

Archiv

für

pathologische Anatomie und Physiologie

und für

klinische Medicin.

Bd. LXIV. (Sechste Folge Bd. IV.) Hft. 4.

XXII.

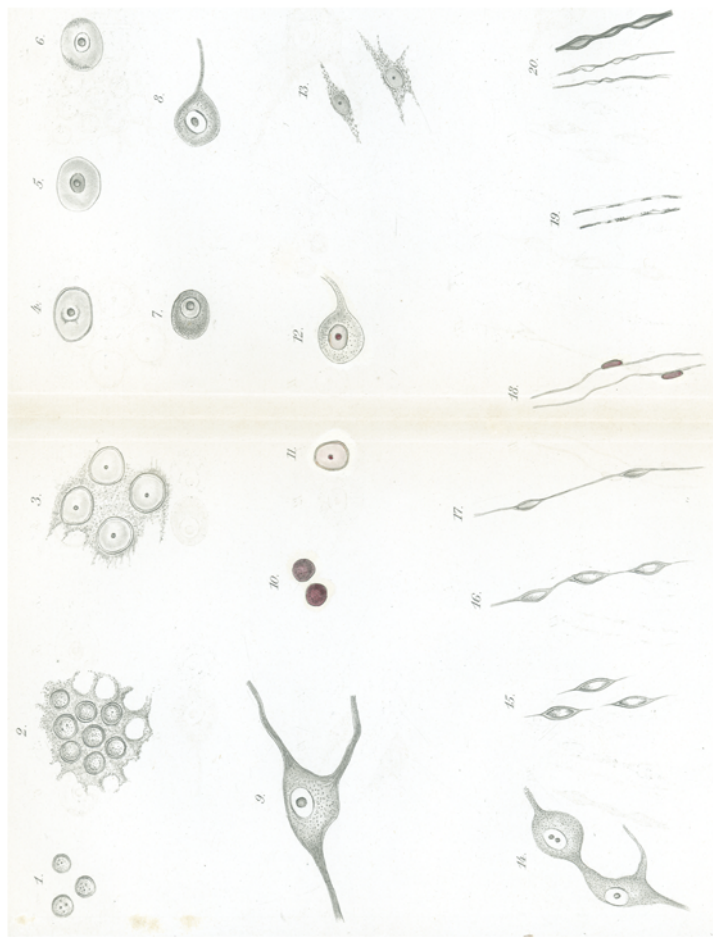
Ueber die Entwicklung des menschlichen Rückenmarkes und seiner Formelemente.

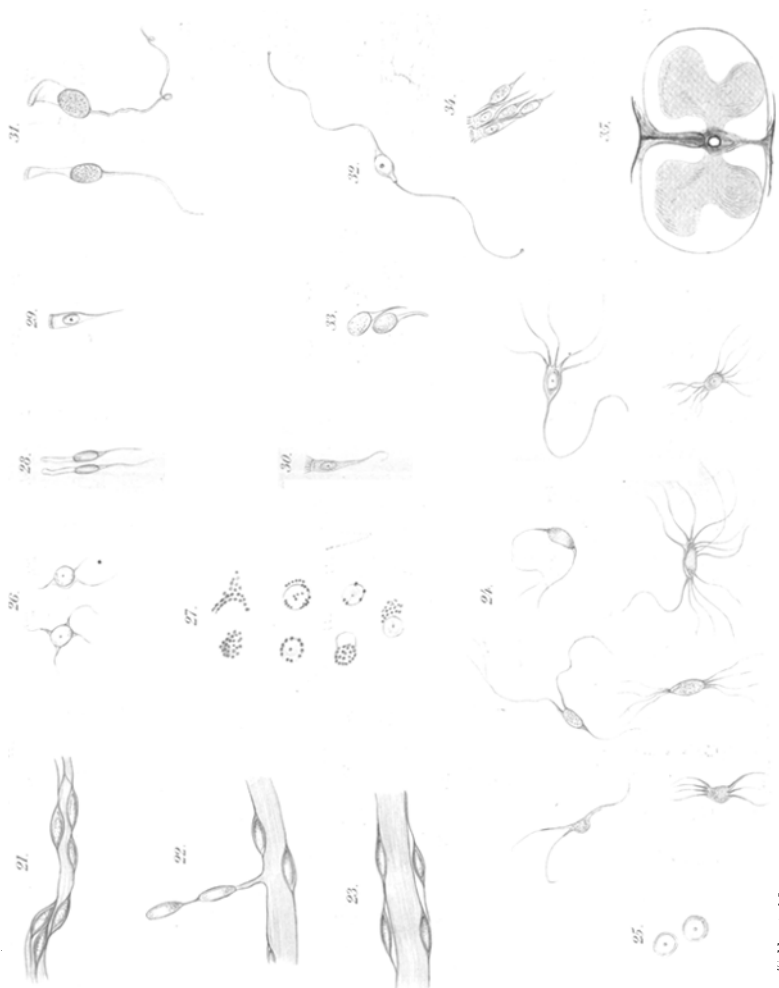
Von Dr. med. Hermann Eichhorst,
Assistenzarzt an der Königl. Universitätsklinik in der Charité zu Berlin.

(Hierzu Taf. XIII — XIV.)

Bei den Untersuchungen über die Regenerationsvorgänge des Nervensystemes, mit denen der Verfasser seit mehreren Jahren beschäftigt ist ¹⁾, wurde er wiederholentlich auf das Thema geführt, welches die nachfolgenden Zeilen behandeln sollen. Nicht ohne Grund ist das Motiv zu dieser Arbeit an die Spitze gestellt. An mehr als an einer Stelle wird man Abschweifungen auf das Gebiet der Pathologie begegnen, die man für gewöhnlich nicht in embryologischen Untersuchungen anzutreffen pflegt. Es soll späterhin der Versuch gemacht werden nachzuweisen, dass sich gewisse pathologische Veränderungen am Rückenmark nur dann verstehen lassen, wenn man mit der Entwicklungsgeschichte des Rückenmarkes völlig vertraut ist, und man mag es aus diesem Grunde verzeihen, wenn schon in dieser kleinen Abhandlung im Voraus auf manche Punkte

¹⁾ Eichhorst, Ueber Nervendegeneration und Nervenregeneration. Dieses Archiv Bd. LIX. 1873. Eichhorst und Naunyn, Ueber die Regeneration und Veränderungen im Rückenmark. Archiv f. experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. II. 1874.





aufmerksam gemacht wird. In diesem Sinne dürften die nachfolgenden Beobachtungen mehr der Pathologie als der Embryologie angehören und der ersteren möglicherweise zu Gute kommen. Sollte man es der Mühe für werth halten, den literarischen Essais des Verfassers einige Beachtung zu schenken, so wird man sehr bald herauserkennen, dass auch diese Untersuchungen in den Rahmen eines Bildes gehören, mit dessen Zusammensetzung der Verfasser vor längerer Zeit den Anfang gemacht hat, und dessen Vollendung er in der kommenden Zeit durchzuführen hofft.

Es ist bisher noch niemals der Versuch gemacht worden, die Entwicklung des menschlichen Rückenmarkes schrittweise zu verfolgen. Unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand beschränken sich im Wesentlichen auf einige sehr schätzenswerthe, aber doch immerhin unzulängliche Beobachtungen Kölliker's¹⁾ in seiner Entwicklungsgeschichte und auf einige kurze Notizen, welche Flechsig²⁾ und Lubimoff³⁾ vor einem Jahre mitgetheilt haben. Es ist in dieser Beziehung das Rückenmark dem Hirn gegenüber zu kurz gekommen, denn in den Arbeiten von Besser⁴⁾ und Arndt⁵⁾ besitzen wir — wenn auch sehr verunglückte — Anfänge einer Entwicklungsgeschichte des menschlichen Hirns. Man hat diesen beiden Arbeiten mit Recht den Vorwurf gemacht, dass sie sich ihr Material völlig falsch gewählt hätten. Abgesehen von dem spärlichen Beobachtungsmaterial hat man auch den Einwand gegen sie erhoben, dass sich eine Entwicklung des Nervengewebes nicht an Neugeborenen, sondern nur an Foeten aus den verschiedenen Entwicklungsstadien studiren lasse.

Dem Material, auf welchem die nachfolgenden Beobachtungen basirt sind, wird man weder den einen noch den andern Vorwurf machen können. Durch den grossen Krankenbestand, über welchen

¹⁾ Kölliker, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. Leipzig 1861. Cap. XXVII.

²⁾ Flechsig, Ueber einige Beziehungen zwischen secundären Degenerationen und Entwicklungsvorgängen im menschlichen Rückenmark. Archiv d. Heilkunde. 1874.

³⁾ Lubimoff, Embryologische und histogenetische Untersuchungen über das sympathische und centrale Cerebrospinal-Nervensystem. Dieses Archiv Bd. LX. 1874.

⁴⁾ Besser, Zur Histogenese der nervösen Elementartheile in den Centralorganen des neugeborenen Menschen. Dieses Archiv Bd. XXXVI. 1866.

⁵⁾ Arndt, Studien über die Architectonik d. Grosshirns d. Menschen. Archiv f. mikroskopische Anatomie. Bd. III — V. 1867 — 1869.

die Charité gebietet, wurde ich in die günstige Lage versetzt, im Laufe einer Zeit von nur wenig als mehr über einem Jahr 30 gesunde und gut entwickelte Früchte sammeln zu können, deren Rückenmark einer genauen mikroskopischen Untersuchung unterzogen wurde. Der jüngste Foetus hatte, wie sich das durch einen Zufall genau bestimmen liess, ein Alter von 2 Monaten und 20 Tagen. Von diesem Zeitpunkt an vertheilen sich die übrigen Früchte derart, dass auf jeden Entwicklungsmonat mindestens drei derselben und zwar je einer aus der ersten und zweiten Hälfte desselben kommen. Es muss an dieser Stelle noch besonders hervorgehoben werden, dass todtfaule Früchte oder solche, welche offenbar krank waren, für die Untersuchung, soweit sich dieselbe auf normale, physiologische Verhältnisse bezieht, nicht benutzt worden sind, und es würde sich in diesem Falle das zur Verfügung gestandene Material um erhebliche Zahlen gesteigert haben. Es waren Aborte und Frühgeburten sonst gesunder Mütter, welche theils in Folge fieberhafter Krankheiten auf der Frerichs'schen Abtheilung theils auf der geburtshilflichen Station zu Stande gekommen waren, und mir von letzterer aus durch die Liebenswürdigkeit meiner Kollegen, der Herren Stabsärzte Dr. Beinlich und Dr. Haase zur Verfügung gestellt wurden.

Eine besonders angenehme Pflicht ist es noch für mich, dem Herrn Geheimen Ober-Medicinalrath Professor Dr. Frerichs meinen Dank abzustatten, dass ich Material und Instrumente der Universitätsklinik und ihres Laboratoriums in der freisten und ausgiebigsten Weise benutzen durfte.

An der Zusammensetzung des Rückenmarkes nehmen, wie bekannt, drei Gewebe Antheil: Epithelien, Bindesubstanz und Nervengewebe. In Bezug auf die Masse treten die Epithelien den beiden anderen Bestandtheilen gegenüber bei Weitem zurück, indem sie als ein feiner schmaler Saum jene Höhle in ihrem gesammten Umfange begrenzen, welche das Rückenmark in seiner ganzen Längenausdehnung von oben bis unten durchzieht und seit langem als Centralkanal bezeichnet wird.

Das Vorkommen von Bindegewebe in der Medulla spinalis ist längere Zeit völlig übersehen worden, bis Keuffel¹⁾ in einer für

¹⁾ Keuffel, Reil's Archiv. Bd. X. Halle 1811.

seine Zeit sehr vorzüglichen Arbeit die Aufmerksamkeit auf diese Gewebscomponente hinlenkte. Es ist bekannt, dass man über die Form, in welcher das Bindegewebe im Rückenmark auftritt, vielfach gestritten hat. Es hat sich ausserdem ergeben, dass die Formelemente desselben so allmählich in diejenigen der Nervensubstanz übergehen, dass es auch heute noch nicht möglich ist, eine sichere Grenze zwischen beiden zur Zeit anzugeben, und dass es demnach grosse Schwierigkeit hat, die Massenverhältnisse dieser beiden Gewebsarten einigermaassen genau abzuschätzen.

Das Nervengewebe endlich tritt uns in zweierlei Form entgegen: als Nerven- oder Ganglienzelle und als Nervenfaser. Da die Nervensubstanz dasjenige anatomische Substrat bildet, welches die Functionen des Rückenmarkes bedingt und vermittelt, so soll die Darstellung der Entwicklung desselben zuerst gegeben werden.

I. Die Entwicklung der Formelemente des Nervengewebes.

a) Die Entwicklung der Ganglienzelle.

Die Ganglienzelle verleiht dem Rückenmark den Charakter eines Nervencentrums und erweist sich als ein sehr zartes Gebilde, welches — bei Warmblütern wenigstens — wenn es einmal untergegangen ist, nicht mehr im Stande ist, sich zu regeneriren. Meine Versuche, auf welche ich am Anfange dieser Arbeit hinzuweisen mir erlaubte, haben gezeigt, dass, so vollkommen sich auch Traumen peripherer Nerven mit der Zeit völlig ausgleichen können, so irreparabel Läsionen des Rückenmarkes sind, welche die Ganglienzellen vernichten. Es musste daher gerade für mich von Interesse sein, den Entwicklungsmodus der Nervenzelle genauer zu verfolgen.

Die graue Substanz des Rückenmarkes bietet im dritten Monate der Entwicklung abgesehen von ihrer gröberen, makroskopischen Configuration auch in ihrer mikroskopischen Structur ein völlig anderes Aussehen dar, als man es am ausgebildeten Rückenmark zu sehen gewohnt ist. Sie zeichnet sich durch einen überraschend grossen Reichthum an Kernen aus, welche so dicht an einander liegen, dass sie sich fast unmittelbar berühren und die ganze graue Substanz zusammensetzen. Am meisten gleichen diese Kerne dem Aussehen farbloser Blutkörperchen, deren Grösse sie auch im All-

gemeinen besitzen. Sie stellen diejenigen Elemente dar, aus denen sich im weiteren Verlauf nach der einen Richtung hin Bindegewebszellen und Blutgefässe, nach der anderen Nervenzellen entwickeln und können demnach als eigentliche Bildungszellen im weitesten Sinne des Wortes angesehen werden.

Auf Isolationspräparaten, mag man dieselben durch Zerzupfen frischer Rückenmarksstückchen oder nach Einlegen derselben in verdünnten Lösungen von doppelt chromsaurem Kali oder Ueberosmiumsäure hergestellt haben, erkennt man, dass die Kerne einen schmalen, homogenen, glänzenden und stark lichtbrechenden Randsaum besitzen, während ihr Inneres leicht granulirt erscheint, wobei 3—4—5 gröbere Granula stärker hervortreten (vergl. Fig. 1). Diese Bildungszellen sind in denjenigen Partien, welche man als Vorderhörner der grauen Substanz ansprechen würde, durchschnittlich ein wenig grösser als in dem hinteren Theil derselben. Hier sind sie besonders klein an jener Stelle, wo sich die Substantia gelatinosa entwickelt, also an der äussersten Ausstrahlung der Cornua posteriora, und gleichzeitig liegen sie hier so dicht bei einander, dass sich schon in dieser frühen Foetalperiode (namentlich auf tingirten Präparaten) die gelatinöse Substanz deutlich abhebt. Die gebräuchlichen Tinctionsmittel. Carmin, Anilinfarben und Hämatoxylin saugen sie mit grosser Begierde ein und halten diese Farbstoffe mit einer bemerkenswerthen Energie fest. Durch Säuren und Alkalien kann man sie vernichten und zu einer formlosen, homogenen Masse zerfliessen lassen.

Die Zwischensubstanz, in welcher die Bildungszellen eingebettet sind, ist, wie das schon im Vorigen angedeutet wurde, auf so enge Spatien beschränkt, dass sie genau dazu ausreicht, die directe Contiguität der einzelnen Zellen mit einander zu verhindern. Sie ist offenbar von einer sehr zarten und leicht veränderlichen chemischen Constitution. In sehr dünnen Lösungen von doppelt chromsaurem Kali und Ueberosmiumsäure erhält sie sich ihre ursprüngliche Gestalt für mehrere Stunden und stellt sich als eine fast homogene Masse dar, welche dehnbar ist und leichtem Zug und Druck gerne nachgiebt. Bei längerem Verweilen in diesen Lösungen ändert sie ihr Aussehen und sie erscheint dann grob granulirt und von sehr feinen, kleinen, dunklen Pünktchen durchsetzt, welche in annähernd regelmässigen Abständen von einander stehen und durch feine, schmale,

homogene Zonen von einander getrennt werden. Hat man sie von Anfang an absichtlich oder unabsichtlich einer — ich möchte fast sagen — rohen Behandlung ausgesetzt, indem man sie in stärkeren Lösungen der vorhin genannten Salze zu conserviren suchte, so erscheint sie bei der mikroskopischen Untersuchung von grobkörniger Beschaffenheit, wobei die einzelnen Granula zu kleinen Stäbchen und Reiseru auswachsen können, welche ganz unregelmässig liegen und sich vielfach einander zu durchkreuzen scheinen. Alkohol ferner, mag man denselben in mehr oder weniger diluirtem Zustand anwenden, hat stets zur Folge, dass sich die Zwischensubstanz in der zuletzt beschriebenen Form dem Beobachter präsentiert. Man würde nach allem Diesem mit einigem Recht behaupten können, dass die Zwischensubstanz sehr leicht gerinnbar ist. Unter dem Einfluss von Säuren und Alkalien ändert sie sich aus jeder Form in eine glänzende, homogene, aufgequollene Masse um.

