bemerken, dass ich meine Angaben über die Betheiligung des Coelomepithels bei der Entwicklung der Milz nicht auf Grundlage dieser Figur gemacht habe, sondern auf Grundlage mehrerer Schnittserien, aus welchen dieser Schnitt eben zur Abbildung gelangte, welche nicht schematisirt ist.

Was nun die Bemerkung Tonkoff's anbelangt, dass ich nirgends in der Milzanlage vom Vorhandensein von Zellen vom Typus der Ureier spreche, so will ich nur bemerken, dass ich das Vorkommen solcher Zellen auch anderwärts im Coelomepithel bereits in einer früheren Arbeit¹⁾ constatirt habe und ich halte dieselben für keine specifischen Elemente, um ihr Vorhandensein oder Fehlen besonders hervorheben zu müssen.

(Aus dem anatomisch-biologischen Institut der Universität Berlin.)

Untersuchungen über das Centralnervensystem des Kaninchens.

Von

Dr. **R. Krause** und Dr. **M. Philippson**.

Hierzu Tafel XXII—XXV.

In den folgenden Blättern soll berichtet werden über Untersuchungen, welche wir mittelst der vitalen Methylenblaufärbung am Centralnervensystem des Kaninchens angestellt haben und zwar soll sich diese Mittheilung speciell mit dem Baue des Vorderhorns des Kaninchenrückemarks beschäftigen.

Seit der Entdeckung der nervenfärbenden Eigenschaften des Methylenblaus durch Ehrlich ist dieser Farbstoff von zahlreichen Untersuchern zur Darstellung der Nervenverbreitung und der Nervenendigung hauptsächlich in den peripheren Organen und Ganglien benutzt worden, während über die Verwendung des

1) Janošík, Bemerkungen über die Entwicklung des Genitalsystems. Sitzungsber. der k. Akademie Wien. 1890.

Farbstoffs für das Studium der Centralorgane nur ganz vereinzelte Beobachtungen vorliegen, abgesehen von den Arbeiten von Semi Meyer.

Die von dem letztgenannten Autor geübte Methode der subcutanen Injection gesättigter Lösungen des Farbstoffs haben auch wir in zahlreichen Versuchen in Anwendung gezogen, sind aber von derselben vollständig zurückgekommen. Die Methode giebt wohl in einem gewissen Procentsatz der Versuche brauchbare und gute Resultate für die Färbung von Grosshirn, Kleinhirn und besonders der Medulla oblongata, für die Untersuchung des Rückenmarks aber leistet sie bei weitem nicht so viel, wie die von uns in Anwendung gezogene intravenöse Injection, die auch von manchen anderen Gesichtspunkten aus den Vorzug verdient.

Nach zahlreichen Versuchen und mannigfachem Probiren hat sich uns der folgende Modus procedendi am besten bewährt. Als Stammlösung dient uns eine 1 procent. Lösung des Farbstoffs in 0,6 proc. Kochsalzlösung. Dem durch intraperitoneale Injection von Chloralhydrat (1—2 cem einer 50 proc. Lösung) narcotisirten Thier wird eine Glascanüle in die Vena femoralis eingebunden und die Farblösung mittelst einer Bürette mit Glashahn injicirt. Man muss bei der Injection sehr vorsichtig vorgehen, um das Thier möglichst lange Zeit am Leben zu erhalten. Zunächst verdünnt man die Stammlösung mit einem oder zwei Theilen Kochsalzlösung und lässt alle fünf Minuten einen Cubikcentimeter einfließen. In der zweiten Stunde kann man dann zur Injection der 0,5- resp. 1 proc. Lösung übergehen. Bei solch vorsichtigem Vorgehen ertragen die Thiere die Injection mehrere Stunden lang, und es gelingt in manchen Fällen bis zu einem Gramm des trockenen Farbstoffs zu injiciren. Selbstverständlich muss die zu injicirende Lösung auf Körpertemperatur erwärmt werden; auch soll das Thier während der ganzen Operation künstlich warm gehalten werden durch Auflegen angewärmter Tücher oder ähnliche Vorrichtungen.

Was die Erscheinungen anlangt, so soll hier nicht näher darauf eingegangen werden, vielleicht findet sich später einmal die Gelegenheit, über den ausserordentlich interessanten Verlauf der Methylenblauvergiftung Näheres zu berichten. Die Thiere gehen immer an einer Dyspnoe centralen Ursprungs zu Grunde.

Häufig geht der eigentlichen Dyspnoe eine Glottislähmung voraus, und es gelingt durch rechtzeitige Tracheotomie die Thiere noch einige Zeit am Leben zu erhalten. Immer auch gehen dem Tode heftige Krämpfe in der Muskulatur des Stammes und der Extremitäten voraus. Der Cornealreflex ist dann schon völlig erloschen, und mit einer heftigen, tiefen Inspiration steht die Athmung still und lässt sich weder durch rythmische Compression des Thorax noch durch Vagusreizung wiederherstellen. Die Herzthätigkeit wird unter dem Einfluss des Farbstoffs stark verlangsamt und abgeschwächt, immer aber sistirt zuerst die Athmung und dann die Herzthätigkeit.

Sehr wichtig erscheint uns die passende Wahl des zu verwendenden Farbstoffs. Von den im Handel vorkommenden Methylenblausorten wurden auf ihre Wirksamkeit geprüft Methylenblau B, 2 B, B extra und Methylenblau medicinale chlorzinkfrei, sämmtlich von E. Merck in Darmstadt bezogen, ferner ein Methylenblau Bx von Grübler (wohl aus der Badischen Anilin- und Sodafabrik stammend) und schliesslich ein chemisch reines, aber chlorzinkhaltiges Methylenblau cryst., das uns von den Höchster Farbwerken in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt worden war. Von allen diesen Präparaten erwies sich das zuletzt genannte als das bei weitem günstigste, es giebt die weitaus besten Resultate und sollte für unsere Zwecke ausschliesslich in Anwendung gezogen werden.

Was nun bei Verwendung des genannten Präparates und Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln die Bedingungen anlangt, unter welchen eine gute Färbung zu Stande kommt, so sind dieselben auch hier ganz unberechenbar, und man wird selbst dann, wenn das Thier grössere Farbstoffmengen ertragen hat, ein gutes Resultat nie voraussagen können. Einigermassen brauchbare Präparate erhält man allerdings eigentlich immer, Präparate, die wohl meist noch ebensoviel oder mehr als gelungene Golgipräparate zeigen.

Sobald das Thier gestorben ist, wird das Centralnervensystem herauspräparirt und in 10 proc. abgekühlte Lösung von molybdänsaurem Ammon für 6—12 Stunden eingelegt. Die einzulegenden Stücke dürfen nicht zu gross sein, da die Fixationsflüssigkeit ziemlich schwer eindringt. Die mehrere Stunden in fliessendem Wasser ausgewaschenen Stücke werden zunächst in

70 proc., dann in 95 proc. und absolutem Alkohol entwässert und durch Xylol in Paraffin eingebettet. Der ganze Process, Entwässerung und Einbettung, kann in 1—2 mal 24 Stunden vollendet sein.

Neben dieser intravenösen Methode wurde dann die Farblösung auch intraperitoneal eingeführt. Man verwendet dazu 1—2 proc. Lösung und führt je nach der Grösse des Thieres stündlich 5—10 ccm ein. Auch hierbei erhält man manchmal prächtige Resultate, doch sind sie noch weniger constant, als bei der vorigen Methode.

Unsere vorliegende erste Mittheilung soll das Rückenmark behandeln und zwar speciell die Vorderhörner. Hier erhält man mittelst der Methylenblaumethode immer die besten Resultate, Zellen und Fasern mit Collateralen sind vorzüglich gefärbt und auf weite Strecken verfolgbar. Später soll dann das Hinterhorn bearbeitet werden, das der Untersuchung grössere Schwierigkeiten in den Weg stellt.

Die Gestalt des Vorderhorns in den verschiedenen Höhen des Rückenmarks.

In der Uebergangszone zwischen Medulla oblongata und Rückenmark hat das Vorderhorn eine eigenthümliche hammerförmige Gestalt. Lateral bilden die sich kreuzenden Fasern eine Einbuchtung, welche die graue Substanz ungefähr in der Höhe des Centralkanals stark einschnürt. Die Spitze des Hammers sieht lateral, der Kopf ist gegen die vordere Fissur gerichtet. Wir können dabei an dem Vorderhorn drei Spitzen unterscheiden, die eine sieht direct lateral, eine zweite wendet sich ventral und eine dritte mittlere springt zwischen beiden schräg ventral und lateral vor. Die Formveränderungen, welche das Vorderhorn im Halsmark erleidet, beruhen nun wesentlich darauf, dass, indem sich seine Höhen- und Breitendimensionen ändern, sich diese Spitzen gegeneinander verschieben. Zunächst wird die stark vorspringende laterale Spitze mehr und mehr eingezogen und rückt dabei immer mehr dorsalwärts gegen das Hinterhorn vor, wodurch gleichzeitig die stark in die graue Substanz vorspringende Insel der weissen Substanz mehr und mehr verkleinert wird. Die mittlere Spitze zeigt eine verschiedene Entwicklung im Halsmark. Zunächst verschwindet sie ganz und geht in einen abgerundeten Contour

über; später erscheint sie wieder, um im mittleren Halsmark wieder zu verschwinden und im unteren Halsmark ihre grösste Ausdehnung zu erreichen. Sie rückt dabei immer weiter dorsal vor. Ein constantes Wachsthum von oben nach unten zeigt dagegen die ventrale Spitze. Je weiter wir im Halsmark nach unten gehen, um so mächtiger wird sie, und um so weiter entfernt sie sich von der vorderen Fissur. Daher kommt es, dass der mediale Grenzcontour des Vorderhorns, der anfangs parallel der vorderen Fissur verläuft, sich später immer mehr schräg stellt und dass sich im Gegensatz dazu die Verbindungslinie zwischen ventraler und mittlerer Spitze immer mehr horizontal, also senkrecht zur vorderen Fissur stellt. Diese beiden Spitzen nähern sich im unteren Halsmark aber auch immer mehr und fliessen im oberen Brustmark zusammen.

Wir haben also in diesem Theile des Rückenmarks ein einfaches, schlankes Vorderhorn mit ventral gerichteter, abgerundeter Spitze. Die frühere laterale Spitze ist, wenn auch nur schwach angedeutet, doch noch vorhanden und geht in den im Dorsalmark gut entwickelten Proc. reticularis über. Die wichtigste Formveränderung im Dorsalmark besteht darin, dass das Vorderhorn beständig an Höhe abnimmt und dass sich dadurch die mediale Grenzlinie immer schräger stellt.

Im Lendenmark sucht das Vorderhorn das, was es durch den Verlust der ventralen Spitze eingebüsst hat, zunächst dadurch wieder zu gewinnen, dass es sich stark lateral ausdehnt. Indem dann im mittleren Lendenmark auch die ventrale Spitze sich wieder ausbildet, nimmt das Vorderhorn eine Form an, die der im unteren Halsmark sehr ähnelt. Es erlangt dann im unteren Lendenmark an der Grenze gegen das Sacralmark seine stärkste Entwicklung.

Im Sacralmark wird das Vorderhorn mit abnehmendem Gesamtquerschnitt immer kleiner und rundet sich mehr und mehr ab, wie sich denn auch die ganze graue Figur hier abrundet.

Die folgende Tabelle soll einige Maasse des Vorderhorns in den verschiedenen Höhen geben.

	Basis mm	Höhe mm	Breite mm
Uebergangszone	1.0	0.9	1.2
Oberes Halsmark	1.35	0.9	1.0
Mittleres Halsmark	1.24	1.0	1.1
Mittleres Halsmark	1.75	0.9	1.4
Unteres Halsmark	1.3	1.0	1.25
Oberes Dorsalmark	1.15	0.9	0.6
Mittleres Dorsalmark	0.8	0.8	0.45
Unteres Dorsalmark	0.8	0.7	0.7
Oberes Lendenmark	1.1	0.5	0.5
Mittleres Lendenmark	1.3	0.7	0.6
Unteres Lendenmark	1.9	1.1	1.5
Sacralmark	1.1	0.8	0.7

Es wurde dabei als Basis des Vorderhorns eine Linie angenommen, welche horizontal durch den Centralkanal verläuft, als Höhe eine Senkrechte darauf durch die am weitesten ventral vorspringende Spitze und als Breite eine Linie, welche, parallel zur Basis verlaufend, die grösste Breite des Vorderhorns durchmisst.

