern als ihre hintere Begrenzungslinie sich in der Mittellinie spitzig auszieht. Die Entstehung dieser Form lässt sich zurückführen auf die hier erfolgende starke Zunahme der Burdach'schen Stränge, die die Pyramidenbündel gleichsam zusammendrücken, so dass sie genöthigt sind, nach hinten sich zu verlängern, was sie auch zufolge der relativen Schwäche der Goll'schen Stränge ungehindert thun können.

Im Dorsalmark erkennt man wieder eine Form, wie man ihr weiter oben begegnete: als hintere Begrenzung erscheint eine quere Linie. Zuweilen erhält sich diese Form bis in das Lendenmark hinein, gewöhnlich findet man aber im letzteren, ähnlich wie unmittelbar unterhalb der Kreuzung, zwei nur vorne verschmolzene, seitwärts divergirende, der grauen Substanz sich anschliessende Bündel.

Die Pyramidenstränge setzen sich in ihrem Rückenmarkstheil noch am 18. Tage sehr scharf gegen die übrigen Bestandtheile der Hinterstränge ab. Zwar findet man schon auf einem früheren Stadium einige zerstreute myelinhaltige Fasern in ihrem Gebiet, doch sind das unzweifelhaft nur aberrirte Elemente der Burdach'schen oder Goll'schen Stränge. Finden sich doch auch bei menschlichen Föten namentlich innerhalb der Pyramidenseitenstrangbahn einige, anderen Systemen angehörige Fasern.

Eine Sache von Interesse ist es, dass die Bahn nicht in ihrer ganzen Ausdehnung auf einmal markhaltig wird. So findet man am 18. Tage ihr oberhalb der Kreuzung befindliches Stück schon

fast ganz markweiss, während sie noch im Rückenmarke, wie erwähnt, so gut wie vollständig marklos erscheint. Am 20. Tage reicht die Markhaltigkeit von oben herab bis ungefähr zur Mitte des Rückenmarkes. Am 27. Tage ist sie beinahe ganz markhaltig, unterscheidet sich indess noch immer durch ihre etwas hellere Farbennuance von den benachbarten Strängen. Erst am 30. Tage stellt sie sich in ihrem definitiven Zustande dar.

Die Bildung der Markscheiden geht hier also in centrifugaler, absteigender Richtung vor sich.

Die Pyramidenstränge erstrecken sich bis in den tiefsten Abschnitt des Rückenmarkes. Sie nehmen von oben nach unten continuirlich und in gleichmässiger Weise an Querschnitt ab, doch ist diese Abnahme im Ganzen sehr gering, kaum merklich, so dass sie sich noch ganz unten, an einer Stelle, wo die Goll'schen Stränge noch gar nicht in Erscheinung traten, ziemlich ansehnlich präsentiren. Man wird demnach nicht fehlgehen, wenn man annimmt, es liege hier eine Bahn vor, die wohl in allen Gegenden des Rückenmarkes einige Fasern an die graue Substanz abgebe, der Hauptsache nach aber im Lendenmark ihre Endigung finde.

Die Frage nach der Art und Weise der Verbindung der Pyramidenfasern mit der grauen Substanz gehört zu den schwierigsten. Die Beobachtung des Verlaufs ihrer Endstücke wird erschwert einmal durch ihre Feinheit, andererseits durch den Umstand, dass sie zu einer Zeit markhaltig, mithin also der Beobachtung zugänglich werden, wo schon alle übrigen Fasern mit Myelinscheiden ausgestattet sind.

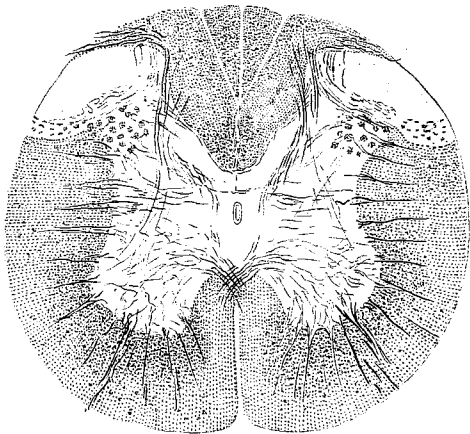
Vielleicht habe ich das Richtige getroffen, wenn ich als die fraglichen Elemente folgende Fasern in Anspruch nehme. Untersucht man das Lumbalmark ausgewachsener Mäuse, so wird man zwar nicht an allen, jedoch an vielen Schnitten zarte Fasern gewahr, die, aus den Pyramidensträngen sich ablösend, unweit der Mittellinie geradeaus nach vorne laufen, in der Nähe des Centralcanals sich etwas lateralwärts wenden und sich in der Gegend der Centralgruppe der Beobachtung entziehen. Ob nun ihre definitive Endigung in letzterer zu suchen sei, oder ob sie noch weiter gehen in die Vorderhörner, liess sich nicht entscheiden. Sind diese Nervenfasern wirklich identisch mit Pyramidenfasern, was ich allenfalls nur als eine Vermuthung hinstellen möchte, so wird man letzteres für wahrscheinlicher halten müssen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VI und VII.