Die Bildungszellen stehen mit ihr in keinem sehr innigen Zusammenhange und lassen sich mit grosser Leichtigkeit aus ihr entfernen. Wenn man kleine Partikelchen der grauen Rückenmarkssubstanz in Ueberosmiumsäure leicht erhärtet und dann etwas gewaltsam zerpupft oder in Glycerin leicht ausschüttelt, so bemerkt man oft, namentlich an den freien Rändern durchsichtiger Theilchen, dass die Zwischensubstanz runde Lücken zeigt, welche in annähernd regelmässigen Abständen vertheilt sind. Es gehört keine grosse Combinationsgabe dazu zu erkennen, dass diese runden, scharf begrenzten Löcher Kernen angehören, welche durch die Präparationsmethode herausgefallen sind, zumal auch ihre Grösse vollkommen derjenigen der Bildungszellen entspricht (vgl. Fig. 2). Die letzteren selbst, welche frei in der Zusatzflüssigkeit des Präparates umherschweben, sind jeder Zeit scharf gerändert und gewähren nie den Anblick, als ob sie mit Gewalt aus dem Zusammenhange mit der Intercellularsubstanz gerissen wären.

Ausser den Bildungszellen und ihrer Intercellularsubstanz findet man bereits in diesem früheren Stadium der Entwicklung, am Ende des dritten Monats, in der grauen Rückenmarkssubstanz Ganglienzellen und gewisse andere Formelemente vor, welche letzteren, wie die Untersuchung aus späterer Zeit lehrt, als jüngere Entwicklungsformen der ersteren aufzufassen sind. Es erfordert einen gewissen Grad von Aufmerksamkeit die Nervenzellen darzustellen, weil sie

um diese Zeit nur in einer geringen Anzahl im Rückenmarke vorkommen. Auch kann man sie nur in den Vorderhörnern und hier nur in der vordersten Spitze derselben antreffen, doch sind sie an diesem Orte durch die gesammte Länge des Rückenmarkes ausgebreitet. Die einzelnen Zellen sind gross, besitzen einen grossen Kern mit Kernkörperchen und senden 3—4 nicht verästelte, starre und leicht brüchige Fortsätze aus, die sich in ihrem Aussehen kaum unter einander unterscheiden.

In der Nähe dieser vereinzelter Ganglienzellen findet man meist in kleineren Gruppen abgetheilt andere Zellen vor, welche sich von den Bildungszellen sowohl, als auch von den Ganglienzellen durch ihr Aussehen auffällig unterscheiden. Sie sind bei Weitem grösser als die ersteren und erreichen mitunter den doppelten Durchmesser derselben. Dabei erscheint ihr Zellenleib nicht mehr granulirt, sondern gleichmässig geformt und homogen, und von sämmtlichen Körnern ist nur ein einziges übrig geblieben, welches fast immer die Mitte einnimmt und vorläufig als Kernkörperchen zu Tage tritt (vgl. Fig. 3). Es kommen so allmähliche Uebergänge von den Bildungszellen zu den eben beschriebenen Formelementen vor, dass man kaum in der Annahme fehl gehen dürfte, dass sie aus jenen hervorgegangen seien. Hierbei scheint sich der *Modus procedendi* in der Weise zu entwickeln, dass sich der granulirte Körper der Bildungszellen allmählich klärt und dabei sämmtliche Granula mit Ausnahme eines einzigen zu Grunde gehen, welches letztere an Umfang zunimmt. Der glänzende Randcontour bleibt in der ersten Zeit noch bestehen. Die Form dieser Zellen ist meist eine runde oder ovale, seltener eine eckige. In sehr wenigen Exemplaren bemerkt man noch in dem Zellenkern einen kleinen, hellen Raum, der wie von einer Vacuole herrührt. Diese Zellen besitzen noch keine Fortsätze und lassen sich aus ihrer Zwischensubstanz herausheben. Auch muss es noch hervorgehoben werden, dass sie für gewöhnlich in grösseren Distancen auseinanderstehen als die embryonalen Bildungszellen.

Die weitere Untersuchung lehrt, dass wir in diesen Formen die erste Entwicklungsstufe der Ganglienzellen vor uns haben. Von hier aus spielt sich, wie es scheint in einer sehr langsamen Folge auf einander, eine Reihe von Veränderungen ab, die endlich mit jenem complicirten Bau der Ganglienzellen enden, dessen Grundfesten

wir durch die modernen Untersuchungen von Deiters und Schultze, und neuerdings noch von Gerlach genauer kennen gelernt haben. Es ist fast selbstverständlich, dass die äussere Form der Erscheinungen in unwesentlichen Punkten vielfach variiert, und dass es unmöglich ist, mit wenigen Worten sämtliche Erscheinungsweisen zu erschöpfen. Aus diesem Grunde wird die nachfolgende Darstellung etwas schematisch ausfallen müssen und hauptsächlich nur für den Fall gelten, wie er sich bei Weitem als der häufigste dem Beobachter darstellt.

Man sieht zunächst, dass jene „geklärten“, kernhaltigen Zellen an Umfang beträchtlich zunehmen, wobei sie den hellen Randsaum beibehalten (vgl. Fig. 4). Späterhin tritt eine sehr feine körnige Trübung rings um den Kern auf, welche allmählich als ein concentrischer Ring den Kern einschliesst. Die feine Granulierung löst sich dann in einen sehr scharfen Contour auf, so dass die früher einfach kernhaltige Zelle in der Art umgewandelt erscheint, dass sich in ihr ein neuer Zellenkern gebildet hat und der frühere Zellenkern zum Kernkörperchen geworden ist. Gleichzeitig mit dieser Metamorphose schwindet der doppelte Randcontour (vgl. Fig. 5).

Es hat den Anschein, als ob dieser Zustand der sich entwickelnden Ganglienzelle nicht für lange Zeit bestehen bleibt, denn zu gleicher Zeit mit den zuletzt beschriebenen Veränderungen und Umgestaltungen pflegt eine sehr feine Granulierung des Zellenleibes aufzutreten, welche gewöhnlich in der Peripherie beginnt und sich dann von hier aus nach dem Innern und über das ganze Protoplasma hin ausdehnt (vgl. Fig. 6). Die anfangs sehr zarten Körnchen nehmen späterhin an Umfang zu, so dass dann die Zelle aus gröberen Granulis zusammengesetzt erscheint (vgl. Fig. 7).

Erst jetzt beginnt das Gebilde Fortsätze zu treiben. Man kann es als Gesetz aufstellen, dass zuerst immer nur ein einziger Fortsatz hervorwächst, so dass auf diese Weise das Bild der seiner Zeit vielfach discutirten unipolaren Ganglienzelle entsteht (vgl. Fig. 8). Späterhin sprossen noch mehrere Fortsätze hervor, die sich anfangs, wie das schon vorhin angedeutet wurde, in ihrem Aussehen und Verhalten nicht unter einander unterscheiden. Hierbei gewinnt es den Anschein, als ob die vordem runde oder ovale Zelle durch mechanische Zerrung in die Länge ausgezogen wird, wobei sie eine eckige Gestalt annimmt und in ihren Durchmesser gegen früher oft wie verkleinert erscheint.

Auf dieser Entwicklungsstufe bleibt die Ganglienzelle für längere Zeit stehen. Erst mit dem Eintritt des fünften Fötalmonats treten in ihr neue Veränderungen auf. Man sieht zunächst bei vorsichtiger Benutzung von Isolationsflüssigkeiten nur in den Fortsätzen eine feine Längsstreifung auftreten, die körnige Masse, welche sie zusammensetzt, sich gewissermaassen in Längsreihen richten, welche Streifung sich dann von hier aus über den ganzen Zellenleib ausbreitet. Es ist bekannt, dass Remak ¹⁾ zuerst im Jahre 1853 die Beobachtung beschrieben hat, dass die Ganglienzellen und ihre Fortsätze fibrillärer Structur seien. Seitdem ist dieser Fund vielfach bestätigt worden und hat namentlich in Max Schultze ²⁾ einen sehr eifrigen Vertreter gefunden. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass diese Structur nicht vom ersten Anfang an angelegt ist, sondern sich erst als ein späteres Product der Entwicklung herausbildet (vgl. Fig. 9).

Es mag gestattet sein, an dieser Stelle mit wenigen Worten der Angaben zu gedenken, welche über die Beziehungen des Zellkerns und Kernkörperchens zu den aus der entwickelten Nervenzelle ausstrahlenden Fortsätzen gemacht worden sind. Harless ³⁾ sprach zuerst die Ansicht aus, dass die Nervenfasern aus dem Kern und Kernkörperchen der grossen Ganglienzellen des Hirns vom Torpedo ihren Anfang nehmen. Dieser Fund wurde auch für andere Nervenzellen von mehreren Seiten bestätigt, und speciell für die grossen Ganglienzellen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes waren es Frommann ⁴⁾ und Arnold ⁵⁾, welche für die neue Lehre eintraten. Dieselbe hat unter sehr gewiegten Forschern Gegner gefunden, unter welchen nur die Namen von Kölliker und Schultze genannt sein mögen. Die Entwicklungsgeschichte weist auf einen Zusammenhang zwischen den Nervenprimitivfibrillen

¹⁾ Remak, Monatsberichte d. Akademie d. Wissensch. zu Berlin 1853.

²⁾ Vgl. namentlich: Schultze, Allgemeines über die Structurelemente des Nervensystems. Stricker's Handb. d. Lehre von d. Geweben. Bd. I.

³⁾ Harless, Müller's Archiv. 1846.

⁴⁾ Frommann, Ueber d. Färbung d. Binde- u. Nervensubstanz d. Rückenmarkes durch Arg. nitr. und üb. d. Struct. d. Nervenzellen. Dieses Archiv Bd. XXXI. 1864. — Zur Structur d. Ganglienzellen d. Vorderhörner. Dieses Archiv. Bd. XXXII. 1865.

⁵⁾ Arnold, Ein Beitrag zu d. feineren Structur d. Ganglienzellen. Dieses Archiv. Bd. XLI. 1868.

und dem Kern der Ganglienzelle oder ihrem Kernkörperchen nicht hin. Man sieht die Fortsätze völlig unabhängig von beiden Gebilden hervorwachsen und späterhin eine fibrilläre Spaltbarkeit und Structur eingehen, ohne dass sich ein Zusammenhang mit ihnen mit Sicherheit nachweisen lässt. Beiläufig bemerkt, ist es mir übrigens auch an den Ganglienzellen des erwachsenen Rückenmarkes nicht gelungen Bilder zu erhalten, welche mit aller Bestimmtheit zu Gunsten der Frommann-Arnold'schen Lehre gesprochen und nicht Zweifel Raum gelassen hätten.

Seit den Deiters'schen ¹⁾ Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark hat man der verschiedenen Form und Dignität der Fortsätze der Nervenzelle eine grössere Aufmerksamkeit zugewendet. Man weiss, dass nur ein einziger Fortsatz, der sogenannte Axencylinderfortsatz, welcher sofort durch sein Aussehen auffällt, unverästelt verläuft, sich sehr bald mit einer Markscheide umgiebt und in eine echte doppelt contourirte Nervenfasern übergeht. Alle übrigen Fortsätze, von Deiters als Protoplasmafortsätze bezeichnet, gehen bald eine reiche Theilung und Verästelung ein und bilden, wie Gerlach ²⁾ neuerdings gelehrt und Boll ³⁾ bestätigt hat, ein enges Nervenfasernetz in der grauen Substanz, in welches feine Nervenfasern hineinmünden, die von hier aus ihren Weg zu der weissen Rückenmarkssubstanz nehmen. Da in den frühesten Entwicklungsmonaten sich weder die Fortsätze theilen, noch an einem derselben eine Markscheide dargestellt werden kann, so ist es in dieser Zeit unmöglich zu sagen, welcher von ihnen als Axencylinderfortsatz anzusehen ist. Erst im fünften Fötalmonat bildet sich unter ihnen eine deutliche Differenz heraus. Sie beginnen mit Ausnahme eines einzigen feinere Seitensprossen zu treiben, während der unverästelte Fortsatz in einiger Entfernung vom Zellenleib einen doppelten Randcontour erhält. Jedoch muss hervorgehoben werden, dass in der ersten Zeit die Theilung der Protoplasmafortsätze eine sehr arme ist und erst mit dem Ende der Entwicklung in der zweiten

¹⁾ Deiters, Untersuchungen über Gehirn u. Rückenmark d. Mensch. u. d. Säugethiere. Braunschweig 1865.

²⁾ Gerlach, Von dem Rückenmark. Stricker's Handb. d. Lehre von den Geweben. Bd. II.

³⁾ Boll, Die Histologie und Histiogenese d. nervösen Centralorgane. Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheit. Bd. IV. 1873.

Hälfte des neunten und im zehnten Monat einigermaassen die Vieltätigkeit der Verästelung der ausgebildeten Nervenzelle erreicht.

Es ist erklärlich, dass die mikroskopische Beschaffenheit der grauen Rückenmarkssubstanz mit diesen Veränderungen Hand in Hand geht. Wenn man Rückenmarksstückchen bis in den fünften Monat hinein durch Alkohol oder Ueberosmiumsäure stark härtet, so löst sich oft an einzelnen Stellen die weisse Rückenmarkssubstanz von der grauen ab. Während sich die erstere durch Nadeln sehr leicht in feine Stränge zerlegen lässt, hat die letztere eine körnige Beschaffenheit und zerfällt gerne bei der Berührung mit der Zupfnadel in einen körnigen Detritus. Vom fünften Monat an wird der Zusammenhang zwischen den Rückenmarkssträngen und der Substantia grisea ein immer innigerer, und die letztere selbst nimmt ein völlig anderes Gefüge an. Sie setzt den Zerzupfungsversuchen einen unverhältnissmässig grossen Widerstand entgegen, lässt sich nicht nach bestimmten Richtungen hin wie die weisse Rückenmarkssubstanz zerspalten, hat ihr körniges Gefüge total verloren und stellt sich unter dem Mikroskop grösstentheils als ein festes Flechtwerk feiner und feinsten Fäserchen dar, die sich innig und vielfach einander durchkreuzen.

Es ist eine sehr bemerkenswerthe und interessante Erscheinung, dass mit den morphologischen Veränderungen, welche sich bei der Entwicklung der Ganglienzelle herausbilden, gewisse chemische Umsetzungen in dem Protoplasma der ursprünglichen Bildungszelle einhergehen. Um diese Behauptung zu erweisen, mag die saure Carminlösung nach Schweigger als Reagens dienen. Wer mit diesem Tinctiionsmittel genügend lange und sorgsam gearbeitet hat, wird sich ohne besondere Schwierigkeit einen so hohen Grad der Technik aneignen können, dass er gewisse Gebilde unter bestimmten Umständen stets in derselben Weise zu färben vermag. Zu bedauern bleibt es freilich, dass diese Reaction immerhin nur einen subjectiven Werth hat.

Wenn mit meiner Carminlösung Bildungszellen, welche zuvor 24 Stunden lang in 0,1 pCt. Ueberosmiumsäure gelegen hatten, gefärbt wurden, so nahmen sie durchweg eine intensiv rothe Farbe an, und man konnte in ihnen nur sehr schwer einzelne Granula erkennen (vgl. Fig. 10). Hatte sich die Bildungszelle „geklärt“ und ein einziger Kern in ihr herausgebildet, so blieb der Randcon-

tour farblos, der Zellinhalt färbte sich hellrosa, und der Kern wurde tiefroth (vgl. Fig. 11). Noch anders gestalteten sich die Verhältnisse, sobald der doppelte Randcontour schwand und der bleibende Kern der Ganglienzelle zum Vorschein kam. Hier behielt nur das Kernkörperchen seine alte Attraction zum Farbstoff, während der neu entstandene Zellkern sehr schwach und der eigentliche Zellenleib gar nicht gefärbt wurde (vgl. Fig. 12). In diesem Zustande verharrte die Ganglienzelle bis zum Auftreten der fibrillären Structur, und erst dann nahm auch ihr Zellenleib eine gesättigt rothe Farbe an.

Vor einigen Jahren hat Mauthner die Behauptung aufgestellt, dass man im Stande sei, aus dem Verhalten der Ganglienzelle Farbstoffen gegenüber ihre Function zu ermitteln. Nach der Verschiedenheit der Tinction, welche die Ganglienzellen nach Behandlung mit carminsaurem Ammoniak darbieten sollten, stellte er vier Gruppen von Nervenzellen auf, denen eine verschiedene Function zukommen sollte. Man hat abgesehen davon, dass Stieda diese Angaben nicht bestätigen konnte, auch noch aus anderen Gründen gegen dieselbe opponirt. Jedenfalls weisen die Erfahrungen, welche im Vorhergehenden niedergelegt sind darauf hin, dass man bei der Beurtheilung dieser Verhältnisse sehr vorsichtig sein muss, und dass die Tinctionskraft der Nervenzelle unter Anderem von ihrem Entwicklungsstadium abhängig ist.