Die Vertheilung der Zellen.

Die auf dem Rückenmarksquerschnitt sichtbaren Nervenzellen des Vorderhorns lassen sich in grosse, mittelgrosse und kleine einteilen. Von ihnen zeigen nur die beiden ersteren Gattungen eine Sonderung in bestimmte und constante Gruppen, während die kleinen Zellen sich regellos im Querschnitt vertheilen. Am schönsten und klarsten ist die Gruppenbildung in der Hals- und Lendenanschwellung ausgesprochen, und auf sie soll sich auch die folgende allgemeine Besprechung beziehen.

Wir können zunächst zwei zellreiche Zonen erkennen, eine laterale und eine mediale. Die erstere nimmt den lateralen Rand des Vorderhorns ein und wird fast ausschliesslich aus grossen und mittelgrossen Nervenzellen gebildet. Die mediale Zone dagegen nimmt den medialen, gegen die vordere Fissur gerichteten Rand des Vorderhorns ein und besteht theils aus polygonalen, theils aus länglichen, fusiformen Nervenzellen.

Zwischen diesen beiden zellreichen Zonen findet sich zu-

nächst am weitesten ventral ein von Zellen fast gänzlich freies Gebiet, in welchem sich die aus dem Vorderhorn austretenden motorischen Neuriten sammeln und zu den verschiedenen Wurzelbündeln ordnen. Wir wollen es in der Folge als Austrittszone bezeichnen. Dorsal schliesst sich an die Austrittszone ein zellreiches Territorium, die *Zwischengruppen*, und am weitesten dorsal wird das Vorderhorn abgeschlossen in der Höhe des Centralkanals durch eine Zellmasse, die Mittelgruppe von Waldeyer¹⁾.

Im Einzelnen zeigen die laterale und mediale Zellzone fast immer eine deutliche Theilung in drei hinter einander gelegene Territorien, so dass wir eine vordere, mittlere und hintere laterale, resp. mediale Zellgruppe unterscheiden können. Auch die *Zwischengruppe* theilt sich in eine vordere und hintere Abtheilung, welche in der Höhe der mittleren medialen und lateralen resp. hinteren medialen und lateralen Gruppe gelegen sind.

Zwischen diesen, also insgesamt neun deutlich zu trennenden Zellgruppen des Vorderhorns, finden sich überall kleine, hier und da auch eine grosse Zelle, die zerstreuten Zellen von Waldeyer.

Wenn wir die hier besprochene Gruppierung mit derjenigen vergleichen, welche Waldeyer (l. c.) vom Gorilla und Kind beschreibt, so finden wir eine weitgehende Uebereinstimmung. Unsere Präparate erheischen nur zum Unterschiede von Waldeyer eine Trennung zwischen Lateral- und Zwischengruppen, was wohl auch beim Menschen angängig wäre.

Nach dieser allgemeinen Besprechung der Querschnittsform und der Zellgruppierung wollen wir nun dazu übergehen, die Details an der Hand einzelner durch die verschiedenen Höhen des Rückenmarks gelegter Schnitte zu studiren.

O b e r e s H a l s m a r k.

Photogr. 1 und 2.

Wie wir früher besprochen haben, endet in dieser Gegend das Vorderhorn in einer ventralwärts gerichteten Spitze. In derselben findet sich eine grosse Gruppe von Zellen, welche entstanden ist durch Verschmelzung der vorderen lateralen und

1) W. Waldeyer, Das Gorillarückenmark. Abhandl. der Königl. Preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin vom Jahre 1888. Berlin 1889.

medialen Gruppe, und die wir später in dem lateralen und medialen Winkel des Vorderhorns wiederfinden werden.

In Photogr. 1 erkennen wir, dass diese Zellgruppe besteht aus sieben Zellen, welche in drei parallelen, sagittal verlaufenden Reihen angeordnet sind. Fig. 1, Taf. XXII giebt drei dieser Zellen bei stärkerer Vergrösserung wieder. Wir sehen hier drei länglich polygonale Zellkörper, ungefähr 50μ lang und $10\text{--}20\mu$ breit. Sie besitzen ziemlich lange und kräftige Dendriten, die sich in zwei Hauptrichtungen ausbreiten, die einen laufen schräg lateral und dorsal, die anderen schräg medial und dorsal. Wie wir noch an anderen Gruppen bemerken werden, zeigen diese Zellen mit ihren Dendriten einen ganz auffallenden Parallelismus, und zwar beschränkt sich derselbe nicht etwa nur auf Zellkörper und Stammdendriten, sondern es laufen auch die kleineren Aestchen parallel und gehen in gleicher Höhe von den gröberen Zweigen ab. Der laterale Stammdendrit theilt sich in grösserer oder geringerer Entfernung vom Zellkörper in zwei Aeste, von denen der eine mehr ventral abbiegt und mit seinen Zweigen in die weisse Substanz des Vorder-Seitenstrangs einlenkt, während der andere dorsal weiterzieht und in die mittlere Lateralgruppe eintritt. Ganz analoge Verhältnisse bietet uns der mediale Stammdendrit, hier tritt der eine Ast in den weissen Vorderstrang, der andere verzweigt sich in der mittleren Medialgruppe. Die Stammdendriten verlaufen entweder auf oder doch ganz nahe der Grenze zwischen weisser und grauer Substanz, ihre in die erstere eintretenden Zweige lassen sich hier oft auf lange Strecken verfolgen, in einem Falle bis 900μ . Ausser diesen Hauptdendriten schicken die Zellen noch wenige kleine Nebendendriten aus, von denen sich die einen ventral zwischen die Vorderwurzeln in die weisse Substanz, die anderen dorsal zur vorderen Zwischengruppe begeben.

Was die Neuriten anlangt, so sind sie nicht immer gut gefärbt, unsere Figur zeigt z. B. nur einen einzigen. Immer aber treten sie aus der ventralen Seite der Zellen heraus und strahlen in die vorderen Wurzeln ein. Es ergiebt sich übrigens auch aus Vergleichung derselben Zellgruppen aus anderen Höhen des Markes, dass wir es in diesen Zellen ausschliesslich mit Wurzelzellen zu thun haben.

Ein Blick auf die Photogr. 1 und 2 lehrt uns, dass in dem oberen Halsmark eine zellfreie Austrittszone nicht vorhanden ist.

Mittlere Lateralgruppe.

Durch die geringe Ausdehnung des Vorderhorns in dieser Gegend ist die Abgrenzung unserer Gruppe gegen die beiden vorigen nicht ganz leicht. Sie besteht aus einer Anzahl polygonaler Zellen, die in dem einen Durchmesser ca. $40\ \mu$, in dem anderen ca. $20\ \mu$ halten. Wenn auch an den Dendriten dieser Zellen kein so weitgehender Parallelismus herrscht, wie an den früher beschriebenen, so nehmen sie doch der Hauptsache nach denselben Verlauf und verbreiten sich in vier verschiedenen Richtungen. Lateral und ventral entstehen Dendriten, welche sich in der weissen Substanz des Seitenstrangs verbreiten, lateral und dorsal gehen sie zur hinteren Lateralgruppe und geben dabei Zweige in den Seitenstrang ab. Medial und dorsal begeben sich die Dendriten zur mittleren und hinteren Medialgruppe, medial und ventral durchdringen sie die ganze Spitze des Vorderhorns, um in die weisse Substanz des Vorderstrangs zu gelangen und auf ihrem Wege kleine Aestchen für die Vordergruppen abzugeben. Die Neuriten sind Vorderwurzelfasern.

Hinterer Lateralgruppe.

Diese Gruppe ist in Fig. 2, Tafel XXII durch zwei Zellen vertreten. Wir sehen grosse polygonale Zellen, $60\ \mu \times 30\ \mu$, deren Dendriten Bündel bilden und in vier Hauptrichtungen vordringen.

Die einen gehen zur mittleren Lateralgruppe, die zweiten dringen in die weisse Substanz ein, drittens verlaufen Dendriten dorsal zum Hinterhorn und geben dabei Zweige an die weisse Substanz ab, viertens endlich begeben sich mächtige Dendritenbündel zu den Mittel- und Zwischengruppen. Der Neurit entspringt entweder mehr ventral oder lateral aus dem Zellkörper und läuft dann mehr oder weniger bogenförmig zur vorderen Wurzel.

Mittlere Medialgruppe.

Die mittlere Medialgruppe findet sich auf der Höhe der mittleren Lateralgruppe. Sie ist auf Photogr. 2 besonders gut ausgebildet und besteht aus fünf Zellen, die etwas in die Länge gezogen erscheinen. Der Längsdurchmesser beträgt $40\text{--}60\ \mu$, der Querdurchmesser $10\text{--}20\ \mu$. Die Dendriten breiten sich auch nur in zwei Hauptrichtungen aus, ventral und dorsal. Die ven

tralen gehen hauptsächlich zur mittleren Lateralgruppe, die dorsalen zur hinteren Medialgruppe; beide geben kleine Seitenzweige an die weisse Substanz des Vorderstranges ab. Die Neuriten verhalten sich wie die der folgenden Gruppe.

H i n t e r e M e d i a l g r u p p e.

Diese Gruppe besteht in dem der Fig. 3, Tafel XXII zu Grunde liegenden Präparat aus 10 exquisit fusiformen Zellen. Sie sind ca. 100 μ lang und nur 15—20 μ breit. Die meisten besitzen nur zwei Dendriten. Der eine dorsale giebt zahlreiche Aeste in die weisse Substanz ab und läuft auf die vordere Commissur zu, der andere ventrale verzweigt sich in den Vordergruppen. Von der lateralen Fläche der Zelle entspringt ein meist wenig ansehnlicher Dendrit, der sich in den Zwischengruppen verästelt. Die dorsalen Dendriten lassen sich, zu Bündeln vereinigt, sehr weit verfolgen. Sie durchsetzen die vordere Commissur und dringen der Hauptsache nach in den weissen Vorderstrang der Gegenseite ein, nur schwache Aestchen gelangen in die Gegend der Mittelzellen. Je weiter man im oberen Halsmark cranial vordringt, um so mehr rückt die hintere Medialgruppe dorsal und kommt schliesslich in die vordere Commissur zu liegen.

Die Neuriten dieser Zellen erwiesen sich in allen Fällen, wo sie beobachtet werden konnten, als echte Wurzelfasern. Sie entspringen von der lateralen Fläche des Zellkörpers und beschreiben meist einen grossen Bogen, um in die vordere Wurzel zu gelangen.

H i n t e r e Z w i s c h e n z e l l e n.

Zwischen der hinteren Medial- und Lateralgruppe finden sich noch einige ziemlich grosse polygonale Zellen, ihre Durchmesser betragen 50 resp. 30 μ , die ihre Dendriten nach allen Richtungen hin ausschicken, ohne darin eine bestimmte Gesetzmässigkeit erblicken zu lassen.

M i t t e l z e l l e n.

Diese Zellen sind in der hier zu besprechenden Gegend wenig gut ausgebildet, weshalb auch nicht näher auf sie eingegangen werden soll. Es sind mittelgrosse, 50 $\times$ 45 μ , polygonale Zellen, deren Dendriten nach allen Richtungen strahlen und ein

weites Gebiet beherrschen. Wir werden später sehen, dass wir es hier mit Strang- und Commissurenzellen zu thun haben.

Austritt der Wurzelfasern.

Die Neuriten der Vorderhornzellen treten gewöhnlich in vier Bündeln aus der grauen Substanz aus und zwar zwei aus der Spitze selbst, die beiden anderen lateral resp. medial davon. Die Fasern kommen aus den verschiedenen Gruppen häufig in grossem Bogen hervor, durchdringen die Spitze des Horns ausfüllende, vereinigte vordere Medio-Lateralgruppe, kreuzen sich dann grösstentheils und strahlen in die verschiedenen Wurzelbündel ein.

Mittleres und unteres Halsmark.

Photogr. 3, 4 und 5.

Das Vorderhorn hat in dieser Gegend, wie früher besprochen wurde, eine grössere Ausdehnung gewonnen. Die früher einfache ventrale Spitze ist in zwei ausgezogen, eine mediale und laterale Ecke. In jeder von beiden findet sich eine gut ausgebildete Zellgruppe, die vordere Lateral- und vordere Medialgruppe. Dazwischen liegt ein zellfreies, von vielen Neuriten durchzogenes Gebiet, das wir als Austrittszone der Wurzelfasern bezeichnet hatten.