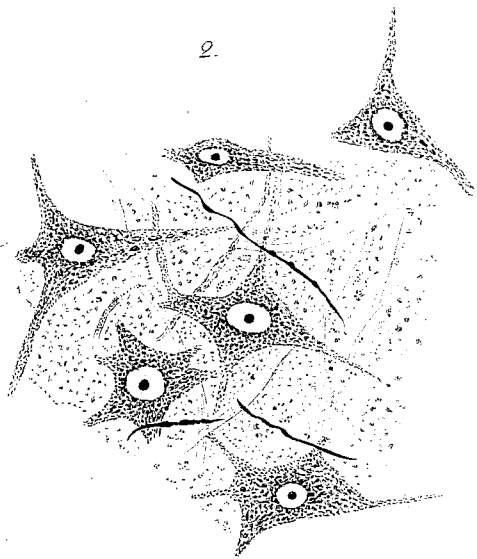
- Fig. 1. Querschnitt aus dem Rückenmarke einer ausgewachsenen Maus. Unterer Abschnitt des Halstheiles.
- Fig. 2. Nervenzellen aus dem Vorderhorn einer 4tägigen Maus. Die Zellen sind mit myeloider Körnchensubstanz beladen, die sich auch in der Zwischensubstanz vorfindet. Zahlreiche marklose, einige markhaltige Nervenfasern. Reichert Oc. III, Obj. 5.
- Fig. 3. Aus dem Rückenmarke einer 28 cm langen menschlichen Frucht. Oberer Abschnitt des Lendenmarkes. Die Zellen sowohl der Haupt- wie der Commissurengruppe enthalten viel Myeloidmasse und treten daher durch ihre dunkle Färbung deutlich hervor. Vorderwurzeln zum Theil schon markhaltig.
- Fig. 4. Querschnitt aus dem Rückenmarke einer Maus vom 3. Tage. Lumbaltheil.
- Fig. 5. Querschnitt aus dem Rückenmarke einer 6tägigen Maus. Unterer Abschnitt des Halsmarkes.
- Fig. 6. Querschnitt aus dem Rückenmarke einer 10tägigen Maus. Dorsaltheil.
- Fig. 7. Querschnitt aus der Medulla oblongata einer 18 Tage alten Maus. Gegend der Pyramidenkreuzung.
- Fig. 8. Querschnitt aus der Oblongata einer 18 Tage alten Maus. Gegend etwas oberhalb der Kreuzung.

Sämmtliche Figuren sind nach Präparaten gezeichnet, die mittelst Weygert's Hämatoxylinmethode gefärbt wurden und sind mit Ausnahme von Fig. 2 bei schwacher Vergrößerung angefertigt.

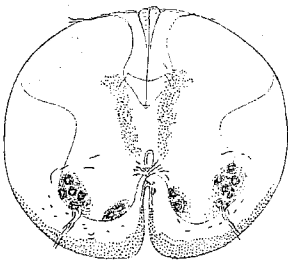
1.



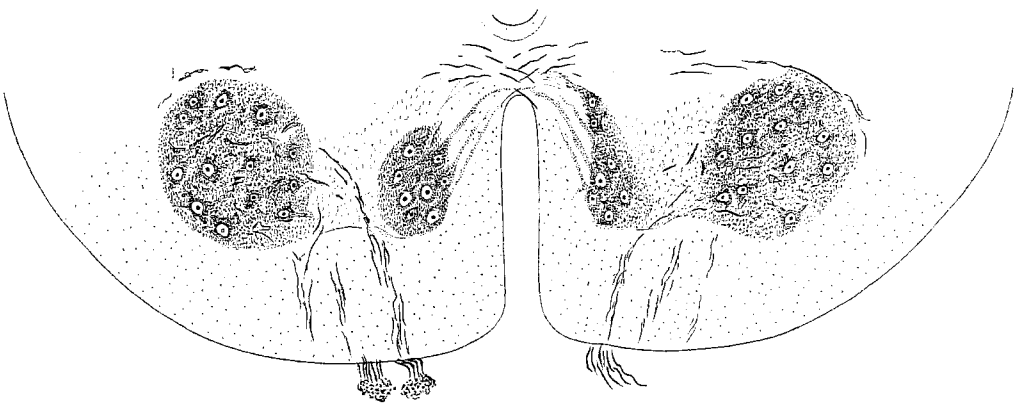
2.



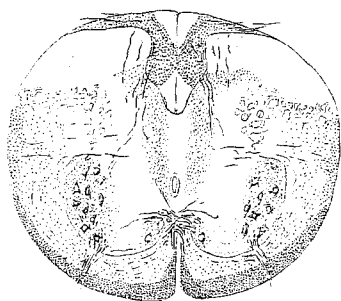
4.



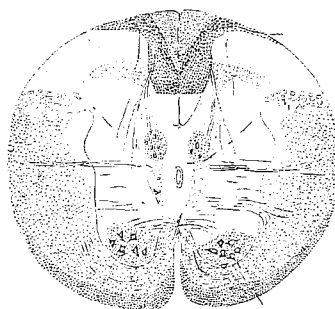
3.



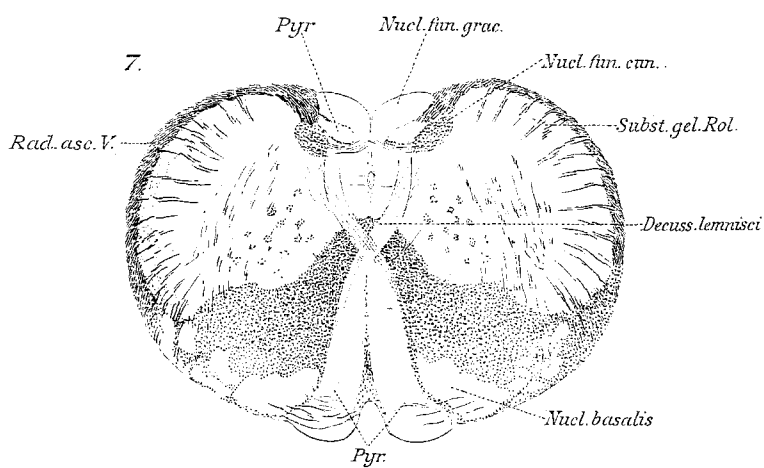
5.



6.



7.



8.