In ähnlicher Weise wie durch Carmin sind auch durch Ueberosmiumsäure die chemischen Veränderungen zu verfolgen. Hierbei verdient es hervorgehoben zu werden, dass die Ganglienzelle selbst einige Zeit nach der Geburt nicht jenes Aussehen zeigt, welches man an den Nervenzellen des erwachsenen Rückenmarkes jeder Zeit hervorrufen kann. Im letzteren Falle färbt sie sich bekanntlich durch Osmium leicht grauschwarz, rauchig, während sie im ersteren hellgelb oder hellgrün aussieht.

Vor zwei Jahren hat Lubimoff¹⁾ die Angabe gemacht, dass sich im dritten Monat der Entwicklung noch keine Ganglienzellen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes nachweisen und dass sich dieselben hier nicht vor dem Beginne des fünften Monats darstellen

¹⁾ Lubimoff, Ueber die Verschiedenheit in der embryonalen Entwicklung der Nervenzellen. Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1873. No. 41.

lassen. Es muss diese Behauptung als irrthümlich bezeichnet werden, und es würde, falls der Verfasser es nicht ausdrücklich ausgesprochen hätte, dass er sich auch der Zerpupfungsmethode bedient habe, der Verdacht nahe liegen, dass er seine Beobachtungen an gehärteten und carminisirten Querschnitten gemacht habe. Auf derartigen Präparaten ist es in der That sehr schwierig, wenn nicht unmöglich in dieser frühen Zeit Ganglienzellen nachzuweisen, da der nicht tingirte Leib durch die übergrosse Zahl von kernartigen, intensiv roth gefärbten Bildungszellen vollkommen verdeckt wird. Mit dem fünften Monat dagegen treten die Nervenzellen, welche zu dieser Zeit theilweise in ihrer ganzen Totalität gefärbt werden, mit grosser Deutlichkeit und Schärfe hervor.

Die Bildung der Ganglienzellen erfolgt zunächst in den Vorderhörnern und hier, wie das bereits im Vorigen flüchtig berührt wurde, am frühesten an der vordersten Spitze derselben. Der vierte Monat würde als derjenige zu bezeichnen sein, in welchem die Entwicklung der Ganglienzellen in den Cornua anteriora am lebhaftesten und zahlreichsten von Statten geht, und für etwaige Nachuntersuchungen müssten Rückenmarke aus dieser Zeitperiode als günstigste Objecte empfohlen werden. Von dem eben bezeichneten Orte aus tauchen in der ganzen Circumferenz der Vorderhörner und im Innern derselben nach einander Nervenzellen auf, ohne dass man hierbei bestimmte Gruppenbildungen zu unterscheiden vermag. Es ist bekannt, dass man den Versuch gemacht hat, die Ganglienzellen in den Vorderhörnern des erwachsenen Rückenmarks räumlich in verschiedene Abtheilungen zu bringen, welche von den verschiedenen Autoren verschieden zahlreich angegeben, von allen aber als künstlich bezeichnet worden sind. Auch die Entwicklungsgeschichte giebt keinen Anhalt, um eine natürliche Gruppierung durchzuführen.

In den Hinterhörnern treten die Ganglienzellen in einer sehr viel späteren Zeit auf und lassen sich hier nicht vor der zweiten Hälfte des siebenten Entwicklungsmonates nachweisen.

Am allerspätsten stösst man auf jene Gruppe von Ganglienzellen, welche zu beiden Seiten des Centralkanales, aber nur im Dorsaltheil des Rückenmarkes gelegen ist und als *Columna vesicularis* oder nach Kölliker als *Clarke'sche Säule* bezeichnet wird (*Stilling's Dorsalkerne*). Dieselben kommen erst in der zweiten

Hälfte des achten Monates zur Ausbildung. Wenn die geistreiche Hypothese, welche Gerlach in dem früher citirten Aufsatz über das Rückenmark aufgestellt hat, richtig wäre, so würde sich ergeben, dass am frühesten die motorischen Zellen, später die reflectorischen und am spätesten jene Nervenzellen sich entwickeln, welche den automatischen Functionen des Rückenmarkes vorstehen.

Es ist bisher absichtlich vermieden worden, auf diejenigen literarischen Angaben einzugehen, welche vordem über die Entwicklung der Ganglienzelle gemacht worden sind. Eine scheinbare Schwierigkeit stösst für den ersten Augenblick in dem Umstande auf, dass sich die bisherigen Untersuchungen auf die Nervenzellen des Gehirnes beziehen, jedoch wird man kaum ernstlich meinen wollen, dass sich bei der fast gleichen Structur und Function die Vorgänge im Gehirn anders gestalten sollten als im Rückenmark. Man wird sofort erkennen, dass sich die beiden Ansichten, welche hier gegenüberstehen, in einem sehr wichtigen Princip von einander unterscheiden.

Nach der ältesten derselben, welche zuerst von Valentin ¹⁾ aufgestellt und neuerdings von Besser ²⁾ und Arndt ³⁾ vertreten worden ist, sollte sich um die embryonalen Bildungszellen die Zwischensubstanz, in welcher die Kerne eingebettet sind, und welche die beiden zuletzt genannten Autoren aus feinen Reiskornen bestehen lassen, zu bestimmten Zellenterritorien gruppieren, wobei sie ein mehr homogenes, fast gallertiges Ansehen annähme. Es sollten sich die ursprünglichen Bildungszellen in den Ganglienzellenkern umwandeln und in diesem selbst ein neues Kernkörperchen entstehen. Man sieht, dass abgesehen von dem Modus der Zellenbildung und der Aufeinanderfolge der einzelnen Vorgänge bei der Entwicklung auch darin ein Widerspruch mit der im Vorhergehenden gegebenen Darstellung besteht, dass die einzelnen Bestandtheile des Bildungsmateriales eine völlig andere Function übernehmen.

¹⁾ Valentin, Zur Entwicklung d. Gewebe d. Muskel-, Blut- und Nervensystems. Müller's Archiv. 1840.

²⁾ Besser, Zur Histogenese der nervösen Elementartheile und Centralorgane etc. Dieses Archiv Bd. XXXVI. 1866.

³⁾ Arndt, Studien üb. d. Architectonik d. Grosshirns d. Menschen. Schultze's Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. IV. 1868.

Der neueste Autor über diesen Gegenstand, Boll¹⁾, ist bei seinem Studium über die Entwicklung des Gehirnes beim Hühnchen zu einem anderen Resultate gekommen. Schon am dritten oder vierten Tage der Bebrütung fand er zwei Formen von Zellelementen vor, von denen die einen nackte Kerne (unsere Bildungszellen), die anderen Zellen mit sehr grossem Kern und kleinerem Kernkörperchen darstellten. Die weitere Untersuchung lehrte, dass sich die erstere in Bindegewebszellen, die letztere in Ganglienzellen umwandelte. Die Zellen der letzteren Art nahmen allmählich an Umfang zu, ihr Zellenleib schickte dabei Fortsätze aus, von denen Boll anfangs auch nicht entscheiden konnte, welcher von ihnen sich zum Axencylinderfortsatz umbilden würde. Jedenfalls streitet der genannte Autor gegen die ältere Anschauung, als ob sich zu einer gewissen Zeit die Zwischensubstanz um die embryonalen Kerne als späterer Leib der Nervenzelle direct herumlege. Dagegen differirt die Darstellung, welche in dieser kleinen Abhandlung gegeben ist, mit der eben besprochenen in dem Punkte, dass die Ganglienzelle beim Menschen wenigstens nicht von Anfang an als solche zu erkennen ist, sondern dass sich hier allmähliche Uebergänge vom embryonalen Kern zur ausgebildeten Ganglienzelle nachweisen lassen. Nicht undenkbar wäre es, dass gewisse Entwicklungsvorgänge beim Hühnchen trotz der grössten Sorgsamkeit und Gewandtheit dem Beobachter doch entgehen könnten, weil sich gerade die ersten Entwicklungsvorgänge mit einer auffällig grossen Schnelligkeit abzuspielen scheinen, während sie beim Menschen, bei welchem Ausbildung und Wachsthum sehr viel langsamer erfolgen, leicht erkannt werden.

Es ist interessant zu erfahren, dass sich beim Hühnchen die Ganglienzellen des Rückenmarkes sehr viel früher entwickeln als die des Gehirnes. Schoenn²⁾ konnte bereits 68 Stunden nach der Bebrütung in den Vorderhörnern des Rückenmarkes Ganglienzellen mit Fortsätzen nachweisen, während dieselben im Gehirn nach Boll erst am siebenten Tage auftraten.

Unter älteren Autoren hat Remak³⁾ die ersten Vorgänge bei

¹⁾ Boll, Die Histologie u. Histiogenese d. nervösen Centralorgane. Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten. Bd. IV. 1874.

²⁾ Schoenn, Ueb. d. Entwicklung d. Rückenmarkes. Stettin 1868.

³⁾ Remak, Anatomische Beobachtungen üb. d. Gehirn, das Rückenmark und d. Nervenwurzeln. Müller's Archiv. 1841.

der Entwicklung der Ganglienzelle in der Weise beschrieben, wie es auf den vorhergehenden Zeilen geschehen ist, und nur zu bedauern bleibt es, dass seine Angaben etwas zu kurz und lückenhaft ausgefallen sind. Es mögen dieselben wörtlich angeführt werden:

„Die Entwicklungsgeschichte lehrt“, sagt Remak (S. 512), „dass die ganze Hirnsubstanz im embryonalen Zustand aus scheinbar freien Kernen besteht, welche in der That junge und unentwickelte Ganglienzellen darstellen. Dieselben behalten ihre geschlossene Zellform, wobei die Zellenmembran zu einer sogenannten Gehirnzelle (Ganglienzelle) sich erweitert. Die Höhle der Gehirnzelle ist alsdann wasserhell, und erst später füllt sie sich mit einem körnigen Inhalt, während die Zellmembran Fortsätze erhält.“ Und indem er gegen Valentin's Anschauung polemisiert, fährt er fort: Es ist demnach vollkommen richtig, dass, wie Valentin angiebt, die körnige Masse der Ganglienkugel sich um den Nucleus herum ablagert. Nur hat Valentin den Mittelzustand der Ganglienkugeln, in welchem sie fast von der späteren Grösse, aber ohne allen körnigen Inhalt sind, und den Umstand übersehen, dass die Umgebung der körnigen Substanz nicht um den freien Kern herum, sondern innerhalb der Zellenhöhle stattfindet.

Jastrowitz ¹⁾ hat neuerdings die Entwicklungsvorgänge für die Nervenzellen des Gehirnes beim Menschen in ähnlicher Weise beschrieben, nur differirt er in seinen Angaben dadurch von den meinigen, dass er den Zellkern früher und oft sehr viel früher entstehen lässt als das Kernkörperchen.

Nach den Erfahrungen, welche im Verlaufe der vorliegenden Untersuchung gemacht wurden, dürfte das Studium der Nervenzellenentwicklung nicht zu den leichtesten Aufgaben der histologischen Untersuchung gezählt werden. Die Schwierigkeiten, welche der Gegenstand an sich bietet, werden noch vergrössert, wenn man, wie das nachweislich Besser und Arndt gethan haben, ein schlechtes Beobachtungsmaterial wählt. Früchte, welche älter als fünf Monate sind, müssen für die Untersuchung als fast untauglich bezeichnet werden. An zu alten Früchten lassen sich kaum gewisse Trugbilder vermeiden, welche offenbar Besser und Arndt zu einer irrigen

¹⁾ Jastrowitz, Studien üb. d. Encephalitis u. Myelitis des ersten Kindesalters. Archiv f. Psychiatrie. Bd. II u. III. 1870—1872.

Ansicht verleitet haben. Es wird späterhin gezeigt werden, dass mit dem fünften Monat die Bildungszellen feine Fortsätze treiben, welche ihre Verbindung mit der Zwischensubstanz etwas inniger machen. Wenn man von dieser Zeit an Zerzupfungspräparate aus der grauen Substanz des Rückenmarkes herzustellen sucht und den Concentrationsgrad der Macerationsflüssigkeit auch nur um ein Weniges überschreitet, so erhält man leicht Bilder, wie sie von Besser und Arndt als sich entwickelnde Ganglienzellen gedeutet und gezeichnet worden sind. Das Reiseretz, welches den Kernen an- und umliegt, sendet nicht selten mehrere Fortsätze aus und ahmt hierbei täuschend die Gestalt der Nervenzellen nach (vergl. Fig. 13). Es lässt sich zeigen, dass diese sogenannten Nervenzellen nichts weiter als Bildungszellen sind, zwischen deren feinen, schwer erkennbaren Ausläufern die Zwischensubstanz in unregelmässiger, zer-rissener Form haften geblieben ist. Je weniger sorgfältig man die Zerzupfung ausführt, um so zahlreicher und mit einer gewissen Willkür kann man die Trugbilder erzeugen. Es fehlt ihnen jeder Zeit der scharfe Randcontour, den man auf keiner Stufe der Entwicklung der Nervenzelle vermisst, so dass ihr Saum zernagt und zerfressen erscheint. Ihre scheinbaren Fortsätze endlich lassen sich niemals auf längere Strecken isoliren.

Wir haben zum Schluss noch die Frage zu berühren, ob der Bildungsmodus der Nervenzelle, welcher im Vorhergehenden beschrieben wurde, der einzige ist, oder ob sich die Ganglienzelle auch noch durch Theilung vermehrt. Man hat wiederholentlich für und gegen die letztere Anschauung plaidirt. Dass im wachsenden Rückenmark Ganglienzellen mit zwei Kernkörperchen gefunden werden, ist ein ganz sicherer, wenn auch nicht übermässig häufiger Fund. Derselbe verliert jedoch an Wichtigkeit, wenn man berücksichtigt, dass Nervenzellen mit eingeschnürtem oder getheiltem Zellkern während der ganzen Untersuchungsreihe niemals gesehen wurden. Und auch nur ein einziges Mal ist unter den Hunderten von Präparaten, welche angefertigt wurden, eine directe Anastomose zwischen zwei Nervenzellen angetroffen worden, die man früher von einigen Seiten als für die Zellentheilung sprechend angesehen hat (vergl. Fig. 14). Demnach würde eine Vermehrung der Nervenzellen durch Theilung als sehr unwahrscheinlich bezeichnet werden müssen.

Die Nervenzellen bleiben bis zur Geburt hin frei von Pigment, welches man um so häufiger bei kranken Früchten trifft. Im letzteren Falle ist es jedoch meistens nicht in Form gelber Körnchen an einem Pole der Nervenzelle angesammelt, sondern hat sich diffus über dieselbe verbreitet und besitzt auch mehr das Aussehen des frischen Blutfarbstoffes.

b) Die Entwicklung der Nervenfasern im Rückenmark.

Es ist im Vorhergehenden gezeigt worden, dass ein Theil der Nervenfasern der grauen Rückenmarkssubstanz als directe Ausläufer und Fortsätze der Ganglienzellen anzusehen sind. Die Nervenfasern, deren Bildung in diesem Abschnitt besprochen werden soll, ist die Faser der weissen Rückenmarkssubstanz.

Es sind über diesen Gegenstand mehrere Ansichten laut geworden, und es haben dieselben bei ein und demselben Forscher vielfach geschwankt. Valentin und Remak lehrten in den früher citirten Abhandlungen, dass die Nervenfasern der Centralorgane des Nervensystemes sich aus den embryonalen Bildungszellen aufbauen, wobei die letzteren selbst in der Nervensubstanz völlig aufgehen sollten. Hierbei geben sie an, dass sich die freien Kerne etwas verlängerten, ihre Zellmembran sollte zu Röhren verschmelzen, und es sollte während des Verschwindens der Kerne die dunkle Markscheide und der blasser Axencylinder entstehen. Man hielt hierbei denselben Entwicklungstypus fest, wie er vordem von Valentin ¹⁾ und Remak ²⁾ selbst, dann von Schwann ³⁾ und Rosenthal ⁴⁾ für die peripheren Nerven aufgestellt worden war. In neuester Zeit hat sich Boll theilweise dieser Ansicht angeschlossen. Bei Bebrütungsversuchen des Hühnchens fand er schmale, längliche Kerne, die mit einer auffälligen Schnelligkeit in feine, junge Nervenfasern auswuchsen. Diese Metamorphose ging zwischen dem vierten bis sechsten Tage vor sich. Während man am vierten Tage nur längliche Kerne sah, fand man am sechsten Tage ausschliesslich feine

¹⁾ Valentin, Handbuch d. Entwicklungsgeschichte. Berlin 1835.

²⁾ Remak, Vorläufige Mittheilung mikroskopischer Beobachtungen über den inneren Bau der Cerebrospinalnerven und über Entwicklung ihrer Formelemente. Müller's Archiv. 1836.

³⁾ Schwann, Mikroskopische Untersuchungen. Berlin 1839.

