Zur feineren Anat

Erster B

Sonder-Abdruck aus Zei
Leipzig

(12.)

Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems.

Erster Beitrag: Das Kleinhirn.

Von

A. Kölliker.

(Mit Tafel XXX—XXXIII.)

(Separat-Abdruck aus: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XLIX. 4.
Leipzig, Wilhelm Engelmann 1890.)

Zur Feier

Unsere Kenntn
Die Untersuchungen
und kann zu dieser
höchsten Errungens
folgende:

1) Purkinje's
gestatteten zum ers
sogenannten Protop
gleich den Beweis
unter einander ein
sten dieser Ausbild
schicht des Organs
sich dagegen über d
gesprochen, als er di
ses Netz übergehen l

An den Ambulacr
wichtige Entdeckung
indemselben des Grö
dogyben, welche sich
Ambulacralschicht zurückl
besitzen.

2) Kleine Zell
durch die Gonadenhöhl

[1] Nach Gas. [illegible]
—18. Taf. I—XII.

Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems

Erster Beitrag. Das Kleinhirn.

Von

A. Kölliker.

Mit Tafel XXX—XXXIII.

Unsere Kenntnisse vom feineren Baue des Cerebellum haben durch die Untersuchungen von Golgi ungemein große Fortschritte gemacht und kann von dieser Zeit an eine neue Epoche datirt werden. Die wesentlichsten Errungenschaften, die wir diesem Forscher verdanken[1], sind folgende:

1) Purkinje'sche Zellen. Die bekannten Methoden von Golgi gestatteten zum ersten Male die ungemein reichen Verästelungen der sogenannten Protoplasmafortsätze dieser Zellen aufzudecken und zugleich den Beweis zu erbringen, dass dieselben keine Verbindungen unter einander eingehen. Golgi ist der Ansicht, dass die oberflächlichsten dieser Ausläufer an die bindegewebige Begrenzung der Molekularschicht des Organs und an die Gefäßwandungen sich ansetzen, hat sich dagegen über die tiefer gelegenen Endigungen nur in so fern ausgesprochen, als er dieselben weder in Nervenfasern, noch in ein nervöses Netz übergehen lässt.

An den Achsencylinderfortsätzen dieser Zellen hat Golgi die sehr wichtige Entdeckung gemacht, dass dieselben, wie diejenigen der Pyramidenzellen des Großhirns, eine gewisse Zahl feiner seitlicher Ausläufer abgeben, welche sich verästelnd wenigstens zum Theil in die Molekularschicht zurücklaufen, zum Theil in der Körnerschicht sich verbreiten.

2) Kleine Zellen der Molekularschicht. Dieselben werden durch die Golgi'schen Methoden, entgegen den Angaben vieler Autoren,

[1] Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. 1886. p. 64—80. Tav. V—XII.

mit Bestimmtheit nachgewiesen, finden sich in der ganzen Dicke der betreffenden Lage in nicht unbedeutender Zahl, sind in der Gestalt mannigfachen Wechseln unterworfen und besitzen neben verästelten Ausläufern einen Achsencylinderfortsatz, über dessen genaueres Verhalten Golgi meldet, dass derselbe sich fein verästele und in sehr verschiedenen Richtungen verlaufe, unter denen besonders die horizontale hervorgehoben wird, welche die tiefsten Fasern in der Nähe der Körnerschicht häufig zeigen, von denen dann nicht selten vertikale, gegen diese Lage verlaufende ästige Fasern sich abzweigen, deren Ende nicht erkannt wurde.

3) Kleine Zellen der Körnerschicht. Diese Gebilde wurden von Golgi zuerst mit Bestimmtheit als Nervenzellen erkannt. Die Achsencylinderfortsätze derselben sind sehr zart, doch wurden in einzelnen Fällen seitliche Ausläufer derselben und auch Verbindungen dieser Fortsätze mit Nervenfasern gefunden. Die Protoplasmafortsätze dieser Zellen theilen sich spärlich, sind kurz und scheinen wie in kleinen Körnerhaufen zu enden, die immer mehreren Zellen gemeinschaftlich zukommen.

4) Größere Zellen der Körnerschicht. Finden sich beim Menschen mit spindelförmigem Zellenkörper, bei Säugern mehr rundlich polygonal, sind im Ganzen spärlich und zeichnen sich durch die außerordentlich zahlreichen Verzweigungen des Achsencylinderfortsatzes aus.

5) Die markhaltigen Nervenfasern anlangend, so ist das wichtigste, von Golgi erwähnte Faktum, dass viele derselben schon in der weißen Substanz, vor Allem aber in der Körnerschicht und Molekularschicht sehr reichlich sich verästeln, so dass deren letzte Endigungen ein dichtes Geflecht bilden, dessen Einzelnheiten nicht zu verfolgen sind. Mit diesen Verästelungen hängen nach Golgi zusammen: 1) die Nervenfortsätze der kleinen Zellen der Körnerschicht, 2) die seitlichen Ausläufer derer der Purkinje'schen Zellen, 3) die Nervenfortsätze der kleinen Zellen der Molekularschicht. Als eigenthümlichsten Theil dieses Geflechtes schildert Golgi die Theile, die in den Grenztheilen der Körner- und Molekularschicht sich finden und viele gröbere und feinere horizontal verlaufende Elemente darbieten.

Neben Golgi ist dann vor Allem Ramón y Cajal zu nennen, der mit der schnellen Erhärtungsmethode von Golgi (chromsaures Kali mit Osmium und Silber) eine Anzahl wichtiger Thatsachen auffand[1], für

[1] Rivista trimestrial de Histologia normal y patológica. No. 2, Aug. 1888, p. 33—42; Taf. VI; Nr. 3 y 4, März 1889, p. 107—118, Taf. XII; Intern. Monatsschr., Bd. VI, Heft 4 u. 5, p. 158—174, Taf. XVIII, XIX.

welche die Belege bei dem letzten anatomischen Kongresse in Berlin gegeben wurden. Die hauptsächlichsten dieser neuen Erfahrungen sind folgende:

1) Kleine Nervenzellen des Stratum granulosum. Die verästelten Fortsätze dieser Zellen enden mit einem kleinen Büschel dicht stehender kurzer Äste, wogegen die Achsencylinderfortsätze ohne Ausnahme in die Molekularschicht aufsteigen und in dieser in feine longitudinale (den Windungen parallel verlaufende) Elemente übergehen, die diese Lage in ihrer ganzen Dicke einnehmen und überall zwischen den Ausläufern der blattförmig verzweigten, in der Querrichtung der Windungen stehenden Purkinje'schen Zellen durchziehen. Nachdem die genannten Achsencylinderfortsätze senkrecht in die Molekularschicht eingetreten sind, theilen sie sich in dieser in verschiedenen Höhen unter rechten Winkeln in je zwei longitudinale Fäserchen von 0,2—0,5 μ, die nach einem Verlaufe von 0,2—0,8—1,0 mm ohne Verästelung frei enden. Die Zahl dieser varicösen longitudinalen Fäserchen ist so groß, dass Querschnitte der Windungen durch dieselben fein und dicht punktirt, senkrechte Längsschnitte und tangentiale Schnitte dicht längsstreifig erscheinen. In sehr seltenen Fällen zeigen die Achsencylinderfortsätze der betreffenden Zellen mehr als zwei longitudinale Ästchen, oder zweigen sich von den longitudinalen Fasern senkrechte Fäserchen ab, deren Bedeutung nicht erkannt wurde.

2) Kleine Nervenzellen der Molekularschicht. Die bemerkenswertheste Thatsache, welche Ramón y Cajal über diese Elemente aufgedeckt hat, ist die, dass die Achsencylinder aller tiefen, d. h. der Körnerschicht näher gelegenen solchen Elemente in eigenthümliche Büschel oder Körbe sich fortsetzen, welche die Körper der Purkinje-schen Zellen umfassen und wie Hüllen für dieselben bilden. Diese Achsencylinder sind, wie die betreffenden Zellen selbst, wesentlich in der Querrichtung der Windungen ausgedehnt, kreuzen sich somit mit den eben erwähnten longitudinalen Fäserchen und bilden eine spärlichere, aber von stärkeren Elementen gebildete Querfaserung, die besonders in der tiefen Hälfte der Molekularschicht ausgesprochen ist. An diese schließen sich dann senkrechte Fasern an, von denen die stärksten absteigenden die Hüllen der Purkinje'schen Zellen bilden, während andere aufsteigende zum Theil zartere solche Fasern von den Körpern der betreffenden Zellen oder von ihren Achsencylinderfortsätzen senkrecht nach außen abgehen.

3) In der Rinde des Cerebellum fand Ramón y Cajal auch besondere verästelte Fasern, die aus der Körnerschicht in die Molekularlage eintreten, von denen er drei Arten annimmt.

a) Fasern, welche aus der Körnerschicht in die Molekularlage eintreten und da mit einer verästelten Ausbreitung enden (Riv. trimestrial, Aug. 1888, Taf. VI, Fig. 3; März 1889, Taf. XII, Fig. 5; Internat. Monatsschrift, Bd. VI, Taf. XVIII, Fig. 1*a f*; Taf. XIX, Fig. 10).

Diese Fasern von erheblicher Stärke verlaufen geschlängelt in der Körnerschicht und theilen sich in der Molekularlage in ein Bäumchen von reicher Verästelung bei den Vögeln, minderer Verzweigung bei den Säugern, dessen Äste oft wie aus zwei Fasern bestehen und frei auslaufen. Die Herkunft dieser Fasern blieb Ramón y Cajal verborgen, doch konnte er sie in gewissen Fällen bis an die weiße Substanz heran verfolgen.

b) Fasern, welche der weißen Substanz entstammend in der Körnerschicht sich verästeln und im Verlauf, an den Theilungsstellen und an den Enden, moosartige Anhänge tragen, wesshalb Ramón y Cajal dieselben »Fibras musgosas«, Moosfasern, nennt. Abgebildet sind diese Fasern in Riv. trimestrial, März 1889, Taf. XII, Fig. 1*d*, *e*. Die Mehrzahl der Fasern, die aus der weißen Substanz in die Körnerschicht treten, sollen diese Beschaffenheit zeigen und die eigenthümlichen Anhänge derselben, besonders bei jungen und neugeborenen Säugern, schön entwickelt sein. Die letzten Enden dieser Moosfasern, von denen jede oft 20—30 Nebenverästelungen besitzt und über einen großen Bezirk sich ausdehnt, finden sich verfeinert in der Höhe der Purkinje'schen Zellen und scheinen in longitudinale Fäserchen überzugehen. Ramón y Cajal ist geneigt diese Fasern für sensible Endfasern von Achsencylindern peripherischer Nervenzellen zu halten, und stützt sich bei dieser Hypothese auf die von ihm nachgewiesenen Thatsachen, 1) dass der Nervus opticus im Lobus opticus der Vögel mit freien Verästelungen ende und 2) dass auch die sensiblen Wurzelfasern im Mark in ähnlicher Weise auslaufen.

c) Fasern, welche von der Körnerschicht aufsteigend in Nestern (Nidos cerebellosos) enden, die die Purkinje'schen Zellen von innen her umfassen (Riv. trimestr., März 1889, Taf. XII, Fig. 1*a*, *b*, *c*).

Bei neugeborenen und jungen Säugern fand Ramón y Cajal besondere Umhüllungsfasern der Purkinje'schen Zellen, die von spärlich verästelten Fasern abstammten, die aus der Körnerlage von innen her an die genannten Zellen treten und dieselben mit einem dichten Faserfilz umgeben. Sollte dieses Netz auch bei erwachsenen Geschöpfen sich finden, so würden die Purkinje'schen Zellen von zwei Seiten her von Fasern umsponnen werden, einmal von den eben erwähnten Fasern aus, und zweitens von den absteigenden Büscheln der Achsencylinder-

fortsätze der kleinen Nervenzellen der Molekularschicht, die oben sub 2 erwähnt wurden, eine Anordnung, die vorläufig ganz räthselhaft erschiene.

4) Von den Zellen des Cerebellum erwähnt Ramón y Cajal außer dem sub 1 und 2 Gemeldeten noch Folgendes:

a) Die Achsencylinderfortsätze der Purkinje'schen Zellen haben unter ihren Nebenausläufern auch solche, die, wie schon Golgi dies beschrieben hatte (Hauptwerk p. 67), in die Molekularschicht zurücklaufen.

b) Von den großen Zellen der Körnerschicht, die wir durch Golgi genauer kennen, beschreibt Ramón y Cajal den Achsencylinderfortsatz, eben so wie Golgi, ungemein reich verästelt (Riv. trimestr., März 1889), Taf. XII, Fig. 2*f* und *g*).

5) Von den markhaltigen Fasern des Cerebellum erwähnt Ramón y Cajal keine Verästelungen.

Mit Bezug auf die Frage, welche von den Fasern, welche die Golgi-sche Methode nachweist, markhaltig seien, vermuthet derselbe, dass möglicherweise hierher gehören einmal die letzten Enden der »Fibras musgosas«, und zweitens die in die Molekularschicht einbiegenden Äste der Achsencylinderfortsätze der Purkinje'schen Zellen, welche beide in die markhaltigen longitudinalen Fäserchen der Molekularlage übergehen könnten. Für marklos hält Ramón y Cajal die Achsencylinder der Körnerzellen, diejenigen der kleinen Zellen der Molekularlage und der großen Zellen der Körnerlage. In Betreff der oben unter 3 a und c erwähnten Fasern äußert sich Ramón y Cajal nicht.

Als Belege für seine neuen Beobachtungen über den Bau des Cerebellum hatte Ramón y Cajal beim Anatomenkongresse in Berlin im Oktober 1889 eine Reihe Präparate aufgestellt, welche mir, namentlich für die wichtigen Punkte 2 und 3, vollbeweisend erschienen. Später erhielt ich durch die Güte dieses Gelehrten eine Reihe von Präparaten, die bei sorgfältiger Durchmusterung mich noch mehr von der Richtigkeit vieler seiner Angaben überzeugten. Hierauf nahm ich meine eigenen älteren, nach der langsamen Methode von Golgi mit chromsaurem Kali und Höllenstein hergestellten Präparate vor und fand dann an denen vom Menschen, von denen die kleinen Zellen der Molekularschicht mir schon längst bekannt waren, auch die Ausläufer derselben, welche korbartig die Purkinje'schen Zellen umgeben. Dagegen waren die kleinen Zellen der Körnerschicht und ihre Ausläufer, die longitudinalen Fasern der Molekularschicht, hier nirgends deutlich. Anders verhielt sich die Sache bei der Katze, bei der fast ohne Ausnahme die longitudinalen Fasern der Molekularschicht deutlich waren, und auch

die kleinen multipolaren Zellen der Körnerlage, von denen dieselben ausgehen, sehr zierlich zur Beobachtung kamen. Außerdem wurden viele neue Präparate nach der schnellen Methode von Golgi (chromsaures Kali und Überosmiumsäure und Höllenstein), die Ramón y Cajal besonders lobt, dargestellt und an diesen bei der Katze und zum Theil auch beim Menschen viele wichtige Strukturverhältnisse der Rinde des Cerebellum nachgewiesen. Immerhin muss auch ich der Klage mich anschließen, dass diese Präparate oft misslingen, und dass nur selten an Einer Stelle alle wesentlichen Theile gefärbt gefunden werden, während allerdings häufig Präparate gewonnen werden, die hier die Purkinje'schen Zellen, dort die kleinen Körnerzellen und longitudinalen Fasern, wieder an anderen Orten die kleinen Zellen der Molekularlage, die transversalen Fasern und ihre Faserkörbe deutlich zeigen. Am leichtesten färben sich die Purkinje'schen Zellen, die Gliazellen der weißen Substanz und die longitudinalen und transversalen Fasern der Molekularschicht, am schwierigsten die kleinen Zellen der Körnerlage und der äußeren Theile der Molekularschicht, dann die großen Zellen der Körnerlage.

Ferner beachte man, dass die Silberniederschläge, welche alle diese Elemente deutlich machen, ungemein wandelbare Bildungen sind, und bald stärker, bald schwächer auftreten. Im Allgemeinen habe ich nur Elemente mit den zartesten, aber noch zusammenhängenden Niederschlägen als naturgemäße angesehen, alle anderen bis zu einem gewissen Grade als Abweichungen. Anders ausgedrückt habe ich bei allen Zellen und Fasern, die gut und zusammenhängend gefärbt waren, nur diejenigen mit den geringsten gefundenen Durchmessern als den natürlichen Bildungen entsprechend aufgefasst. Ferner wurden Varicositäten, unregelmäßige Anschwellungen etc. im Allgemeinen nicht beachtet. Im Übrigen erwäge man, dass man ja bei manchen Elementen, wie bei den Purkinje'schen Zellen, den Pyramidenzellen des Großhirns, den multipolaren Zellen des Markes, die alle leicht sich isoliren lassen, Gelegenheit hat, natürliche Objekte mit Präparaten, die nach der Golgi'schen Methode angefertigt wurden, zu vergleichen und sich davon zu überzeugen, dass die letztere in vielen Fällen ganz sichere Ergebnisse liefert.

In neuester Zeit habe ich auch ältere Embryonen, neugeborene und junge Thiere von Säugern untersucht, und bei diesen zum Theil sehr schöne Ergebnisse erhalten. Vor Allem möchte ich betonen, dass bei solchen Geschöpfen durch die Golgi'sche Methode nicht nur Nervenzellen mit ihren verschiedenartigen Fortsätzen, sondern auch Nervenfasern sich färben, die noch nicht markhaltig sind.