Vordere Lateralgruppe.

Die vordere Lateralgruppe liegt in der lateralen Ecke des Vorderhorns und besteht in Photogr. 3 aus 10 mittelgrossen polygonalen Zellen. Ihre Durchmesser schwanken zwischen 35 und 40 μ resp. 25 und 30 μ . Die Dendriten verlaufen nicht streng parallel und sind auch nicht zu Bündeln vereinigt, man kann aber doch zwei Hauptrichtungen an ihnen erkennen. Die einen erstrecken sich zur mittleren Lateralgruppe, die anderen strahlen in die Austrittszone der Wurzelfasern ein. Ausserdem dringen schwächere Dendriten zur vorderen Zwischengruppe und zur weissen Substanz.

Die Neuriten dieser Zellen waren fast in allen Fällen gut gefärbt und zeigten folgende Eigenschaften. Der Neurit entsteht immer aus einem spitz ausgezogenen Ursprungskegel. Er ist anfangs ausserordentlich dünn und blass gefärbt, blasser noch als die Dendriten. Dieses und das im Folgenden zu beschreibende

Verhalten ist ausserordentlich charakteristisch und gilt für alle von uns beobachteten Neuriten ganz allgemein. Er ist ebenso, wie die Dendriten völlig glatt und zeigt meist einen schwach geschlängelten Verlauf. (Eine Ausnahme machen in dieser Beziehung nur die Vorderwurzelneuriten im Lendenmark, cf. später.) Nach einem Verlauf von 30—50 μ von der Zelle schwillt der Neurit mehr oder weniger rasch zur 4—5fachen Dicke an und erscheint ganz tief blau gefärbt. Er tritt in dieser Stärke durch die Austrittszone durch, giebt hier seine Collateralen ab und gelangt in eins der Wurzelbündel. Hier angekommen, verjüngt er sich nach und nach wieder auf die Hälfte oder noch mehr seiner Stärke. Ab und zu sieht man über den Neuriten quer herüber einen tiefblau gefärbten, etwas erhabenen Ring verlaufen.

Mittlere Lateralgruppe.

Diese Gruppe setzt sich in Photogr. 3 aus 12—15 polygonalen, manchmal etwas rundlichen Zellen zusammen, die durchgängig etwas grösser sind als die vorigen, 25—40 $\times$ 45—60 μ . Die Zellen besitzen im Querschnittsbild 6—8 stärkere Dendriten, an denen man leicht fünf Hauptrichtungen erkennen kann.

Es ziehen die Dendriten nämlich 1. zur weissen Substanz, 2. zur hinteren Lateralgruppe, 3. zur hinteren Zwischengruppe, 4. zur vorderen Zwischengruppe und zur Austrittszone und 5. zur vorderen Lateralgruppe. Die Neuriten begeben sich in die verschiedenen Bündel der vorderen Wurzel. Sie gleichen in ihrem Verhalten ganz den vorigen.

Hintere Lateralgruppe.

Diese Gruppe ist in unseren Präparaten vom mittleren und unteren Halsmark immer nur durch wenige, aber grosse Individuen vertreten. Es sind das Zellen von 50—75 $\mu \times$ 20—30 μ , die durch die Art ihrer Verbindung eine eigenthümliche Form annehmen. Von einem etwas in die Länge gezogenen, meist vier-, seltner dreieckigen Zellkörper strahlen fünf Hauptdendriten aus. Die correspondirenden Dendriten der einzelnen Zellen zeigen auch hier wieder einen ausserordentlich ausgesprochenen Parallelismus in ihrer Verlaufsrichtung. Von diesen Dendriten strahlt der erste genau lateral in die weisse Substanz, der zweite lateral und ventral zur mittleren Lateralgruppe, der dritte medial und

ventral zur vorderen Zwischengruppe, der vierte theilt seine Zweige zwischen den Mittelzellen und der hinteren Zwischengruppe, und der fünfte und letzte endlich zieht zum Cervix des Hinterhorns.

Der Neurit entspringt entweder von der ventralen oder dorsalen Fläche der Zelle und zieht dann entweder direct oder in grossem Bogen zur vorderen Wurzel.

In der hinteren Lateralgruppe finden sich im Halsmark auch Zellen, welche zum Accessoriuskern gehören. Ihre Neuriten verlaufen schräg dorsal zum Caput des Hinterhorns, um von hier aus in geradem Zuge die weisse Substanz des Seitenstrangs zu durchsetzen. Es stimmt dieser Befund mit den Angaben von Bunzl-Federn¹⁾ überein, welcher seine Resultate mittelst der Degenerationsmethode erhalten hatte.

Vordere Medialgruppe.

Sie besteht in Photogr. 3 aus 6—8 polygonalen Zellen von $50\ \mu \times 25\ \mu$ Grösse, welche dicht gedrängt liegen und vier Hauptrichtungen ihrer Dendriten erkennen lassen. Dieselben begeben sich eumal zur mittleren Medialgruppe und auch durch sie hindurch zur vorderen Commissur, dann in einem Bündel zur hinteren Zwischengruppe, ferner zur vorderen Zwischengruppe und Austrittszone und schliesslich zur weissen Substanz. Die Neuriten strahlen in die vorderen Wurzeln ein.

Mittlere Medialgruppe.

Sie besteht immer nur aus wenigen, meist dicht an der Grenze der weissen Substanz gelegenen, $60\text{--}65\ \mu \times 20\text{--}25\ \mu$ grossen Zellen, deren Dendriten in je einem Bündel aus dem vorderen und hinteren Ende der Zelle entspringen. Dorsal dringen die Dendriten in die vordere Commissur und den gleichseitigen und gekreuzten Vorderstrang ein, vereint mit den Dendriten der vorigen Gruppe, ventral vertheilen sie sich in der vorderen Medialgruppe.

Der Neurit entspringt aus der lateralen Fläche der Zelle und dringt in die vordere Wurzel.

1) Bunzl-Federn, Monatsschr. für Psych. u. Neurol. Bd. II. 1897.

Hinter e Medialgruppe.

Sie fehlt in diesem Theile des Markes. Man findet an ihrer Stelle nur einzelne zerstreute, grosse polygonale Zellen in der Höhe der vorderen Commissur.

Vordere Zwischengruppe.

Sie bildet in Photogr. 3 einen sehr gut abgegrenzten, kreisrunden Zellhaufen, welcher ventralwärts direct an die Austrittszone anstösst und von zahlreichen Neuriten anderer Zellgruppen umgeben wird. Sind diese gut gefärbt, so können sie die Zellgruppe etwas verdecken. Die Gruppe zeichnet sich ferner dadurch aus, dass die Grundsubstanz zwischen den Zellen stark mitgefärbt erscheint. Bei stärkerer Vergrösserung erkennt man, dass dies davon herrührt, dass zwischen den Zellen ausserordentlich zahlreiche, quer und schräg geschnittene Fasern verlaufen, Dendriten und Collateralen, welche hier enden. Die Zellen (Fig. 4, Tafel XXII) sind gleichmässig gross, polygonal $45\ \mu \times 25\ \mu$ und besitzen 4—5 Dendriten. Die letzteren bilden in ihrer Gesamtheit vier Bündel, welche in Form eines Kreuzes aus der Gruppe hervorstrahlen. Dorsal geht ein Bündel zu den hinteren Zwischenzellen, lateral eins zur mittleren Lateralgruppe, ventral verlaufen die Dendriten zur Austrittszone und medial schliesslich zur mittleren Medialgruppe.

Ueber die Bedeutung dieser Zellgruppe können wir etwas absolut Positives nicht aussagen, da wir in keinem Falle einen Neuriten aus einer Zelle entstehen sahen. Es ist aber mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass es sich um Wurzelzellen handelt. Man sieht nämlich zahlreiche Wurzelfasern in der Gruppe endigen. Wahrscheinlich verhält sich die Sache so, dass der Neurit von der cranialen oder caudalen Fläche der Zelle abgeht und deshalb seine Entstehung auf Rückenmarksquerschnitten schwer zu beobachten ist.

Hinter e Zwischengruppe.

Obwohl diese Gruppe nicht so scharf gegen ihre Umgebung abgesetzt ist, als die vordere Zwischengruppe, so lässt sie sich doch durch die eigenartige Form ihrer Zellen leicht von den umliegenden Gruppen unterscheiden. Es handelt sich hier um grosse, $50\text{--}70\ \mu \times 15\text{--}30\ \mu$, viereckige, etwas in die Länge

gezogene, oft rhombische Zellkörper, von deren Ecken vier Dendriten ausstrahlen, und zwar läuft der hintere laterale zu den Mittelzellen und der hinteren Lateralgruppe, der vordere laterale zur mittleren Lateral- und vorderen Zwischengruppe, der vordere mediale zur vorderen Medialgruppe und der hintere mediale zu den Mittelzellen.

Was die Neuriten anlangt, so scheint diese Gruppe nicht einheitlich zu sein. Der grösste Theil der Zellen scheint zu den Commissurenzellen zu gehören. Man sieht nicht selten ein starkes Bündel Neuriten aus der Gruppe austreten und in schrägem oder mehr geradem Verlauf zur vorderen Commissur ziehen, diese durchsetzen und in den Vorderstrang der Gegenseite einstrahlen. In einzelnen Fällen gelang es uns auch, Neuriten aus dieser Gruppe in den Seitenstrang derselben Seite zu verfolgen und auch das Vorkommen von Wurzelzellen in dieser Gruppe ist nach unseren Beobachtungen nicht auszuschliessen.

Mittelzellen.

Die Mittelzellen präsentiren sich uns im mittleren und unteren Halsmark als eine meist nur aus wenigen Exemplaren bestehende Gruppe mittelgrosser bis grosser, $40-70\mu \times 30-40\mu$, polygonaler Zellen, welche auf der Basis des Vorderhorns ungefähr in der Höhe des Centralcanals liegen. Sie schicken ihre zahlreichen starken Dendriten nach allen Richtungen aus und zwar zu den verschiedenen Vorderhorngruppen, in das Hinterhorn, durch die Commissur hindurch und in die weisse Substanz.

Die Neuriten der Mittelzellen begeben sich entweder bogenförmig zur vorderen Commissur oder mehr gerade lateral zum Seitenstrang. Für beide Typen bieten unsere Photogramme Beispiele. Photogr. 3 zeigt zwei Mittelzellen, deren Neuriten zur vorderen Commissur, der eine in grösserem, der andere in kleinerem Bogen verlaufen, in Photogr. 4 sieht man eine grosse Strangzelle aus der Mittelzellengruppe.

Ausser diesen bestimmten Zellgruppen finden sich nun hier und da auch noch zwischen den einzelnen Gruppen zerstreute grosse Zellen, welche dem Strang- oder Commissurenzellentypus angehören.

Die Austrittszone der Wurzelfasern.

Die austretenden Vorderwurzelfasern bilden in der weissen Substanz 4—6 Bündel, welche ungefähr parallel verlaufen. Schon auf diesem Verlauf sieht man, wie aus dem einen Bündel Fasern in ein nebenliegendes abbiegen, wodurch natürlich eine Mischung der Fasern zu Stande kommen muss. Es galt uns nun, vor allem Klarheit über die Zusammensetzung der einzelnen Bündel zu erhalten. Es fragte sich, ob die einzelnen Bündel auch einzelnen Zellgruppen entsprechen, oder ob sich jedes Wurzelbündel aus Neuriten verschiedener Zellgruppen zusammensetzt. Wenn auch schon ein flüchtiger Blick auf Photogr. 5 zur Entscheidung dieser Frage genügt, so wollen wir doch diese Wurzelbündel in zwei verschiedenen Schnitten an der Hand von Fig. 5 und 6, Taf. XXII genau analysiren. Wir gehen dabei von der lateralen zur medialen Ecke vor. In Fig. 5 besteht das erste Bündel aus fünf Fasern, von ihnen kommen die beiden ersten von der mittleren Lateralgruppe, die dritte von der hinteren Lateralgruppe, die vierte endet in der Gegend der vorderen Zwischenzellen, und die fünfte gehört der vorderen Lateralgruppe an, also fünf Fasern aus vier Zellgruppen. Im zweiten Bündel sind nur zwei Fasern gefärbt, von welchen die eine aus der vorderen, die andere aus der mittleren Lateralgruppe kommt. Die drei Fasern des dritten Bündels gehören der vorderen und mittleren Lateral- und einer der Medialgruppen an. Im vierten Bündel sind wieder fünf Fasern gefärbt, von denen sich drei aus den Lateral- und zwei aus den Medialgruppen herleiten; die einzige Faser des fünften, medialsten Bündels endlich stammt aus der vorderen Lateralgruppe.