⁴⁾ Rosenthal, De formatione granulosa etc. Vratislaviae 1839.

Nervenfasern vor, welche bereits so gleichmässig ausgebildet wären, dass man kaum ihren Ursprung aus Kernen hätte vermuthen sollen. Es ist nicht wunderbar, dass Boll bei dieser überraschenden Schnelligkeit in der Entwicklung einzelne Fragen unentschieden lassen musste. So war er nicht im Stande anzugeben, ob die Kerne gleich von Beginn an in der länglichen Form angelegt werden oder sich aus runden Bildungszellen entwickelt hätten. Auch liess er es zweifelhaft, ob sich die einzelne Faser durch Auswachsen eines einzigen Kernes oder durch Verbindung mehrerer Kerne herausbilde. Was jedoch für uns sehr wichtig sein wird, so deutet er an, dass es ihm nicht als sicher bewiesen erscheine, dass die Kerne völlig in der Nervenfasermasse aufgehen, obschon es ihm nicht gelang, ihr endliches Schicksal zu erfahren.

Bidder und Kupffer¹⁾ haben dieser Lehre gegenüber die Anschauung vertreten, dass die Nervenfasern der weissen Rückenmarksstränge als directe Ausläufer und Fortsätze der jungen Ganglienzellen anzusehen seien, und dass eine Bildung derselben aus Kernen nicht stattfinde. Es hat diese Ansicht vom theoretischen Standpunkte aus betrachtet sehr viel Verlockendes, und man würde die Nervenfaser als ein Ganzes und Zusammenhängendes von ihrem centralen Ursprung bis an ihr peripheres Ende aufzufassen haben. Wenn man jedoch das Missverhältniss zwischen Ganglienzellen- und Nervenfaserentwicklung berücksichtigt, so wird man sich einiger grosser Bedenken nicht erwehren können. Im fünften Foetalmonat findet man beim Menschen, wie das früher erwähnt wurde, noch keine Ganglienzelle mit Fortsätzen in den Cornua posteriora vor, und trotzdem haben die hinteren Rückenmarksstränge einen hohen Grad der Entwicklung erreicht.

Auch Kölliker²⁾, welcher sich zuerst zu der Valentin'schen Lehre bekannte, ist späterhin zu der anderen Partei übergetreten, und für die peripheren Nerven hat Hensen³⁾ nachzuweisen gesucht, dass sich ihre Entstehung aus Kernen im Schwanze der

¹⁾ Bidder u. Kupffer, Untersuchungen über die Textur des Rückenmarkes und die Entwicklung seiner Formelemente. Leipzig 1857.

²⁾ Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Aufl. V. Leipzig 1867.

³⁾ Hensen, Ueb. d. Entwicklung d. Gewebes u. d. Nerven im Schwanze d. Froschlarve. Dieses Archiv Bd. XXXI. 1864.

Froschlarve nicht erkennen lasse. Uebrigens ist auch Remak späterhin seiner früheren Ansicht untreu geworden.

* Besser und mit ihm Arndt haben einen dritten Modus der Entwicklung behauptet. Sie geben an, dass feine Reiser, welche von den Kernen ausgingen, in die Länge auswüchsen, und indem sie sich vom Kern emancipirten, in Nervenfasern umwandelten.

Die Resultate, welche die vorliegenden Untersuchungen ergeben haben, gestalten sich folgendermaassen:

Am Ende des dritten Monates findet man die graue Substanz des Rückenmarkes ringsum von den weissen Rückenmarkssträngen umgeben. Untersuchungen aus der vorhergehenden Zeit haben, wie das schon vor längerer Zeit von verschiedenen Forschern übereinstimmend gefunden worden ist, gelehrt, dass die Rückenmarksstränge, welche sich viel später entwickeln als die graue Substanz, ursprünglich nur als vordere und hintere zu beiden Seiten des späteren Sulcus longitudinalis anterior und posterior angelegt sind, während die Seitentheile der grauen Substanz anfänglich noch unbedeckt bleiben. Es werden die letzteren späterhin dadurch geschützt, dass sich die Vorderstränge seitlich und nach hinten ausbreiten, so dass man die späteren Seitenstränge als gewisse und zwar als zuletzt ausgebildete Abtheilungen der Vorderstränge aufzufassen hätte. Aus den Untersuchungen Kölliker's ¹⁾ ergibt sich, dass mit dem Anfang des dritten Monates die Vorderstränge soweit um das Rückenmark beim Menschen herumgewachsen sind, dass sie zu dieser Zeit gerade die hinteren Wurzeln erreichen.

Schon die makroskopische Beobachtung allein dürfte genügen, um vermuthen zu lassen, dass dasjenige, was man am Ende des dritten Monates als weisse Substanz vor sich hat, morphologisch und chemisch völlig verschieden von dem ist, was späterhin mit diesem Namen belegt wird. Die Rückenmarksstränge gewähren in dieser Zeit nicht das Aussehen, welches man kurzweg als markweiss zu bezeichnen pflegt, sondern sind bläulich durchscheinend, transparent, fast gelatinös. Von der grauen Substanz heben sie sich dadurch leicht ab, dass die erstere in Folge ihres grossen Gefäss-

¹⁾ Kölliker, Entwicklungsgeschichte d. Menschen und d. höheren Thiere. Leipzig 1861.

reichthums und der Ueberfüllung der Gefässe mit Blut ein rosiges oder roth gesprenkeltes Aussehen gewinnt.

Nach Behandlung mit dünnen Lösungen von Ueberosmiumsäure, welche sich am besten dazu eignen dürfte, auf Uebersichtspräparaten zu schnellen und sicheren Resultaten zu gelangen, erkennt man bei der mikroskopischen Untersuchung sofort, dass die vorhin ausgesprochene Vermuthung keine irrige war. Man findet, wo man auch das Rückenmark untersuchen mag, noch keine einzige Faser vor, welche den charakteristischen, schwarz gefärbten Mantel der Markscheide trägt. Die Rückenmarksstränge sind zwar vorwiegend aus faserigen Bildungen zusammengesetzt, welche durchschnittlich in der Längsaxe des Rückenmarkes verlaufen und nur an bestimmten Stellen von horizontalen oder mehr schrägen Faserzügen geschnitten werden, aber diese Fasern zeigen ein ganz besonderes Aussehen. Wenn man Längsstückchen von der weissen Rückenmarkssubstanz vorsichtig derart auf dem Objectträger ausbreitet, dass dieselben die ganz radiäre Dicke eines vorderen oder hinteren Rückenmarksstranges umfassen und von seiner äussersten Peripherie bis zum Beginn der grauen Substanz reichen, so wird man leicht drei Schichten unterscheiden können, die nicht eine scharfe Grenze zwischen sich halten, aber in einem gewissen genetischen Zusammenhange mit einander stehen. Man könnte dieselben von innen nach aussen gerechnet in Erinnerung an die Bildung des Knochengewebes als Schicht der sich richtenden Zellen, als Uebergangszone und als eigentliche Nervenfaserschicht bezeichnen. Die beiden ersteren Lagen nehmen der letzteren gegenüber einen unverhältnissmässig engen Raum ein, und die innerste geht ohne deutliche (mikroskopische) Grenze ganz allmählich in die graue Rückenmarkssubstanz über. Es ist hierdurch schon angedeutet, einmal dass die Bildung neuer Nervenfasern mit dem dritten Monate noch nicht abgeschlossen ist, und dass ferner die jungen Fasern von innen nach aussen angelegt werden.

Die runden, kernartigen Elemente, die embryonalen Bildungszellen, welche, wie das im Vorhergehenden ausführlich besprochen wurde, den Hauptbestandtheil der grauen Substanz ausmachen, nehmen da, wo der Anfang der Schicht der sich richtenden Zellen zu setzen wäre, eine länglich ausgezogene, elliptische Form an und sind dabei vorwiegend derart gestellt, dass ihr längerer Durchmesser

mit der Längsaxe des Rückenmarkes zusammenfällt. Dabei liegen sie in Längsreihen und fast ganz hart bei einander und werden nur durch einen schmalen Saum der meist feinkörnig erscheinenden Zwischensubstanz von einander getrennt. Je mehr man sich von der grauen Substanz entfernt, um so häufiger stösst man auf Bilder, auf denen die länglichen Kerne von beiden Polen aus feine Fortsätze aussenden (vergl. Fig. 15). Diese Fortsätze wachsen mehr und mehr aus und treten mit anderen, die ihnen von unten und oben aus entgegengewachsen sind, in Verbindung (vergl. Fig. 16). Mit diesem Moment haben wir die ideale Grenze der zweiten Schicht, der Uebergangszone, betreten.

Es ist dieselbe charakterisirt durch das Vorkommen faserartiger Bildungen, welche in annähernd regelmässigen Abständen spindelförmige Auftreibungen zeigen, welche letzteren durch kernartige Elemente bedingt werden. Die Interstitien, welche die Kerne zwischen sich lassen, sind um so grösser, je mehr man nach aussen geht und gleichzeitig werden dabei ihre faserigen Verbindungsstücke nur ein Erhebliches schmaler (vergl. Fig. 17). Es scheint demnach das Wachsthum der kernhaltigen Fasern in der Weise vor sich zu gehen, dass die Kerne, welche sich an ihrer Entstehung theiligten, weiter und weiter auseinander treten und die anfangs solideren und dickeren Schaltstücke gleichzeitig mit ihnen dünner und in die Länge ausgezogen werden.

An der peripheren Grenze dieser Zone werden die Zwischenräume zwischen den Kernen so bedeutend, dass man die Fasern auf sehr weite Strecken isoliren muss, ehe man auf eine kernartige Unterbrechung stösst. Bemerkenswerth ist es, dass die Fasern in diesem Stadium eine auffällige Consistenz und Starrheit besitzen, so dass sie ganz gleichmässig fortlaufen und an keiner Stelle Neigung zur Bildung von Varicositäten zeigen. Man würde es bei der Betrachtung derartiger Präparate auf den ersten Blick kaum annehmen mögen, dass die Fasern aus Kernen hervorgegangen wären, wenn man nicht an einzelnen Stellen auf die Kerne selbst stossen würde.

Da wo diese Zone die eigentliche Schicht der Nervenfasern berührt, zeigen die Kerne den Fasern gegenüber ein eigenthümliches Verhalten. Während sie früher den Verlauf der Fasern deutlich unterbrechen, läuft ihnen dieselbe nunmehr continuirlich vorbei, so dass sie den

Fasern gewissermaassen seitlich aufgeklebt sind (vergl. Fig. 18). Auf Präparaten, welche durch Chromsalze oder durch Ueberosmiumsäure schwach erhärtet sind, bemerkt man häufig, dass bei leisem Druck auf das Deckgläschen der Kern von der Faser losspringt, so dass der Zusammenhang mit derselben sehr locker zu sein scheint.

In der dritten und periphersten Schicht der (bis zu einem gewissen Grade) ausgebildeten Nervenfasern hat sich der Kern von der Faser völlig getrennt, die Faser selbst ist kernfrei geworden. Aber es ist hiermit gleichzeitig eine andere eigenthümliche Veränderung eingetreten, welche den Beginn der Markscheidenbildung darstellt. Während man aus den früheren Schichten die kernhaltige Faser auf Osmiumpräparaten nackt und frei herauspräpariren konnte, bleibt ihnen hier jeder Zeit eine krümliche, körnige Masse anhaften, welche die Faser ringsum umgiebt und sie von benachbarten Fasern trennt (vergl. Fig. 19). Die Zwischensubstanz, in welcher die Fasern eingebettet lagen, gruppirt sich theilweise um jede einzelne Faser und tritt zu ihr in eine innige Verbindung. Mit diesem Entwicklungsstadium schliesst der dritte Foetalmoment ab.

Erst mit dem vierten Monat gewinnt die Markscheide ihr charakteristisches Aussehen und bekleidet eine Anzahl von Fasern als ein gleichmässiger, durch Ueberosmium tief schwarz gefärbter Mantel. Schon bei der makroskopischen Betrachtung des Rückenmarkes kann man sich von diesem Vorgang überzeugen. Es treten zu dieser Zeit ganz schmale, markweisse Streifen zu beiden Seiten der vorderen und hinteren Medianfurche auf, welche sich über die ganze Länge des Rückenmarkes hinziehen. Auf Querschnitten erkennt man genauer, dass die Vorderstränge bis etwa an die austretenden Vorderwurzeln und die ganzen Hinterstränge mit Ausnahme der Theile, welche der hinteren Längsfurche zunächst gelegen sind und späterhin als Goll'sche Keilstränge bezeichnet werden, ihr hyalines Aussehen verloren und in ein markweisses umgewandelt haben. Das Rückenmark gleicht demnach, wenn man für einen Augenblick die Zeit vergessen will, einem solchen, dessen Seitenstränge vollständig und dessen Hinterstränge theilweise degenerirt sind, wie es die Zeichnung schematisch wiederzugeben versucht. Gleichzeitig nimmt man ohne Schwierigkeit wahr, dass die Markscheidenbildung in den hinteren Strängen am weitesten vorgeschritten ist,



und es zeigt sich, dass diese Stränge auch in den kommenden Monaten den Vorzug behalten.

Während die Umwandlung der marklosen Fasern in markhaltige in den Funiculi anteriores und posteriores verhältnissmässig schnell vor sich geht und mit dem sechsten Monat fast als abgeschlossen gelten kann, kommt sie in den Seitensträngen jeder Zeit mit einer auffälligen Langsamkeit zu Stande. Sie beginnt hier im fünften Monate von vorn nach hinten, also in derselben Anordnung, in welcher sich die Seitenstränge entwickelten, ist jedoch in den hintersten Partien selbst am Ende des zehnten Monats noch nicht abgeschlossen. Es hat Flechsig¹⁾ zuerst auf diesen letzteren Punkt aufmerksam gemacht, von dessen Richtigkeit man sich mit Leichtigkeit überzeugen kann. An dem Rückenmark von Neugeborenen sieht man mit dem unbewaffneten Auge an der vorderen Seite des Sulcus lateralis posterior, also offenbar den hintersten Abschnitten der Seitenstränge angehörig einen grauen, transparenten Streifen längs des ganzen Rückenmarkes herabziehen, der die Breite eines Millimeters und noch darüber erreichen kann. Bei der mikroskopischen Untersuchung nimmt man wahr, dass hier noch eine Bildung markhaltiger Fasern stattfindet.

Die Goll'schen Keilstränge, welche, wie vordem erwähnt wurde, im vierten Monat noch grau und hyalin sind, färben sich erst im fünften Entwicklungsmonate markweiss. Es steht diese Angabe mit den Untersuchungen von Flechsig²⁾ im Widerspruch, nach welcher sich die Fasern der Keilstränge zwar auch im fünften Monat, aber am frühesten unter allen Theilen des Rückenmarkes mit einer Markscheide umgeben sollen. Ich habe gerade aus diesem Monate sechs gesunde Früchte untersuchen können und bin jedes Mal zu dem abweichenden Resultat gekommen. Da die Entscheidung der Frage keine schwierige ist und fast mit dem unbewaffneten Auge allein ausgeführt werden kann, da ferner mehrfach die Erfahrung gemacht wurde, dass unter dem Einfluss krankhafter Störungen die Entwicklung des Rückenmarkes leidet und sogar atypisch werden

¹⁾ Flechsig, Ueber einige Beziehungen zwischen secundären Degenerationen und Entwicklungsvorgängen im menschlichen Rückenmark (Arch. d. Heilkunde 1874).

²⁾ Flechsig, Ueb. d. Entwicklung d. Markmasse im centralen Nervensystem. Tagbl. d. 45. Versamml. deutsch. Naturforscher u. Aerzte in Leipzig 1872.

kann, so liegt die Vermuthung nahe, dass Flechsig in dem einzigen Fall, auf welchen er sich bezieht, anormale Verhältnisse vor sich gehabt habe.

Da es vornehmlich im Plane dieser Untersuchung liegt, gewisse Principien der Entwicklung festzustellen, so muss ich es mir leider versagen, an dieser Stelle genauer auf das Detail der Markscheidenbildung einzugehen, und werde seiner Zeit bei einer anderen Gelegenheit auf dieses Thema zurückkommen. Dass man von dem Studium desselben sowohl für die Histologie als auch für die Physiologie und Pathologie erspriessliche Resultate erwarten darf, haben die sehr schätzenswerthen Mittheilungen von Flechsig ¹⁾ bewiesen, und darf man der ausführlicheren Publication der Untersuchungen dieses Autors mit grossem Interesse entgegensehen.