Den Nachweis dieser Thatsache verdanken wir Ramón y Cajal, der bei seinen Untersuchungen über das Rückenmark von Embryonen des Hühnchens und von Säugethieren (Riv. trimestrial, März 1889, Fig. 79) die Beobachtung machte, dass ein guter Theil der Längsfasern aller Stränge, und viele unter rechten Winkeln von denselben in die graue Substanz abgehende Seitenästchen sich färben. Ich kann diese ungemein wichtigen Erfahrungen, die ein ganz neues Licht auf die Beziehungen der Elemente des Rückenmarks zu einander werfen, nach allen Seiten bestätigen, und werde in einem zweiten Artikel Gelegenheit haben, genauer auf dieselben einzugehen. Mit Bezug auf die Frage, die ich hier berührte, wird übrigens noch weiter zu ermitteln sein, ob die Golgi'sche Methode nicht auch unter Umständen feine bereits markhaltige Fasern färbt, worüber unten mehr. Von marklosen Fasern, die durch dieselbe sich schwärzen, nenne ich nach meinen neuesten Erfahrungen noch diejenigen des Sympathicus des Kalbes.

Da die neuen Beobachtungen von Ramón y Cajal über das kleine Gehirn noch von Niemand bestätigt, oder auch nur überhaupt gewürdigt wurden, und selbst diejenigen von Golgi nur von Wenigen nachuntersucht worden sind, so wird es wohl nicht als überflüssig erscheinen, wenn ich im Folgenden meine eigenen Erfahrungen über den feinsten Bau des Cerebellum, so weit dieselben für einmal gehen, mittheile.

1) Kleine Nervenzellen der granulirten oder rostfarbenen Lage oder kleine Körnerzellen. Diese Elemente habe ich bis jetzt nur bei der erwachsenen Katze genauer untersucht, und zwar sowohl an Präparaten, die nach der langsamen Methode von Golgi dargestellt, als auch an anderen, die nur kurze Zeit mit der Mischung von chromsaurem Kali und Osmiumsäure, und dann mit Silber behandelt worden waren. In beiderlei Präparaten, vor Allem aber schön an den ersteren, fand ich diese Nervenzellen genau so, wie sie Ramón y Cajal beschreibt, mit kurzen Protoplasmafortsätzen und langen nervösen Ausläufern, wie ich der Kürze halber die Achsencylinderfortsätze in Zukunft nennen will. Die Fig. 1 *1—4* zeigt vier solche Zellen aus Gehirnen, die langsam behandelt worden waren, an denen die Protoplasmafortsätze (*p*) als 10—40 μ lang, meist einfach und an den Enden kurz ästig erscheinen. Der nervöse Fortsatz (*n*) entspringt gewöhnlich von einem der anderen Fortsätze (Fig. 1 *2, 3, 4*), nur selten von dem Zellenkörper (Fig. 1 *1*) und dringt mit geschlängeltem Verlaufe und als sehr feiner kaum messbarer Anhang nach außen in die molekuläre Lage. An solchen Präparaten sind in der Regel nur vereinzelte kleine Körnerzellen gefärbt, so dass dieselben sich leicht in

ihren Einzelnheiten verfolgen lassen, doch findet man auch Stellen, an denen allem Anscheine nach zwei, drei und mehr Zellenkörper wie zu einem größeren dunklen Körper zusammengebacken sind, von dem dann eine größere Anzahl der typischen nervösen und verästelten Fortsätze ausgehen. Eine Färbung aller oder der Mehrzahl der Körner und ihrer Ausläufer sah ich an solchen Präparaten nie, wohl aber erzielte ich eine solche an den rasch behandelten Objekten, in denen dann die rostfarbene Lage so aussah, wie die Fig. 2 es wiedergiebt, Präparate, die dann natürlich weniger geeignet waren, um die Einzelverhältnisse der kleinen Nervenzellen zu prüfen.

Der Nachweis des genaueren Verhaltens der nervösen Fortsätze der genannten Zellen ist eine der wichtigsten Errungenschaften, die wir Ramón y Cajal verdanken, und kann ich auch hier nicht anders, als vollkommen mit ihm übereinzustimmen. Es ist an geeigneten Präparaten durchaus nicht schwer, die fraglichen nervösen Fortsätze bis in die Molekularschicht zu verfolgen (Fig. 3) und nachzuweisen, dass dieselben hier zu longitudinalen Elementen sich umgestalten, nachdem sie vorher in zwei Ästchen sich getheilt haben, von denen jedes mit dem Stämmchen einen rechten Winkel bildet (Fig. 4). Eben so erkennt man an vielen Orten, dass diese longitudinalen Fäserchen da und dort scheinbar frei enden, und hier und da gelingt es auch ein Fäserchen der Art von der Theilungsstelle an weit bis zu seinem scheinbaren Ende zu verfolgen und seine Länge zu bestimmen, die Ramón y Cajal zu 0,8 bis 1,0 mm angiebt, und die ich bei der Katze für den einen der Theilungsäste auf 0,20—0,42 mm bestimmte. Hierbei muss allerdings noch besonders betont werden, wie dies auch Ramón y Cajal thut, dass die scheinbaren freien Enden dieser Elemente möglicherweise doch keine solchen sind, indem sich unmöglich bestimmen lässt, ob das Silber diese Fäserchen in ihrer ganzen Länge gefärbt hat. An dünnen Schnitten erscheinen diese Elemente auch oft kürzer, weil ihre Enden abgeschnitten sind, und darf man an solchen keine Bestimmungen ihrer Länge versuchen.

Die Menge dieser longitudinalen Fäserchen ist an guten Präparaten des Cerebellum der Katze eine ungemein große, und zeigen longitudinale senkrechte und tangentiale Schnitte von Windungen dieselben in Gestalt einer sehr dichten und feinen Streifung (Fig. 5) von Fäserchen, die meist geschlängelt und zart varicös erscheinen und die ganze Dicke der Molekularschicht bis in ihre äußersten Lagen durchsetzen. Eben so genaue Aufschlüsse über diese Elemente geben Querschnitte der Windungen, an denen diese Fäserchen als feine Pünktchen oder Strichelchen sich darstellen, die alle Zwischenräume zwischen den

Verästelungen der Purkinje'schen Zellen einnehmen. In beiden solchen Schnitten kommen auch die senkrecht aufsteigenden Stämmchen der longitudinalen Fäserchen zum Vorschein, und an Längsschnitten auch deren Theilungen.

Ausnahmsweise kommen an diesem longitudinalen Fasersysteme auch besondere Verhältnisse vor. Als solche mache ich mit Ramón y Cajal namhaft erstens das Auftreten von Ästchen an den senkrechten Stammfasern innerhalb der Molekularlage, welche in longitudinale Fäserchen übergehen, und zweitens das Vorkommen von scheinbaren Stammfasern, die unter rechtem Winkel nur in Eine longitudinale Faser übergehen. Ramón y Cajal denkt daran, dass eine solche Faser auch ein Ende einer longitudinalen darstellen und — da er dieselbe nie mit einer kleinen Körnerzelle in Verbindung sah, wohl aber bis gegen die weiße Substanz verfolgte — vielleicht in eine markhaltige Faser derselben übergehen könnte.

Noch mache ich in Betreff dieser longitudinalen Fäserchen auf Folgendes aufmerksam. Am leichtesten färben sich dieselben in den innersten Theilen der Molekularschicht, bis etwa zur Hälfte derselben, seltener in der ganzen Dicke dieser Lage. Ferner treten die Färbungen häufig nicht gleichmäßig, sondern stellenweise auf, so dass zwischen größeren oder kleineren Bündeln derselben Strecken vorkommen, in denen gar keine solchen Fäserchen gefärbt sind. Endlich beachte man, dass gewisse Schnitte diese Fäserchen als scheinbar senkrecht in der Molekularschicht aufsteigende zeigen, und zwar alle Querschnitte der Enden von Windungen.

Sind diese so auffallenden longitudinalen Fäserchen und die nervösen Fortsätze der kleinen Nervenzellen der rostfarbenen Lage überhaupt markhaltig? Ramón y Cajal hat dies, wie wir oben sahen, verneint, und auch ich kann nicht anders als diese Frage als noch nicht spruchreif bezeichnen, doch soll dieselbe später bei Schilderung der markhaltigen Fasern des kleinen Hirns ausführlich zur Besprechung kommen.

2) Die rostfarbene Lage des kleinen Hirns enthält außer kleinen auch größere, von Golgi entdeckte multipolare Zellen (s. oben). Ramón y Cajal hat diese Zellen bestätigt und die Verästelungen ihres nervösen Fortsatzes eben so reich gefunden wie Golgi. Ich kenne diese Zellen von der Katze, von Embryonen des Rindes und Schweines und von jungen Hunden (Fig. 3, 14—16) ebenfalls, es ist jedoch nicht leicht ihre Achsencylinderfortsätze so weit zu verfolgen, wie die genannten Forscher und zeigt Fig. 14 den schönsten Fall der Art, den ich sah. So viel ich finde, sind diese großen Körnerzellen, wie

ich dieselben heißen will, eher spärlich, wenigstens findet man an manchen größeren guten Schnitten keine einzige, andere Male allerdings auch mehrere beisammen, wie in der Fig. 3. Dieselben sind weit kleiner als die Purkinje'schen Zellen, liegen entweder an der äußeren Grenze der Körnerschicht, zum Theil fast in einer Höhe mit den Purkinje'schen Zellen (Fig. 3, 15), zum Theil mitten in dieser Lage drin (Fig. 16), oder selbst an der inneren Grenze derselben gegen die weißen Markblätter zu. Von einem eckigen Zellenkörper gehen nach verschiedenen Seiten drei bis sechs und mehr verästelte Fortsätze aus, die theils zwischen den Körnern verlaufen, theils in die Molekularschicht hineinziehen, und in derselben oft weit nach außen zu verfolgen sind (Fig. 16), außerdem aber auch, wie ich einmal in den tieferen Theilen des Cerebellum wahrnahm, in die weiße Substanz eindringen können (Fig. 15).

3) Von den Nervenzellen der Molekularlage des Cerebellum verdienen vor Allem die kleinen Nervenzellen dieser Schicht mit Rücksicht auf die neuen Angaben des spanischen Forschers, die ich nicht umhin kann, als wesentlich richtig anzuerkennen, alle Beachtung. Ich theile die Nervenzellen dieser Lage in zwei Gruppen, größere und kleinere, von denen die ersteren im Allgemeinen die innere tiefere, die anderen die äußere Hälfte der betreffenden Schicht einnehmen. Während diese letzteren den gewöhnlichen Bau multipolarer Nervenzellen besitzen (Fig. 11), zeigen die anderen ein sehr auffallendes Verhalten des nervösen Fortsatzes, der, wie Golgi und Ramón y Cajal entdeckt haben, transversal verlaufend in einer gewissen Entfernung der Grenzlinie zwischen Molekular- und granulirter Schicht folgt, jedoch diesseits der Körper der Purkinje'schen Zellen, d. h. oberflächlicher als diese gelegen ist. Diese transversale Faser nun giebt nach Ramón y Cajal unter rechten Winkeln Fortsätze nach innen ab, die mit zahlreichen Verästelungen die Purkinje'schen Zellenkörper korbartig umhüllen. Abbildungen sprechen besser als Worte, und verweise ich zunächst auf die Fig. 7 bis 10, welche vier nach der Natur getreu dargestellte solche Elemente von der Katze darstellen. Die Körper der betreffenden Zellen messen 20—25 μ und sind meist in die Länge gezogen, auch wohl drei- bis fünf- und mehreckig mit querstehendem größerem Durchmesser. Außer dem nervösen Fortsatze *n* entsenden dieselben eine gewisse Zahl von Protoplasmafortsätzen (*pr*), welche, meist nach außen tretend, in gewöhnlicher Weise sich verästeln und fein auslaufend, zum Theil bis in die äußersten Lagen der Molekularschicht sich erstrecken. Der sogenannte nervöse Fortsatz Ramón y Cajal's ist eine sehr eigenthümliche Bildung. Fein am Zellenkörper beginnend, wird derselbe in seinem horizontalen

und transversalen Verlaufe bald um das Zwei- bis Vierfache und mehr dicker und streicht in langem Verlaufe über den Purkinje'schen Zellenkörpern hin, um denselben von Stelle zu Stelle Äste abzugeben, wie die Fig. 7—10 dies darstellen.

Diese senkrechten absteigenden Äste (*p*) gehen bald mit einer starken, bald mit einer feinen Wurzel ab, zeigen Anfangs häufig gröbere Verästelungen und enden schließlich alle so, dass jeder Ast und jedes Ästchen in ein ganzes Büschel oder einen Pinsel von Endfasern (*fk*) sich umgestaltet, welche die Purkinje'schen Zellen korbartig umgeben und in ihrem genaueren Verhalten schwer zu enträthseln sind. Nach Allem, was ein sorgfältiges Studium dieser »Faserkörbe« oder Faserpinsel mir ergab, möchte ich glauben, dass die Zweigelchen derselben unter einander sich nicht verbinden, sondern frei enden. Ebenfalls nicht leicht zu ermitteln sind die Beziehungen der Faserkörbe zu den Purkinje'schen Zellen. Mir scheinen, wie Quer- und Längsschnitte lehren, die beiderlei Theile nur juxtaponirt zu sein, so jedoch, dass die Körbe nicht immer genau nur die Zellenkörper umgeben, sondern häufig mit einzelnen Ausläufern noch weiter in die Körnerschicht eindringen und deren Achsencylinderfortsatz eine Strecke weit umhüllen. Sehr bemerkenswerth ist ferner, dass, wie Ramón y Cajal richtig meldet, sehr oft pinselförmige absteigende Ausläufer mehrerer Zellen an der Bildung Eines Faserkorbes sich betheiligen. Man sieht nämlich nicht selten von verschiedenen transversal verlaufenden nervösen Fortsätzen, die einander parallel über den Purkinje'schen Zellen dahinziehen, absteigende pinselförmige Ausläufer zu einem und demselben Faserkorbe sich begeben (Fig. 19) und eben so oft treten (Fig. 8) mehrere Faserpinsel, die einer und derselben Zelle angehören, zur Bildung Eines Faserkorbes zusammen.

Ramón y Cajal ist der Ansicht, dass die betreffenden Zellen nur Einen Fortsatz besitzen, der Faserkörbe bildet, und habe auch ich in allen Fällen, in denen eine sichere Beobachtung sich anstellen ließ (Fig. 7—10), die Verhältnisse so gesehen.

Außer den absteigenden, an der Bildung der Faserkörbe sich betheiligenden Ausläufern, geben die nervösen Fortsätze der fraglichen Zellen, wenn auch nicht häufig, doch hier und da nach der Oberfläche der Molekularschicht zu zartere Fortsätze ab, die wie gewöhnliche Protoplasmafortsätze sich verhalten (Golgi, Tab. XI a; Ramón y Cajal, Taf. XVIII, Fig. 5 *a*, in der ein einziger solcher Fortsatz gezeichnet ist, Taf. XIX, Fig. 6 mit drei, Fig. 9 mit fünf solchen Ausläufern; meine Fig. 9 mit einem solchen Ästchen *p''*).

Querschnitte der Windungen des Cerebellum, an denen die

fraglichen Bildungen durch Silber gut gefärbt, die Purkinje'schen Zellen dagegen nur unvollkommen ausgeprägt sind, ergeben, wenn dieselben nicht zu fein sind, eigenthümliche Bilder (Fig. 18). In der tieferen Hälfte der Molekularlage zieht sich über den Purkinje'schen Zellen ein Gewirr von transversalen und vertikalen Fasern hin, untermengt mit einzelnen kleineren mehr querstehenden Zellenkörpern. Die queren Fasern liegen oberflächlicher und können sogar die Mitte der Molekularlage erreichen, während die vertikalen nach der Körnerschicht zu ausstrahlen, und bevor sie diese erreichen, zu eben so vielen Faserkörben zusammentreten, als Purkinje'sche Zellen da sind. Diese Faserkörbe bilden in der Grenzzone beider Lagen der grauen Substanz eine ununterbrochene Reihe von kegelförmigen Gebilden (*fk*), deren Spitze gegen die Körnerlage gerichtet ist, und deren Basis in die von den Querfasern ausgehenden absteigenden Fasern sich auflöst.

Die Zellen, die an der Bildung der eben beschriebenen Faserkörbe sich betheiligen, die der Einfachheit wegen Korbzellen genannt werden sollen, gehören, wie schon bemerkt, den tieferen Gegenden der Molekularschicht an, ohne dass sich eine bestimmte Grenze angeben ließe, bis zu welcher sie gehen. Als Anhaltspunkt möge dienen, dass bei der Katze, bei einer Breite der Molekularschicht von 0,36 bis 0,45 mm die oberflächlichsten transversal verlaufenden nervösen Fortsätze der Korbzellen in einem Abstande von 0,14—0,18 mm von der Körnerschicht sich fanden. Dieselbe Länge besaßen somit auch die absteigenden pinselförmigen Ausläufer dieser Fasern, während die kürzesten Faserpinsel nicht mehr als 0,054 mm maßen. Die Zahl der transversalen Elemente der nervösen Fortsätze ist in dünnen Querschnitten der Molekularschicht sehr wechselnd. In einigen Gegenden finden sich nur zwei oder drei, in anderen fünf, sechs und mehr, und eben so ist auch die Menge der Korbzellen sehr verschieden. Jedenfalls richtet sich die Menge dieser Elemente nach der Zahl der Purkinje'schen Zellen, und ist daher spärlicher, wo diese selten sind, wie im Grunde der Furchen. Außerdem mögen auch noch andere Varianten vorkommen, namentlich in der Länge der nervösen Fortsätze und der Zahl ihrer Pinsel. Diese Länge ist jedenfalls sehr erheblich, wie auch die Abbildungen von Golgi und Ramón y Cajal lehren, und maß ich solche von 0,6 mm. Da man jedoch nie eine solche Faser von ihrem Anfange bis zum Ende zu verfolgen im Stande ist, so ist auch vorläufig die wirkliche Länge derselben nicht zu bestimmen. Wirkliche Enden der transversalen Fasern sieht man übrigens häufig genug, und sehen dieselben so aus, wie das rechte Ende der transversalen Faser der Fig. 8.