Ein anderer Schnitt, den Fig. 6 wiedergiebt, zeigt uns nur vier austretende Bündel. Im ersten Bündel ist nur eine einzige Faser gefärbt, welche aus der vorderen Lateralgruppe stammt, dazu kommt noch eine zweite, die, aus der vorderen Medialgruppe kommend und anfangs im dritten Bündel verlaufend, das zweite kreuzt, um in das erste einzutreten. Eine ziemlich vollständige Färbung erscheint im zweiten Bündel erreicht zu sein; es besteht aus neun Fasern. Von ihnen stammt die erste, dritte und sechste aus der hinteren Lateralgruppe, die zweite von der vorderen Lateralgruppe und die fünfte von der mittleren Lateralgruppe. Die siebente und neunte gehören der vorderen resp.

mittleren Medialgruppe an, und die vierte und achte enden in der Gegend der vorderen resp. hinteren Zwischengruppe. Ausserdem treten noch aus dem dritten Bündel zwei Fasern in das zweite ein, welche aus den beiden Medialgruppen stammen. Wir haben also in diesem Wurzelbündel Fasern aus sämtlichen in Betracht kommenden Vorderhorngruppen. Im dritten Bündel bleiben uns noch drei Fasern übrig, die aus der vorderen Lateral- und der vorderen und mittleren Medialgruppe herkommen. Von den fünf Fasern des vierten Bündels sind zwei nicht ausreichend gefärbt, die anderen drei lassen sich zur hinteren Lateralgruppe, zur vorderen Medial- und vorderen Zwischengruppe verfolgen.

Aus allem geht hervor, dass die einzelnen austretenden Faserbündel Fasern der verschiedensten Zellgruppen enthalten, worauf in einem späteren Kapitel noch des Näheren eingegangen werden soll.

Die sog. rücklaufenden Collateralen.

Jeder Neurit der motorischen Vorderhornzellen giebt entweder in der Austrittszone oder kurz nach seinem Eintritt in die weisse Substanz ein oder zwei feine Aestchen ab, welche sich im Vorderhorn oder zwischen den austretenden Fasern verästeln, die sog. rücklaufenden Collateralen. Zwischen dem Gewirr der austretenden Wurzelfasern findet sich so ein zweites Gewirr viel feinerer Fäserchen, und man könnte statt von einer Austrittszone der Wurzelfasern auch von einer Zone der rücklaufenden Collateralen sprechen. Die Collateralen entstehen aus dem Neuriten entweder in der Ein- oder Zweizahl, im letzteren Falle aber immer ganz dicht nebeneinander oder vis-à-vis. Niemals ist es uns gelungen, an einem Neuriten die Entstehung von zwei oder gar mehreren Collateralen an zwei entfernten Punkten zu beobachten. Entsendet der Neurit zwei Collateralen, so wendet sich immer die eine ventral, die andere mehr dorsal. In der grossen Zahl der Fälle schickt jeder Neurit jedoch nur eine Collaterale aus. Sie entstehen meist aus einer kleinen, spitz ausgezogenen Erhebung des Axencylinders, und nicht selten läuft hier ein dunkel gefärbter Ring über den Axencylinder, die Andeutung einer Ranvier'schen Einschnürung. Der Verlauf der Collateralen ist nicht ganz leicht zu verfolgen, was hauptsächlich daher rührt, dass sie zahlreiche und starke Krüm-

mungen beschreiben. Man muss deshalb recht dicke Schnitte, von 100 μ und mehr, anfertigen, um über ihren Verlauf in's Klare zu kommen. Fig. 7, Tafel XXII zeigt bei homogener Immersion ein Bündel von acht austretenden Wurzelfasern, von welchen an fünf Fasern rücklaufende Collateralen gefärbt sind, und zwar gehen aus vier Fasern einfache, aus einer Faser doppelte Collateralen hervor. Wir sehen hier einmal, in wie verschiedener Entfernung von der Zelle die Collateralen entstehen. Jede Collaterale theilt sich dichotomisch und zwar meistens mehrmals hintereinander. Gewöhnlich schlägt der eine primäre Ast eine dorsale, der andere die ventrale Richtung ein. Es biegt sich so der eine in die Gegend der vorderen Zwischengruppe, wohl auch der vorderen Medial- oder Lateralgruppe. Hier kann man sehr häufig beobachten, wie die Endreiserchen der Collateralen an die Dendriten oder Zellkörper sich anlegen. Der ventrale Theilast dagegen splittert sich in der Austrittszone auf, und es entsteht hier ein Gewirr von Fäserchen, welches sich eine Strecke weit in das Wurzelbündel hinein verfolgen lässt.

In Fig. 8, Tafel XXII liegt einer der zahlreich beobachteten Fälle vor, in dem man Vorderhornzelle, Ursprung und Verlauf des Neuriten und der rücklaufenden Collateralen auf das Schönste verfolgen konnte. (Zu bemerken ist dabei, dass die Ursprungszelle, um die Figur nicht allzu gross anzulegen, viel zu klein gehalten ist.) Es handelt sich um eine hintere Lateralzelle. Der Neurit wendet sich in grossem Bogen medial- und dann ventralwärts, um in das Wurzelbündel einzutreten. Ungefähr in der Mitte seines Verlaufs, innerhalb der grauen Substanz, entstehen aus ihm zwei rücklaufende Collateralen. Die eine läuft parallel mit dem Neuriten zur Austrittszone, um sich hier zu verzweigen. Die andere wendet sich lateral und theilt sich in drei Hauptäste, von denen der eine sich zur Gegend der vorderen Zwischenzellen, der zweite zur mittleren, der dritte zur vorderen Lateralgruppe biegt. Solcher Beispiele liessen sich noch eine ganze Menge beibringen, welche beweisen, dass den rücklaufenden Collateralen ein grosses Verbreitungsgebiet zukommt. Gleichzeitig zeigt uns aber auch dieses Beispiel, dass der Name rücklaufende Collaterale durchaus nicht immer den thatsächlichen Verhältnissen entspricht, und wir wollen deshalb in Zukunft nur von motorischen Collateralen sprechen.

Collateralen des Seitenstrangs.

Die Collateralen des Seitenstrangs bilden einen ganz wesentlichen Bestandtheil des Fasergewirrs innerhalb der grauen Substanz. Sie treten entweder einzeln oder zu starken Bündeln vereinigt in die graue Substanz ein (Photogr. 6) und lassen sich meist nicht sehr weit in derselben verfolgen, da sie bald schräg abgeschnitten erscheinen. Das rührt daher, dass sie hier unter rechtem oder stumpfem Winkel in die Längsrichtung umbiegen. Wir werden deshalb ihren Verlauf besser an der Hand von Frontalschnitten später besprechen.

Collateralen der Hinterstränge.

Es sollen diese Collateralen später bei Besprechung des Lendenmarks behandelt werden, weil die Verhältnisse hier wesentlich dieselben sind und unsere Präparate dort mehr Details aufwiesen. Es bilden die Hinterstrangscollateralen ein dickes, gut gefärbtes Bündel, welches das Hinterhorn seiner Länge nach durchsetzt, die Mittelzellen umhüllt und bis zur Gegend der hinteren Zwischenzellen sich verfolgen lässt. An den Mittelzellen kann man auch, wie später auseinandergesetzt werden soll, die Endigung dieser sensiblen Fasern sehr schön beobachten.

Das Dorsalmark.

In Bezug auf das Dorsalmark können wir uns sehr kurz fassen. Durch die geringe Entwicklung des Vorderhorns in diesem langen Rückenmarksabschnitt wird naturgemäss auch eine geringe Entwicklung der Vorderhornzellen bedingt. Diese charakterisirt sich vorwiegend durch eine Reduction der Zellzahl, während die Grösse der Zellen in keiner Weise eine Einbusse erleidet. Fast alle Zellgruppen sind gut entwickelt und deutlich von einander trennbar. Am schönsten präsentiren sich die Vordergruppen und die Medialgruppen, während die mittlere und hintere Lateralgruppe stärker reducirt erscheint. Jede Gruppe ist nur durch wenige Individuen vertreten. Die Zwischenzellen lassen eine Untergruppierung nicht erkennen. Sehr stark vertreten sind meist die Mittelzellen, sie finden sich als grosse Zellkörper in der Höhe des Centralcanals und senden vor allem mächtige Dendriten in das Vorderhorn hinein bis zu den vordersten Zwischenzellen. Eine eigentliche Austrittszone der Wurzel-

fasern ist kaum vorhanden, vordere Lateral und Medialgruppe sind dicht aneinander gerückt. Nach vorn von ihnen bleibt ein kleiner zellfreier Theil grauer Substanz übrig, den man als Austrittszone auffassen kann. Anhangsweise sei bemerkt, dass die Clarke'schen Säulen mit ihren grossen Zellen sich immer sehr gut färbten, sie liegen, recht gut abgegrenzt, in der hinteren Commissur, jederseits dicht neben der Mittellinie.

Das Lendenmark.

Photogr. 7, 8, 9 und 10.

Wir werden das Lendenmark nicht so ausführlich behandeln, wie das Halsmark, weil beide in vielen Punkten einen übereinstimmenden Bau zeigen. Es charakterisirt sich das Vorderhorn im Lendenmark durch eine sehr starke Entwicklung seiner lateralen Partie und dem entsprechend zeigen auch die Lateralgruppen hier eine mächtige Ausbildung.

Vordere Lateralgruppe.

Sie besteht aus zahlreichen mittelgrossen, $45\ \mu \times 15-25\ \mu$, manchmal etwas in die Länge gezogenen Zellen, deren Dendriten zwei Hauptrichtungen einschlagen. Der eine begiebt sich zur Austrittszone der Wurzelfasern, der andere zur mittleren Lateralgruppe. Kleinere Aeste lassen sich lateral zur weissen Substanz, medial zur Zwischengruppe verfolgen. Die Neuriten wenden sich meist gerade und medial und ventral zur vorderen Wurzel, oder sie beschreiben erst einen grossen Bogen, um in die mehr medial gelegenen Wurzelbündel zu gelangen. Dabei lässt sich ein eigenthümliches Verhalten des Neuriten beobachten, welches gerade im Lendenmark an den Neuriten der Vorderhornzellen sich sehr häufig findet und für sie fast als typisch bezeichnet werden kann. Der Neurit beschreibt nämlich nicht weit entfernt von seinem Abgang von der Zelle und zwar da, wo sein wenig gefärbter, dünner Abschnitt in den stark gefärbten dicken Abschnitt übergeht, einen Bogen oder eine kleine Schleife (Fig. 9 und folgende, Photogr. 8). Es lässt sich dieses Verhalten natürlich auf den Photogrammen, der starken Niveaudifferenzen wegen, nur schwer wiedergeben.

Mittlere Lateralgruppe.

Die Zellen dieser Gruppe (Fig. 10, Taf. XXII) sind etwas grösser wie die der vorigen, $60-70\mu \times 30-50\mu$ und mehr polygonal. Sie zeigen, wie im Halsmark, durch ihre Dendriten Verbindung mit der Austrittszone der vorderen und hinteren Lateralgruppe, den Zwischengruppen und der weissen Substanz. Ihre Dendriten verhalten sich ähnlich, wie die der vorigen.

Hinterer Lateralgruppe.

Die Zellen besitzen eine Grösse von $45-60\mu \times 20-40\mu$ und sind wieder etwas mehr länglich. Unsere Präparate dieser Gegend zeigen uns ausserordentlich schön den Zusammenhang dieser Zellen resp. ihrer Dendriten mit den sensiblen Collateralen der Hinterstränge, welche letztere in einem starken Bündel aus dem Hinterhorn hervorstrahlen. Die in Fig. 11, Taf. XXII mit x bezeichneten Dendriten laufen unter fast rechtem Winkel auf jenes Bündel zu und lösen sich, an ihm angelangt, in zahlreiche feinste Reiserchen auf. Dabei legen sie einen Weg von beinahe 300μ zurück, auf dem sie sich gut verfolgen lassen.

Mediale Gruppen.