Die mikroskopischen Bilder, welche die Entwicklung der Markscheide an der einzelnen Nervenfaser begleiten, lassen sich sehr viel leichter schildern, als in ihrem Ursprung und Zusammenhang verstehen. Es ist im Früheren erwähnt worden, dass jede Faser bei ihrer Entstehung aus spindelförmigen Zellen durch eine schmale Zone von Zwischensubstanz von benachbarten Fasern getrennt wird. Diese Zwischensubstanz, welche anfänglich in keiner näheren Verbindung zur Faser steht, tritt späterhin zu ihr in einem sehr innigen Zusammenhang. Hierbei ändert sie in unmittelbarer Nähe jeder Faser ihr fast homogenes, fein punctirtes Aussehen in ein grobkörniges um, wobei dann die einzelnen Granula ein glänzendes, fettiges Aussehen gewinnen. Man würde demnach sagen können, dass die Bildung der Markscheiden durch eine Verfettung der interfibrillären Substanz eingeleitet wird. Diese Fetttröpfchen scheinen späterhin mit einander zusammenzufließen und bilden dann um jede Faser den homogenen, ununterbrochenen, isolirenden Mantel der Markscheide. Es wird späterhin noch ausführlicher gezeigt werden, dass der Verfettung der Zwischensubstanz das Auftreten von Fettkörnchenzellen vorausgeht, welche von anderen Orten des Körpers her die Fettsubstanz in das Rückenmark hineinzubringen scheinen. An den jüngsten Fasern erscheint der Markmantel bei Osmiumbehandlung als ein schmaler, grauer Saum und erst späterhin nimmt er

¹⁾ Flechsig, Ueber Varietäten im Bau d. menschl. Rückenmarkes. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874. No. 36.

an Dicke zu und stellt sich als tiefe schwarze, doppelte Contour dar (vgl. Fig. 20).

Die Kerne, welche ursprünglich zur Bildung der Nervenfasern zusammentreten, sich aber späterhin von ihr ablösen und frei neben ihr zu liegen kommen, geben, wenn man anatomischen Bildern trauen darf, die Veranlassung, dass sich die feinkörnige Zwischensubstanz, welche sich zwischen zwei Fasern befindet, in der Verlängerung der Pole der Kerne rings um jede Faser abscheidet und ihr nach vorhergegangener chemischer Umwandlung als Markmantel angehört. Die Kerne selbst wandeln sich dabei in eigenthümliche, dem Bindegewebe zuzurechnende Gebilde um, deren Besprechung im nächstfolgenden Abschnitt gegeben werden soll.

Während der Markscheidenbildung müssen offenbar auch mit dem Axencylinder gewisse chemische Veränderungen vor sich gehen. Es wurde im Vorhergehenden hervorgehoben, dass derselbe, so lange er nackt ist, eine auffällige Starrheit besitzt und niemals eine Neigung zur Bildung von Varicositäten verräth. Mit demselben Augenblick, in welchem ihn der Markmantel umhüllt, ändert sich sein Verhalten, und man sieht jetzt zahlreiche spindelförmige Auftreibungen an ihm auftreten, deren Bildung erst dann wieder etwas abnimmt, wenn die einzelnen Componenten, welche die Faser zusammensetzen, einen gewissen Grad der Ausbildung und Dicke erreicht haben. Die ursprüngliche Substanz des Axencylinders geht mit der Bildung der Markscheide eine Verflüssigung ein.

Fassen wir das Princip der Nervenfaserbildung in wenigen Worten zusammen, so hat sich ergeben, dass die Bildung des Axencylinders durch embryonale Bildungszellen eingeleitet wird, sich aber dann unabhängig von ihnen in der Art vollendet, dass die Bildungskerne wieder frei werden, und dass die Markscheide der Nervenfasern aus einer Umwandlung der Zwischensubstanz hervorgeht, in welcher auch die embryonalen Kerne ursprünglich eingebettet waren.

Nicht ungerechtfertigt dürfte es erscheinen, wenn an dieser Stelle eine kurze Abschweifung auf das Gebiet der Pathologie unternommen wird. In Bezug auf die Regeneration peripherer Nerven stehen sich, wie bekannt, zwei Ansichten gegenüber. Die älteste von ihnen, welche der Zahl nach die meisten Anhänger zählt, lässt die regenerirten Fasern durch Auswachsen und Zusammenwachsen spindelförmiger Kerne entstehen. Dem gegenüber ist zuerst durch

Remak ¹⁾ kurz erwähnt, dann namentlich von Neumann ²⁾ ausführlich gezeigt und durch mich ³⁾ und Ranvier ⁴⁾ bestätigt worden, dass die regenerirten Fasern nichts mit den Kernen, welche bei diesen Vorgängen auftreten, zu thun haben, sondern als directe Verlängerungen und Auswüchse der restirenden Fasern zu betrachten seien. Auch für die spärlichen regenerirten Fasern, welche nach Rückenmarksdurchschneidungen auftreten, haben Naunyn und ich ⁵⁾ behaupten müssen, dass sie nicht dem Entwicklungsmodus unterliegen, welchen die zuerst erwähnte Anschauung vertritt. Mit einem gewissen Schein von Recht hat man zu wiederholten Malen deduciren wollen, dass, wenn die Nervenröhren ursprünglich aus Kernen entstehen, es auch am wahrscheinlichsten sei, dass sie sich bei regenerativen Prozessen aus diesen herausbildeten, zumal, wie das von beiden Parteien übereinstimmend angegeben ist, kurz vor der Regeneration zahlreiche Kerne auftreten. Abgesehen davon, dass die mikroskopischen Bilder, die ich jeder Zeit an meinen Osmiumpräparaten zu demonstrieren bereit bin, durchaus nicht zu Gunsten dieser Lehre sprechen, so würde dieselbe einen wesentlichen Halt noch dadurch verlieren, wenn es sich ergeben sollte, dass sich die Kerne in einer ganz anderen Weise an der Entwicklung der Nervenröhren betheiligen, als man es bisher, wenn man überhaupt der „Kerntheorie“ huldigte, geglaubt hat. Man würde in diesem Falle, was man früher gerade vermieden zu haben gemeint hat, für die Regeneration einen eigenartigen Entwicklungstypus annehmen müssen. Demnach dürften auch aus theoretischen Gründen, worauf Billroth ⁶⁾ neuerdings gleichfalls aufmerksam gemacht hat, die neueren Beobachtungen über die Regeneration peripherer und centraler Nerven den Vorzug verdienen.

¹⁾ Remak, Ueb. d. Wiedererzeugung v. Nervenfasern. Dieses Archiv. Bd. XXIII. 1863.

²⁾ Neumann, Degeneration und Regeneration nach Nervendurchschneidung. Archiv f. Heilkunde. 1868.

³⁾ Eichhorst, Ueber Nervendegeneration u. Nervenregeneration. Dieses Archiv. Bd. LIX.

⁴⁾ Ranvier, De la régénération des nerfs sectionnés. Compt. rend. 76.

⁵⁾ Eichhorst u. Naunyn, Ueb. d. Regeneration u. Veränderungen im Rückenmark etc. Arch. f. experiment. Path. Bd. II. 1874.

⁶⁾ Billroth, Die allgemeine chirurg. Path. u. Therapie. Aufl. VI. 1875.

Wir hätten noch die Frage zu berühren, ob die Entstehungsweise der Nervenfasern in der weissen Rückenmarkssubstanz, wie sie im Vorhergehenden geschildert wurde die einzige sei, oder ob nicht vielleicht ein Theil der Fasern in der That als directe Ausläufer der Ganglienzellen aufzufassen wären. Es liegt diese Ueberlegung gerade heutzutage um so näher, als man durch Gerlach die Beobachtung kennen gelernt hat, dass ein Theil der Fasern in den Rückenmarkssträngen als Axencylinderfortsätze anzusehen sind, während ein anderer in jenes feine Nervenfasernetz der grauen Substanz einmündet, welches die verästelten Fortsätze der Nervenzellen bilden. Vielleicht würden die Nervenfasern, an deren Bildung sich die Kerne betheiligen, zu der letzten Gruppe zu rechnen sein.

Wer die Schwierigkeiten der Untersuchung kennen gelernt hat, wird es zu entschuldigen wissen, wenn ich mich bei Besprechung dieses Gegenstandes weniger auf Beobachtungen als auf Raisonnements stützen muss. In dieser Beziehung ist es zu betonen, dass keine Gründe vorhanden sind, welche zu der obigen Annahme zwingen oder ihr wenigstens einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit verleihen könnten. Die Nervenfasern sind zu einer Zeit, in welcher in den Rückenmarkssträngen noch keine grosse Zahl von Axencylinderfortsätzen der Nervenzellen verlaufen können, bereits an Masse so zahlreich und dabei in ihren Dickendimensionen so fein angelegt, dass man die spätere Massenzunahme des Rückenmarkes allein aus der Dickenzunahme der einzelnen Faser erklären könnte. Ja! es würde sogar in Berücksichtigung dieses Punktes die Annahme etwas Auffälliges haben, dass, wie es doch jedenfalls sein müsste, sehr viele Fasern direct aus den Nervenzellen der grauen Substanz in die weisse hineinwachsen sollten. Man würde demnach, falls man diese Vermuthung fallen lässt, anzunehmen haben, dass späterhin die Axencylinderfortsätze der Nervenzellen in einer noch unbekannten Weise mit den Nervenfasern in Verbindung treten und mit ihnen verschmelzen, die ursprünglich von ihnen gesondert angelegt wurden und zur Entwicklung kamen.

II. Die Entwicklung der Binde substanz des Rückenmarkes.

a) Die Entwicklung der Blut- und Lymphgefässe.

Die Betrachtung über die Entwicklung der Binde substanz des Rückenmarkes beginnt vielleicht deshalb am zweckmässigsten mit den Blutgefässen, weil die Vascularisation jeder weiteren Entwicklung der Binde substanz vorausgeht und dieselbe bestimmt.

In der Zeit, mit welcher unsere Beobachtungen beginnen, in der zweiten Hälfte des dritten Monats ist bereits die graue Substanz des Rückenmarkes von zahlreichen Gefässen capillären Charakters durchzogen, welche ein sehr enges und vielfach mit einander anastomosirendes Maschennetz bilden und, wie das aus der Todesursache der Objecte der Untersuchung leicht verständlich wird, mit Blut überladen sind, so dass man bei dieser natürlichen Selbst-injection völlig der Mühe überhoben wird, die Gefässe mit gefärbten Massen künstlich zu erfüllen. Die weisse Substanz zeichnet sich dem gegenüber nicht allein durch Anämie aus, sondern es zeigt sich bei genauerer Beobachtung, dass auch die Zahl der Gefässe im Vergleich zu der reichen Capillarverästelung innerhalb der Substantia grisea in einem schreienden Missverhältniss steht. Abgesehen von den beiden grösseren Gefässen, welche in dem vorderen und hinteren Sulcus longitudinalis ihren Weg zur grauen Substanz nehmen, dringen in weiten Abständen aus einander und auf geradem Wege wie die Radien eines Kreises sehr spärliche, feine, leicht zu übersehende Gefässe von der Pia durch die weisse Substanz zur grauen hin, ohne dass sie in ersterer Seitenzweige abgeben. Man würde geneigt sein, das ganze capilläre Gefässgebiet der grauen Substanz zu dieser Zeit als den beiden oben erwähnten Hauptgefässen angehörig zu betrachten.

In dieser Auffassung wird man noch bestärkt, wenn man die Durchmesser der Capillaren mit denen der Gefässe in der weissen Substanz vergleicht. Während die ersteren ein Lumen zeigen, wie man es kaum grösser an dem ausgewachsenen Rückenmark zu beobachten pflegt, sind die letzteren so eng, dass sie knapp dazu ausreichen können, den farbigen Blutkörperchen den Durchgang zu gestatten. Ausserdem zeigen sie sämmtlich einen ausgesprochenen

embryonalen Charakter, wie wenn ihre Anlage soeben erst bis zu einem gewissen Abschluss gekommen wäre. Es ist klar, dass durch diese Gefässvertheilung die Ernährungsverhältnisse der grauen Substanz überaus günstig sein müssen, da das Strombett des Blutes plötzlich sehr breit und die Geschwindigkeit des Stromes eine sehr langsame wird.

Eine Bildung von Blutgefässen findet sowohl in der weissen als auch in der grauen Substanz während der ganzen Entwicklungszeit statt. In der weissen Substanz geht die lebhafteste Gefässentwicklung während des vierten Monats vor sich, also zu der Zeit, in welcher die Markscheidenbildung beginnt. Gegen das Ende dieses Monats werden die Rückenmarksstränge durch die Gefässe in eine Reihe schmaler Segmente getheilt, die mit dem folgenden Monat durch Seitensprossen der Blutgefässe in kleinere Unterabtheilungen zerfallen. Mit dem Anfange des sechsten Monats hat die weisse Rückenmarkssubstanz das bekannte gefelderte, gefächerte Aussehen erreicht, welches zwar späterhin in noch kleinere Abtheilungen zerfällt, ihr aber schon jetzt einige Aehnlichkeit mit dem Aussehen der Rückenmarksstränge des erwachsenen Markes verleiht.

Was die graue Substanz betrifft, so lässt es sich kaum behaupten, dass gerade in einem bestimmten Monat die Gefässneubildung in ihr eine besonders lebhafte ist. Dieselbe hält im Durchschnitt mit der Massenzunahme der grauen Substanz gleichen Schritt, und so kommt es, dass die Maschen des Gefässnetzes jeder Zeit annähernd dieselben Dimensionen behalten. Man erkennt leicht, dass die *Cornua anteriora* sehr viel blutreicher sind als die hinteren Hörner, und dass dort die Netze besonders eng da werden, wo die Gruppen von Ganglienzellen liegen, so dass hier jede einzelne Nervenzelle von einer feinen Gefässmasche umstrickt wird. Besonders auffällig erscheint zu jeder Zeit die grosse Gefässarmuth der *Substantia gelatinosa*.

Der Modus der Gefässneubildung ist überall im Rückenmark derselbe und ist genau derselbe, wie man ihn auch in anderen Organen antrifft. Handelt es sich um die Anlage grösserer Gefässe, so sieht man längliche, elliptische Kerne sich zu mehreren neben und über einander legen und sich in Längsbündel reihen. Hierbei betheiligen sich offenbar Kerne, die — aus allmählichen Uebergängen zu schliessen — ursprünglich Bildungszellen waren (vgl. Fig. 21).

Die Anastomosen, welche sich zwischen den Gefässen ausbilden, erfolgen meistens in der Weise, dass ein Gefäss einen scheinbar soliden Seitenfortsatz treibt, dem ein ähnlicher von einem nahe gelegenen Gefäss entgegenwächst. Diese Fortsätze, denen häufig noch Kerne aufliegen, verbinden sich mit einander, werden ausgehöhlt und stellen dann die Verbindung zwischen den beiden Muttergefässen her (vgl. Fig. 22).

Durch die schönen Beobachtungen Virchow's ¹⁾ hat man die Thatsache kennen gelernt, dass die Gefässe des Hirns und Rückenmarkes durch einen ganz eigenthümlichen Bau gekennzeichnet sind. Man weiss, dass die Gefässe des Centralnervensystems von einer ohne weitere Hülfsmittel homogen erscheinenden und mit zerstreuten Kernen besetzten Scheide umhüllt sind, welche zwischen sich und der eigentlichen Gefässwand einen freien Raum lässt, der nicht selten mit Lymphkörperchen, mit Fett und Pigmentpartikelchen erfüllt ist und ziemlich allgemein als Lymphweg angesehen wird. Es wird diese Lymphbahn, weil sie späterhin Robin ²⁾ ausführlich beschrieb, als Virchow-Robin'sche oder, wie sie neuerdings Boll sehr treffend genannt hat, als adventitielle Lymphscheide bezeichnet.

Am Ende des dritten Monats trifft man diese Lymphscheide nur an den beiden Hauptgefässen an, welche in den beiden medianen Längsfurchen des Rückenmarkes liegen. Man kann sie hier ohne grosse Mühe als einen schlotternden, kernreichen Sack auch an gehärteten und tingirten Präparaten erkennen. Sie hört ziemlich plötzlich auf, sobald diese Gefässe die graue Rückenmarkssubstanz betreten haben. Im folgenden, im vierten Monat taucht sie an jenen beiden grossen, venösen Gefässen auf, welche zu den Seiten des Centralkanals liegen, und von jetzt an geht die weitere Entwicklung in der Weise vor sich, dass die Scheiden von den Venen und von den Arterien her anfangs nur längs der nächstliegenden Capillaren, aber nur in der grauen Substanz fortkriechen, sich einander entgegenwachsen und mit einander verschmelzen. Der fünfte Monat der Entwicklung bildet denjenigen Zeitpunkt, in welchen die Lymphscheidenbildung um die Gefässe der grauen

¹⁾ Virchow, Ueb. d. Erweiterung kleiner Gefässe. Dieses Archiv. Bd. III. 1859.

²⁾ Robin, Second le système capillaire sanguin. 1853. Compt. rend. 1855. p. 142. Recherches sur quelques particularités de la structure des capillaires de l'encephale. Journ. de la phys. de l'homme et des animaux. 1859. T. II.

Rückenmarkssubstanz am lebhaftesten vor sich geht, und etwa mit der zweiten Hälfte dieses Monates entsteht ein Zustand, in welchem fast sämtliche Gefässe der Substantia grisea, jedenfalls stets die grösseren eine weite Lymphscheide besitzen, während dieselbe den Gefässen der weissen Rückenmarkssubstanz noch gänzlich abgeht.

Hier beginnt die Lymphscheidenbildung kaum vor dem Ende des fünften Monates. Sie tritt zuerst an den Gefässen grössten Kalibers auf und erfolgt am allerspätsten (etwa am Ende des sechsten Monats) an denjenigen Blutwegen, welche von dem im Sulcus longitudinalis anterior verlaufenden Hauptarterienstamm unter rechtem Winkel direct in die vorderen weissen Rückenmarksstränge von der Seite her eindringen.