Beim Menschen messen die Korbzellen 11—20 μ, die Molekular-

lage 0,15—0,10 mm, und der Theil dieser Schicht, in welchem transversale Fasern sich finden, 0,12—0,22 mm. Dieselbe Länge haben somit auch die längsten Pinselfasern, während die kürzesten 0,07 bis 0,08 mm betragen. Die Länge der transversalen Fasern, die hier in der Regel feiner sind als bei der Katze, scheint beim Menschen größer zu sein als bei der Katze, wenigstens fand ich hier Fasern von 0,95 mm Länge, ohne behaupten zu können, dass dieselben in ihrer ganzen Ausdehnung erhalten waren.

Nach Beschreibung dieser merkwürdigen Korbzellen, ihrer Ausläufer und den Faserkörben liegt es nahe, die Frage aufzuwerfen, ob dieselben wirklich nervöse Elemente darstellen, als welche Ramón y Cajal und auch, so weit dieselben ihm bekannt waren, Golgi sie betrachten, oder Gliazellen und erinnert man sich bei dieser Gelegenheit, dass bereits Gierke von Neurogliahüllen der Purkinje'schen Zellen spricht[1]. Da durch Silber nach Golgi's Methoden Neuroglia-Elemente und Nervenzellen sich färben, so ist eine Entscheidung nicht leicht und bleibt eine solche in erster Linie dem Takte und der Erfahrung des Einzelnen überlassen. Von dieser Seite her stelle ich mich entschieden auf die Seite von Golgi und Ramón y Cajal, doch möchte ich auch noch an Thatsächlichem Folgendes beibringen. Erstens finden sich zwischen den Korbzellen und den übrigen kleinen unzweifelhaften Nervenzellen der Molekularlage des Cerebellum, abgesehen von dem Vorkommen der Faserkörbe, alle Übergänge, und haben auch die ersteren oft lange transversale Fortsätze (s. bes. Ramón y Cajal, Taf. XVIII, Fig. 5). Zweitens haben die Gliazellen ohne Ausnahme zahlreichere, von allen Seiten abgehende Äste mit langen, meist spitzwinkeligen Verzweigungen; drittens endlich sind die Korbzellen, wie Nervenzellen, an Golgi'schen Präparaten tief schwarz, Gliazellen mit röthlichem oder gelbbraunem Schimmer.

Ich deute somit die Korbzellen als Nervenzellen und füge noch bei, dass auch Gierke Andeutungen derselben gesehen zu haben scheint. Denn am angegebenen Orte erwähnt er auf p. 186 bei Gelegenheit der Schilderung der kleinen Nervenzellen der Molekularschicht, dass diese Elemente in der Nähe der Purkinje'schen Zellen zahlreicher und größer seien, vielfach einen ovalen Zellenkörper besitzen, und dass ihre stärkeren Ausläufer bestimmte Richtungen einschlagen. Offenbar hat Gierke mit diesen Bemerkungen Ramón y Cajal's und meine Korbzellen im Auge, und betone ich daher noch ganz besonders, dass Gierke eine Verwechslung dieser Zellen mit Gliazellen für ganz unmöglich erklärt.

Wenn nun auch die Korbzellen Nervenzellen sind, so stellen

[1] Die Stützsubstanz des centralen Nervensystems. II. Theil. in: Archiv für mikr. Anat. Bd. XXVI. p. 188.

dieselben jedenfalls Bildungen ganz eigener Art dar, indem sonst nirgends so eigenthümliche Beziehungen von Ausläufern von Nervenzellen zu anderen solchen Zellen nachgewiesen sind. Es ist dies jedoch sicherlich kein Grund gegen diese Deutung, indem gerade die neuen Untersuchungen über den Bau der Netzhaut und auch über das Gehirn (man vgl. nur die wichtigen Mittheilungen von Ramón y Cajal über den Bau des Lobus opticus der Vögel) lehren, dass wir noch viel Auffallendes von einem weiteren Eindringen in dieses Gebiet zu erwarten haben. Und im Rückenmark bilden ja, wie Ramón y Cajal entdeckt hat, die seitlichen Äste der Nervenfasern der hinteren Stränge (die Fibras colaterales de conexion von Ramón y Cajal), nachdem sie die gelatinöse Substanz von Rolando durchsetzt haben, schließlich feine Verästelungen, welche die multipolaren Zellen in ähnlicher Weise umgeben wie die eben beschriebenen Faserkörbe der Korbzellen die Purkinje'schen Zellen (Riv. trimestr., März 1889, p. 91, 92), Angaben, die ich am Mark von Säugethierembryonen vollkommen bestätigt finde, und auch auf die Fibras colaterales der Fasern der Vorder- und Seitenstränge ausdehnen kann.

Eine große Zahl der kleinen Nervenzellen der Molekularschicht des Cerebellum nimmt an der Bildung der Faserkörbe keinen Antheil, und zählen hierher im Allgemeinen die Zellen der äußeren Hälfte dieser Lage, und wie es scheint auch einzelne tiefer gelegene, die einfach wie multipolare Zellen sich verhalten (Fig. 12). Ein nervöser Fortsatz scheint an allen diesen Zellen vorhanden zu sein, doch weiß ich, eben so wie Golgi und Ramón y Cajal, vorläufig nichts Näheres über denselben zu berichten, und habe auch bis anhin keine Verästelungen desselben gesehen. Die Faserkörbe sind bei der Katze und auch beim Menschen leicht nachzuweisen, und einer von den Theilen, die zur Darstellung am wenigsten Schwierigkeiten machen, abgesehen von ihren Beziehungen zu den betreffenden Zellenkörpern, deren Nachweis nur an glücklichen feinen Schnitten gelingt.

4) Die Purkinje'schen Zellen werden mehr nur der Vollständigkeit wegen abgehandelt, und gebe ich hier das Bild eines der schönsten der von mir gesehenen solchen Elemente vom Menschen (Fig. 13). Merkwürdigerweise erhält man diese Zellen, wie schon die Abbildungen von Golgi lehren, aus dem Gehirn des Menschen nach dem langsamen Golgi'schen Verfahren in wunderbarer Schönheit, und habe ich bis jetzt bei keinem Thiere Besseres gesehen. Am schönsten sind dieselben, wenn sie allein oder etwa noch mit einzelnen Korbzellen oder transversalen Fasern gefärbt sind, und sieht man dann oft die Ausläufer ganz glatt ohne die Unebenheiten, Spitzchen und Körnchen, die sie häufig

sonst besitzen. Von den Ausläufern betone ich, wie Golgi, dass dieselben nicht anastomosiren. Ihr Ende findet sich fein auslaufend einmal in der ganzen Dicke der Molekularschicht, und dann in der Nähe der äußeren Oberfläche der Windungen, wo dieselben meist bogenförmig sich umbiegen. Verbindungen mit der Pia oder den Gefäßen vermochte ich nicht nachzuweisen, eben so wenig mit den longitudinalen Fäserchen, d. h. den nervösen Fortsätzen der kleinen Körnerzellen.

In Betreff der Stellung der Purkinje'schen Zellen hat, so viel ich ermitteln konnte, Henle[1] zuerst nachgewiesen, dass die Verästelungen derselben so zu sagen in einer einzigen Ebene sich ausbreiten und somit blattförmig sind, und dass diese Blätter ausnahmslos in der Querrichtung der Windungen stehen. Später haben Denissenko[2], Kahler in Toldt's Gewebelehre, Obersteiner (Anleitung zum Studium des Baues der nervösen Centralorgane, 1888, p. 325), und vor Allem Ramón y Cajal diese Angaben bestätigt, welcher letzte Autor auch die ersten guten Abbildungen longitudinaler und tangentialer Schnitte der betreffenden Zellen gab. Über die Stellung der Körper der Purkinje'schen Zellen geben tiefe tangentiale Schnitte gute Auskunft, welche zeigen, dass dieselben in der Längsrichtung etwas näher beisammen stehen als in der Querrichtung und nicht in regelmäßigen Reihen angeordnet sind (siehe auch Henle, l. c. Fig. 161).

Die nervösen Fortsätze der Purkinje'schen Zellen sind von Golgi so vorzüglich beschrieben worden, dass ich seinen Angaben nichts beizufügen im Stande bin, und wie Ramón y Cajal dieselben einfach bestätige, nur möchte ich hervorheben, dass auch ich Seitenäste derselben sehe, die in die Molekularschicht zurücklaufen (Fig. 13).

5) Von den dreierlei Fasern, die Ramón y Cajal als in der Körner- und Molekularschicht sich verästelnd beschreibt, scheinen mir die oben sub a und b erwähnten zusammenzugehören und dem Systeme von Nervenfasern zu entsprechen, das Golgi aus den Markblättern in die Rinde ausstrahlen lässt (Tab. XI a). Ähnliche Fasern finde auch ich bei Erwachsenen und bei Embryonen, Neugeborenen und jungen Säugern sind in den Markblättern an Golgi'schen Präparaten eine bald größere, bald geringere Anzahl von Fasern gefärbt, die ich nicht umhin kann für Nervenfasern zu halten. Diese oft varicösen schwarzen Fasern (Fig. 21) zeigen schon innerhalb der Markblätter einzelne spitzwinkelige Theilungen (*a*), und sobald dieselben in die Körnerschicht einge-

[1] Anatomie. Bd. III. 2. Abth. 1871. p. 230.
[2] Archiv für mikr. Anatomie. 1877. p. 221.

treten sind, lösen sie sich alle in reichliche feine Verästelungen auf, die die Körnerschicht durchziehen, und zum Theil hier, zum Theil in den tieferen Theilen der Molekularlage zu enden scheinen, d. h. frei auslaufen und nicht weiter gefärbt sind. An vielen Präparaten zeigen diese Endigungen außer leichten Varicositäten nichts Besonderes, an anderen, vor Allem bei Erwachsenen, knotige oder buschige Anschwellungen, wie die Fibras musgosas von Ramón y Cajal, doch kann ich nicht umhin, solche Bildungen für Kunstprodukte zu halten.

Wäre meine Deutung dieser Objekte richtig, so würde somit immerhin ein guter Theil der Fasern der Markblätter des Cerebellum in der grauen Rinde in Verästelungen übergehen, die möglicherweise beim Erwachsenen zum Theil marklos, zum Theil markhaltig sind.

Die dritte Kategorie von Fasern von Ramón y Cajal (s. oben), welche die von ihm sogenannten Nidos cerebellosos um die Purkinje'schen Zellen bilden, kenne ich bis jetzt nur von einem einzigen Präparate von Ramón y Cajal von einem jungen Hunde, das an einigen wenigen Stellen solche Bildungen zeigt, und ist es mir vorläufig unmöglich, über dieselben ein Urtheil abzugeben.

6) Markhaltige Fasern des Cerebellum. Von diesen Fasern habe ich, eben so wie von denen der Rinde des Cerebrum in meiner Mikr. Anat. II, 1 S. 447, 477 die erste genauere Beschreibung gegeben, was ich wiederholt hervorzuheben mir erlaube, da für das große Gehirn immer wieder v. Exner als derjenige genannt wird, dem dies zuerst gelungen sei. An dem angegebenen Orte habe ich gezeigt, dass wenn Schnitte von Chromsäurepräparaten mit verdünnten kaustischen Alkalien behandelt werden, alle dunkelrandigen Elemente der grauen Hirnrinde, selbst die feinsten, zur deutlichsten Anschauung kommen, und wurden damals nach solchen Präparaten am großen Hirn die oberflächliche Faserlage und die zahlreichen inneren horizontalen Faserzüge und am Cerebellum das Fasernetz der Substantia ferruginea und das weite Eindringen feinster Fasern in die Molekularschicht beschrieben und zum Theil abgebildet. Auch wenn man nicht darauf ausgeht, Priorität zu beanspruchen, so findet man sich doch nicht gerade angenehm berührt, wenn man sieht, wie die junge Generation über einen hinwegschreitet und wie wenig dieselbe in der Geschichte unserer Wissenschaft orientirt ist. Früher war dies anders und würde es auch jetzt keinem Histologen schaden, wenn er stets auf Henle's Allgemeine Anatomie, auf Leydig's Arbeiten und auf meine Mikroskopische Anatomie zurückginge, mancher anderen nicht zu gedenken! Dies sine ira et studio.

Wie die Sachen jetzt liegen, besitzen wir zum Nachweise mark-

haltiger Fasern die vorzüglichen Methoden von Weigert und Pal und das durch Flechsig eingeführte japanesische Rothholz und ist es jetzt relativ leicht, deren Verlauf zu verfolgen.

In den Markblättern des Cerebellum verlaufen die dunkelrandigen Fasern, die zu den feineren gehören und verschiedentlich mit feinsten Elementen gemengt sind, im Wesentlichen einander parallel in der Ebene der Blätter der weißen Substanz. Wo dann an den Rändern und Seitenflächen der Windungen graue Substanz an die Markblätter anstößt, lösen sich von denselben einzelne Fasern und Faserbündel ab, um in die rostfarbene Lage eindringend, dieselbe in ihrer ganzen Dicke zu durchziehen und in ihr den längst von mir beschriebenen feinen und dichten Plexus zu bilden, der die Granula in seine Maschen aufnimmt (Fig. 14). Anders gestalten sich die Verhältnisse in der Tiefe der Furchen, indem hier die Markblätter vorwiegend bogenförmige Fasern zeigen, die ähnlich denen des großen Gehirns wie Kommissurenfasern der einzelnen Windungen darzustellen scheinen, und nur spärliche Fasern an die rostfarbene Substanz abgeben. Untersucht man den Plexus dieser Substanz genauer, so findet man, dass derselbe eine gewisse Zahl gröberer Fasern enthält, die mehr gerade gegen die Molekularschicht verlaufen, Elemente, die unzweifelhaft einem guten Theile nach Fortsetzungen der Achsencylinderfortsätze der Purkinje'schen Zellen sind. Auf der anderen Seite ist jedoch nicht daran zu denken, dass der Plexus der rostfarbenen Lage und somit auch die Markblätter einzig und allein aus solchen Fasern bestehen, wie Henle vermuthet; vielmehr ist sicher, dass derselbe noch eine Unmasse anderer markhaltiger Fasern enthält, die in die Molekularschicht eindringen. Verfolgt man nämlich den Plexus bis gegen die Purkinje'schen Zellen hin, so findet man, dass seine Elemente dicht unterhalb der Zellen in eine Lage von Querfasern übergehen, welche an Querschnitten der Windungen als eine ganz zusammenhängende erscheint (Fig. 14, 17), an tiefen Tangentialschnitten dagegen aus getrennten Querbündeln besteht, die durch zahlreiche feine Brücken zusammenhängen. Längsschnitte vervollständigen das Bild und zeigen die Querbündel im Durchschnitte in Gestalt nicht scharf begrenzter runder Ansammlungen von Punkten (Fig. 19).

Von diesen oberflächlichen Querbündeln aus entwickeln sich dann eine Menge schief und gerade aufsteigender feiner Fasern (Fig. 17, 20), welche die Purkinje'schen Zellen umfassend und zwischen denselben durchziehend, in die Molekularschicht eintreten und in dieser zumeist eine ganz bestimmte Richtung einschlagen und zwar die longitudinale. An reinen Querschnitten erscheinen somit diese Ele-

mente als Pünktchen, die nach außen und auch zwischen den Purkinje-schen Zellen liegen, und an Längsschnitten der Windungen findet man eine Zone parallel der Oberfläche der Windungen verlaufender Fäserchen (Fig. 19). Außer diesen Elementen finden sich jedoch ohne Ausnahme auch eine gewisse Zahl radiärer, gerade oder leicht schief aufsteigender markhaltiger Fäserchen in der Molekularschicht, über deren Menge es nicht leicht ist, sich eine richtige Vorstellung zu verschaffen. Im Allgemeinen sind dieselben an reinen Querschnitten selten, häufig dagegen an Längsschnitten der Windungen. Doch können dieselben auch an Querschnitten häufiger sein (Fig. 20), ja selbst allein vorkommen, letzteres jedoch nur dann, wenn ein solcher Schnitt das Ende einer Längswindung trifft.

In Betreff der Verbreitung dieser markhaltigen Fäserchen in der Molekularschicht, so haben mir neue Untersuchungen wesentlich Anderes ergeben, als früher. Es ist zwar richtig, dass dieselben am zahlreichsten und schönsten entwickelt im inneren Fünftheile oder Viertheile der Molekularschicht sich finden, doch fehlen dieselben auch in den äußeren und selbst den oberflächlichsten Lagen dieser Schicht nicht, wenn auch zuzugeben ist, dass dieselben hier meist nur vereinzelt und nur an den besten Präparaten zur Anschauung kommen. Ich habe so theils radiäre, theils longitudinale markhaltige Fäserchen in allen Höhen der Molekularlage bis dicht an die Pia gesehen und bin zur Überzeugung gekommen, dass dieselben wahrscheinlich auch in den äußeren Theilen derselben häufiger sind, als die bisherigen Präparate lehren, worüber unten noch mehr.