Sie zeigen keine Abweichung von den beim Halsmark besprochenen Verhältnissen, sind nur im Ganzen schwächer entwickelt als dort. Die hintere Medialgruppe ist vorhanden, aber immer nur durch ganz wenige Zellexemplare vertreten.

Zwischengruppen.

Die beiden Zwischengruppen lassen sich im Lendenmark nicht so leicht von einander trennen, als im Halsmark. Sie bilden einen mächtigen Haufen grosser Zellen, welche ihre Dendriten nach allen Richtungen zu den benachbarten Zellgruppen hinaussenden.

Austrittszone der Wurzelfasern.

Auch für dieses Gebiet gilt ungefähr dasselbe, was wir für das mittlere und untere Halsmark beschrieben haben. Wir haben ausgezeichnete Präparate hier, besonders von der Lendenanschwellung erhalten. Die austretenden motorischen Fasern (Photogr. 9) bilden hier auch wieder 4—6 Bündel, von denen wir in einzelnen über 30 gefärbte Fasern zählten. Jedes einzelne

Bündel setzt sich wiederum aus Neuriten der einzelnen Gruppen zusammen. Auch für das Studium der motorischen Collateralen bieten diese Präparate reiche Gelegenheit.

Collateralen der Hinterstränge.

Dieselben treten in einem geschlossenen starken Bündel durch das Hinterhorn durch und lassen sich so bis zur Höhe des Centralcanals verfolgen. Hier strahlen sie fächerförmig aus einander und treten einmal mit den Dendriten der Lateralzellen und dann mit den Zellen der Mittel- und Zwischengruppe in Verbindung. Fig. 12, Tafel XXII zeigt eine solche Mittelzelle mit den Endverzweigungen von Hinterstrangscollateralen. Die letzteren spalten sich zunächst dichotomisch in immer feinere Reiserchen, deren feinste mit starken Varicositäten besetzt sind, während die gröberen und die Fasern selbst gänzlich davon frei sind. Es gehen dabei die Aeste einer und derselben Collaterale zu verschiedenen Zellen, und eine Zelle kann wieder von zwei und mehr Collateralen versorgt werden. Die Endigung erfolgt so, dass sich die varicösen Fäserchen dem Zellkörper und den Dendriten anlagern. Von einer engeren Verbindung zwischen beiden war niemals etwas zu beobachten.

Das Sacralmark.

Photogr. 11.

Im Sacralmark ändert sich das Querschnittsbild bedeutend, indem bei stetig abnehmendem Gesamtquerschnitt die graue Substanz die weisse immer mehr verdrängt, so dass schliesslich nur noch ein schmaler Saum weisser Substanz übrig bleibt.

Die einzelnen Zellgruppen sind meist noch gut von einander trennbar, nur die vordere Lateral- und Medialgruppe fliessen, wie im oberen Halsmark zu einer gemeinsamen Medio-Lateralgruppe zusammen (Fig. 13, Taf. XXIII). Sie besteht aus grossen, meist dreieckigen Zellen, und zwar liegen die Zellkörper immer so, dass die Basis des Dreiecks dorsal liegt und dem Contour des Vorderhorns parallel verläuft. Von den drei Ecken sieht die eine ventral zur Vorderhornspitze, die beiden anderen lateral resp. medial. Die aus diesen Ecken entspringenden, meist recht mächtigen Dendriten verlaufen zur weissen Substanz, zu den Medialgruppen und zur mittleren Lateralgruppe. Von der Basis

des Dreiecks gehen schwächere Dendriten zu den Zwischengruppen. Der Neurit entspringt entweder aus der Spitze des Dreiecks oder aus der Basis und wendet sich in letzterem Fall in einem grossen Bogen zur Wurzel. In vielen Fällen zeigt er die für die Neuriten des Lendenmarks beschriebene Krümmung.

Die mittlere und hintere Lateralgruppe sind gut entwickelt und zeichnen sich durch den Gehalt an sehr grossen Zellen aus. Grosse bis sehr grosse polygonale Zellkörper, nicht selten von über 120μ Durchmesser, mit zahlreichen, sehr starken Dendriten, die nach allen Richtungen hin ausstrahlen. Unter diesen Dendriten fallen besonders mächtige Aeste auf, welche in die weisse Substanz einstrahlen und sich bis an die Peripherie des Markes verfolgen lassen. Photogr. 11 zeigt uns die vordere Medio-Lateralgruppe und die hintere Lateralgruppe gefärbt, und man sieht hier sehr schön, wie von einer Gruppe, lange Dendriten in die andere einstrahlen. Die mittlere Lateralgruppe ist hier nicht sichtbar.

Auch die mittlere und hintere Medialgruppe sind im Sacralmark gut entwickelt, fliessen aber meistens zusammen und lassen sich nur schwer von einander trennen (Fig. 14, Taf. XXIII). Sie bestehen aus grossen, manchmal auch sehr grossen Zellen. Aus dem länglichen Zellkörper geht am ventralen und dorsalen Ende je ein mächtiger Dendrit aus, der zur vorderen Medio-Lateralgruppe resp. zur vorderen Commissur zieht. Die dorsalen Dendriten lagern sich zu einem starken Bündel zusammen, durchdringen die vordere Commissur und senden ihre Aeste theils in den weissen Vorderstrang, theils in die graue Substanz der Gegenseite. Durch die sich von beiden Seiten kreuzenden Dendriten entsteht in der vorderen Commissur ein sehr dichtes Fasergewirr. Der Neurit entsteht von der lateralen Fläche der Zelle und zieht im Bogen zur vorderen Wurzel.

Von Zwischen- und Mittelzellen lassen sich bestimmte Gruppen nicht mehr unterscheiden. Sie sind vertreten durch zahlreiche polygonale Zellen, die regellos im mittleren und hinteren Theil des Vorderhorns zerstreut sind und zu den grössten Zellen gehören, die wir im Rückenmark des Kaninchens beobachtet haben. Zellkörper von 150μ Durchmesser gehören nicht zu den Seltenheiten. Sie schicken ihre Dendriten nach allen Seiten hin. Ihre

Neuriten verlaufen entweder zur Commissur, oder sie treten in den Seitenstrang derselben Seite ein.

Frontalschnitte.
Photogr. 13, 14 und 15.

Es sollen nun in dem Folgenden kurz eine Reihe von Frontalschnitten besprochen werden, welche die früher erhaltenen Resultate in manchen Punkten erweitern und vervollständigen werden.

Ein erster Schnitt (Photogr. 13) ist gelegt durch die weisse Substanz des Vorderstrangs. Die austretenden Wurzelfasern, die wir früher auf dem Längsschnitt sahen, erscheinen hier quer getroffen. Wir erkennen fünf Längsreihen quer geschnittener Wurzelfasern. Jede Reihe besteht aus mehreren hinter einander geordneten Streifen. Jede Reihe ist von der anderen ungefähr 100—150 μ weit entfernt. Es stellen also die motorischen Wurzeln innerhalb der weissen Substanz 200—300 μ breite und 20 bis 30 μ dicke Bänder dar, welche in Längsreihen hinter und neben einander angeordnet sind. Ab und zu sieht man in den Schnitten auch eine Faser von dem einen Wurzelband zum anderen herüberlaufen.

Ein nächster Schnitt (Photogr. 14) führt uns in die Austrittszone der Wurzelfasern. Aus den einzelnen Wurzelbändern strahlen hier die Fasern fächerförmig nach links und rechts auseinander, um sich zu ihren Ursprungszellen zu begeben. Zwischen den Fasern erscheinen hier und da blass gefärbte Zellen, Angehörige der vorderen Zwischengruppe. Was aber diesen Schnitt charakterisirt, ist die enorme Menge von motorischen Collateralen. Fast jede Faser zeigt, bei stärkerer Vergrösserung, untersucht eine einfache oder doppelte Collaterale. Es bildet sich so ein dichtes Collateralengewirr, das bei der Vergrösserung des Photographs allerdings nicht zu erkennen ist. Was die Verbreitung der motorischen Collateralen anlangt, so haben uns die Frontalschnitte nichts Neues ergeben, das Verhalten der Collateralen zu den Zellen demonstrieren sie uns jedoch häufig mit grösster Schönheit und Deulichkeit. Fig. 15, Taf. XXIII ist demselben Schnitte entnommen wie Photogr. 14. Sie zeigt uns zwei Zellen der vorderen Zwischengruppe, darunter eine mit dem entstehenden Neuriten. Daneben liegen mehrere, theils quer, theils schräg,

theils längs getroffene Neuriten. An dem einen quer geschnittenen Neuriten ist gerade die Stelle getroffen, wo zwei Collateralen entstehen. Von den anderen Neuriten entspringen theils einfache, theils doppelte Collateralen. So sieht man von dem Neuriten 1 eine doppelte Collaterale ausgehen, die eine wendet sich im Bogen um und verschwindet, die andere theilt sich. Ihr einer Ast verzweigt sich an einer ersten, ihr anderer Ast an einer zweiten Zelle. Wir sehen also, dass von einer Collaterale aus zwei Zellen beeinflusst werden können. Gleichzeitig wird aber die zweite Zelle auch noch durch eine Collaterale des Neuriten 2 versorgt, also ein und dieselbe Zelle von zwei verschiedenen Collateralen resp. Neuriten. Die Endigung der motorischen Collateralen ist ganz ähnlich, wie die der sensiblen, die feinen Reiserchen legen sich dem Zellkörper oder dem Dendriten dicht an, sie unterscheiden sich von jenen aber dadurch, dass sie niemals Knötchen oder Verdickungen besitzen.

Photogr. 15 führt uns nun völlig in das Vorderhorn hinein. Wir erkennen auf der linken Seite den hellen Seitenstrang, auf der rechten Seite den schmalen Vorderstrang mit der vorderen Fissur. Zwischen beiden erscheint das Vorderhorn mit seinen Zellsäulen und zwar zunächst links die Lateralsäule, dann die Zwischensäule und am weitesten links die Medialsäule. Diese drei Säulen sind nun immer mehr oder weniger segmentirt, d. h. es wechseln zellreiche Partien mit zellarmen oder zellfreien Zonen ab. Meist ist die Segmentirung in den hinteren Lateralsäulen mehr ausgesprochen als in den vorderen. Die Zellen der Lateralsäulen erscheinen als grosse, $70-80\ \mu \times 30-40\ \mu$, polygonale Zellen, die ihre Hauptdendriten in drei Richtungen schicken, cranial, caudal und medial zur Zwischensäule. Lateral gehen gewöhnlich nur schwächere Dendriten zur weissen Substanz.

Die Zellen der Zwischensäule sind noch etwas grösser als die der Lateralsäule, ihre Dendriten strahlen nach allen Richtungen aus.

Die Zellen der Medialsäule sind kleiner, $40-50\ \mu \times 20-30\ \mu$, sie schicken ebenfalls ihre Dendriten nach allen Richtungen, darunter besonders starke und zahlreiche Aeste in die weisse Substanz des Vorderstrangs. Diese Säule zeigt auch eine sehr hübsche Segmentirung; die einzelnen Zellgruppen sind $100-250\ \mu$ hoch und stehen in $100-250\ \mu$ Abstand von einander.

In diese Zellsäulen treten nun von beiden Seiten Fasern ein aus dem Seitenstrang und aus dem Vorderstrang. Die aus dem Seitenstrang eintretenden Fasern sind entweder Strangfasern selbst oder Collateralen von solchen. Die letzteren gehen von den ersteren unter rechtem Winkel ab, wobei sie die Faser etwas spitzwinklig einziehen. Sie theilen sich schon mehrmals innerhalb der weissen Substanz resp. geben Theiläste ab, welche sich weit vom Hauptstamm entfernen. In die graue Substanz treten sie häufig zu kleinen Bündeln zusammengeschlossen ein und bedecken sich bald, nachdem sie hier angekommen sind, mit Knötchen und länglichen Verdickungen. (Fig. 16 und 17.) Ihre Endigung finden sie an den Zellen der Lateralsäule ganz ähnlich wie die Hinterstrangscollateralen. Sie legen sich dem Zellkörper resp. den Dendriten dicht an, manchmal einen wirklichen Korb um sie bildend. Wir haben diese Collateralreiserchen in einigen Fällen mit becherartigen Verbreiterungen enden sehen, welche den Endigungen mancher sensiblen Fasern in der Haut ähnlich waren. Auch direct rechtwinkelig in die graue Substanz abbiegende Strangfasern kann man sehr häufig sehen. Fig. 16, Tafel XXIII, demonstrirt solche Fälle. Ferner ist noch erwähnenswerth, dass die Fasern innerhalb der weissen Substanz schon Collateralen abgeben, welche auch innerhalb derselben bleiben und sich hier vielfach verästeln. Wir haben solche Bildungen gar nicht selten gesehen, sie scheinen beim Kaninchen ganz allgemein vorzukommen.