Die Art und Weise, in welcher sich die Lymphscheiden entwickeln, besteht darin, dass sich an die nackte Gefässwand Rundzellen anlegen, welche späterhin länglich elliptisch auswachsen und an beiden Enden längere Fortsätze aussenden. Die letzteren verwachsen zunächst an ihren äussersten Enden mit der Gefässwand und kriechen längs dieser so lange fort, bis sie mit ähnlichen Fortsätzen zusammenstossen und mit diesen verschmelzen (vgl. Fig. 23). Diese Entwicklungsweise erklärt zwei Momente, welche für den ersten Augenblick etwas auffällig erscheinen.

Wenn man bis zum Anfang des achten Monats hin sich die Lymphscheide dadurch zur Anschauung zu bringen sucht, dass man kleinere Rückenmarksstückchen mit gesättigten Oxalsäurelösungen behandelt, so hebt sich die Scheide nicht überall gleichmässig von der Gefässwand ab, sondern man stösst in gewissen Abständen, deren Mitte meist von einem Kern eingenommen wird, auf Stellen, an denen die Scheide der Gefässwand fest adhärirt. Es folgt also hieraus, dass bis in eine späte Zeit hinein die Lymphwege, wenn auch zum grössten Theil angelegt, doch noch nicht sämmtlich durchgängig sind. Gleichzeitig erklärt sich aus diesem Umstand eine zweite bemerkenswerthe Erscheinung.

Man hätte a priori annehmen sollen, dass bei der Todesart, unter welcher die Früchte zu Grunde gingen, bei der venösen Hyperämie des Markes, bei den reichlichen lymphatischen Flüssigkeitsmengen, welche die meningealen Räume und den Centralkanal erfüllen, auch innerhalb der Lymphscheiden reicher Inhalt hätte angetroffen werden müssen. Dieser Voraussetzung entspricht jedoch

die Wirklichkeit ganz und gar nicht. Die Lymphscheiden der kleinen Gefässe bleiben während der ganzen Entwicklungszeit leer, und was die grösseren betrifft, so besinne ich mich nicht jemals vor dem achten Monat auf Lymphkörperchen, auf Fett- oder Pigmenttheilchen in ihnen gestossen zu sein. Wenn man nun berücksichtigt, dass der Centralkanal während der ganzen Entwicklungszeit auffällig weit ist, stets permeabel bleibt und von einer beträchtlichen Menge leicht gerinnbarer Flüssigkeit erfüllt ist, so wird man nothwendig zu der Annahme gedrängt, dass der Centralkanal während des Fötallebens für das spätere Lymphgefässsystem vicariirend eintrete und functionire, ein Punkt, auf welchen in einem späteren Abschnitt genauer eingegangen werden soll.

Es ist früher erwähnt worden, dass eine Bildung von Blutgefässen während der ganzen Entwicklungszeit zu beobachten ist. Hierbei kann man sich deutlich davon überzeugen, dass die Sprossen, welche seitlich aus den Gefässen wachsen, von der eigentlichen Gefässwand ausgehen. Sind die Gefässe etwa schon mit Lymphscheiden umgeben, so erscheint hier die Scheide wie unterbrochen oder, genauer ausgedrückt, sie erscheint mit dem Fortsatz an seiner Ursprungsstelle verwachsen und zieht sich wohl auch mitunter eine kleine Anfangsstrecke über ihn fort. Mit dem achten Monat jedoch (selten schon etwas früher) beginnt auch die Lymphscheide selbst, namentlich an den kleineren Gefässen, unabhängig von der Gefässwand einzelne feine Seitensprossen zu treiben, in welche sich das Gefässlumen niemals fortsetzt, und welche die Lymphbahnen zweier benachbarter Gefässe mit einander in Communication bringen, mithin sich zu wirklichen Lymphgefässanastomosen ausbilden. Diese Anastomosen zwischen den adventitiellen Lymphscheiden sind an dem sich entwickelnden Rückenmark nicht schwer zu erkennen. Etwas sorgfältigerer Beobachtung bedarf es beim Rückenmarke des Erwachsenen, und es ist hieraus erklärlich, dass dieselben, wie ich beim Niederschreiben dieser Zeilen aus dem neuesten Heft des Schultze'schen Archivs ersehe, erst in diesem Jahre von Riedel¹⁾ gefunden worden sind. Jedoch muss ich gegen Riedel für das jugendliche Rückenmark wenigstens behaupten, dass in der Wand

¹⁾ Riedel, Die perivascularären Lymphräume im Centralnervensysteme und der Retina. Schultze's Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. IX. Hft. I. 1875.

dieser Anastomosen, wenn auch selten, Kerne liegen können. Man ersieht hieraus, dass das Lymphgefässsystem des Rückenmarkes bereits in einem hohen Grade entwickelt ist, bevor der Lymphstrom in ihm zu circuliren beginnt.

Durch die Beobachtungen von Hiss ¹⁾ ist man neuerdings noch auf einen anderen Raum aufmerksam geworden, den man ausserhalb der adventitiellen Lymphscheide, zwischen ihr und der angrenzenden Rückenmarkssubstanz verlegt und gleichfalls als Lymphraum angesprochen hat. Was seine Bedeutung betrifft, so ist noch in neuester Zeit von Riedel sowohl als auch von Arndt ²⁾ die Ansicht ausgesprochen worden, dass er gewissermaassen complementär bei Ueberfüllung der adventitiellen Lymphwege oder bei einer Unwegsamkeit derselben einzutreten habe. Allein in Betreff seiner Existenz muss ich mich an Golgi ³⁾, Boll, Axel Key und Retzius ⁴⁾ anschliessen, welche dieselbe leugnen und die Darstellung des sogenannten perivascularären Raumes als ein Kunstproduct erklären. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die Rückenmarkssubstanz mit der Gefässwand jeder Zeit in einem sehr innigen Zusammenhange bleibt und ein freier Raum zwischen beiden niemals auftritt. Man kann sich dieselben willkürlich und beliebig gross erzeugen, wenn man die Rückenmarke in zu starke Erhärtnungsflüssigkeiten bringt und die letztere schnell wechselt, wobei um die Gefässe, um die Ganglien und alle zelligen Gebilde der grauen Substanz breite, leere Räume auftreten. Gegen eine etwaige post-embryonale Entwicklung spricht für mich der Umstand, dass ich durch Injectionsversuche am erwachsenen Mark, mit denen ich seit längerer Zeit beschäftigt bin, um den Lymphwegen des Rückenmarkes genauer auf die Spur zu kommen, zu der Aussicht gelangt bin, dass sie auch hier nicht präexistiren, sondern als Kunstproducte anzusehen sind.

¹⁾ Hiss, Ueber ein perivascularäres Kanalsystem in d. nervösen Centralorganen u. dessen Beziehung zum Lymphsystem. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XV.

²⁾ Arndt, Stzb. d. Medic. Vereins in Greifswald. Berl. klin. Wochenschr. No. 16. 1875.

³⁾ Golgi, Contribuzione alla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervosa. Rivista Clinica. 1871.

⁴⁾ Axel Key u. Retzius, Studien in d. Anatomie d. Nervensystems. Schultze's Archiv f. mikroskop. Anatomie. Bd. IX. 1873.

b) Die Entwicklung des Bindegewebes im Rückenmark.

Die modernen Anschauungen über die Structur des Bindegewebes in dem Centralnervensystem fassen sämmtlich auf den Untersuchungen Virchow's ¹⁾, welche mit dem Jahre 1846 beginnen. Das Bindegewebe des Rückenmarkes im Speciellen ist seit dieser Zeit in mehr als einer Beziehung vielfach Gegenstand lebhafter Controverse geworden, und vornehmlich war es seine Zusammensetzung innerhalb der weissen Substanz, welche gerade in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Auch wir wollen die Besprechung mit diesem Theil beginnen.

Man wird es kaum verargen wollen, wenn darauf Verzicht geleistet wird, eine erschöpfende literarische Uebersicht über diesen Gegenstand vorzuschicken. Es ist dieses in der neuesten Zeit wiederholentlich und ausreichend gethan worden, so dass es genügen dürfte, auf die deutschen Arbeiten von Deiters ²⁾, Jastrowitz ³⁾, Boll ⁴⁾ und auf die Nervenlehre von Henle ⁵⁾ hinzuweisen.

Die streitenden Parteien können in zwei grosse Gruppen gebracht werden, je nachdem sie die Neuroglia der weissen Rückenmarkssubstanz nur aus Zellen oder aus Zellen und Intercellularsubstanz bestehen lassen. Die erstere derselben wird durch den Namen Kölliker's ⁶⁾ repräsentirt, nach welchem das Bindegewebe innerhalb der weissen Rückenmarksstränge aus verästelten Zellen aufgebaut wird, deren Fortsätze sich um die einzelne Nervenfasern zu einem dichten Netz- und Flechtwerk verstricken. Die Gegenpartei gruppirt sich in mehrere Unterabtheilungen, je nachdem die Ansichten über die Beschaffenheit der Intercellularsubstanz oder ihrer Zellen von einander differiren.

Die Entwicklungsgeschichte weist darauf hin, dass die Neuroglia aus Zellen- und Intercellularsubstanz besteht. Sie ist wäh-

¹⁾ Virchow, Zeitschr. f. Psychiatrie. 1846.

²⁾ Deiters, Untersuch. üb. Gehirn u. Rückenmark etc. Braunschweig 1865.

³⁾ Jastrowitz, Studien über die Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters. Archiv f. Psychiatrie. Bd. II u. III. 1870—1872.

⁴⁾ Boll, Die Histiologie und Histiogenese d. nervösen Centralorgane. Archiv f. Psychiatrie. Bd. III. 1874.

⁵⁾ Henle, Handb. d. Nervenlehre d. Mensch. Braunschweig 1871.

⁶⁾ Kölliker, Handb. d. Gewebelehre d. Menschen. Aufl. V. Leipzig 1867.

während der ganzen Entwicklungszeit von dem Bindegewebe des erwachsenen Rückenmarkes dadurch ausgezeichnet, dass die Inter-cellularsubstanz verhältnissmässig umfangreich ist, während dieselbe späterhin den zelligen Elementen gegenüber beträchtlich zurücktritt.

Es ist bei der Betrachtung über die Entwicklung der Nerven-faser erwähnt worden, dass die jungen Fasern in einer gewöhnlich feinkörnig erscheinenden Substanz eingebettet sind, welche letztere theilweise verfettet und sich um die Nervenfaser als Markscheide herumlegt. Zwischen je zwei benachbarten Fasern bleibt eine Zone interfibrillärer Molecularsubstanz bestehen und in denselben kommen in weiten Abständen jene Kerne zu liegen, die sich von den ausgebildeten Axencylindern losgelöst haben, ursprünglich aber ihre Genese einleiteten. Aus diesem Grunde sind die freigewordenen, kernartigen Elemente als die ersten Bindegewebszellen anzusehen. Wenn man nun berücksichtigt, dass diese Kerne in sehr weiten Abständen auf einander folgen, so wird es leicht erklärlich, weshalb die weisse Rückenmarkssubstanz am Ende des dritten Foetalmonates im Vergleich zu späteren Zeiten einen sehr auffälligen Mangel an Kernen zeigt. Diese Kerne werden in der späteren Zeit leicht daran erkannt, dass sie eine gewisse Trägheit in ihrer Entwicklung zeigen. Sie senden zwar späterhin einzelne Fortsätze aus (etwa vom Anfange des sechsten Monates an), jedoch sind dieselben jeder Zeit spärlich an Zahl und überschreiten kaum vier derselben, bleiben auffällig kurz und besitzen ein eigenthümlich ungeschicktes, steifes Aussehen.

Diejenigen Bindegewebszellen, welche der Neuroglia das charakteristische Gepräge aufdrücken, sind am Ende des dritten Foetalmonates noch nicht in der weissen Substanz vorhanden und werden erst im folgenden, im vierten Monate in dieselbe hineingetragen. Man nimmt zu dieser Zeit wahr, dass runde Kerne in Form der embryonalen Bildungszellen oder farbloser Blutkörperchen in die interfibrilläre Molecularsubstanz eindringen und sich hier zwischen die einzelnen Fasern legen, während die Zwischensubstanz selbst wieder an Breite etwas zunimmt.

Was den Ursprung dieser Kerne betrifft, so spricht schon der Mangel jeder Theilungsform und ihre reiche Anzahl dagegen, dass sie aus einer Vermehrung der schon vordem in der weissen Substanz vorhandenen Kerne hervorgegangen seien. Ebenso wenig lässt

sich daran ernstlich denken, dass es embryonale Bildungszellen der grauen Substanz sind, welche mobil geworden und in die weisse Substanz eingewandert sein könnten. Wenn es auch früher erwähnt wurde, dass die graue Substanz am Ende des dritten Schwangerschaftsmonates sehr kernreich ist, so dürfte die Zahl der Kerne doch gerade dazu ausreichen, um durch breiteres Auseinandertreten die spätere Volumszunahme der Substantia grisea des wachsenden Markes zu erklären. Von sich theilenden Kernen ist auch hier nichts zu beobachten. Somit bleibt nur die eine Annahme übrig: es sind die embryonalen Bildungszellen von aussen her in die weisse Substanz importirt, und es ist erklärlich, dass sich hier der Blick auf die Blutgefässe als einzige Zuflussbahnen richtet, und dass man die in ihnen kreisenden farblosen Blutzellen für die Erklärung in Anspruch nimmt, von denen man weiss, dass sie einen hohen Grad von Bewegungsfähigkeit besitzen und mannichfache Metamorphosen eingehen können.

Diese Einwanderung farbloser Blutkörperchen oder der embryonalen Neurogliazellen, wie wir sie nennen können, sobald sie die Gefässe verlassen haben und zwischen die Fasern eingedrungen sind, erfolgt successiv und dauert bis zur Geburt an. Sie wandern am reichlichsten während des vierten Monates in die weisse Rückenmarkssubstanz ein, so dass am Ende dieser Zeit die Differenz in dem Aussehen der Rückenmarksstränge im Vergleich zu dem vorhergehenden Monat eine sehr auffällige ist. Dabei bilden sie gewissermaassen Längsreihen zwischen den Fasern, lassen jedoch mehr oder minder breite und nur durch Molecularsubstanz erfüllte Lücken zwischen sich, die am reichlichsten im fünften Monat und dann sehr langsam und allmählich in den späteren Zeiten ausgefüllt werden, so dass dann Zelle an Zelle neben und über einander zu liegen kommt.

Die embryonalen Gliazellen bilden anfangs das, was man freie Körner genannt hat, und stehen mit der sie umgebenden Molecularsubstanz in keinem sehr innigen Zusammenhang. Sie nehmen niemals direct den späteren complicirten Bau an, sondern gehen zuvor eine Fettmetamorphose ein, bei welcher sie das bekannte Aussehen der Fettkörnchenzellen annehmen. Nachdem die freien Gliakerne die Fettmetamorphose, auf welche späterhin genauer eingegangen werden soll, überstanden haben, ändern sie ihr Aussehen, indem

ihr Zellenleib nicht mehr grob granuliert, sondern sehr feinkörnig und fast homogen erscheint. Hierbei nehmen sie öfters eine langgestreckte elliptische Form an.

Erst mit dem fünften Monate beginnen die weiteren Entwicklungen an ihnen. Man sieht zu dieser Zeit Fortsätze von ihnen hervorsprossen, welche schnell eine erstaunliche Länge erreichen und bald nur zu wenigen, bald zu sehr vielen, an einem oder an beiden Polen, an der einen Hälfte ihrer Circumferenz oder von ihrer ganzen Peripherie ausstrahlen. Auch trifft man in dieser frühen Zeit bereits einzelne jener Zellen an, welche Boll als Pinzelzellen beschrieben hat, Zellen, die an einem Pol einen einzigen Fortsatz und an dem entgegengesetzten eine grosse Reihe derselben ausschicken. Die sehr mannichfachen Entwicklungsformen lassen sich in ihren verschiedenen Abstufungen kaum mit wenigen Worten schildern, und es mag daher Fig. 24 ein Bild derselben zu geben versuchen.

Die einzelnen Fortsätze laufen durch die Zwischensubstanz zwischen benachbarten Nervenfasern hin, schlingen sich um dieselben herum und suchen sie auf diese Weise zusammenzuhalten. Hierdurch wird es zu Stande gebracht, dass eine Gliazelle zwischen ihren Fortsätzen mehrere Fasern einschliessen kann. Aber gleichzeitig werden die letzteren auch von den Fortsätzen benachbarter Gliazellen umstrickt, so dass dadurch ein ziemlich dichtes Netzwerk entstehen muss, welches die einzelnen Fasern fest unter einander und mit dem Gewebe der Neuroglia verbindet. Während die Entwicklung der Fortsätze im fünften Schwangerschaftsmonate noch eine sehr sparsame ist, wird sie mit dem Anfange der zweiten Entwicklungshälfte eine sehr viel reichlichere, doch lassen sich bis zur Geburt hin noch immer freie Kerne zwischen den Fasern der weissen Rückenmarksstränge nachweisen. Demnach gelangt die Neuroglia erst nach der Geburt zur vollendeten Entwicklung.