Noch bemerke ich, dass an Weigert'schen Präparaten hier und da, obschon im Ganzen selten, in der Molekularlage des Cerebellum auch schwärzlich gefärbte Gliafasern vorkommen, die mit markhaltigen feinsten Nervenfasern verwechselt werden könnten. Solche Elemente sind immer geschlängelt und von gleichbleibendem Durchmesser, während die Nervenfasern mehr gerade verlaufen und meist varicös sind. Die große Mehrzahl der markhaltigen Fasern der Molekularlage gehören zu den allerfeinsten, doch kommen auch einzelne etwas stärkere Elemente vor, die ich geneigt bin als durch die Niederschläge des Reagens ungebührlich verdickte anzusehen, da eine Vergleichung vieler Präparate nach Weigert leicht ergiebt, dass auch diese Methode wechselnde Ergebnisse liefert. Verwechselungen von Nervenfasern mit Kapillaren können leicht vermieden werden.

Besitzen die markhaltigen Fasern des Cerebellum irgendwo Verästelungen? Solche Verästelungen sind bekanntlich seit Gerlach von verschiedenen Autoren angenommen worden.

Ich muss jedoch bekennen, dass es mir bis anhin nicht möglich war, irgendwo im Cerebellum erwachsener Geschöpfe, außer in der Molekularlage (s. unten), solche Verästelungen mit unzweifelhafter Sicherheit wahrzunehmen. Nichtsdestoweniger halte ich es für wahrscheinlich, dass auch in der rostfarbenen Lage und selbst in den Markblättern Theilungen von solchen Fasern vorkommen und verweise in dieser Beziehung in erster Linie auf die oben geschilderten Wahrnehmungen von Golgi, Ramón y Cajal und mir an den Gehirnen junger und erwachsener Thiere, die kaum anders sich deuten lassen, als indem man annimmt, dass wenigstens ein Theil der Fasern der Markblätter und der grauen Rinde Verästelungen zeigen. Der Grund, warum an den markhaltigen Fasern erwachsener Geschöpfe solche Theilungen nicht oder nur schwer nachzuweisen sind, könnte der sein, dass an den Theilungsstellen das Mark fehlt und dass dieselben aus diesem Grunde dem Blicke sich entziehen. Ein solches Fehlen des Markes kommt an peripherischen Nerven an allen Theilungsstellen vor, wie man schon lange weiß, und werden allgemein solche Stellen mit den gewöhnlichen Ranvier'schen Einschnürungen zusammengestellt. Die Frage wäre somit die, ob solche marklose Stellen auch an centralen Fasern vorkommen. Bisher wusste man hiervon nichts Sicheres, nun geben aber die neuesten Erfahrungen von Ramón y Cajal und von Flechsig eine bestimmte Entscheidung. Ramón y Cajal glaubt an den markhaltigen nervösen Fortsätzen der Purkinje'schen Zellen marklose Einschnürungen und bei jungen Geschöpfen selbst interannuläre Kerne gesehen zu haben (Riv. trim. März 1889, p. 116, Tab. XII, Fig. 4 *gh*) und Flechsig beschreibt an den bereits markhaltigen nervösen Fortsätzen der Pyramidenzellen des Großhirns, da wo sie sich theilen oder Seitenäste abgeben, längere marklose Stellen (Sächs. Ber. 1889, p. 328, Fig. 1, 2, 3, 5). Solche scheinbar marklose Stellen habe ich nun in der That an Weigert'schen Präparaten an den Fasern der Körner- und Molekularlage nicht selten gesehen, doch bin ich nicht im Stande zu entscheiden, ob solche Fasern natürliche oder vielleicht nur unvollkommen gefärbte waren. Hierzu kommt, dass an gut gefärbten Fasern der Körnerlage, die auf lange Strecken zu verfolgen waren, in der Regel nichts von marklosen Stellen sich fand.

Die letztgenannten Thatsachen sind nun übrigens nicht hinreichend, um das Vorkommen von Fasertheilungen in den inneren Lagen des Cerebellum als unmöglich erscheinen zu lassen, um so mehr, da ich in der Molekularlage beim Menschen und der Katze an Präparaten nach Weigert solche Theilungen wirklich beobachtet habe. Und zwar bis jetzt allerdings nicht häufig, aber doch in 13 Fällen, die alle in der

Figur 11 wiedergegeben sind. Wenn man bedenkt, wie schwer die Nervenfasern in dieser Lage auf eine größere Länge sich färben, und dass ich nur die Fälle aufnahm, die mir ganz sicher erschienen, und viele mehr oder minder zweifelhafte ausschloss, so wird meiner Beobachtung doch ein gewisses Gewicht nicht abgesprochen werden können.

7) Ich erwähne nun noch kurz die Elemente der Neuroglia des Cerebellum, deren genauere Kenntnis wir vor Allem Golgi und Ramón y Cajal verdanken.

In der weißen Substanz finden sich allerwärts zahlreiche große sternförmige Gliazellen, die mit verästelten und ungemein langen Ausläufern zwischen den Nervenfasern verlaufen und überall auch an die Gefäße sich ansetzen.

In der Körnerlage finden sich ähnliche Sternzellen in geringerer Menge und kleiner, und außerdem an der Grenze gegen die Molekularlage kleinere und größere verlängerte Elemente derselben Art, die ihre verästelten Ausläufer als lange, parallele, sehr zahlreiche Fasern durch die ganze Molekularschicht bis zur Oberfläche derselben senden, um da an der inneren Oberfläche der Pia mit einer kleinen keulenförmigen Anschwellung zu enden. Außer diesen durch die Golgi'schen Methoden nachweisbaren Neuroglia-Elementen finden sich wahrscheinlich noch andere, vor Allem in der Molekularschicht und der Körnerlage, mit Bezug auf welche ich auf die vorzügliche Arbeit von Gierke verweise.

8) Zum Schlusse könnte nun noch die Frage nach dem Zusammenhange der bis jetzt bekannten Elemente der Rinde des Cerebellum aufgeworfen werden, dieselbe bietet jedoch solche Schwierigkeiten dar, dass ich mich für einmal nicht entschließen kann, eine Beantwortung derselben zu versuchen und mich damit begnüge, einige Andeutungen als Fingerzeige für weitere Untersuchungen zu geben.

Ein erster wichtiger Punkt, den auch Ramón y Cajal berührt hat, ist der, ob und welche von den durch die Golgi'schen Methoden nachweisbaren Fasern markhaltig sind. Hierauf ist vorläufig nur für eine Art derselben eine bestimmte Antwort zu geben und zwar für den Hauptstamm der nervösen Fortsätze der Purkinje'schen Zellen. Was dagegen die Seitenäste dieses Stammes betrifft, die zum Theil in die Molekularschicht zurücklaufen, so lässt sich wohl nach Analogie des von Flechsig für das Großhirn Gefundenen vermuthen, dass dieselben ebenfalls markhaltig sind, eine bestimmte Entscheidung werden jedoch möglicherweise erst Präparate mit japanesischem Rothholze geben, mit deren Herstellung ich eben beschäftigt bin.

Für möglich halte ich ferner, dass die longitudinalen Fasern der

Molekularlage, die als Enden der nervösen Fortsätze der kleinen Körnerzellen sich darstellen, und diese selbst einem guten Theile nach markhaltig sind. Gegen eine solche Annahme spricht allerdings von vorn herein die gewichtige Thatsache, dass im Allgemeinen die Golgi-sche Methode nur marklose Fortsätze von Nervenzellen und marklose Nervenfasern (Fasern des Sympathicus, Anfänge der Achsencylinderfortsätze der Pyramidenzellen) färbt und markhaltige Fasern ganz unberührt lässt. Es kommen jedoch von diesem Verhalten auch Ausnahmen vor, indem z. B. die nervösen Fortsätze der Purkinje'schen Zellen und auch diejenigen der Pyramidenzellen des Großhirns sehr oft durch Silber und Sublimat nach Golgi in einer solchen Ausdehnung und mit so vielen Verästelungen sich schwarz färben, dass unzweifelhaft auch markhaltige Stellen in denselben inbegriffen sind, wie dies nun auch durch Flechsig für die Pyramidenzellen direkt nachgewiesen worden ist. Somit könnten auch die von Ramón y Cajal entdeckten longitudinalen Fasern der Molekularlage und die an Weigert'schen und Kalipräparaten nachweisbaren längsverlaufenden markhaltigen Fasern dieser Schicht identisch sein.

Erwägen wir, was weiter für und gegen eine solche Annahme spricht. Zu Gunsten derselben ist anzuführen, dass an sehr guten Präparaten nach Weigert die Zahl der longitudinalen markhaltigen Fasern im tiefsten Viertheil der Molekularlage so beschaffen ist, dass dieselbe ziemlich mit derjenigen der Ramón y Cajal'schen longitudinalen Fäserchen sich deckt (Fig. 19). Das Einzige, was stört, ist, dass die Fasern an Präparaten nach Weigert meist kurz sind und eine gewisse geringe Länge nicht überschreiten, doch fällt auch das nicht ins Gewicht, denn bei anderen Behandlungsweisen erscheinen dieselben gerade umgekehrt sehr lang. Behandelt man Längsschnitte eines in chromsaurem Kali erhärteten Cerebellum mit Kali causticum und wartet man ab, bis die graue Rinde ganz durchsichtig geworden ist, so findet man erstens die genannten Fasern viel zahlreicher, und zweitens so lang, dass scheinbare Enden nur selten sichtbar sind.

Weiter spricht für eine Übereinstimmung der beiderlei Fasern, dass auch an Weigert'schen Präparaten in der Molekularlage Fasertheilungen vorkommen, die an diejenigen der Cajal'schen aufsteigenden nervösen Fortsätze erinnern, wie ich solche in der Fig. 11 abgebildet habe.

Auf der anderen Seite ist nun aber zu bemerken, dass während an guten Präparaten nach Golgi die longitudinalen Fäserchen die ganze Molekularlage gleichmäßig durchziehen, ein solches Verhalten bis anhin an den markhaltigen längsverlaufenden Elementen Weigert'scher

Präparate in keiner Weise zu erzielen oder nachzuweisen war. Die besten Fälle der Art, die ich an Weigert'schen Präparaten sah, sind in den Fig. 19 und 20 an einem Längs- und an einem Querschnitte dargestellt, und ergeben, dass auch im mittleren Dritttheile der Molekularlage markhaltige Fäserchen in ansehnlicher Zahl sich finden. Ja selbst im äußersten Dritttheile findet man fast in jedem größeren Schnitte des Cerebellum, wie schon oben mitgetheilt wurde, bis in die alleroberflächlichsten Theile hinein, hier und da ein markhaltiges Fäserchen. Größere Mengen derselben sind jedoch in den zwei äußeren Dritttheilen der rein grauen Rindenlage nie vorhanden und fragt es sich nun, welche Bedeutung dieser Thatsache zuzumessen ist. Und da verdient wohl alle Beachtung, dass alle unsere Methoden noch äußerst unzuverlässig sind. Selbst die Fäserchen von Ramón y Cajal färben sich häufig nur in den tiefsten Lagen der Molekularschicht, und die Weigert-sche Methode ist nicht zuverlässiger. Zeigt dieselbe doch häufig in der Molekularlage gar keine dunkelrandigen Fasern an, und wo dieselben sichtbar sind, finden sich dieselben nie in größerer Länge zusammenhängend gefärbt. Und dass die vereinzelten kurzen Fäserchen der Fig. 19 auch nur für eine unvollkommene Färbung Zeugnis ablegen, braucht gar nicht besonders betont zu werden.

Allem zufolge halte ich es somit nicht gerade für unmöglich, dass die ganze Molekularlage von dunkelrandigen longitudinalen und von senkrecht aufsteigenden, mit ihnen verbundenen Fäserchen durchzogen ist, die den Ramón y Cajal'schen longitudinalen Elementen entsprechen, ohne jedoch in dieser schwierigen Frage einen entscheidenden Ausspruch thun zu wollen.

Angenommen, diese Hypothese sei richtig, so bliebe immer noch die schwierige Frage zu erledigen, wie die besprochenen longitudinalen Fäserchen enden. Was Golgi'sche Präparate in dieser Beziehung lehren, ist oben sub 1 bereits erwähnt. Weigert'sche Präparate sind in dieser Beziehung noch unbestimmter, indem dieselben ja die markhaltigen Fäserchen der Molekularlage noch weniger zuverlässig darstellen, und so sehe ich mich veranlasst, auch in dieser Beziehung für einmal eines Urtheiles mich zu enthalten.

Giebt es außer den erwähnten Quellen noch andere zur Ableitung der markhaltigen Fasern der Rinde des Cerebellum? Ich glaube ja, und meine nicht zu irren, wenn ich annehme, dass ein Theil der Fasern der Markblätter in der Körnerschicht, ein anderer in der Molekularlage endet. Diese Endigungen könnten in der Körnerlage als freie marklose vorkommen, die theils zwischen den Körnerzellen, theils um die Körper der Purkinje'schen Zellen herum gelegen wären.

Bei den Nervenfasern dagegen, die in die Molekularlage eintreten, wäre vor Allem an eine Verbindung mit den nervösen Fortsätzen derjenigen kleinen multipolaren Zellen dieser Lage zu denken, die nicht an der Bildung von Faserkörben sich betheiligen, und würden mit einer solchen Annahme die Zahlenverhältnisse der betreffenden Zellen und der im Ganzen spärlichen senkrecht und schief aufsteigenden Nervenfasern dieser Lage nicht übel stimmen. Ob außer solchen Elementen auch frei und marklos endende dunkelrandige Fasern aus den Markblättern unmittelbar in die Molekularlage eintreten, bleibt unentschieden. Auf jeden Fall aber muss eine andere Vermuthung, an die ich mit Anderen früher gedacht, gänzlich aufgegeben werden, die nämlich, dass solche markhaltige Fasern mit den Protoplasmafortsätzen der Purkinje'schen Zellen zusammenhängen, indem die letzten Endigungen dieser viel zu zahlreich sind, als dass an solche Beziehungen gedacht werden könnte.

Zu den nicht markhaltigen Theilen der Rinde des kleinen Gehirns rechne ich entschieden die transversalen Fasern von Golgi und Ramón y Cajal und die mit denselben in Verbindung stehenden Faserkörbe um die Purkinje'schen Zellen, indem so eigenthümliche Bildungen bestimmt an Kali- und an Weigert'schen Präparaten zur Anschauung kommen müssten, wenn dieselben markhaltig wären. Die einzige Möglichkeit wäre die, dass ein kleiner Theil des sogenannten nervösen Fortsatzes dieser Zellen Mark besäße.

Alle frei und marklos endenden Ausläufer von Nervenfasern sind meiner Meinung nach unzweifelhaft als centripetal leitende Elemente anzusehen, alle markhaltigen von Zellen entspringenden Fasern als centrifugal wirkende. Verästelte Protoplasmafortsätze von Nervenzellen sind vielleicht zuleitende Apparate, sogenannte nervöse Fortsätze von solchen, auch wenn sie nicht markhaltig werden, ableitende. Zu diesen letzteren scheinen, so viel sich bei dem jetzigen Stande der Dinge sagen lässt, zu gehören: 1) die nervösen Fortsätze der großen Zellen der Körnerlage und 2) diejenigen der Korbzellen der Molekularschicht.

Stelle ich nun noch die Hauptergebnisse meiner Ermittelungen über den feineren Bau des Cerebellum zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

1) Die Körnerlage enthält außer spärlichen Gliazellen ungemein viele multipolare Nervenzellen, die kleinen und die großen Körnerzellen.

2) Die ungemein zahlreichen kleinen Körnerzellen besitzen nur kurze, am Ende in kleine Büschel ausgehende Protoplasmafort-

sätze. Der sehr feine nervöse Fortsatz entspringt meist von einem Protoplasmafortsatze, dringt ohne Ausnahme nach außen vertikal in die Molekularlage ein und theilt sich hier in zwei horizontal und longitudinal verlaufende, unverästelte, feine Fäserchen, deren Ende unbekannt ist. Solche longitudinale Fäserchen durchziehen in ungemeiner Anzahl die Molekularlage in ihrer ganzen Dicke und bewirken an vertikalen Längsschnitten eine äußerst dichte parallele Streifung derselben.

3) Die großen Körnerzellen sind im Ganzen mehr vereinzelt und spärlich. Ihre weitverzweigten zahlreichen Protoplasmafortsätze können tief in die Molekularlage und auch in die Markblätter eindringen. Der nervöse Fortsatz ist in einem kleinen Raume ungemein reich verästelt und scheint nicht über die Körnerlage herauszugehen.

4) Die Purkinje'schen Zellen zeigen keine Anastomosen ihrer in der Querrichtung der Windungen flächenhaft ausgebreiteten Protoplasmaausläufer, sondern nur freie Enden derselben. Der nervöse Fortsatz dieser Elemente giebt eine mäßige Zahl feiner Seitenäste ab, von denen ein Theil in die Molekularlage zurückläuft.

5) Die kleinen Zellen der Molekularlage zerfallen in äußere kleinere und innere oder Korbzellen.

6) Die äußeren kleineren Zellen der Molekularlage zeigen reichverzweigte, oft weitreichende Protoplasmafortsätze und einen nervösen Fortsatz, dessen genaueres Verhalten unbekannt ist.