Etwas anders als die Collateralen des Seitenstrangs verhalten sich die des Vorderstrangs, vor allem haben wir sie nie so massenhaft gefunden, wie jene. Sie sind im Verhältniss zu den dicken Fasern sehr dünn, und es erscheint deshalb wohl auch die Stammfaser niemals eingeknickt. Die Vorderstrangscollateralen gehen nicht immer rechtwinkelig von der Stammfaser ab, sondern sehr häufig oder meistens schief. In Fig. 18, Taf. XXIII sind einige solcher Collateralen aus einem Frontalschnitt abgebildet. Faser 1 zerfällt noch innerhalb der weissen Substanz in zwei Theiläste, von welchen der eine im Strang weiterläuft, der andere in die graue Substanz eindringt. Faser 2 giebt dicht neben einander zwei Collateralen ab. Faser 3 biegt schräg ab, nachdem sie sich plötzlich stark verjüngt hat, dringt in die graue Substanz ein und zerfällt hier in zwei Theiläste. Ihre Endigung

finden die Vorderstrangfasern und -collateralen an den Zellen der Medial- und Zwischensäule ganz ähnlich wie die Seitenstrangfasern.

Damit hätten wir die Besprechung der einzelnen Schnitte beendet und wollen nun in den folgenden Blättern die erhaltenen Thatsachen sichten und zusammenstellen.

Die Vertheilung der Nervenzellen im Vorderhorn.

Im oberen Halsmark sind die vordere Lateral- und Medialgruppe zu einer einzigen vorderen Medio-Lateralgruppe im spitzen ventralen Winkel des Vorderhorns zusammengedrängt, die beiden anderen Lateralgruppen erscheinen gut entwickelt, die hintere im lateralen Winkel des Vorderhorns gelegen. Auch die Medialgruppen sind gut erkennbar und von einander gesondert; die fusiformen Zellen der hinteren Medialgruppe liegen in dorso-ventraler Richtung dicht an der Grenze des Vorderstrangs. Die Zwischengruppen und die Mittelzellen sind in dieser Gegend nur schwach vertreten.

Im mittleren und unteren Halsmark finden wir dagegen alle die verschiedenen Zellgruppen in schönster Weise entwickelt und von einander getrennt. Die vordere Lateral- und Medialgruppe haben sich von einander entfernt und sind in je einen Winkel des Vorderhorns gerückt. In dem dorsalen Theil der zwischen jenen gelegenen Austrittszone der Wurzelfasern erscheint scharf abgegrenzt die vordere Zwischengruppe, weniger scharf abgesetzt ist die hintere Zwischengruppe. Von den Medialgruppen wäre nur die hintere besonders zu erwähnen, sie hat sich nämlich an der medialen Circumferenz des Vorderhorns entlang dorsalwärts verschoben und ist so in die vordere Commissur gelangt, mit der ihre lange Zellen parallel verlaufen. Die Mittelzellen werden durch grosse in der Höhe des Centralkanals gelegene Zellen repräsentirt.

Im Dorsalmark werden die Verhältnisse viel unklarer, hier, wo die Vorderhörner stark verkleinert sind, sind auch die Zellen viel spärlicher vorhanden, die einzelnen Gruppen fließen zusammen und lassen sich nicht mehr von einander unterscheiden.

Das mächtige Anwachsen der Vorderhörner im Lendenmark lässt auch wieder die Gruppierung der Zellen gut hervortreten. Im wesentlichen finden wir hier dieselben Verhältnisse, als im

unteren Halsmark. Besonders auffallend ist die mächtige Entfaltung der Lateralgruppen, während die Medialgruppen eine schwächere Entwicklung, als im Halsmark zeigen. Wenn auch die Zwischengruppen durch zahlreiche Zellindividuen vertreten sind, so erscheinen beide Gruppen doch nicht scharf voneinander getrennt.

Das Sacralmark ähnelt dem oberen Halsmark wieder insofern, als wir hier eine gemeinsame vordere Medio-Lateralgruppe haben. Alle anderen Gruppen sind gut entwickelt und enthalten häufig aussergewöhnlich grosse Zellen. Zwischen- und Mittelzellen lassen eine Gruppierung nicht erkennen.

Alle diese Zellgruppen bilden nun im Rückenmark längs verlaufende Säulen, welche eine mehr oder weniger ausgesprochene Gliederung zeigen. Wir können so eine laterale, eine mediale und eine Zwischensäule unterscheiden. Die einzelnen Glieder, aus denen sich die Säulen zusammensetzen, schwanken in ihrer Höhe zwischen 100 und 300 μ , sie werden durch zellarme oder zellfreie Zonen von 50–150 μ getrennt.

Der Charakter der Vorderhornzellen.

Die weitaus grösste Mehrzahl aller Vorderhornzellen sind Wurzelzellen d. h. sie schicken ihre Neuriten in die vorderen Wurzeln hinein. Die von uns angewandte Methode, welche die Zellen mit ihren Dendriten und Neuriten auf weite Strecken darstellt ohne jedes störende Beiwerk oder irreführende Kunstprodukte, gestattet uns in dieser Beziehung absolut sichere Schlüsse. Ausschliesslich aus Wurzelzellen setzen sich zusammen die Lateral- und Medialgruppen, also die wichtigsten Zellgruppen des Vorderhorns. Die Zwischengruppen sind gemischter Natur, sie bestehen zum grössten Theil in ihren ventralen Partien sogar ausschliesslich aus Wurzelzellen, in den dorsalen Theilen finden sich dagegen zahlreiche Strang- und Commissurenzellen. Ausschliesslich aus letzteren scheinen nur die Mittelzellen zu bestehen. Wir können nach dem Gesagten mit unserer Methode die Angaben vieler Autoren, die mit der Golgimethode gearbeitet haben, nicht bestätigen. Sie lassen in dem eigentlichen Vorderhorn zahlreiche Neuriten des Vorder-Seitenstrangs entstehen.

Gestalt und Grösse der Vorderhornzellen.

Wir können im Allgemeinen im Vorderhorn zwei Arten von Nervenzellen unterscheiden polygonale und spindelförmige; die ersteren finden sich vorwiegend in den Lateralgruppen, die letzteren vorwiegend in den Medialgruppen. Die Form des Zellkörpers ist ausserordentlich verschieden und wird hauptsächlich bestimmt durch die Zahl und Anordnung der Dendriten, welche der Zellkörper ausschickt. Mit Ausnahme der Kugel- und Birnform finden sich alle möglichen Zellformen vertreten, dreieckige, viereckige, polygonale, spindelige etc.

Hinsichtlich der Grösse kann man unterscheiden: grosse Zellen von über 60 μ Durchmesser, mittelgrosse Zellen von 40—60 μ Durchmesser und kleine Zellen, deren grösster Durchmesser unter 40 μ bleibt. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die mehr dorsal gelegenen Zellgruppen grössere Zellen enthalten, als die mehr ventral gelegenen. Die grössten Zellen über 100 μ finden sich im Sacralmark und hier wieder in der mittleren und hinteren Lateralgruppe und unter den Mittelzellen. Zu den grossen Zellen gehören die hinteren Lateralzellen im unteren Halsmark, ebenso hier die hinteren Zwischen- und Mittelzellen und die mittleren Lateralzellen im Lendenmark, auch die hinteren Medialzellen des oberen Halsmarkes kann man hierher rechnen. Die Zellen aller übrigen Gruppen des Vorderhorns zählen zu den mittelgrossen Zellen. In den Vordergruppen finden sich auch vereinzelt kleine Zellen.

Der Zelleib erscheint in den Methylenblaupräparaten meistens ganz homogen oder undeutlich längs gestreift, eine Längsstreifung, welche sich auch auf die Dendriten fortsetzt. In selteneren Fällen erkennt man in dem Zelleib auch eine Andeutung der Nissl'schen Schollen. Der Kern ist meist dunkler gefärbt als der Zellkörper, ebenfalls homogen, und enthält in seinem Inneren, meist excentrisch gelegen, einen helleren rundlichen Fleck, welcher jedenfalls dem Nucleolus entspricht.

Die Dendriten der Vorderhornzellen.

Wie schon erwähnt, wird durch die Form und Zahl der Dendriten im Wesentlichen die Form des Zellkörpers bestimmt. Die Zahl der Dendriten ist sehr schwankend, niemals wurden weniger als drei und mehr als zwölf beobachtet, die meisten

Dendriten besitzen natürlich die exquisit polygonalen Zellen. Sie entstehen unregelmässig vom Zellkörper entweder mit breiter Basis, so dass sich der Körper direct in den Dendrit verjüngt, oder schmal und scharf vom Zellkörper abgesetzt. Meistens theilt sich der Dendrit unter spitzem oder stumpfem Winkel fortgesetzt dichotomisch, seltener entstehen mehr als zwei Aeste auf einmal. Eigenthümlich ist es, dass der Dendrit sich vor der Theilstelle häufig etwas verdickt und fast immer stellt der Theilungswinkel wie bei den gespreizten Fingern keinen Spitzbogen, sondern einen Rundbogen dar.

Bei der Theilung können beide Aeste gleich oder ungleich stark sein. Schliesslich laufen alle in feinste Fäserchen aus, die sich sehr weit verfolgen lassen. Es ist uns so gelungen, Dendriten fast einen Millimeter weit vom Zellkörper zu verfolgen, besonders leicht gelingt das bei denjenigen, welche durch die vordere Commissur in die andere Rückenmarkshälfte hineinstrahlen.

In den Methylenblaupräparaten besitzen die Dendriten immer eine absolut glatte Oberfläche, niemals zeigen sie ein solches hemoostes Aussehen, wie in den Golgipräparaten. Nur die allerfeinsten Fäserchen können hin und wieder perlschnurartig verdickt oder in einzelne Körnchen zerfallen sein. Hier handelt es sich aber jedenfalls um Kunstproducte, entstanden durch den Zerfall dieser zarten Protoplasmafäden.

Das Verbreitungsgebiet der Dendriten.

Wir wollen jetzt untersuchen, wie sich die Dendriten der einzelnen Gruppen verbreiten. Gerade für die Beantwortung dieser Frage, die bis bis jetzt noch wenig gewürdigt worden ist, liefert die Methylenblaumethode ausserordentlich klare Bilder und lässt uns auch wichtige Schlüsse auf die Function der Dendriten zu.

Zunächst wäre ganz allgemein zu bemerken, dass fast eine jede Zellgruppe des Vorderhorns mehr oder weniger starke Dendriten in die weisse Substanz schickt, entweder in die derselben oder der gegenüberliegenden Seite. Diese Dendriten sind meist sehr lang und verzweigen sich vielfach, im Sacralmark lassen sie sich bis an die Peripherie des Rückenmarkes verfolgen. Sie enden immer frei, in feinen Reiserchen und lassen irgend eine Beziehung zu den Gefässen niemals erkennen.

Diejenigen Dendriten, welche in der grauen Substanz bleiben, lassen eine ganz bestimmte Gesetzmässigkeit erkennen, sie stellen immer entweder Verbindungsbahnen zwischen einzelnen Zellgruppen oder zwischen Zellgruppen und Endstätten zuleitender Fasern her. Wie wir gesehen haben, bilden die einzelnen Zellgruppen im Rückenmark Säulen, die aus einzelnen Gliedern bestehen. Es lassen sich nun in allen diesen Säulen Dendriten nachweisen, welche die einzelnen Glieder einer Säule mit einander verbinden. Ferner sind aber auch die einzelnen Säulen durch Dendriten mit einander verbunden und zwar zunächst die lateralen Säulen unter sich und die medialen Säulen unter sich, dann aber auch die lateralen und medialen Säulen mit einander mit oder ohne Vermittlung der Zwischensäulen.

Was die Verbindung der Dendriten mit zuleitenden Fasern anlagt, so finden wir dieselbe einmal in der Austrittszone der Wurzelfasern. Hier verzweigen sich zahlreiche Dendriten der drei Vorderssäulen und dringen mit ihren feinen Zweigen noch bis in die Wurzelbündel hinein. Als zuleitende Fasern sind hier ohne Zweifel die motorischen Collateralen aufzufassen.