Je mächtiger und zahlreicher sich die Fortsätze der Gliazellen entwickeln, um so mehr tritt die granulirte Inter-cellularsubstanz zwischen ihnen an Mächtigkeit zurück und beschränkt sich schliesslich auf sehr feine Spatien, welche zwischen den Fortsätzen übrig und gerne bei Isolationen an ihnen haften bleiben. Man erkennt, dass allmählich die beiden Componenten der Neuroglia ihre Functionen mit einander vertauschen. Ursprünglich war es die Molecularsub-

stanz, welche die einzelnen Fasern mit einander verkittete, späterhin wird diese Rolle von den Zellen oder eigentlich von ihren Fortsätzen übernommen.

Was die Beschaffenheit der Intercellularsubstanz betrifft, so würde ich mit Walther¹⁾ annehmen, dass dieselbe eine homogene Masse bilde, und mit Boll meinen, dass sie ursprünglich eine Eiweiss-substanz sei. Alle jene Formen, welche man als spongiös, granulirt, molecular, reiserförmig beschrieben hat, würde ich grösstentheils für Kunstproducte halten, da es sich zeigt, dass das weiche, zähflüssige Gewebe leicht veränderlich und gerinnbar ist und durch verschiedene Reagentien ein sehr variables Aussehen erhalten kann. Elastische Elemente, welche Gerlach²⁾ in ihm beschrieben hat, kommen während der Entwicklungszeit wenigstens nicht vor.

Es ist eine sehr bemerkenswerthe und für das Verständniss gewisser Vorgänge sehr wichtige Erscheinung, dass die Gliazellen an denjenigen Orten zuerst auftreten und sich entwickeln, an denen die Bildung der Nervenfasern am frühesten erfolgt, das ist also im vierten bis sechsten Monat vornehmlich in den Hinter- und Vordersträngen und erst späterhin auch in dem Funiculus lateralis. Auch bemerkt man mit dem achten Monat, dass sie zu den Lymphscheiden der Gefässe in eine engere Beziehung treten. Sie sammeln sich zuerst neben den Gefässen zahlreich an und gehen dann mit einzelnen ihrer Fortsätze eine Verwachsung mit der Lymphscheide ein. Eine dichte Ueberpflasterung der Gefässwände mit Gliazellen, wie sie Boll beschrieben hat, findet bis zur Geburt nicht statt.

Wenn wir uns der Vorgänge erinnern wollen, welche uns bei der Regeneration des Rückenmarkes entgegentreten, so zeigen sich sehr nahe Beziehungen und verwandte Vorgänge bei der Regeneration und Entwicklung der Neuroglia. Es ist seiner Zeit von mir gezeigt worden, dass sich die beiden Rückenmarksstümpfe nach der Durchschneidung mit einer bindegewebigen, der Neuroglia gleichenden Kappe umgeben. Es wurde damals wahrscheinlich gemacht, dass die Hauptmasse der neugebildeten Gliazellen aus farblosen

¹⁾ Walther, Eine neue Methode d. Untersuchung d. centralen Nervensystems. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868.

²⁾ Gerlach, Von dem Rückenmark. Stricker's Handb. d. Lehre von d. Geweben, Bd. II. 1872.

Blutkörperchen hervorgehe. Und auch die Erscheinungen, unter welchen diese Zellen auswachsen, gleichen vollkommen denen bei der Entwicklung.

Es ist noch hervorzuheben, dass die Fortsätze der jungen Gliazellen derber und dicker als die des ausgewachsenen Rückenmarkes erscheinen. Auch muss ich Golgi¹⁾ und Boll gegenüber behaupten, was ich auch von den bei der Regeneration sich entwickelnden Gliazellen gethan habe, dass Verästelungen der Fortsätze, wenn auch selten vorkommen. Uebrigens hat Jastrowitz in den Gliazellen des Trabs cerebri in seltenen Fällen Theilungen der Fortsätze gefunden.

Das Bindegewebe der grauen Substanz, auf welches wir noch mit einigen Worten einzugehen haben, ist von dem der weissen Substanz in mehrfacher Hinsicht verschieden. Es ist zunächst die Genese seiner zelligen Elemente dadurch eine andere, als dieselben von Anfang an vorhanden sind, und es einer Einwanderung aus den Blutgefässen nicht bedarf. Auch die weitere Entwicklung steht in einem gewissen Gegensatz. In den Rückenmarkssträngen hat zuerst die Molecularsubstanz das Uebergewicht, während die zelligen Elemente zurücktreten. In der grauen Substanz findet genau das Gegentheil statt. Die Intercellularsubstanz ist anfänglich hier so spärlich entwickelt, dass sich die sehr zahlreichen Kerne fast berühren. Während in den Rückenmarkssträngen die Intercellularsubstanz auf Kosten der sich entwickelnden Gliazellen bis auf geringe Reste schwindet, schwillt sie in der grauen Substanz mehr und mehr an, so dass die einzelnen Kerne in weiten Abständen aus einander treten. Dieses intercelluläre Wachsthum fällt hauptsächlich in die zweite Hälfte der Entwicklungszeit, und nur in der Substantia gelatinosa bleiben die Kerne annähernd in den alten Abständen liegen.

Die Kerne selbst nehmen mit dem fünften oder sechsten Monat ein mehr homogenes Aussehen an, und es tritt dann in ihnen ein einziges grösseres Kernkörperchen zu Tage. Zu Verästelungen und Fortsatzbildungen zeigen sie nur eine sehr geringe Neigung, und man findet bis zur Geburt hin eine sehr grosse Zahl freier

¹⁾ Golgi, Contribuzione alla fina Anatomia degli organi Centrali del sistema nervoso. Rivista Clinica, November 1871.

Kerne vor. Die Fortsätze selbst sind weder so zahlreich noch so lang als in der weissen Substanz und treten kaum vor dem fünften Monate zu Tage (vgl. Fig. 26). Eine fettige Entartung gehen die Kerne unter normalen Verhältnissen niemals ein. Die Intercellularsubstanz hat dieselbe Beschaffenheit wie in den Rückenmarkssträngen.

Auf den Bau desjenigen Theiles der Neuroglia, welche den Centralkanal umschliesst und eingedenk der Virchow'schen Untersuchungen von Kolliker als centraler Ependymfaden (*Substantia gelatinosa centralis* Stilling's) bezeichnet worden ist, soll späterhin eingegangen werden.

c) Ueber die Entwicklung der Fettkörnchenzellen.

Während der ganzen Entwicklungszeit findet man vom Anfang des vierten Monates an Fettkörnchenzellen, aber nur in der weissen Substanz des Rückenmarkes vor. Wenn die Besprechung derselben in einen besonderen Abschnitt gebracht ist, so gab nicht ihre Genese dazu Veranlassung, denn in dieser Beziehung stehen sie, wie das früher flüchtig angedeutet wurde, zu dem Bindegewebe in inniger Beziehung, sondern das grosse Interesse, welches sich an ihr Vorkommen seit den Untersuchungen von Virchow und Jastrowitz geknüpft hat.

Die Fettkörnchenzellen treten nicht vor dem vierten Monat, aber unmittelbar dann auf, wenn die erste Einwanderung farbloser Blutzellen zwischen die Nervenfasern der Rückenmarksstränge stattgefunden hat. Je mehr Zellen einwandern, um so reichlicher werden auch die Fettkörnchenzellen an Zahl. Mit dem fünften Monat haben sie in Bezug auf Menge ihren Höhepunkt erreicht und nehmen dann schnell ab, so dass sie vom achten Monat nur vereinzelt angetroffen werden. Sie treten im vierten Monat zuerst und am zahlreichsten in den Hintersträngen auf und werden zu dieser Zeit spärlicher in den Vordersträngen gesehen, in welchen der Höhepunkt ihrer Entwicklung erst in den fünften Monat fällt. Von da an zeigen sie sich nur vereinzelt zwischen den Nervenfasern der genannten beiden Stränge. Etwas anders gestaltet sich das Verhältniss in den Seitensträngen, wo sie oft mit dem sechsten Monat eine ansehnliche Menge erreichen und in den hintersten Theilen derselben bis zum Ende des zehnten Monats ziemlich zahlreich bestehen bleiben.

Wenn wir auf den Ursprung der Fettkörnchenzellen eingehen, so bleibt in Rücksicht auf ihre grosse Zahl, falls die im vorigen Abschnitt gegebene Darstellung richtig ist, kein anderer Ausweg übrig, als sie für fettig entartete farblose Blutkörperchen zu erklären. Da trotz der grössten Sorgfalt und Aufmerksamkeit bei der Präparation niemals Fettkörnchenzellen in den überfüllten Blutgefässen angetroffen wurden, so würde die Vermuthung nahe liegen, dass die fettige Entartung erst nach der Emigration erfolgte. Man würde sich vielleicht vorzustellen haben, dass die farblose Blutzelle von ihrem flüssigen Mutterboden entfernt einer fettigen Degeneration anheimfällt, ein Vorgang, welchen die Pathologie auf anderen Gebieten vielfach lehrt, dass diese Degeneration schwindet, sobald sich die Ernährungsverhältnisse ausgeglichen haben, und die Zelle sich ihrem neuen Mutterboden accommodirt hat, und dass dann erst ihre Ausbildung zu der vielfach verästelten Gliazelle vor sich geht.

Dass die Fettkörnchenzellen, falls sie sich in den Blutgefässen vorgefunden hätten, auch in diesem Zustand die Gefässe verlassen können, ist sehr wahrscheinlich geworden, nachdem Stricker und Leidersdorff ¹⁾, späterhin Jolly ²⁾ und in neuester Zeit Boll amöboide Bewegungen an ihnen nachgewiesen haben.

Durch obige Annahme, deren hypothetische Basis ich sehr wohl verstehe, erklärt sich eine Erscheinung von selbst, welche für den ersten Augenblick etwas auffällig erscheint. In der grauen Substanz des Rückenmarkes findet man zu keiner Zeit unter normalen Verhältnissen Fettkörnchenzellen vor. Es würde diese Thatsache nicht sehr verständlich sein, wenn die Fettmetamorphose dem Entwicklungsvorgang der Bindegewebszelle als solchem eigenthümlich sein sollte. Wenn wir uns aber daran erinnern wollen, dass die Kerne der grauen Substanz von Anfang an angelegt sind, auf ihrem ursprünglichen Mutterboden sesshaft bleiben, und eine Emigration in die graue Substanz niemals stattfindet, so wird es leicht begreiflich, weshalb an ihnen keine fettige Entartung auftreten wird. Abgesehen von den Differenzen in der Entwicklung und Ausbildung

¹⁾ Stricker u. Leidersdorff, Studien über d. Histologie d. Entzündungsheerdes in den Centralorganen d. Nervensystems. Sitzb. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. 52.

²⁾ Jolly, Ueber traumatische Encephalitis, Stricker's Studien etc. 1870.

der Neuroglia innerhalb der weissen und grauen Rückenmarkssubstanz, welche schon früher besprochen wurden, kommt noch als ein weiteres Moment hinzu, dass bei der Entwicklung der Gliazellen in der weissen Substanz ein neues Stadium, das Stadium der fettigen Entartung, interponirt wird.

Die Fettkörnchenzellen finden sich in sehr verschiedenen Entwicklungsstadien neben einander vor. Die ausgebildetsten derselben sind dicht von feinen Fetttröpfchen durchsetzt und besitzen einen Durchmesser, der bis zur Hälfte den eines farblosen Blutkörperchens übertreffen kann, so dass letzteres in Folge der fettigen Degeneration an Umfang zugenommen hat, um späterhin wieder zur früheren Grösse zurückzukehren. An anderen sind die Fettgranula theilweise geschwunden und haben sich als ein feiner Randsaum bis an die äusserste periphere Zone zurückgezogen. In noch anderen haben die Fetttröpfchen die Zellen ganz verlassen und kommen rings um die Kerne zu liegen (vgl. Fig. 27). Von hier aus dringen dieselben bis an die nackten Nervenfasern vor und fliessen späterhin um diese herum zu dem Markmantel zusammen. Hieraus erkennt man, dass der auffällige Entwicklungsmodus der Neurogliazellen innerhalb der weissen Rückenmarkssubstanz einen ganz bestimmten Zweck hat, und dass während der Entwicklung des Rückenmarkes zwischen dem Nerven- und Bindegewebe ein derartiges gegenseitiges Verhältniss besteht, dass das Nervengewebe gewisse Elemente abscheidet, die späterhin dem Bindegewebe angehören, während das letztere gewisse Producte zu Tage bringt, die der Nervensubstanz zu Gute kommen.

Durch diese Auffassung werden zwei Dinge erklärt: einmal, dass die Markscheidenbildung nicht früher beginnt, als bis in der weissen Substanz zahlreiche Kerne und Fettkörnchenzellen aufgetreten sind, und zweitens dass sich die Fettkörnchenzellen in den späteren Monaten gerade da finden, wo die Nervenfasern und namentlich die Markscheidenbildung am lebhaftesten vor sich geht. Auch verdient hervorgehoben zu werden, dass die Markscheidenbildung früher erfolgt, als die Gliazelle Fortsätze treibt, und es liegt nahe sich vorzustellen, dass, wenn das umgekehrte Verhältniss stattfinden würde, leicht die Gefahr entstehen könnte, dass die nackte Nervenfaser von den Zellfortsätzen zu eng umstrickt werde, als dass sich die Markscheide ungehindert an ihr entwickeln

könnte. Da im vorigen Abschnitt darauf hingewiesen wurde, dass auch in den spätesten Monaten bis zur Geburt hin einzelne Kerne noch zwischen die Fasern einwandern, so kann es nicht Wunder nehmen, dass zu jeder Zeit, wenn auch in den Vorder- und Hintersträngen vom achten Monat ab ganz vereinzelte Fettkörnchenzellen vorgefunden werden, zumal eine sehr spärliche Nervenreueubildung sich gleichfalls noch in ihnen erkennen lässt. Beiläufig bemerkt sei es noch, dass die Fettkörnchenzellen in den Hintersträngen am spätesten in den Goll'schen Keilsträngen und in denjenigen Schichten schwinden, welche den hinteren Wurzeln zunächst gelegen sind, und es sind die letzteren namentlich auf Chrompräparaten mit dem unbewaffneten Auge oft als schmaler hellgelber Saum zu erkennen.

Es kann behauptet werden, dass der fettige Degenerationsprozess nur für wenige Tage die einzelne Zelle befällt. Das Verhältniss zwischen Markscheidenbildung und Fettdegeneration kann durch gewisse Momente, die sich oft gar nicht eruiren lassen und ganz leichter und vorübergehender Natur zu sein scheinen, gestört werden, woraus sich gewisse Abweichungen von dem gegebenen Entwicklungsschema erklären, denen man nicht selten begegnen wird. Ist die Umsetzung der Fetttröpfchen in Markscheidensubstanz aus irgend einem Grunde behindert, so nehmen die Fettkörnchenzellen in erstaunlichem Grade an Zahl zu, und das ganze Bild erhält ein pathologisches Gepräge. In anderen Fällen geht die Markscheidenbildung ungestört von Statten, während der Nachschub von farblosen Blutkörperchen aufhört, und so findet man selbst in frühen Monaten kaum eine einzige Körnchenzelle vor. Auch kann sich diese Abweichung von der Norm nur auf einzelne Stränge beziehen. Dabei scheinen sehr geringfügige und oft gar nicht nachweisbare Umstände diese Störungen herbeiführen zu können, so dass mitunter Früchte gesunder Mütter und von vortrefflicher äusserer Entwicklung diese Anomalien in der einen oder anderen Richtung hin besaßen. Man ersieht hieraus, dass zwischen den physiologischen und pathologischen Vorgängen eine sehr schmale Grenze besteht.

Auf das Vorkommen von Fettkörnchenzellen im Gehirn und Rückenmark von Neugeborenen ist man zuerst durch Virchow¹⁾

¹⁾ Virchow, Amtl. Bericht d. Naturforscherversamml. in Hannover 1866. Zur pathologischen Anatomie des Gehirns. Dieses Archiv. Bd. XXXVIII. 1867. Ueber interstitielle Encephalitis. Dieses Archiv. Bd. XLIV. 1868.

aufmerksam gemacht worden. Es sprach Virchow seine Ansicht dahin aus, dass man es mit einer bei Kindern häufig vorkommenden congenitalen Encephalitis und Myelitis zu thun habe. Dieser Fund wurde späterhin von Hayem ¹⁾, dann von Parrot ²⁾ bestätigt, jedoch in einer etwas abweichenden Weise erklärt. Eine wesentlich andere Bedeutung erhielt die Beobachtung, als Jastrowitz ³⁾ vornehmlich für das Gehirn wahrscheinlich zu machen suchte, dass das Auftreten von Fettkörnchenzellen im jugendlichen, sich entwickelnden Gehirn keine Entzündungserscheinung sei, sondern mit gewissen Entwicklungsvorgängen im Zusammenhange stehe. Auch Boll ⁴⁾ ist seiner Zeit den Anschauungen von Jastrowitz beigetreten.