7) Die Korbzellen besitzen sehr lang und gut verästelte Protoplasmafortsätze, die zum Theil bis in die äußersten Theile der Molekularschicht reichen. Der nervöse Fortsatz ist sehr lang, verläuft als transversale Faser über den Purkinje'schen Zellenkörpern in der Querrichtung der Windungen und sendet von Stelle zu Stelle senkrechte Ausläufer nach innen ab, von denen einer oder mehrere mit reich und dichtverästelten Ausläufern die Purkinje'schen Zellenkörper korbartig umstricken.

8) Die markhaltigen Fasern des kleinen Gehirns erwachsener Geschöpfe ließen bis jetzt nur in der Molekularlage einzelne Theilungen erkennen. Dieselben bilden in der Körnerschicht ein dichtes Geflecht, in dem an Querschnitten ein bogenförmig unterhalb der Purkinje'schen Zellen dahinziehender starker Faserzug sich findet, der an Längsschnitten in Gestalt vieler transversalen Bündel erscheint. Zwischen den Purkinje'schen Zellen ziehen dann die markhaltigen Fasern in die Molekularlage ein und verlaufen in dieser theils vertikal, theils und zwar vorwiegend longitudinal, bilden im inneren Dritttheil dieser Lage einen starken Faserzug, kommen aber auch im mittleren Dritttheile noch in ziemlicher Menge vor und fehlen vereinzelt selbst

in den äußersten Schichten nicht. Ob diese longitudinalen markhaltigen Fasern und die longitudinalen Endfasern der kleinen Körnerzellen dieselben Bildungen sind, ist vorläufig nicht zu entscheiden.

9) In den Gehirnen von Embryonen und jungen Säugern zeigen die Markblätter des Cerebellum eine gewisse Zahl unzweifelhafter Nervenfasern, welche schon in diesen einzelne Zweitheilungen darbieten und mit reich verzweigten baumförmigen Theilungen in beiden Lagen der grauen Substanz sich verlieren.

10) Bei Erwachsenen sind die von Golgi und Ramón y Cajal entdeckten verästelten Fasern, die aus den Markblättern in beide Lagen der Rinde ausstrahlen, wahrscheinlich marklose Nervenfasern.

11) Keinerlei Faserbildungen, welche die Golgi'schen Methoden aufdecken, zeigen sichere Anzeichen von Anastomosen und spricht vorläufig keine Thatsache für die Annahme eines nervösen Netzes in der grauen Substanz. Eben so wenig lassen sich Übergänge irgend welcher Protoplasmafortsätze von Nervenzellen in markhaltige Nervenfasern annehmen.

Würzburg, 5. Januar 1890.

Zusätze.

1) Seit Obiges geschrieben wurde, ist es mir gelungen, auch beim Menschen nach der langsamen Golgi'schen Methode die kleinen Körnerzellen untadelig zu erhalten. Dieselben stimmen im Wesentlichen mit denen der Säuger überein, nur sind die Protoplasmafortsätze zum Theil länger und messen bis 60 und 76 μ in der Länge. Die nervösen Fortsätze waren immer kurz abgebrochen und ist es mir beim Menschen noch nicht geglückt, deren Fortsetzungen in die Molekularlage und ihren Übergang in die longitudinalen Fäserchen von Ramón y Cajal wahrzunehmen.

2) Nach einer brieflichen Mittheilung von Ramón y Cajal wandeln sich seine Nidos cerebellosos (siehe oben p. 666) später in Faserverästelungen um, die längs der Protoplasmaausläufer der Purkinje'schen Zellen in die Molekularschicht eindringen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXX—XXXIII.

Alle dargestellten Präparate wurden, wenn nicht Anderes angemerkt ist, nach der langsamen oder schnellen Methode von Golgi behandelt.

In allen Figuren bedeuten folgende Buchstaben dasselbe:

w, weiße Substanz der Markblätter;
k, Körnerlage oder rostfarbene Substanz;
m, Molekularlage oder rein graue Substanz;
n, *n'*, nervöse oder Achsencylinderfortsätze;
pr, Protoplasmafortsätze;
l, longitudinale Faserenden der nervösen Fortsätze der kleinen Körnerzellen;
l', markhaltige longitudinale Fasern der Molekularschicht;
th, Theilungen derselben;
g, große Körnerzellen;
tr, transversale Fasern der Molekularlage, die zu den Korbzellen gehören, aber nicht in Verbindung mit solchen gesehen wurden;
p, absteigende Fasern der Korbzellen, die an der Bildung von
fk den Faserkörben um die Purkinje'schen Zellen sich betheiligen;
p', absteigende Äste mit pinselförmigen Enden von transversalen Fasern;
p'', nach außen abgehende Ausläufer von transversalen Fasern der Molekularlage;
q, markhaltige Querfasern der Körnerlage;
r, radiäre markhaltige Fasern der Molekularschicht;
a, Theilungen von Fasern der Markblätter;
ak, äußere Körnerlage des Cerebellum junger Säuger.

Fig. 1. Kleine Körnerzellen der erwachsenen Katze; der nervöse Fortsatz entspringt bei *1* vom Zellenkörper, bei *2*, *3*, *4* von einem Protoplasmafortsatze. Starke Vergrößerung.

Fig. 2. Senkrechter Longitudinalschnitt aus dem Cerebellum desselben Thieres. Zwei kleine Körnerzellen mit ihren nervösen Fortsätzen und deren Fortsetzung in longitudinale Fäserchen der Molekularschicht. Außerdem viele solche Fäserchen und nervöse Fortsätze sammt den Theilungen der letzteren. Starke Vergr.

Fig. 3. Spitze einer Windung des Cerebellum der Katze. Querschnitt mit vielen kleinen Körnerzellen, vier großen Körnerzellen und vielen Fragmenten von Purkinje-schen Zellen. Mittlere Vergr.

Fig. 4. Körnerlage desselben Thieres mit vielen gefärbten kleinen Körnerzellen. Mittlere Vergr.

Fig. 5. Längsschnitt einer Kleinhirnwindung der Katze mit vielen longitudinalen Fäserchen in der Molekularlage und nervösen Fortsätzen der kleinen Körnerzellen, welche letzteren nicht gefärbt sind. Gefäße nicht dargestellt. Geringe Vergr.

Fig. 6. Aus einem Querschnitte des Cerebellum der Katze. Giebt den Eindruck wieder, den die Faserkörbe der Purkinje'schen Zellen und die transversalen Fasern der Korbzellen, von denen fünf sichtbar sind, bei einem dickeren Schnitte und bei geringerer Vergrößerung machen. Einige Verästelungen der Purkinje'schen Zellen gefärbt, die Zellenkörper nicht. Geringere Vergr.

Fig. 7, 8, 9, 10. Korbzellen mit dem nervösen Fortsatze und einer gewissen Zahl von Faserkorbantheilen von der Katze, alle getreu nach der Natur ge-

zeichnet. In Fig. 10 ist das Gewirr von nervösen Fortsätzen, inkl. von transversalen Fasern, von absteigenden Fasern und Faserkörben, von äußeren Ästen der transversalen Fasern und Protoplasmafortsätzen von einer Stelle dargestellt, an welcher dasselbe noch einigermaßen zu verfolgen war. Starke Vergr.

Fig. 11. Verschiedene Formen von Verästelungen markhaltiger Fäserchen aus der Molekularlage des Cerebellum des Menschen von Präparaten nach der Methode von Weigert. Die senkrechten und schiefen einfachen Fäserchen sind nach der Körnerlage zu gerichtet. Die queren verlaufen in der Längsrichtung der Windungen. Starke Vergr.

Fig. 12. Kleine multipolare Zellen der Molekularschicht des Menschen. Die Zelle *1* war nahe an der Körnerschicht gelegen, die Zellen *2*, *3* gegen die Oberfläche zu. Nervöse Fortsätze scheinen bei *3* und *4* da zu sein. Starke Vergr.

Fig. 13. Purkinje'sche Zelle des Menschen mit Seitenästen am nervösen Fortsatze. Die Zeichnung giebt bei Weitem nicht alle Ausläufer der Protoplasmafortsätze wieder. Stärkere Vergr.

Fig. 14. Große Körnerzelle aus dem Cerebellum eines 17 Tage alten Hundes. Nach einem Präparate von Ramón y Cajal. Nervöser Fortsatz roth. Die Protoplasmafortsätze durchziehen die ganze Molekularlage bis zu der nur an jungen Gehirnen vorhandenen äußeren Körnerschicht oder Zellenlage. Der Zellenkörper und der nervöse Fortsatz mit einigen Protoplasmafortsätzen liegen in der Körnerlage. Stärkere Vergr.

Fig. 15, 16. Zwei ebensolche Zellen aus dem Cerebellum einer erwachsenen Katze. In Fig. 15 gehen die Protoplasmafortsätze der großen Körnerzelle bis in das benachbarte Markblatt und ist eine schöne Purkinje'sche Zelle sichtbar. In Fig. 16 geht ein Protoplasmafortsatz in die Molekularlage hinein.

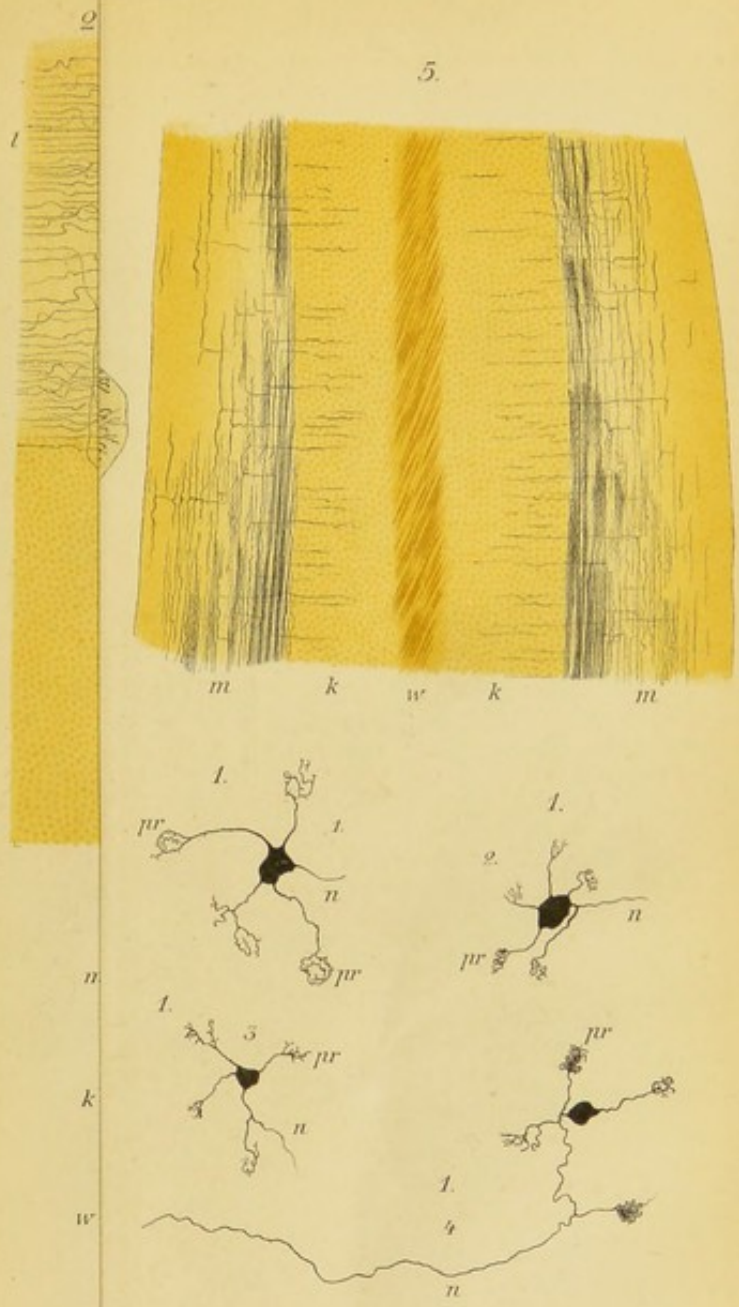
Fig. 17. Aus dem Cerebellum des Menschen vom Querschnitte einer Windung. Präparat nach Weigert. Drei Purkinje'sche Zellenkörper sichtbar. Stärkere Vergr.

Fig. 18. Querschnitt einer Windung des Cerebellum des Menschen. Geringe Vergr. Methode von Weigert. Markhaltige Fasern blau, große Zellen braun.

Fig. 19. Stück eines Längsschnittes und

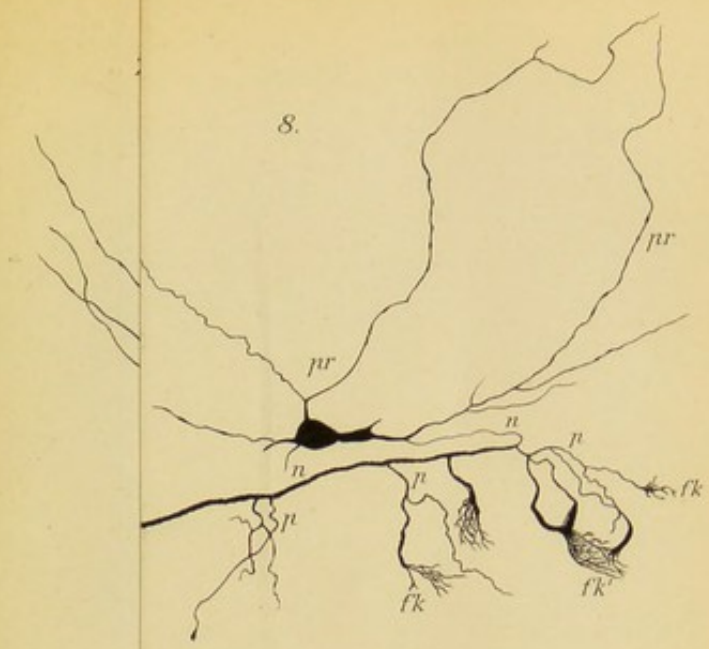
Fig. 20 eines Querschnittes des Cerebellum vom Menschen. Stärkere Vergr. Methode von Weigert. Einige Purkinje'sche Zellen, Theile ihrer starken Äste und Gefäße sichtbar. In der Molekularlage longitudinale, aufsteigende und transversale markhaltige Fäserchen in Längs-, queren und schiefen Ansichten.

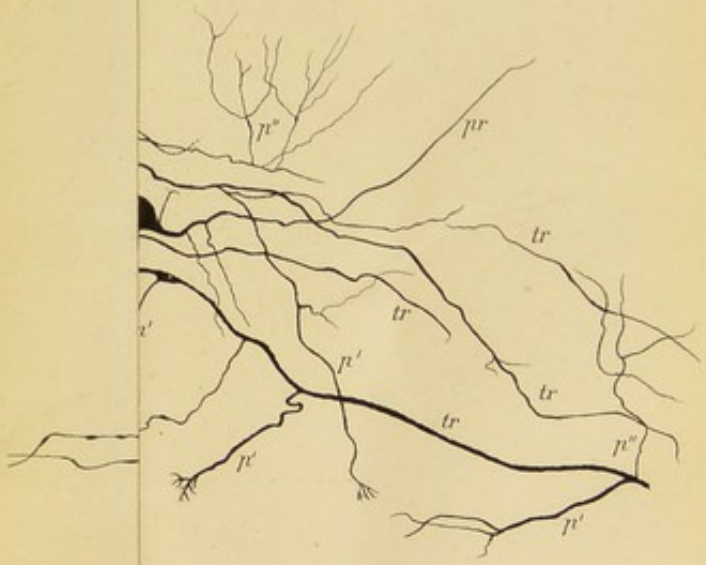
Fig. 21. Aus dem Cerebellum einer neugeborenen Katze. In dem Markblatte gefärbte feine Nervenfasern mit einzelnen Theilungen und verästelte Enden derselben in der Körnerschicht und zum Theil in der Molekularlage. Geringere Vergr.



A. Rabus del.

Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.

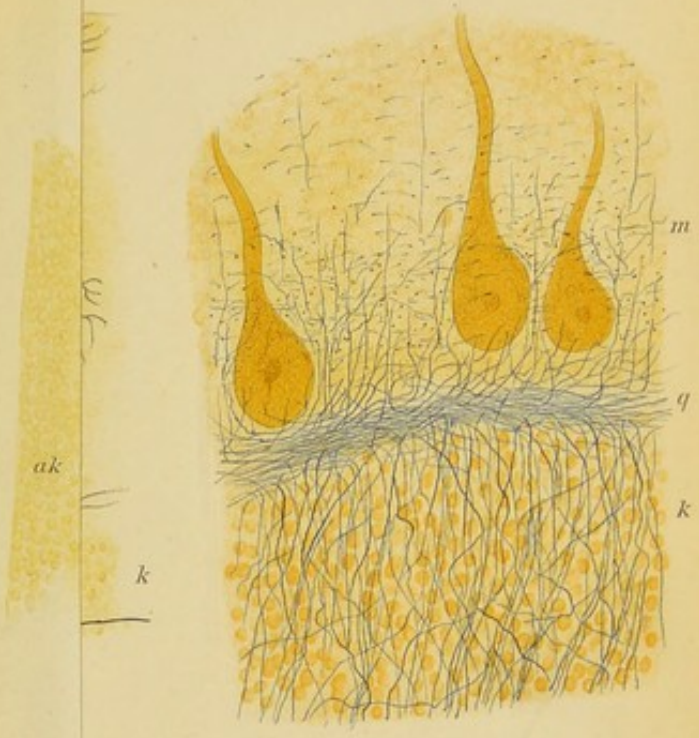




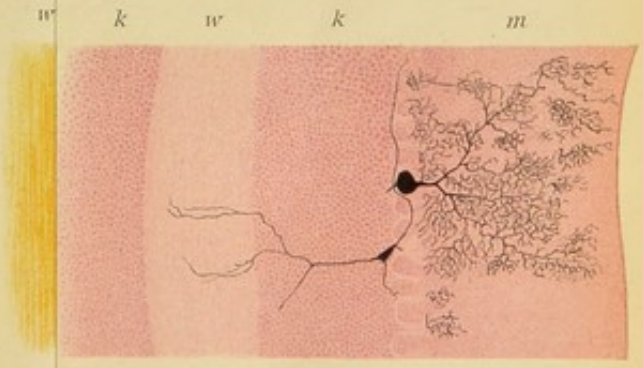
A. Rabus del.

Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt/M.

17.



15.



A. Rabus del.

Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.

20.

A. Rabus del.

Lith. Anst. v. Werner & Winter Frankfurt a/M.

Zur feineren Anatomie des

Zweiter Beitrag: De

A. Kölli

(Mit Tafe

Sepiaat-Abdruck aus: Zeitschrift für
Leipzig, Wilhelm En

(13.)

Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems.

Zweiter Beitrag: Das Rückenmark.

Von

A. Kölliker.

(Mit Tafel I—VI.)

(Separat-Abdruck aus: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. LI. 1.
Leipzig, Wilhelm Engelmann 1890.)

Zur feineren Ana

Zweite

A

Wie beim Gehirn, s
auf den feineren Bau d
Untersuchungsmethoden v
sind wir über manche w
der Verheilung der grü
den, die in vielen Arbeit
Kahn-Tuhr, Enovak, W
niedergelegt sind. Doch
ganz unzulänglich erwies
ziehungen der Nervenfas
halten dieser beiden Elem
ergiebiger Weise ergänzen
in die Lücke. Doch sind n
von Golgi und Ramón y Ca
den, so dass es wohl angem
ragenden Forschern Ge
Dieser Aufgabe habe ich
Über den feineren Bau des
Sitzungsberichte vom 8. M
Gefundene ausführlicher u
Beurtheilung vorlegen.

Von Golgi waren bis v
Rückenmark nur die wenig
dem Hauptwerke (Sulla f

Leipzig, Verlag von Veit & Comp.

Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems.

Zweiter Beitrag. Das Rückenmark.

Von

A. Kölliker.

Mit Tafel I—VI.

A. Historische Einleitung.

Wie beim Gehirn, so verdanken wir auch beim Marke mit Bezug auf den feineren Bau die wesentlichsten Fortschritte den neueren Untersuchungsmethoden von Weigert und Golgi. Durch die erstere sind wir über manche wichtige Verhältnisse des Faserverlaufes und der Vertheilung der gröberen und feineren Fasern aufgeklärt worden, die in vielen Arbeiten der letzten Jahre, vor Allem denen von Kahler-Toldt, Edinger, Waldeyer, Obersteiner, M. v. Lenhossek u. v. A. niedergelegt sind. Doch hat sich auch diese vorzügliche Methode als ganz unzulänglich erwiesen, sobald es sich darum handelte, die Beziehungen der Nervenfasern zu den Nervenzellen und das feinste Verhalten dieser beiden Elemente zu ermitteln. Hier traten dann in sehr ergiebiger Weise ergänzend und bahnbrechend die Golgi'schen Methoden in die Lücke. Doch sind mit diesen Färbungen beim Marke bisher nur von Golgi und Ramón y Cajal weitergehende Versuche angestellt worden, so dass es wohl angezeigt erscheinen musste, das von diesen hervorragenden Forschern Gefundene zu prüfen und weiter auszubauen. Dieser Aufgabe habe ich mich im verflossenen Winter unterzogen (Über den feineren Bau des Rückenmarks. Vorl. Mittheilung. in: Würzb. Sitzungsberichte vom 8. März 1890) und will ich nun hier das von mir Gefundene ausführlicher und mit Abbildungen den Fachgenossen zur Beurtheilung vorlegen.

Von Golgi waren bis vor Kurzem bei uns in Deutschland über das Rückenmark nur die wenigen Angaben bekannt geworden, die in seinem Hauptwerke »Sulla fina Anatomia degli Org. centrali del Syst.

nervoso 1886« und in einigen Abhandlungen über die Neuroglia enthalten sind, nun erfahre ich aber in diesem Frühjahre, nachdem meine vorläufige Mittheilung bereits erschienen war, von ihm selbst, dass seine Untersuchungen über das Rückenmark zu viel weitergehenden Ergebnissen führten, und erhielt zum Belege dessen seine bei uns ganz unbekannte Abhandlung »Studi istologici sul midollo spinale, Communicatione fatta al terzo congresso freniatrico italiano tenuto in Reggio Emilia nel Settembre 1880, Milano, Fratelli Richiedei 1881, auch in Rendiconti di questo congresso in Archiv. ital. per le malattie nervose, anno 18°, Fasc. 1. 1881[1].

Die wichtigen Ergebnisse, zu denen Golgi in dieser kurzen, nur 12 Seiten zählenden Arbeit (der eine ausführlichere mit Abbildungen versehene folgen sollte, die jedoch bis jetzt nicht erschienen ist) kommt, sind folgende:

1) und 2) Alle Nervenzellen des Markes besitzen nur Einen nervösen Fortsatz.

3) Die Protoplasmafortsätze gehen nicht in Nervenfasern über, haben vielmehr Beziehungen zu den Gliazellen und Blutgefäßen und sind wahrscheinlich Ernährungsapparate der Nervenzellen.

4) Die Nervenzellen sind sehr verschieden in ihrer Größe, Gestalt und der Art der Verästelung der Protoplasmafortsätze, doch haben alle diese Unterschiede keine tiefer gehende Bedeutung.

5) Wesentliche Verschiedenheiten zeigen die nervösen Fortsätze und lassen sich in dieser Beziehung zwei Formen von Zellen unterscheiden:

a) Zellen, deren nervöser Fortsatz in feinste Fäserchen zerfällt und an der Bildung eines diffusen Nervennetzes sich betheiligt;

b) Zellen, deren Achsencylinderfortsatz, obwohl er einige Fäserchen abgiebt, seine Individualität beibehält und zur centralen Faser einer Nervenröhre wird.

Da die Zellen a besonders in den Hinterhörnern und der Substantia gelatinosa, die Zellen b vor Allem im Bereiche der vorderen Wurzeln sich finden, so lässt sich vermuthen, dass die letzteren motorischer Natur sind, die ersteren dagegen der Sensibilität dienen.

6) In der grauen Substanz des Markes findet sich ein diffuses Nervennetz, welches durch die Medulla oblongata hindurch mit

[1] Im Jahresberichte von Hofmann und Schwalbe, Bd. X, ist diese Abhandlung citirt, doch meldet der Ref. Bardeleben p. 175, dass dieselbe ihm nicht zugängig gewesen sei. Eben so wenig war diese Abhandlung Schwalbe, Kahler-Toldt, Gegenbaur, Ranvier bekannt und ist dieselbe überhaupt in keiner der neueren Anatomien und Histologien erwähnt.

einem ähnlichen Netze in allen Theilen der grauen Substanz in Verbindung steht. Im Marke wird dieses Netz gebildet:

a) von den Verästelungen des nervösen Fortsatzes der sensiblen Zellen;

b) von den Nervenfasern der hinteren Wurzeln, welche sich in derselben verwickelten Weise fein verästeln (suddividonsi complicatamente), wie die obengenannten Fortsätze;

c) von den Nebenästchen der nervösen Fortsätze der motorischen Zellen und einiger Zellen der Hinterhörner und der intermediären Zone, die eben so sich verhalten wie die motorischen Zellen;

d) von Fäserchen, die von den Achsencylindern der Nervenfasern der verschiedenen Stränge der weißen Substanz (Vorder-, Seiten- und Hinterstränge) entspringen und schief oder horizontal in die graue Substanz eintreten, in der sie sich eben so fein zertheilen, wie die von den nervösen Fortsätzen entspringenden Fäserchen.

7) Eine Bestimmung der Funktionen der verschiedenen Nervenzellen ist nur möglich an der Hand des genauen Verhaltens ihrer nervösen Fortsätze.

8) Im Rückenmark sind Nervenzellen von verschiedener Bedeutung sehr unregelmäßig gelagert und vermisst man eine regelmäßige Anordnung bestimmter Arten derselben ganz und gar.

9) In Betreff des besonderen Verlaufes der nervösen Fortsätze ergaben sich Golgi für einmal folgende Anordnungen:

Zu den Zellen sub 5 a mit reich verästeltem nervösem Fortsatze (in späteren Arbeiten Golgi's als Zellen des II Typus bezeichnet) gehören:

a) die Zellen der Substantia gelatinosa,

b) eine erhebliche Zahl von Zellen der eigentlichen grauen Hinterhörner,

c) einige unregelmäßig angeordnete Zellen der Grenzschicht beider Hörner, auch einige, die den Vorderhörnern angehören.

Zu den motorischen Zellen sub 5 b zählen:

a) die große Mehrzahl der Zellen der Vorderhörner,

b) einige Zellen der eigentlichen Hinterhörner,

c) Zellen der intermediären Zone, besonders solche, die in der Nähe der Seitenstränge ihre Lage haben.

Mit Bezug auf den Verlauf der Achsencylinderfortsätze dieser Zellen bemerkt Golgi Folgendes:

a) Die Mehrzahl der Zellen der Vorderhörner senden ihren nervösen Fortsatz z. Th. mehr unmittelbar, z. Th. nach größeren Umwegen

in die Vorderstränge oder in die vorderen Wurzeln. Ein nicht unbedeutender Theil derselben geht jedoch durch die vordere Kommissur in die weißen Stränge der anderen Seite. Endlich fehlen auch Zellen nicht, deren nervöser Fortsatz in die Seitenstränge und Vorderseitenstränge geht.

b) Von den Zellen der Hinterhörner mit selbständigem nervösem Fortsatze senden einige ihren nervösen Fortsatz in die hinteren Theile der Seitenstränge, andere in den mittleren Abschnitt derselben, noch andere endlich bis in den Bereich der Vorderstränge, doch war es bei diesen letzten nicht möglich, ihr endliches Schicksal genau zu bestimmen.

Auch bei Zellen der Hinterhörner war es in einigen Fällen möglich, einen Übergang ihrer nervösen Fortsätze durch die vordere Kommissur in die Vorderstränge der anderen Seite nachzuweisen.

c) Bei einer neben dem Centralkanale gelegenen Zellenabtheilung zeigten die nervösen Fortsätze vorzugsweise das oben erwähnte Verhalten, während einige derselben allerdings auch in die Seitenstränge der nämlichen Seite eintraten.

d) Die Zellen der an die Seitenstränge angrenzenden grauen Substanz senden ihre nervösen Fortsätze größtentheils in die Seitenstränge, eine geringe Zahl auch durch die vordere Kommissur auf die andere Seite.

Somit gehen durch die vordere Kommissur auf die andere Seite nervöse Fortsätze:

α) von Zellen der Hinterhörner,

β) von Zellen der Vorderhörner,

γ) von Zellen, die in der intermediären Zone zwischen dem Centralkanale und den Seitensträngen liegen.

Von diesen in die vordere Kommissur eintretenden nervösen Fortsätzen erwähnt Golgi noch Folgendes: Erstens dass dieselben seltener in der Nähe ihrer Abgangsstelle, häufig in der Kommissur selbst und jenseits derselben feine Ästchen zu dem allgemeinen Nervennetz der grauen Substanz abgeben. Zweitens sei es ihm nicht in allen Fällen gelungen nachzuweisen, dass die durch die Kommissur ziehenden nervösen Fortsätze wirklich in die Vorderstränge und die Vorderseitenstränge eintreten. Ja es habe ihm sogar einige Mal geschienen, als ob diese Fortsätze jenseits der Kommissur sich ganz und gar auflösen und in das feine Nervennetz übergehen.

So weit Golgi in dieser ersten Abhandlung. Außerdem hat derselbe in einer zweiten Mittheilung, »Sulla origine centrale dei nervi, Communicazione fatta alla sezione anatom. del III Congresso medico in

Genova nel Settembre 1880 in Giornale internaz. delle science mediche Anno III, separat erschienen bei E. Decken, Rom, Neapel und Palermo 1881. 15 S., auf p. 9—15 wörtlich das wiedergegeben, was in der ersten Arbeit enthalten ist.

In einer dritten Arbeit endlich, »La cellula nervosa motrice« in: Atti del IV Congresso freniatrico italiano tenuto in Voghera nel Settembre 1883, separat, Milano 1884, 6 S., erwähnt Golgi, dass er auch Neugeborene und Embryonen in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen habe, weil der Mangel oder die geringe Entwicklung der Markscheiden die Reaktionen der Nervenfasern auf Silber feiner und ausgedehnter gestalte. Außerdem betont Golgi in dieser Arbeit noch besonders, dass auch die nervösen Fortsätze der motorischen Zellen, bevor sie in eine Wurzelfaser übergehen, feine Seitenästchen abgeben und somit keine ganz isolirte Wirkung haben.

Endlich hat Golgi in seinem großen Werke noch eine Reihe wichtiger Angaben. Da dieselben das Einzige darstellen, was bisher zur allgemeinen Kenntnis der Anatomen gekommen war, so scheint es am Platze, diese Mittheilungen, obwohl dieselben größtentheils früher Veröffentlichtes wiederholen, hier noch anzuführen.

Von den Nervenzellen meldet Golgi, dass er im Marke auch jene zweite Art entdeckte, deren Achsencylinder sich aufs reichste verästelt, Elemente, die er für sensible hält. Dieselben, deren nervöser Fortsatz in vielen Fällen ventralwärts gerichtet ist (Sulla fina anat. fig. 28), und von dem es an einem anderen Orte heißt, dass seine Ausläufer oft nach entgegengesetzten Richtungen abgehen (p. 44) und selbst in die Seitenstränge eindringen (p. 213 Anm.), sollen vorzugsweise in den Hinterhörnern sich finden, während die Zellen mit einfachem nervösen Fortsatze in den Vorderhörnern vorwiegen (p. 38), aber auch in den Hinterhörnern mit Ausnahme des Randes der Substantia gelatinosa nicht fehlen (p. 213 Anm.). Auch an den motorischen Zellen des Markes fand übrigens Golgi Nebenausläufer des Achsencylinderfortsatzes mit Verästelungen (p. 213) und ferner erwähnt er auch verästelte nervöse Fortsätze, die durch die Commissura anterior auf die andere Seite gehen (p. 213 Anm.).

Ferner sagt Golgi von den Fasern der sensiblen Wurzeln (p. 40), dass dieselben in ihrer Mehrzahl, ja vielleicht alle in feine Verästelungen sich auflösen, welche in der gesammten Gegend ihrer Verbreitung ein verwickeltes Flechtwerk (intreccio) bilden, welches ganz und gar mit demjenigen übereinstimme, welches die nervösen Fortsätze der sensiblen Zellen bilden. Dieses Flechtwerk findet sich nach Golgi nicht nur in der gelatinösen Substanz und in den hinteren Hörnern,

sondern in der gesammten grauen Substanz, auch in den Vorderhörnern, eine Bemerkung, aus welcher hervorgeht, dass Golgi die Verästelungen der hinteren Wurzelfasern auch in die Vorderhörner eingehen lässt, da er keine anderen Fasertheilungen als die der hinteren Wurzeln und der nervösen Fortsätze seiner Zellen des zweiten Typus kennt, welche letzteren jedoch in den Vorderhörnern nur spärlich vorkommen.

Ausführliche und genaue Schilderungen giebt ferner Golgi über die Neuroglia des Markes (p. 161—164), auf die wir später im Einzelnen zurückkommen, und von denen wir hier nur das hervorheben, 1) dass nach Golgi die Gliazellen niemals anastomosiren, und 2) dass bei Embryonen des Hühnchens die Gliazellen nichts Anderes sind als die sogenannten Epithelzellen des Centralkanals, die hier durch alle Theile des Markes bis zu seiner Oberfläche sich erstrecken (p. 179, 180).

Endlich erwähne ich noch, dass Golgi im Marke ein Eindringen der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen, die er hier wie anderswo als Ernährungsapparate der Zellen auffasst, tief in die weiße Substanz beobachtete, so dass dieselben oft selbst in den oberflächlichsten Schichten der Stränge zu finden waren (Fig. 177).

Die Untersuchungen von Ramón y Cajal[1] wurden in gänzlicher Unkenntnis der oben erwähnten früheren Veröffentlichungen von Golgi aus den Jahren 1880/81 unternommen und haben daher, wenn sie auch jetzt einem guten Theile nach nur als Bestätigungen des von dem italienischen Forscher Gefundenen erscheinen, doch als ganz selbständige Arbeiten zu gelten, denen auch dadurch ein großes Verdienst zukommt, dass sie die ersten Abbildungen vieler der neuen Thatsachen geben. Außerdem haben dieselben aber auch zum Theil zu bestimmteren, zum Theil zu neuen und abweichenden Ergebnissen geführt, wie das Folgende lehren wird.

Ramón y Cajal hat, eben so wie Golgi, mit Vorliebe das Mark von Embryonen und jungen Thieren benutzt und seine Erfahrungen vor Allem bei Hühnerembryonen und neugeborenen Hunden nach der schnellen Golgi'schen Methode (s. unten) gesammelt.