Eine weitere Stelle, wo eine solche Verbindung statt hat, ist der hintere Theil des Vorderhorns. Hier treffen die Dendriten der Lateralssäulen zusammen mit den Collateralen der Hinterstränge. Es lassen sich ferner jene langen mächtigen Dendriten der mittleren und hinteren Medialssäulen durch die Commissur durch in die gleiche Gegend der gekreuzten Seite verfolgen und aller Wahrscheinlichkeit nach treffen sie auch hier mit den Hinterstrangscollateralen zusammen.

Was die feinere Endigung der Dendriten anlangt, so gehört sie zu den Punkten unserer Untersuchung, die am schwierigsten zu ergründen waren. Die Dendriten sind ja im Allgemeinen nur blass gefärbt und werden natürlich immer blasser und dadurch ausserordentlich schwierig zu verfolgen, je dünner sie werden. Es gehören ausserordentlich distinct und intensiv gefärbte Präparate dazu, um über diesen Punkt Klarheit zu erhalten. Eine sehr gute Gelegenheit bietet in dieser Beziehung die vordere Zwischengruppe im mittleren Halsmark. Die feinsten Dendriten der Lateralzellen umgeben hier die Zwischenzellen, sie bilden gewissermassen Körbe um dieselben, aber niemals haben wir eine so enge Aneinanderlagerung gefunden, wie bei den Collateralen.

Der Dendritenkorb ist immer vom Zellkörper noch etwas entfernt, es bleibt zwischen beiden immer noch ein kleiner Zwischenraum. Der Dendrit endigt immer in der Nähe des Zellkörpers oder des Neuriten, niemals scheint eine Verbindung zwischen Dendriten selbst vorzukommen.

Ueber die Verbindungsweise zwischen Collaterale und Neurit ist wenig zu sagen, beide splintern sich in feinste Reiserchen auf, welche sich eng aneinander lagern.

In dem Schema (Fig. 19, Tafel XXIII) sind unsere Befunde dargestellt. Jede Gruppe ist durch eine Zelle, die Mittelgruppe durch zwei vertreten. Zellkörper und Dendriten sind blau, Neuriten und Collateralen roth gehalten. Das Schema soll demonstrieren die Gruppierung der Zellen, das Verbreitungsgebiet der Dendriten, Ursprung und Verlauf der Neuriten und Collateralen.

Die Function der Dendriten.

Was die wichtige und viel discutirte Frage nach der Function der Dendriten anlangt, so müssen wir uns entschieden für die ausschliesslich nervöse Natur dieser Gebilde erklären. Das erhellt schon zweifellos aus der Verbreitungsweise. Wo wir den Dendriten auch hin verfolgen können, immer trifft er mit einem nervösen Gebilde zusammen, entweder mit einem Zellkörper oder mit einer Collateralen. Man hat immer als einen Hauptgrund gegen die nervöse Natur der Dendriten ihr Einstrahlen in die weisse Substanz angeführt. Wir haben aber gesehen, dass ihnen hier reichlich Gelegenheit geboten ist, mit Collateralen zusammen zu treffen, Collateralen, die niemals in die graue Substanz gelangen, sondern sich in der weissen Substanz ausbreiten. Was sollte wohl den Dendriten dazu bewegen, in die graue Substanz der Gegenseite einzudringen? Die Ernährungsverhältnisse sind in beiden Hälften des Rückenmarks dieselben. Wenn der Dendrit wirklich Ernährungsorgan wäre, dann könnte er auf derselben Seite bleiben. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass der Dendrit nicht auch aus seiner Umgebung Nährmaterial aufnimmt. Das thut er ebenso gut wie der Axencylinder und wie jedes protoplasmatische Gebilde auch.

Wir haben unsere ganz besondere Aufmerksamkeit der Frage nach der Beziehung zwischen Dendriten und Gefässen gewidmet. Die letzteren erscheinen bei der intravenösen Injection

von Methylenblau oft sehr schön und prall mit gelb gefärbten Blutkörperchen gefüllt. Auch das Gefässendothel mit seinen Kernen ist gefärbt, ebenso, wenn auch wohl nicht vollständig, die begleitenden Neurogliafasern und Zellen. Es bot sich also hier die beste Gelegenheit zum Studium dieser Frage. Wir konnten niemals irgend eine Beziehung zwischen Gefässen oder Gliaelementen und Dendriten finden. Es findet weder eine Anlagerung der Dendriten an jene statt, noch auch enden sie in ihrer Nähe.

Die Dendriten sind rein nervöse Gebilde und zwar scheinen sie ausschliesslich cellulipetal zu leiten, es ist uns wenigstens kein Fall zu Gesicht gekommen, in dem man an eine cellulifugale Leitung hätte denken können. Sie führen dem Zellkörper Reize zu, die sie entweder von einer Collateralen oder von einem zweiten Zellkörper empfangen.

Der Neurit.

Der Neurit der Vorderhornzelle entspringt in den weitaus meisten Fällen vom Körper der Nervenzelle selbst, seltener in einiger Entfernung von letzterem von einem Dendriten. Er erhebt sich immer aus einem spitz auslaufenden Ursprungskegel, der sich in den Methylenblaupräparaten in nichts von einem Dendriten unterscheidet. Der Ursprungskegel läuft in ein dünnes, blassgefärbtes Fädchen aus, welches sich dann unter starker Dickenzunahme in den tiefblaugefärbten Neuriten fortsetzt. Während der Ursprungsfaden nur Bruchtheile eines Mikromillimeters im Durchmesser hält, erreicht der Neurit sehr bald eine Dicke von 3–4 μ und mehr. Die Länge des Ursprungsfadens beträgt im Mittel ungefähr 40–50 μ .

Dieses Verhalten ist für den Neuriten absolut charakteristisch, es wurde bei allen Neuriten gefunden und niemals vermisst. So allgemein wie das Vorkommen, so schwierig ist die Erklärung dieser Erscheinung. Ein Kunstprodukt, etwa eine Quellung des Axencylinders, ist wohl mit Sicherheit auszuschliessen, dazu ist das Vorkommen zu constant. Am nächsten liegt die Erklärung, dass sich hier die Markscheide mitfärbt. Dagegen spricht jedoch mancherlei. Zunächst müsste man dann an den Fasern, die wir ja auf sehr weite Strecken verfolgen konnten, Ranvier'sche Schnürringe gesehen haben, was nie der Fall war. Wohl aber haben wir an den Fasern, besonders

an der Stelle, wo die Collaterale abgeht, ringförmige Verdickungen gesehen, die sich wohl als jene Kittsubstanzscheiben deuten lassen, welche zwischen die beiden Enden der Markscheide eingeschoben sind. Als weiteren Gegenbeweis können wir noch anführen, dass wir nicht selten in der weissen Substanz die Markscheide als sehr blass blaugefärbten Mantel beobachten konnten. Wohl aber wird die Markscheide die Veranlassung zu der Entstehung jener intensiven Blaufärbung abgegeben haben. Das Nervenmark enthält bekanntlich in dem Lecithin und Fett Stoffe von sehr grosser Reduktionskraft, sie werden den Sauerstoff des Methylenblaus jedenfalls begierig an sich reissen und beim Absterben an den mit reducirtem Methylenblau geschwängerten Axencylinder abgeben. Wenn der Neurit ein Stück weit in dem Wurzelbündel verlaufen ist, so verjüngt er sich wieder und schliesslich wird er ungefärbt in den alleräussersten Partien des Markes. Das erscheint aber nicht weiter wunderbar, wenn man einmal die Art der Blutversorgung der weissen Substanz erwägt und dann die Thatsache in Betracht zieht, dass die nach unserem Vorgang hergestellten Methylenblaupräparate immer an der Oberfläche der Präparate eine weniger intensive Färbung aufweisen, als mehr nach dem Innern zu.

Im Halsmark verläuft der Ursprungsfaden des Neuriten entweder ganz grade oder in kleinem Bogen oder leicht gekrümmt, im Lenden- und Sacralmark dagegen beschreibt er eine starke Krümmung, er bildet eine kleine Schleife bevor oder indem er in den Neuriten übergeht. Für dieses Verhalten, welches die grosse Mehrzahl der Neuriten des Lenden- und Sacralmarkes zeigen, fehlt uns bis jetzt jede Erklärung.

Wenn das geschilderte Verhalten des Neuriten nicht wäre, so würde es in manchen Fällen gar nicht leicht sein, ihn von einem Dendriten zu unterscheiden. Der Ursprungskegel des Neuriten sieht dem Anfangstheil mancher Dendriten so ähnlich, wie ein Ei dem andern. Wir haben an den Zellen der hinteren Medialgruppen ausserordentlich feine, unverzweigte Dendriten gefunden, die sich bis durch die Commissur hindurch verfolgen liessen und erst jenseits derselben in ihre Zweige zerfielen. Solche Dendriten könnte man sehr leicht für Neuriten halten und wir sind überzeugt, dass das schon oft geschehen ist. Hier bewahrt uns das geschilderte Verhalten des von der Lateralfäche

der Zelle entspringenden Neuriten vor einem schwerwiegenden Irrthum.

Was den Verlauf der Neuriten innerhalb der grauen Substanz anlangt, so hängt derselbe, wenn wir von den Strang- und Commissuralzellen absehen, einmal von der Lage der Zelle, dann von der Lage des Ursprungskegels und von dem Wurzelbündel ab, in welches der Neurit eintritt. Im Allgemeinen kann man sagen, dass der Neurit bei den lateralen Zellen von der medialen, bei den medialen Zellen von der lateralen und bei den Zwischenzellen von der ventralen Zellfläche entsteht. Doch giebt es von dieser Regel ausserordentlich viele Ausnahmen. In dieser Beziehung sei auf die Fig. 2 und 13, Tafel XXIII verwiesen.

Man kann mit Bestimmtheit sagen, dass jede Gruppe Neuriten in jedes Wurzelbündel schickt. Daraus folgt einmal, dass die Neuriten, um in ihr Wurzelbündel zu gelangen, häufig grosse Bogen beschreiben müssen, und dann, dass innerhalb der Austrittszone eine Kreuzung von Neuriten bestimmter Gruppen erfolgen muss. Wenn sich also so gewisse Gesetzmässigkeiten in dem Verlaufe der Neuriten ergeben, so kann man andererseits in sehr vielen Fällen eine Erklärung für den eigenartigen Verlauf der Neuriten nur in Zellverlagerungen im Laufe der Entwicklung finden.

Was die Zusammensetzung der Wurzelbündel anlangt, so haben wir dem früher Gesagten wenig hinzuzufügen. Jedes Wurzelbündel stellt ein von der grauen Substanz nach der Peripherie verlaufendes schmales Band dar. Die Bänder liegen in Reihen neben und über einander und zwar so, dass die Bänder der einen Reihen den Intervallen der nebenliegenden entsprechen. Man erhält so auf einem Querschnitt des Rückenmarks vier bis sechs Bänder geschnitten. Jedes Bündel setzt sich aus Neuriten aller Vorderhorngruppen zusammen, mit Ausnahme der Mittelgruppe und vielleicht der hinteren Zwischengruppe.

Die motorischen Collateralen.

Aus unseren Präparaten geht mit Sicherheit hervor, dass die motorischen Collateralen beim erwachsenen Kaninchen constante und sichere Bildungen darstellen. Eine jede motorische Faser giebt in grösserer oder geringerer Entfernung von der Ursprungszelle, meistens aber innerhalb der Austrittszone der Wurzel-

fasern ein oder zwei feine Collateralen ab, die ein ziemlich grosses Verbreitungsgebiet besitzen. Zunächst wendet sich eine Collaterale resp. ein Collateralast ventral und verzweigt sich innerhalb der Austrittszone und noch ein Stück weit im Wurzelbündel selbst. Die andere Collaterale resp. ihr Theilast verzweigt sich ebenfalls in der Austrittszone, schickt aber auch Aeste zu den verschiedenen Zellgruppen. Es entstehen so innerhalb der Austrittszone und noch im Wurzelbündel Collateralausbreitungen und Geflechte, mit denen die Dendriten verschiedener Vordergruppen, vor allem der vorderen Zwischengruppe, in Connex treten. Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass Collateralen selbst durch die vordere Commissur durchtreten, wenigstens konnte in einem Falle eine Collaterale bis zur Commissur hin beobachtet werden. Die motorischen Collateralen stellen, ganz ähnlich wie die Collateralen der Seitenstränge, Verbindungswege zwischen einzelnen Zellen dar. Sie sind im Gegensatz zu den Dendriten immer cellulifugal leitend und übertragen die ihnen übermittelten Reize entweder auf einen anderen Zellkörper oder auf seine Dendriten.