Es geht aus den vorhergehenden Zeilen zur Genüge hervor, dass auch für das Rückenmark das Auftreten von Fettkörnchenzellen als eine normale Erscheinung bei der Entwicklung bezeichnet werden muss. Allein es wurde auch schon betont, wie leicht diese Vorgänge auf's pathologische Gebiet übergehen, wobei sie nach zwei Richtungen hin ausschlagen können, einmal indem die Fettkörnchenzellen zu reichlich werden, und das andere Mal indem sie gegen die Norm aus dem Rückenmark gänzlich verschwinden. So sehr ich die grossen Verdienste der Untersuchungen von Jastrowitz anerkenne und hochschätze, so möchte ich doch behaupten, dass die Grenze zwischen den normalen und pathologischen Veränderungen zu Ungunsten der letzteren und damit der alten Virchow'schen Anschauung verschoben sind. Es ist für mich wenigstens nicht zweifelhaft, dass Virchow, soweit man sich aus Beschreibungen eine Vorstellung machen kann, myelitische Prozesse vor sich gehabt hat, wie ich es auf der anderen Seite annehmen würde, dass einzelne Schilderungen, welche Jastrowitz gegeben hat, nicht normalen, sondern pathologisch veränderten Rückenmarken angehörten. Die Fettkörnchenzellen liegen niemals, auch in den frühesten Monaten nicht, dicht aneinander, da ja die jungen Glia-

¹⁾ Hayem, Etudes sur les divers formes d'encéphalite.

²⁾ Parrot, Arch. de la physiol. norm. et path. I.

³⁾ Jastrowitz, Studien über Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters. Archiv f. Psychiatrie. Bd. II u. III. 1870—1872.

⁴⁾ Boll, Die Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane. Archiv f. Psychiatrie. Bd. IV. 1874.

zellen oft sehr bedeutende Interstitien zwischen sich lassen und ausserdem die einzelnen Fetttröpfchen die Zelle wieder verlassen, und so wird kaum das Bild eines Entzündungsheerdes entstehen können. Dabei räume ich sehr gerne ein, dass der Factor, auf den ich mich stütze, insofern etwas unsicher ist, als man sich ein Urtheil über denselben erst durch eine Reihe fortlaufender sorgfältiger Untersuchungen gesunder Früchte gewinnen muss.

Sehr richtig und erschöpfend hat Jastrowitz diejenigen Momente betont, die absolut sicher für pathologische Vorgänge sprechen, und es sind diese Ort und Zeit. So kann man für das Rückenmark behaupten, dass Myelitis besteht, sobald sich Fettkörnchenzellen in der grauen Substanz vorfinden. Unter 10 faultodten Früchten wurde diese Form der Myelitis einmal notirt, und es handelte sich hier um die neunmonatliche Frühgeburt einer syphilitischen Mutter. Was die Zeit anbetrifft, so müsste beispielsweise ein Vorkommen reichlicher Fettkörnchenzellen in den Vorder- und Hintersträngen nach dem achten Monat als pathologisch gelten.

III. Die Entwicklung des Epithels im Rückenmark.

Der Centralkanal und seine nächste Umgebung nehmen deshalb während der Entwicklungszeit ein besonderes Interesse in Anspruch, weil sich späterhin ihre Structur und Function vielfach ändern.

Der Centralkanal wird ursprünglich als eine grosse Höhle angelegt, die mit der vollkommenen Entwicklung des Rückenmarkes kleiner und kleiner und beim Erwachsenen nicht selten obliterirt angetroffen wird, ohne dass im letzteren Falle functionelle Störungen auftreten. Wenn man berücksichtigt, dass ein Verschluss des Centralkanales niemals während der Entwicklungszeit beobachtet wird, und dass jeder Zeit auf erhärteten Präparaten ein gerinnbares Fluidum in ihm angetroffen wird, so wird man nothwendiger Weise zu der Annahme gedrängt, dass er während der Fruchtentwicklung die Strombahn einer Flüssigkeit darstellt, welche in der postembryonalen Zeit entweder ganz fortfällt oder sich auf anderen Circulationswegen fortbewegt, so dass dann der Centralkanal ohne Beeinträchtigung der Function zum Verschluss gelangen kann. Durch die Beschaffenheit des Epithels, welches ihn umgiebt, wird es sehr wahrscheinlich gemacht, dass er in sich die Lymphflüssigkeit aus dem Marke aufammelt und sie theilweise durch Vermittlung der Epi-

thelien den Lymphgefässen der Pia zuführt. Es ist früher erwähnt worden, dass sich die Lymphgefässe erst in einer späten Zeit in der Rückenmarkssubstanz entwickeln und erst gegen die Geburt hin grösstentheils wegsam werden. Da während der Entwicklung die Ernährungsflüssigkeit dem Rückenmark den gebräuchlichen Anschauungen gemäss reichlich zuströmen muss und dem entsprechend die ausgeschiedenen Lymphmengen nicht unbeträchtlich sein werden, so wird es verständlich, warum ein grosser Raum zur Aufnahme der letzteren vorhanden ist. Je mehr Lymphscheiden sich um die Rückenmarksgefässe entwickeln und namentlich je mehr derselben wegsam werden, um so enger kann der Kanal werden, welcher, wenn man es sich grob mechanisch vorstellen will, durch das in ihm circulirende Fluidum vordem in einem gewissen Grad von Expansion erhalten gewesen sein mag. Man beobachtet daher, dass vom achten Monat an auffallend schnell die sehr weite Höhle an Umfang beträchtlich abnimmt.

Die Epithelien, welche den Kanal umgeben, sind mit dem Ende des dritten Monates noch nicht sämmtlich ausgebildet. Die meisten von ihnen zeigen zwar bereits Wimperhaare, doch finden sich zwischen ihnen vereinzelt sehr schmale, schlanke Zellen, die in ihrem Aussehen lebhaft an das Bild der Stäbchen in der Retina erinnern (vgl. Fig. 28) und noch keine Flimmerhaare auf sich tragen. Die letzteren entwickeln sich in der Weise, dass sich zunächst an dem der Höhle zugewendeten Ende eine breite, glänzende und homogene Sohle abhebt, die nach einiger Zeit eine sehr feine Strichelung zeigt und dadurch an die Gestalt der Darmepithelien erinnert (vgl. Fig. 29). Gleichzeitig hiermit wird der Zellenleib etwas breiter und umfangreicher. Zum Schluss wachsen dabei Wimperhaare durch die Poren hindurch, und hiermit ist die Ausbildung der Zelle vollendet (vgl. Fig. 30). Uebrigens werden bis in den neunten Monat hinein unausgebildete Epithelien zwischen den entwickelten Formen, wenn auch nur sparsam beobachtet, so dass man, wenn man den Flimmerepithelien vorwiegend die Function zuschreiben wollte, die Strömung zu erhalten, an besondere Resorptionsepithelien denken möchte, die möglicherweise ein gewisses Entwicklungsstadium der ersteren darstellen könnten.

Es ist eine bemerkenswerthe Erscheinung, dass die Epithelien jeder Zeit sehr lange Fortsätze haben, die sich auf Zupf-

präparaten, welche durch doppelt chromsaures Kali oder verdünnte Ueberosmiumsäurelösung oder mit einiger Veränderung ihrer Form mit Hülfe gesättigter Oxalsäurelösung hergestellt sind, leicht darstellen lassen. Man kann an jeder einzelnen Zelle drei fast natürliche Theile differenziren: den centralen oder Wimpertheil, den mittleren oder Kerntheil und den peripheren oder Basaltheil, wobei der letztere die beiden ersten um ein Vielfaches an Länge übertrifft. Dieser basale Abschnitt ist von faden- oder röhrenförmiger Beschaffenheit und kommt nicht selten mit Knickungen oder Verschlingungen zur Beobachtung (vgl. Fig. 31). Auf dünnen Querschnitten, namentlich wenn dieselben tingirt werden, erkennt man, dass diese Fortsätze mit ähnlichen Gebilden zusammentreffen, welche gewöhnlich unter dem Namen von Bindegewebsfibrillen jene beiden grossen Blutgefässe begleiten, die von den Sulci longitudinales anterior und posterior aus in die graue Rückenmarkssubstanz hineindringen. Man nimmt wahr, dass das Bindegewebe, welches diese beiden Gefässe begleitet, in der grauen Substanz dieselben verlässt und von den Längsfurchen aus direct bis an den Centralkanal vordringt, sich fächerförmig zu beiden Seiten ausbreitet und mit seinen Elementen zu den Fortsätzen der Epithelien in einen innigen Connex tritt. Hierbei hat das Bindegewebe der hinteren Längsfurche, wie das das Schema in Fig. 35 anzudeuten sucht, an Masse und Ausdehnung ein erhebliches Uebergewicht. Die einzelnen Fibrillen dieses Bindegewebes, welches mit der Pia unmittelbar in Verbindung steht, haben eine erstaunliche Länge und fassen kleine kernartige Zellen zwischen sich (vgl. Fig. 32).

Je mehr Nervenfasern sich in der grauen Substanz entwickeln, und namentlich je mehr die vordere Commissur zur Ausbildung gelangt, um so schwerer lässt sich die innige Verbindung erkennen, die zwischen den Epithelien des Centralkanales und dem Gewebe der Pia besteht, und etwa vom achten Monat an findet man von dem von vorne her eindringenden Bindegewebszügen nur noch Andeutungen vor, während sie sich hinten bis nach der Geburt sehr wohl erhalten. Dabei wird dieser Zusammenhang nicht einfach durch die reichen Nervenfasermassen verdeckt, sondern er wird in der That gesprengt und zerstört, wobei die Fortsätze allmählich in das Bindegewebe der grauen Substanz übergehen.

Dicht unter den Epithelien kommen vier bis fünf Schichten

von Zellen zu liegen, die man auf den ersten Blick für jüngere, nachwachsende Entwicklungsformen der Epithelien halten möchte. Dieselben haben eine fast keulenförmige Gestalt, besitzen einen sehr grossen Kern, um den man mitunter noch einen schmalen Saum des Zellenleibes erkennt, und senden von ihrem peripheren Theil einen derben Fortsatz ab, welcher sich sehr bald unter allmählicher Verfeinerung in dem benachbarten Bindegewebe der grauen Substanz verliert (vgl. Fig. 33). Es sind diese Zellen derart gestellt, dass ihre oberste Lage genau in die Lücken hineinpasst, welche zwischen den unteren Theilen von je zwei Epithelzellen gebildet wird, während sie in den tiefen zwischen den Fortsätzen der über ihnen stehenden Zellen zu liegen kommen. Man beobachtet, dass sie etwa vom sechsten Monat an auch auf dem den Epithelien zugewandten Ende einen Fortsatz bekommen, den sie zwischen die Epithelzellen hineintreiben. Gleichzeitig werden die Zellen, welche sich vordem fast unmittelbar berührten, durch Molecularsubstanz von einander getrennt, und es hat sich auf diese Weise der centrale Ependymfaden hergestellt. An den Fortsätzen dieser Zellen wurde bis in die späten Monate der Entwicklung hinein eine Verästelung niemals wahrgenommen, und konnten derselben nicht mehr als zwei an Zahl gesehen werden (vgl. Fig. 34).

V. Schlussbemerkungen.

Das Rückenmark füllt in den frühesten Monaten der Entwicklung den ganzen Wirbel- und Sacralkanal aus, rückt erst mit dem vierten Monat, indem das Längswachsthum der Wirbelsäule das Uebergewicht erhält, etwas höher hinauf und wird mit dem Eintritt der Geburt doch noch immer in der Höhe des dritten Lendenwirbels angetroffen.

Vom fünften Monat an wird das Rückenmark durchschnittlich um einen Centimeter in jedem Monat länger. Sein stärkstes Längswachsthum fällt in die Zeit zwischen dem dritten und vierten Monat, wo es sich an Länge fast verdoppelt. Die Zahlen, welche die Tabelle bringt, sind Durchschnittsmaasse, und es muss ausdrücklich betont werden, dass oft ganz auffällige Differenzen in den Maassen beobachtet werden, denen dann nicht selten ungewöhnliche Entwicklungsvorgänge entsprechen. Sehr viel constanter als die Längen- haben sich die Dicken- und Breitenmaasse ergeben:

Monat.	Länge des Rückenmarkes.	Halsanschwellung.		Dünkste Stelle zwischen Hals- und Lendenanschwellung.		Lendenanschwellung.	
		Frontal-Durchmesser.	Sagittaler Durchmesser.	Frontal-Durchmesser.	Sagittaler Durchmesser.	Frontal-Durchmesser.	Sagittaler Durchmesser.
III.	4	0,25	0,18	0,15	0,1	0,3	0,2
IV.	8			0,15	0,1	0,3	0,2
V.	9—9,5	0,4	0,38	0,2	0,2	0,4	0,35
VI.	10—11	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,35
VII.	11	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
VIII.	12—12,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
IX.	13—14	0,6	0,4	0,4	0,3	0,6	0,4
X.	15—16	0,6	0,4	0,4	0,3	0,6	0,4

Anmerkung. Die Maasse sind in Centimetern angegeben.

Das jugendliche Mark zeichnet sich durch eine mehr cylindrische Gestalt aus, was zum Theil durch die geringe Ausdehnung bedingt wird, welche die Seitenstränge zeigen.

Die Goll'schen Keilstränge gewähren auf Querschnitten am Ende des dritten Monats ein sehr eigenthümliches Aussehen, indem sie in der That zwischen den ihnen seitlich gelegenen Partien der Hinterstränge wie zwei spitze Keile eingetrieben erscheinen. Sie stehen mit den Nachbartheilen in einem sehr lockeren Zusammenhang und werden mit denselben durch eine breite, leicht zerstörbare Brücke von jugendlichem Gliagewebe verbunden, welches gerne während der Präparation zu Grunde geht und in sich ein von der Pia zur grauen Substanz hinziehendes grösseres Blutgefäss birgt. Schon im nächsten Monat ist die Brücke schmäler, ihr Gewebe fester geworden, und man sieht die früher sehr scharf ausgesprochene Grenze nur noch an dem grossen Blutgefäss angedeutet, welches an der peripheren Grenze der Keilstränge hinläuft. An dem Dorsal- und Lendentheil des Markes lassen sich diese Goll'schen Keilstränge nicht erkennen, eine Erscheinung, welche nicht zu Gunsten der Kölliker'schen Angabe sprechen dürfte, dass es ihm gelungen sei, am erwachsenen Marke diese Partie durch die ganze Länge zu verfolgen, obschon es nicht geläugnet werden soll, dass sich hier die feinsten Nervenfasern und ein reichliches Bindegewebe vorfinden.

Zum Schluss erlaube ich mir die Bemerkung, dass ich jeder Zeit bereit bin, die Dinge, welche sich an erhärteten Präparaten erkennen lassen, zu demonstrieren, da ich eine sehr grosse Zahl

derselben aufbewahre. Auch in Bezug auf die beiden Arbeiten, welche mit diesen Untersuchungen im Zusammenhange stehen, kann ich die Richtigkeit der Principien derselben an Präparaten erweisen.
Berlin im Mai 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIII — XIV.

(Vergrößerung 1 : 500.)

- Fig. 1. Embryonale Bildungszellen aus der grauen Substanz. Monat III.
- Fig. 2. Ein Stückchen grauer Substanz im Zusammenhange, mit einzelnen ausgefallenen Kernen. Monat III.
- Fig. 3. Beginnende Ganglienzellenentwicklung. Monat III.
- Fig. 4—8. Ganglienzellen in fortschreitender Entwicklung. Monat V.
- Fig. 9. Ganglienzelle mit beginnender fibrillärer Spaltung. Monat VI.
- Fig. 10—12. Bildungszellen und sich entwickelnde Ganglienzellen nach Behandlung mit Carmin.
- Fig. 13. Bildungszellen mit anhängender Molecularsubstanz, welche die Gestalt von Ganglienzellen nachahmen.
- Fig. 14. Anastomosirende Ganglienzellen. Monat IX.
- Fig. 15—18. Nervenfasern in der Entwicklung. Monat IV, V.
- Fig. 19—20. Markscheidenbildung. Osmiumpräparate. Monat V.
- Fig. 21—23. Gefässe und Lymphscheidenentwicklung. Monat IV, VI.
- Fig. 24. Entwicklung der Gliazellen innerhalb der weissen Rückenmarkssubstanz. Monat V, VI.
- Fig. 25. Gliakerne der grauen Substanz. Monat V.
- Fig. 26. Gliazellen aus der grauen Substanz. Monat VIII.
- Fig. 27. Verschiedene Formen der Fettkörnchenzellen.
- Fig. 28—30. Epithelzellen in der Entwicklung. Monat III.
- Fig. 31. Epithelzellen mit Fortsätzen. Oxalsäurepräparat.
- Fig. 32. Bindegewebsfibrille mit Kern aus dem Sulcus longit. post. Monat IV.
- Fig. 33. Zellen des Ependymfadens. Monat IV.
- Fig. 34. Epithelzellen und Zellen des Ependymfadens im Zusammenhange. Monat IX.
- Fig. 35. Schematische Darstellung der Bindegewebsfortsätze der Pia innerhalb der grauen Substanz.