Die wichtigsten von ihm gefundenen Thatsachen sind folgende:

1) Die Nervenfasern der sensiblen Wurzeln theilen sich beim Eintritte in das Mark in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast, welche den Fasern der Hinterstränge sich anschließen und in ihren Endigungen nicht zu verfolgen waren. Ramón y Cajal will nicht behaupten, dass alle sensiblen Wurzelfasern so sich

[1] I. Rivista trimestrial de Histologia. Marzo 1889. p. 79—106. Pl. X, XI; II. Anat. Anz. 1890. Nr. 3, 4; III. La medicina practica. 1889. No. 88. p. 341—346. Werden unter den Nr. I—III citirt.

verhalten, doch zeigten an guten Präparaten alle Fasern, die sich genau verfolgen ließen, Theilungen. Immerhin erwähnt er (Nr. II, p. 94), dass er im Marke von Hühnchen von 5 Tagen in seltenen Fällen stärkere Fasern der hinteren Wurzeln beobachtet habe, welche, ohne sich zu theilen und sich zu verästeln, bis in die Gegend der Vorderhornzellen sich verfolgen ließen, ein Verhalten, von dem er jedoch nicht behaupten will, dass es diesen dickeren Fasern als Regel zukomme.

2) Alle longitudinalen Nervenfasern der Stränge des Markes (und selbst die noch ungetheilten Fasern der sensiblen Wurzeln) geben, wie dies auch Golgi beschreibt, Seitenästchen, sog. Collateralen (Colaterales de conexion Ramón y Cajal) ab, welche in die graue Substanz eintreten und in derselben zwischen den Nervenzellen sich verästeln, ohne wie es scheint Anastomosen zu bilden. Vergleicht man nach Golgi gefärbtes embryonales Mark mit älterem, nach Weigert und Pal behandelten, so wird klar, dass die große Mehrzahl, wenn nicht alle Collateralen später zu markhaltigen Fasern werden, und will Ramón y Cajal an Längsschnitten des nach Pal behandelten Markes junger Thiere beobachtet haben, dass die Collateralen von marklosen Stellen (Einschnürungen) markhaltiger Fasern ihren Ursprung nehmen.

Nach Ramón y Cajal dienen die Collateralen wahrscheinlich dazu, um entfernte Nervenzellen mit einander in Verbindung zu setzen, welche Kontakt-Einwirkung durch den Mangel der Markscheide an den Kontaktstellen (der Oberfläche der Zellen und den Endverzweigungen der Collateralen) wesentlich erleichtert werde.

3) Die Nervenzellen des Markes zerfallen nach Ramón y Cajal in vier Unterarten und zwar:

a) Kommissurenzellen. Diese Zellen, deren Ausläufer durch die vordere Kommissur verlaufen, stammen aus allen Gegenden der grauen Substanz. Der nervöse Fortsatz derselben geht in den Vorderstrang der anderen Seite über und verhält sich verschieden. Entweder setzt sich derselbe unter rechtem Winkel an eine Längsfaser an, oder es biegt sich derselbe einfach in eine solche Faser um oder verbindet sich gabelig getheilt mit zweien derselben. Gewisse Achsencylinder endlich geben, bevor sie in die Kommissur eintreten, Seitenästchen ab, die in Längsfasern der Seitenstränge der nämlichen Seite übergehen.

b) Zellen der Markstränge. Diese Zellen finden sich in allen Theilen der grauen Substanz und gehen ihre nervösen Fortsätze in genau derselben Weise und mit denselben Varianten wie bei den Zellen sub a in Längsfasern aller Stränge über. Beachtung verdient, dass auch bei diesen Zellen nervöse Fortsätze vorkommen, die, bevor sie die Stränge

erreichen, seitliche Ästchen abgeben, und andere, die einfach oder mehrfach getheilt sich in zwei oder eine größere Zahl von Strangfasern fortsetzen.

c) Zellen der Wurzelfasern. Die vorderen Wurzelfasern stammen beim Hühnchen von Zellen, die der äußeren Abtheilung des Vorderhornes angehören, deren nervöser Fortsatz keine Seitenästchen abgiebt. Bei anderen Thieren wurden in einzelnen Fällen solche Ausläufer wahrgenommen. Ein Übergang von Zellen des Hinterhornes in sensible Wurzelfasern kam nie zur Beobachtung.

d) Zellen mit verästeltem Achsencylinderfortsatz. Solche Zellen finden sich bei Hühnerembryonen von 16 Tagen sparsam, häufiger bei neugeborenen Kätzchen. Die bei diesen überhaupt vorkommenden Zellen sind folgende:

a) An der hinteren Grenze der Substantia gelatinosa quer gestellte große Spindelzellen, deren einfacher nervöser Fortsatz einwärts oder auswärts laufend in Längsfasern der Stränge übergeht.

b) Dann folgen sagittal gestellte kleine Zellen mit reichen Büscheln von Protoplasmafortsätzen an ihrer vorderen Seite, deren nervöser Fortsatz dorsalwärts verlief, in der Nähe der weißen Substanz gabelförmig sich theilte und auch manchmal in die Längsrichtung umbog, ohne dass seine Endigung nachzuweisen war.

c) Weiter vorn ebenfalls noch in der Substanz von Rolando liegen kleine Spindelzellen und Sternzellen. Die ersteren besitzen reiche protoplasmatische Verästelungen nach der ventralen und der dorsalen Seite und einen reich verzweigten nervösen Fortsatz. Die Sternzellen sind noch reicher verzweigt als die anderen mit beiderlei Fortsätzen und stehen manche derselben mit ihren Verzweigungen senkrecht.

d) In der Substantia spongiosa des Hinterhorns finden sich wesentlich größere Sternzellen mit reich verästeltem nervösem Fortsatze. In einigen Fällen schien es, als ob derselbe schließlich gegen den Seitenstrang oder auch gegen die vordere Kommissur verlief, doch war bei Säugern eine genaue Beobachtung seines endlichen Verhaltens unmöglich. Dagegen gelang es bei Hühnerembryonen von 9—11 Tagen in einigen Fällen bestimmt zu sehen, wie solche nervöse Fortsätze schließlich in eine Längsfaser der Seitenstränge übergingen[1].

Vergleiche ich nun noch die Beobachtungen von Ramón y Cajal mit

[1] Nachdem diese Blätter längst geschrieben waren, erhielt ich von Ramón y Cajal eine neue Abhandlung über das Mark (IV. Nuevas observ. s. l. estructura de la médula espinal de los mamíferos. in: Trabajos del Labor. anat. della Fac. de Med. Barcelona 1 Abril di 1890), die eine gewisse Zahl neuer Beobachtungen und einen wichtigen allgemeinen Theil enthält, auf welche ich, als Nr. IV citirt, in der Schilderung meiner Erfahrungen an den betreffenden Orten eingehen werde.

denen von Golgi, so stellen sich folgende Punkte heraus, bei denen Ramón y Cajal entweder weiter ins Einzelne geht, oder von Golgi abweicht.

1) Ramón y Cajal beschreibt gabelförmige Theilungen der sensiblen Wurzelfasern und einzelne Collateralen der noch ungetheilten Wurzeln.

2) Derselbe lässt alle Collateralen und alle feinen Ausläufer der Achsencylinderfortsätze von Nervenzellen in der grauen Substanz mit freien Verästelungen enden, während Golgi behauptet, dass dieselben in »una rete diffusa« ausgehen.

3) Ramón y Cajal giebt eine genaue Beschreibung der Gegenden, in welchen die sensiblen Collateralen enden.

4) Ramón y Cajal nimmt an, dass viele longitudinale Strangfasern in die graue Substanz eintreten und in derselben frei enden, Verhältnisse, die bei Golgi sich nicht erwähnt finden.

5) Bei Ramón y Cajal ist der Übergang der nervösen Fortsätze in die longitudinalen Fasern der Stränge genau und in eigenthümlicher Weise dargestellt.

6) Ramón y Cajal hat ausführliche Angaben über die Gestaltung und Zusammensetzung der Kommissuren, besonders der Comm. grisea.

7) Mit Bezug auf seine Gesammtanschauung huldigt Ramón y Cajal der Ansicht, dass die Wirkung der Nervenfasern und Nervenzellen auf einander, abgesehen von den motorischen Zellen und Wurzelfasern, nur durch Kontakt sich geltend mache.

B. Eigene Untersuchungen.

I. Thatsächliches.

Zu meinen eigenen Beobachtungen übergehend bemerke ich in erster Linie, dass dieselben vor Allem auf das Mark von Embryonen, von neugeborenen und jungen Individuen von Säugern (Rind, Schaf, Ziege, Schwein, Hund, Katze, Kaninchen) sich beziehen, und dass von menschlichen Embryonen bis jetzt nur je ein Embryo des 4., 5. und des 6. Monates, und ein Kind von 11 Tagen, und vom Hühnchen nur ein Embryo von 12 Tagen zur Untersuchung kam. Alle Präparate wurden nach der schnellen Golgi'schen Methode zubereitet, nach welcher auch Ramón y Cajal gearbeitet hat. Mein Verfahren war folgendes: In erster Linie wurde das ganze Rückenmark mit dem Gehirn mit möglichster Erhaltung der Dura am Marke und der Medulla oblongata herauspräparirt, hierauf die Dura eingeschnitten und das Ganze durch Querschnitte mit einem Rasirmesser in Stücke von 3—4 mm Länge zerlegt, die, so weit sie durch die Dura zusammengehalten wurden, eine leichte Orientirung erlaubten. Das Gehirn wurde ganz zerlegt und die Medulla oblongata sammt den angrenzenden Theilen des Markes

meist auch in zwei oder drei Hauptstücke gespalten. Die einzelnen Stücke wurden hierauf einzeln oder zu mehreren in eine reichliche Menge einer Mischung von vier Theilen doppeltchromsaurem Kali von 3% und einem Theil 1%iger Überosmiumsäure gelegt, so dass auf jedes Stück 40—50 ccm der Lösung kamen. Nach einigen Stunden wurde die Lösung gewechselt, doch ist die alte Lösung bei neuen Versuchen als Anfangslösung weiter zu verwenden. Nachdem die Stücke in dieser ersten Lösung 1—1 1/2 Tag verweilt haben, werden sie in einer 1/4%igen Höllensteinlösung 1/4—1/2 Stunde gewaschen und kommen dann in eine reichliche Menge einer eben solchen Lösung von 0,75%, in der sie 30—48 Stunden bleiben. Aus dieser kommen die Präparate in 40%igen Spiritus und können nun zu Schnitten verwendet werden, die theils aus freier Hand gemacht werden, oder besser nach dem Einbetten der Stücke. Hierbei kommen dieselben auf 1 Stunde in absoluten Alkohol und 1 Stunde in Celloidin, worauf dieselben sofort zu schneiden sind, da sie schon nach einem Tage Zuwartens leiden und verderben. Die Schnitte kommen auf 1/4 Stunde in Kreosot, dann in Terpentin, und werden in Xylolbalsam ohne Deckglas eingelegt. Man beachte noch, dass in 40%igem Alkohol die Stücke sich zwar einige Zeit halten, nach und nach aber doch verderben und nach meinen Erfahrungen meist in mehreren (3—4—6) Wochen unbrauchbar werden. Dagegen halten sich die eingelegten Schnitte monatelang untadelig, wie auch Ramón y Cajal dies beobachtete. Die langsame Golgi'sche Methode hat, wie ich noch bemerke, den großen Vortheil, dass die so behandelten Stücke in mäßig starkem Alkohol sich, wie es scheint, auf lange Zeit untadelig erhalten.

In Betreff der Einwirkung des Silbers auf die Elemente des embryonalen und jungen Markes ist hervorzuheben, dass dasselbe einmal, wie bei erwachsenen Geschöpfen, die Neurogliazellen und die Nervenzellen färbt, zweitens aber auch alle Nervenfasern zur Anschauung bringt, die noch kein Nervenmark besitzen, und im primitiven Zustande nackter Achsencylinder sich befinden. Diesem letzteren Umstande verdanken eben Präparate von Embryonen, worauf Golgi in einer kurzen Bemerkung (Fina Anat. etc. p. 213) und vor Allem Ramón y Cajal die Aufmerksamkeit gelenkt haben, ihre hohe Bedeutung, indem bei solchen die Nervenfasern und die Nervenzellen gleichzeitig und in ihren Beziehungen zu einander sich verfolgen lassen. Doch gestalten sich die Ergebnisse auch bei Embryonen dadurch eigen, dass kaum jemals an einem Präparate alle Elemente gleichzeitig und gleich gut gefärbt sind. Am leichtesten färben sich nach meinen Erfahrungen die Nervenfasern und ihre Ausläufer und erhält man oft Präparate, in denen allem Anscheine zufolge alle Nervenfasern und Collateralen und keine einzige

Nerven- oder Neurogliazelle gefärbt ist. Nun folgen mit Rücksicht auf die Häufigkeit ihres Auftretens die Nervenzellen, die jedoch niemals für sich allein ohne Nervenfasern sich darstellen lassen und auch nie alle zusammen gefärbt werden. Neurogliazellen erhielt ich nur bei Embryonen von 9—10 cm Länge für sich allein und sehr vollkommen gefärbt, während solche bei älteren Embryonen von Säugern häufig ganz fehlen. Wo sie hier vorkommen, finden sie sich am häufigsten als sogenannte Epithelzellen des Centralkanals, dann in der Gegend der hinteren Längsspalte und in den Hintersträngen sowie in den oberflächlichen Gegenden der weißen Substanz. Dagegen fand ich bei älteren Embryonen niemals, wie dies bei Erwachsenen als Regel vorkommt, vollständigere Färbungen der Gliazellen weder für sich allein, noch mit anderen Elementen zusammen.

Ramón y Cajal meldet vom Hühnchen, dass schnelle Härtungen von 12—20 Stunden die Färbung der Neuroglia, solche von 20—24 Stunden die der Nervenzellen, langsame von 24— 36 Stunden endlich diejenigen der Nervenfasern begünstigen (No. I p. 104).

Mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der durch Silber gefärbten Elemente bemerke ich, dass die marklosen Nervenfasern fast ohne Ausnahme von untadeliger Zartheit und vollkommen glattrandig sind, so dass nicht daran zu denken ist, dass dieselben Auflagerungen von Silber ihre Färbung verdanken. In den Strängen des Markes messen dieselben 1—2 μ, in der grauen Substanz zum Theil eben so viel, zum Theil sind dieselben hier von der größten Feinheit bis zum Unmessbaren. Viele Nervenfasern sind in ihrem Verlaufe überall gleich breit, andere zeigen größere und kleinere Varicositäten, wie man sie auch an anderen nackten Achsencylindern sieht (s. meine Abh. über die Entw. der Nerven der Amphibienlarven in dieser Zeitschr. Bd. XLIII St. 2, Taf. I, Fig. 3), welche sowohl an den Stammfasern als und vor Allem an den letzten Endigungen derselben vorkommen. Außerdem sind zu beachten dreieckige kleine Anschwellungen, die an den Abgangsstellen von Ästen sehr häufig sind.

In einzelnen Fällen färben sich durch Silber auch eine gewisse Zahl markhaltiger Fasern und zwar röthlich. Am häufigsten sah ich dies in den hinteren Wurzeln bei neugeborenen Säugern und bei Thieren aus den ersten Wochen nach der Geburt, hier und da auch an den longitudinalen Fasern der weißen Substanz, besonders der Hinterstränge und in der Medulla oblongata, besonders an den Elementen der aufsteigenden Trigeminuswurzel und den Wurzeln des Acusticus.

Die Nervenzellen sind seltener rein gefärbt, zeigen vielmehr sehr häufig Unregelmäßigkeiten, die von äußeren Auflagerungen herrühren und noch mehr gilt dies von den Zellen der Neuroglia.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich nun zur Schilderung meiner eigenen Erfahrungen über den feineren Bau des Markes über und beschreibe der Reihe nach die hinteren Wurzeln und ihre Fortsetzungen, die Hinterstränge, dann die Seiten- und Vorderstränge, die vorderen Wurzeln, die Nervenzellen und endlich die Neuroglia.

1) Hintere Wurzeln und Hinterstränge.

Die hinteren Wurzeln treten jede mit zahlreichen kleinen Bündelchen leicht aufsteigend in der hinteren Seitenfurche in das Mark ein und wenden sich dann medianwärts gegen den Hinterstrang, wobei dieselben früher oder später, d. h. näher oder entfernter von der Medianebene, gabelförmig sich theilen in der Art, dass die Nervenfasern derselben in je zwei Fasern, eine aufsteigende und eine absteigende zerfallen. Die Theilungen finden beim Menschen und den Säugern unter sehr stumpfen Winkeln von ungefähr 150—160° statt (Fig. 1, 2, 3, 4) und da die Fasern eines Wurzelbündelchens in der Regel in einer und derselben Höhe sich spalten und die Theilungsäste ihren schiefen Verlauf eine Zeit lang beibehalten, so zeigen die oberflächlichen Theile der Hinterstränge einen eigenthümlichen Faserverlauf, den die Fig. 1—3 getreu wiedergeben. Im weiteren Verlaufe strecken sich dann allerdings diese Fasern und werden zu reinen Längsfasern, wie sie in den tieferen Theilen des Hinterstranges vorwiegend oder allein vorkommen.