Die Collateralen der Seitenstränge.

Jede Faser des Seitenstrangs giebt auf ihrem Wege eine Anzahl Collateralen ab, von denen wir zwei Arten unterscheiden müssen, einmal Collateralen, die sich in der weissen Substanz verästeln und solche, welche in die graue Substanz eindringen.

Die ersteren sind von uns vielfach gefunden worden und scheinen eine ganz allgemein vorhandene Einrichtung darzustellen. Sie zweigen sich entweder von der Stammfaser oder von einer anderen Collaterale ab. Sie verästeln sich zwischen den Nervenfasern des Seitenstrangs und treten hier aller Wahrscheinlichkeit nach mit den Dendriten der Vorderhornzellen in Connex, welche ja auch in grosser Zahl in die weisse Substanz eindringen.

Diejenigen Collateralen, welche in die graue Substanz eindringen, biegen unter rechtem Winkel von der Stammfaser ab, die letztere dabei leicht einknickend. Sie ziehen geradenwegs durch die weisse Substanz hindurch, ordnen sich dabei zu kleinen Bündeln an und gelangen so in die graue Substanz, wo sie bald rechtwinkelig umbiegen in die Längsrichtung. Aus diesem letzteren Grunde findet man die Endigung der Collateralen besser an Längs- als an Querschnitten durch das Rückenmark. Die

Hauptendstätten der Seitenstrangscollateralen sind die Zellen der Lateralsäulen, doch dringen einzelne Collateralen wohl auch bis zu den Medialsäulen. Die Endigung erfolgt so, dass sich die feinsten Endzweige mit kleinen Verdickungen, welche nicht selten die Form von Tastscheiben annehmen, dem Zellkörper oder den gröberen Dendriten innig anschmiegen. Engere Verbindungen, wie sie von Meyer, Held und Anderen in letzter Zeit beschrieben worden sind, haben wir in unseren Präparaten niemals beobachtet.

Die Seitenstrangfasern selbst biegen schliesslich ebenfalls rechtwinkelig um. Sie unterscheiden sich von den Collateralen einmal durch ihr stärkeres Caliber und ferner dadurch, dass sie meist schon innerhalb der weissen Substanz in mehrere Aeste zerfallen. Nicht selten sieht man auch die in die graue Substanz eingedrungene Faser pinselförmig sich in eine grössere Anzahl von Zweigen auflösen. Ihre Endigung finden die Strangfasern in derselben Weise, wie die Collateralen.

Die Collateralen des Vorderstrangs.

Die Collateralen finden sich in dem Vorderstrang in den Methylenblau-Präparaten niemals so massenhaft, wie in dem Seitenstrang. Man sieht hier verhältnissmässig viel mehr direct endigende Stammfasern. Die letzteren verhalten sich etwas anders als die Seitenstrangfasern. Sie biegen nie unter rechtem Winkel, sondern immer schief ab und verjüngen sich entweder während des Umbiegens oder kurz nachher oder vorher nicht unbeträchtlich. Auch sie zerfallen schon meistens innerhalb der weissen Substanz in einzelne Theilreste, von denen einer als Strangfaser im Strang weiter laufen kann, während die anderen in die graue Substanz eindringen.

Die Vorderstrangcollateralen sind im Verhältniss zu den Fasern sehr dünn, sie gehen ähnlich wie die Strangfasern nicht unter rechtem, sondern schiefe Winkel ab. Sie finden ihre Endigung der Hauptsache nach an den Zellen der Medialsäulen und verhalten sich hier ganz ähnlich wie Seitenstrangcollateralen.

Die Collateralen des Hinterstrangs.

Die Collateralen des Hinterstrangs kommen in einem starken Bündel aus der Spitze des Hinterhorns hervor. Sie stammen aus dem Grenzgebiet des Hinterstrangs gegen den Seitenstrang,

aus der Gegend, welche zwischen dem Kopf des Hinterhorns und der Peripherie gelegen ist. Hier kann man auch sehr gut ihren Abgang von der Stammfaser beobachten, welche letztere ebenso wie im Seitenstrang etwas winkelig eingeknickt erscheint. Das Bündel durchzieht das Hinterhorn der Länge nach und theilt sich in der Höhe der hinteren Commissur in zwei Theile, von denen der eine mehr lateral, der andere mehr medial sich wendet. Der erstere tritt in Verbindung mit den Endausstrahlungen starker Dendritenbündel, welche der hinteren Lateralgruppe angehören. Das mediale Bündel umhüllt zunächst die Mittelzellen. Man sieht oft diese grossen Zellen völlig in das Collateralenbündel eingebettet. Dann strahlen die Collateralen hauptsächlich in die Zwischensäule ein und finden an den Zellen derselben, ebenso wie an den Mittelzellen ihre Endigung. Ein weiteres Vordringen der Collateralen, etwa bis zu den Vordergruppen, haben wir nie beobachten können.

Vergegenwärtigen wir uns nun einmal, wie nach unseren Beobachtungen eine auf dem Wege der Hinterstrangfasern in das Rückenmark eingedrungener Reiz weiter verlaufen muss, so wäre Folgendes zu bemerken. Es wird einmal derselbe auf dem Wege der Hinterstrangscollaterale von den Dendriten der hinteren Lateralzellen aufgenommen und auf die Wurzelfaser übertragen. Für die Ausbreitung des Reizes kommt dabei in Betracht, dass die Dendriten der mittleren Lateralzellen in der hinteren Lateralgruppe endigen und so die zugehörigen Neuriten in Thätigkeit versetzt werden können. Das Gleiche gilt auch von den vorderen Lateralzellen. Dann müssen wir berücksichtigen, dass auf dem Wege der motorischen Collateralen die Dendriten der Zwischenzellen und so indirect auch die Medialzellen reagiren können. Es kann also durch einen Reiz eigentlich die gesamte Vorderhornzellmasse gereizt werden. Andererseits enden aber die Hinterstrangscollateralen auch an den Mittelzellen, deren Neuriten in den Seiten- oder Vorderstrang eintreten. Es ist also so auch für eine Weiterleitung des Reizes auf höhere Theile des Rückenmarks auf dem Wege der Seitenstrangfaser resp. ihrer Collateralen gesorgt. Wir fassen dabei die Dendriten immer nur als centripetal leitende Organe auf, und damit steht ja auch die bekannte Thatsache der Physiologie in bestem Einklang, dass von der durchschnittenen vorderen Wurzel aus bei Reizung keine Bewegung erfolgt.

Erklärung der Figuren auf Tafel XXII—XXV.

Die Figuren der Tafel XXII und XXIII sind mittelst des Abbé'schen Zeichenapparates entworfen und auf den Arbeitstisch projicirt. Vom Lithographen wurden sie auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Grösse reducirt.

Tafel XXII.

- Fig. 1. Drei Zellen der vorderen Medio-Lateralgruppe aus dem oberen Halsmark. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 2. Zwei Zellen der hinteren Lateralgruppe aus dem oberen Halsmark. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 3. Fünf Zellen der hinteren Medialgruppe aus dem oberen Halsmark. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 4. Vordere Zwischenzellen aus dem mittleren Halsmark. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 5 u. 6 zeigen die Zusammensetzung der Wurzelbündel in zwei verschiedenen Schnitten aus dem mittleren Halsmark. In Fig. 6 ist die Lage der verschiedenen Zellgruppen schematisch eingetragen.
- Fig. 7. Vorderwurzelfasern mit motorischen Collateralen aus dem mittleren Halsmark. Zeiss hom. Imm. $\frac{1}{12}$ Oc. 2.
- Fig. 8. Eine hintere Lateralzelle mit Neurit und motorischen Collateralen. Zeiss hom. Imm. $\frac{1}{12}$ Oc. 2. Um die Figur nicht zu gross anzulegen, sind die Fasern stark verkürzt gezeichnet.
- Fig. 9. Drei Zellen der vorderen Lateralgruppe aus dem Lendenmark. Neuriten mit den charakteristischen Schleifen. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 10. Zwei Zellen der mittleren Lateralgruppe aus dem Lendenmark. Zeiss B. Oc. 2.
- Fig. 11. Zwei Zellen der hinteren Lateralgruppe aus dem Lendenmark. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 12. Endigung der Hinterstrangcollateralen an einer Mittelzelle. Lendenmark. Leitz hom. Imm. $\frac{1}{10}$ Oc. 2.

Tafel XXIII.

- Fig. 13. Vordere Medio-Lateralgruppe aus dem Sacralmark. Zeiss C. Ocul. 2.
- Fig. 14. Medialzellen aus dem Sacralmark. Zeiss D. D. Oc. 2.
- Fig. 15. Motorische Neuriten mit Collateralen und Endigung der letzteren an den Zellen der Zwischensäule. Leitz hom. Imm. $\frac{1}{13}$ Oc. 2.
- Fig. 16. Seitenstrangfasern mit Collateralen aus dem mittleren Halsmark. Zeiss hom. Imm. $\frac{1}{12}$ Oc. 2.
- Fig. 17. Endigung von Seitenstrangcollateralen an Zellen der Lateralssäulen. Leitz hom. Imm. $\frac{1}{12}$ Oc. 2.
- Fig. 18. Vorderstrangfasern mit Collateralen. Zeiss hom. Imm. $\frac{1}{12}$ Oc. 2.

Fig. 19. Schema der Zellgruppierung und Ausbreitung der Dendriten im Vorderhorn des Kaninchenrückenmarks. Die Neuriten und Collateralen sind roth, die Zellen und Dendriten blau gehalten.

Tafel XXIV.

Fig. 20. Schema des Vorderhorns vom Kaninchenrückenmark. Die einzelnen Zellgruppen sind durch Kreise markirt und durch jene eine Zelle dargestellt. Die Zellen mit ihren Dendriten sind blau, die Neuriten der Vorderhornzellen mit ihren motorischen Collateralen, die Seiten-, Vorder- und Hinterstrangfasern und -collateralen roth gehalten.

Tafel XXV.

- Photogr. 1. Oberes Halsmark des Kaninchens. Leitz 3, Oc. 2.
Photogr. 2. Oberes Halsmark. Zeiss B. Oc. 2.
Photogr. 3. Mittleres Halsmark. Leitz 3, Oc. 2.
Photogr. 4. Mittleres Halsmark. Leitz 3, Oc. 2. Eine Strangzelle der Mittelgruppe mit Nervenfortsatz.
Photogr. 5. Mittleres Halsmark. Leitz 3, Oc. 2. Die austretenden motorischen Wurzelfasern.
Photogr. 6. Mittleres Halsmark. Zeiss B. Oc. 2.
Photogr. 7. Lendenmark. Leitz 3, Oc. 2.
Photogr. 8. Lendenmark. Zeiss, Wasserimmersion D. Oc. 2. Zellen der vorderen Lateralgruppe mit ihren Nervenfortsätzen.
Photogr. 9. Lendenmark. Leitz 3, Oc. 2. Die austretenden motorischen Wurzelfasern.
Photogr. 10. Lendenmark. Leitz 3, Oc. 2. Die austretenden motorischen Wurzelfasern, von denen besonders das aus den Medialgruppen kommende Bündel bemerkenswerth ist.
Photogr. 11. Sacralmark. Leitz 3, Oc. 2. Es ist die vordere Medio-Lateralgruppe und die hintere Lateralgruppe gefärbt. Von einer Gruppe strahlen die Dendriten in die andere über.
Photogr. 12. Lendenmark. Leitz 3, Oc. 2. Das Einstrahlen der Seitenstrangcollateralen in die graue Substanz.
Photogr. 13. Halsmark. Frontalschnitt. Leitz 3, Oc. 2. Der Schnitt trifft die durch die weisse Substanz ziehenden motorischen Wurzelbündel.
Photogr. 14. Halsmark. Leitz 3, Oc. 2. Frontalschnitt durch die Austrittszone der Wurzelfasern.
Photogr. 15. Halsmark. Leitz 3, Oc. 2. Frontalschnitt durch das Vorderhorn mit den drei Zellsäulen.
-