Genauer bezeichnet senken sich die hinteren Wurzeln in der Gegend des lateralen Abschnittes der Substantia gelatinosa in den Theil des Hinterstranges ein, der, obschon längst bekannt (S. m. Mikr. Anat. II. 1, p. 420 Fig. 129*a*, Gewebelehre alle Auflagen, 5. Aufl. Fig. 183), jetzt als Randzone von Lissauer bezeichnet wird (Fig. 3 *A*). Hier theilen sich die Wurzelbündel in zwei Abschnitte, einen schwächeren lateralen Theil, der in der Richtung gegen die hintere laterale Ecke der Substantia gelatinosa zieht und einen stärkeren medialen, der mitten in der Randzone gegen den eigentlichen Hinterstrang verläuft. Im lateralen Bündel theilen sich die Wurzelfasern ziemlich alle an derselben Stelle, im medialen dagegen verbreiten sich dieselben ziemlich über den ganzen Raum zwischen der Eintrittsstelle der sensiblen Wurzel und dem eigentlichen Hinterstrange, nehmen dagegen im Diameter antero-posterior mehr den ventralen Theil der Randzone ein, während der dorsale von einem Saume longitudinaler Fasern gebildet wird, dessen Mächtigkeit (Dicke) von unten nach oben zunimmt (Fig. 3 *A*). Die Theilungen finden sich hier über eine größere Zone verbreitet, immerhin bleiben auch hier die auf- und absteigenden Fasern, die aus denselben hervorgehen, bündel-

weise beisammen und verflechten sich so durch einander, dass auf Querschnitten eine zierliche Abwechselung von Faserbündelchen entsteht, die in zwei schiefen Richtungen verlaufen.

Eine wichtige Frage ist die, ob Alle sensiblen Wurzelfasern sich theilen, die natürlich nur an der Hand viel umfassenderer Untersuchungen, als sie mir zu Gebote stehen, mit einiger Wahrscheinlichkeit beantwortet werden könnte. Ich muss mich sonach darauf beschränken, zu sagen, dass ich bis anhin diese Theilungen nur untersuchte vom Lenden- und Halsmarke menschlicher Embryonen des 4., 5. und 6. Monates, vom Lendenmarke eines Rindes von 20 cm Länge, vom Halsmarke eines Schafes von 22 cm und vom Dorsalmarke und Halsmarke neugeborener Kaninchen und Katzen, und dass ich in allen diesen Fällen keine Wurzelfaser zu finden im Stande war, die sich nicht getheilt hätte. In der That verstärken auch gute Präparate, wie diejenigen der Fig. 1 bis 3, mit ihren regelmäßig nach zwei Seiten ausstrahlenden Astbüscheln diesen Eindruck. Immerhin kann auch ich nicht weiter gehen, als Ramón y Cajal, der beim Hühnchen von 8 Tagen sich ebenfalls dahin ausspricht, dass er zwar nur Theilungen der sensiblen Wurzelfasern gesehen habe, aber doch nicht im Stande sei zu behaupten, dass nicht auch andere Verhältnisse derselben vorkommen.

Die weiteren Schicksale der Äste der sensiblen Wurzelfasern anlangend, so wäre es von ungemeiner Bedeutung genau zu wissen, wie dieselben sich verhalten, da dann auch der Verlauf und die Endigungen der Fasern der Hinterstränge bekannt wären, welche Stränge allem Anscheine zufolge wesentlich, ja vielleicht allein, aus diesen Wurzelfasern sich zusammensetzen. Wenn ich hier von Hintersträngen rede, so meine ich nicht nur die gewöhnlich sogenannten Stränge, sondern auch eine zusammenhängende Lage weißer Substanz, die, außen an der Substantia gelatinosa gelegen, die Hinterstränge mit den Seitensträngen verbindet. In diese Lage, die ich die Randzone der Hinterhörner nenne und die zum Theil der Lissauer'schen Randzone entspricht, strahlen von der lateralen Seite her die hinteren Wurzelfasern ein, um sich innerhalb derselben ziemlich in ihrer ganzen Breite bis zu den eigentlichen Hintersträngen hin in oben geschilderter Weise in auf- und absteigende Elemente zu theilen. Diese Art des Eintrittes der sensiblen Wurzeln ist wesentlich verschieden von derjenigen, die bei Erwachsenen sich findet und hängt davon ab, dass bei Embryonen das Hinterhorn und vor Allem die Substantia gelatinosa eine ungemeine Breite und Mächtigkeit besitzt (vgl. die Fig. 13—20). Dieselbe hängt mit der verschiedenen Ausbildung der grauen und weißen Substanz im Allgemeinen zusammen, die, wie man längst weiß, so geschieht, dass im

fötalen Marke erst die graue Substanz vorwiegt und dann nach und nach gegen die weiße zurücktritt.

Um nun auf die oben berührte Hauptfrage zu kommen, so hat Ramón y Cajal in seinen ersten Mittheilungen dieselbe offen gelassen, genauer bezeichnet erklärt, dass er nicht wisse, wie die Theilungsäste der sensiblen Wurzelfasern enden; doch sei es ihm gelungen, einzelne derselben beim Hühnchen bis auf 2 mm Länge zu verfolgen, ohne ein Ende zu finden. Hierzu bemerkt Ramón y Cajal, dass beim Hühnerembryo von 10—12 Tagen 2 mm mehr betragen, als die Entfernung dreier Wurzeln von einander, und dass diese Größe auf ein erwachsenes Säugethier übertragen, mehreren Centimetern entspreche. Außerdem fügt dieser Gelehrte noch bei, dass es ihm einige Male vorgekommen sei, als ob die Theilungsäste nach einem Verlaufe von 1 mm das Bestreben zeigten, sich einwärts zu begeben und der Substanz von Rolando sich zu nähern, ein Verhalten, von dem er nicht wisse, ob es zufällig war, oder als ein Anzeichen zu betrachten sei, dass die betreffenden Fasern in der benachbarten grauen Substanz endigen (Nr. I, p. 92).

Den oben genannten Punkt anlangend möchte ich einfach auf meine Fig. 1 verweisen, welche beim Säugethier das allmähliche Eintreten aller Theilungsfasern der Wurzeln in tiefere Schichten zeigt und vermuthen, dass auch beim Hühnchen bei einer gewissen Schnittrichtung Ähnliches zu sehen sein wird. Die wirklichen Endigungen sensibler Theilungsfasern habe ich an Längsschnitten bei Säugethierembryonen in so vielen Fällen gesehen, dass ich über gewisse Verhältnisse derselben ganz ins Reine kam, während allerdings andere mir vollkommen unklar blieben. Wenn ich eben sagte, dass ich Endigungen der sensiblen Theilungsfasern beobachtete, so ist dies allerdings nicht ganz wörtlich zu nehmen, indem, was ich sah, einfach Endigungen von Längsfasern der Hinterstränge waren. Da jedoch diese Längsfasern wesentlich, ja vielleicht ausschließlich aus Wurzelfasern sich aufbauen, so war obiger Ausdruck wohl gestattet. Das was ich beobachtete, ist einfach Folgendes (Fig. 6, 7): Längsfasern der Hinterstränge (*el*) biegen unter rechtem Winkel um und treten in die Substantia gelatinosa ein, um schon innerhalb dieser oder jenseits derselben in der Substantia spongiosa in feine Äste sich aufzulösen und genau so sich zu verhalten, wie die später zu beschreibenden collateralen Äste der Strangfasern. Diese Umbiegungen finden sich im Ganzen genommen nicht häufig, und vermochte ich auch noch nicht zu bestimmen, ob nur an absteigenden oder auch an aufsteigenden Fasern. Meist waren diese umgebogenen Fasern feiner als ihre Nervenfasern und charakterisirten sich schon dadurch als Endigungen. Doch kamen auch unter rechtem Winkel sich um-

beugende Strangfasern vor, bei denen dies nicht zutraf, und dann ließ sich an günstigen Objekten nachweisen, dass dieselben eine andere Bedeutung haben. Die einen derselben sind wirkliche Endigungen und theilen sich im weiteren Verlaufe im Hinterhorn in feinere Äste, die anderen dagegen sind einfach Längsfasern, die in der gelatinösen Substanz unter einer zweiten Beugung wieder zu ihrer früheren Verlaufsrichtung zurückkehren.

Mit Bezug auf die sehr wichtige Frage, wie viele hintere Wurzelfasern, d. h. Theilungsäste derselben, in die graue Substanz abbiegen, um in derselben zu enden, wie viele auf der anderen Seite zum Gehirn, d. h. der Medulla oblongata, emporsteigen, bin ich leider nicht im Stande, eine bestimmte Antwort zu geben. Aus dem, was über die Stärke des Hinterstranges und seiner einzelnen Abschnitte, den Goll-schen und Burdach'schen Strängen, in den verschiedenen Höhen des Markes bekannt ist, lässt sich der Schluss ableiten, dass die absteigenden Äste der sensiblen Wurzelfasern alle in die graue Substanz abbiegen, die aufsteigenden Äste dagegen größtentheils zur Medulla oblongata emporsteigen, zum Theil vielleicht auch als kurze Bahnen ebenfalls in verschiedenen Höhen in die graue Substanz eintreten. Mit Bezug auf die letzte Annahme stütze ich mich darauf, dass an einen und denselben Längsschnitten der Hinterstränge hier und da der Fall vorkam, dass Längsfasern, die einen in proximaler, die anderen in distaler Richtung, mit rechtwinkeligen Umbeugungen in die graue Substanz eintraten und so endeten (Fig. 6).

Weitere von mir beobachtete Thatsachen sind folgende: Von einem Schweinsembryo von 9 cm Länge wurde eine Serie von Längsschnitten des Dorsalmarkes gemacht, deren einzelnen Schnitten, in Anbetracht der Dünne des Markes, die außergewöhnliche Länge von 1 cm gegeben wurde. An denselben kamen in den Hintersträngen longitudinale Strangfasern von 2—4 mm Länge in Menge vor neben einzelnen noch längeren. Von solchen maß ich eine Faser von 5,41 mm mit vier Collateralen, eine zweite von 7,41 mm mit zwei Collateralen, und eine dritte längste von 8,26 mm Länge mit 9 Collateralen. Diese Faser erstreckte sich in der Länge über vier Wurzeln, welche Wurzeln um 2,28 mm von einander abstanden. Leider hatte ich bis jetzt noch keine Gelegenheit beim erwachsenen Geschöpfe den Abstand der dorsalen Wurzeln zu bestimmen, dagegen ergiebt sich durch Vergleichung der Länge des Rückenmarks bei dem genannten Embryo und beim erwachsenen Thiere, dass die Verhältniszahl 1 : 8 ist, und hätten wir daher die gefundene Faserlänge von 8,26 mm beim Embryo für das erwachsene Thier auf 6,6 cm festzusetzen. Somit liefern auf jeden Fall diese Beob-

achtungen den anatomischen Beweis, dass viele Längsfasern der Hinterstränge bedeutende Längen ohne Unterbrechung durchlaufen, eine Thatsache, für die auch die Erfahrungen über die Degenerationen dieser Stränge einstehen.

Genaueres über diese schwierige Frage könnten nur sehr mühsame anatomische Untersuchungen ergeben, bei denen vor Allem an auf einander folgenden Längsschnittserien die Zahl der in die graue Substanz nach oben und nach unten umbiegenden Fasern zu zählen wären, welche anzustellen ich noch keine Muße hatte.

Bevor ich weiter gehe, muss ich nun noch über die auch in neuerer Zeit aufgetauchte Vermuthung oder Behauptung mich aussprechen, dass die sensiblen Wurzelfasern in größerer oder geringerer Zahl von Zellen der grauen Substanz des Markes entspringen. Für einen solchen Ursprung werden ins Feld geführt 1) die von Kutschin[1], Freud[2] und Klausner[3] erhaltenen Ergebnisse, denen zufolge bei Petromyzon und Proteus eine gewisse Zahl sensibler Fasern von Zellen des Markes entspringen soll, und 2) die Experimente von Joseph (Phys. Arch. 1887, p. 296), der gefunden hat, dass bei der Katze am zweiten Halsnerven bei Durchschneidung der sensiblen Wurzel an der proximalen Seite des Ganglion einige wenige Fasern entarten, während die anderen erhalten bleiben. Trennt man dagegen den Nervenstamm an der distalen Seite des Ganglion, so entarten alle seine Fasern, was beweisen soll, dass einige Fasern der sensiblen Wurzeln ihr trophisches Centrum im Marke haben. Die Richtigkeit dieser Beobachtungen sub 1 und 2 auch zugegeben, so sind dieselben doch, wie Jeder leicht einsieht, nicht entscheidend und nicht im Stande gegen die direkte anatomische Beobachtung aufzukommen. Diese lehrt, dass alle sensiblen Wurzelfasern und ihre Collateralen im Marke fein auslaufen und haben Golgi, Ramón y Cajal und ich niemals eine Nervenzelle in eine sensible Faser auslaufen sehen. Hierzu kommt, dass auch His und Ramón y Cajal von Fasern, die die Ganglien einfach durchsetzen, nichts melden. Es wird daher wohl für einmal bis auf weitere Belege für die höheren Geschöpfe die Lehre von dem Entspringen sensibler Wurzelfasern im Marke nicht als bewiesen erachtet werden können[4].

[1] Arch. f. mikr. Anat. 1866. II. p. 529.

[2] Wien. Ber. 1877, Bd. LXXV, Abth. 3, p. 15 und 1878, Bd. LXXVII, Abth. 3, p. 81.

[3] Münchner Ber. 1883.

[4] Seit diese Zeilen geschrieben wurden, hat v. Lenhossek Beobachtungen veröffentlicht (Anat. Anz. 1890), die, wenn sie sich bestätigen sollten, beweisen würden, dass auch bei höheren Geschöpfen eine gewisse Zahl sensibler oder, besser gesagt,

2) Collateralen der hinteren Wurzeln und der Fasern der Hinterstränge.

Wohl der wichtigste Fund, den Golgi und Ramón y Cajal an dem Mark von Embryonen und jungen Geschöpfen machten, ist der der oben schon erwähnten Collateralen. Diese Seitenäste der Längsfasern der weißen Substanz aller Stränge des Markes sind an Längsschnitten ungemein leicht zu bestätigen und bilden eine der bemerkenswerthesten Eigenthümlichkeiten der feineren Struktur des Markes, die auch in physiologischer Beziehung als eine der bedeutungsvollsten erscheint. Da die Collateralen der verschiedenen Stränge gewisse Verschiedenheiten darbieten, so beschreibe ich dieselben der Reihe nach, erwähne jedoch vorher noch gewisse allen denselben zukommende Eigenthümlichkeiten. Die Stärke anlangend so sind dieselben meist feiner als die longitudinalen Strangfasern, von denen dieselben abgehen (Fig. 5—8) und erreichen häufig die geringsten an Nervenelementen vorkommenden Durchmesser, wie z. B. diejenigen der zartesten marklosen Achsencylinder der Hornhaut oder der Schwänze junger Froschlarven. Auf der anderen Seite finden sich aber auch etwas stär-

dorsaler Wurzelfasern im Marke entspringen. Derselbe will nämlich bei Hühnerembryonen gefunden haben, dass einzelne solche Fasern mit Zellen der Vorderhörner zusammenhängen und führt zur Unterstützung dieser Annahme auch an, dass einer brieflichen Mittheilung zufolge auch Ramón y Cajal in neuester Zeit dorsale Wurzelfasern gesehen habe, die sich ungetheilt in die graue Substanz begeben und gegen die Vorderhörner zu verliefen. Diese neuen Erfahrungen verdienen ihrer Wichtigkeit halber nach allen Seiten geprüft zu werden und vermag ich ohne eine solche Prüfung vorläufig kein bestimmtes Urtheil über dieselben abzugeben. Was ich für einmal sagen kann ist nur Folgendes: 1) Beim internationalen med. Kongresse in Berlin war v. Lenhossek leider nicht in der Lage, ganz beweisende Präparate, d. h. Ursprünge dorsaler Wurzelfasern von Zellen der grauen Substanz vorzulegen, indem seine besten Objekte verdorben waren, dagegen hatte er Präparate, in denen Nervenfasern sichtbar waren, die im Spinalganglion nicht mit Zellen in Verbindung standen. 2) Bei einer wiederholten Prüfung der Objekte, die in den Fig. 1—4 dargestellt sind, war es mir nicht möglich dorsale Wurzelfasern zu finden, die sich nicht theilten, sondern unmittelbar in die graue Substanz eintraten. Allerdings war hie und da der Anschein solcher Elemente vorhanden, immer jedoch ergab sich, dass dieselben Wurzelfasern waren, die in tieferen Gegenden sich theilten, indem diese Theilungen durchaus nicht alle in derselben frontalen Ebene sich finden. Auch Collateralen von dorsalen Stammfasern, wie Ramón y Cajal solche entdeckt hat, könnten, wenn ihr Kaliber stärker ist, für direkt eintretende dorsale Wurzelfasern gehalten werden. Wenn die von v. Lenhossek gefundenen Elemente eine Bestätigung finden sollten und auch bei Säugern vorkämen, so müssten dieselben wohl unzweifelhaft als centrifugal wirkende aufgefasst und dem Sympathicus zugerechnet werden.

kere Collateralen, die den longitudinalen Strangfasern gleichkommen (Fig. 16). Wie an diesen treten auch an den Collateralen oft Varicositäten auf, und zwar vor Allem an den feineren Verästelungen und an den Enden (Fig. 10), welche unzweifelhaft Kunsterzeugnisse sind, wogegen leichte Anschwellungen an den Theilungsstellen und an den Abgangsstellen von Ästen eher als natürliche Bildungen anzusehen sind. Die Verästelungen der Collateralen geschehen meist unter spitzen Winkeln, doch kommen auch Fälle vor, in denen Stammfasern unter rechten Winkeln eine Menge Seitenästchen abgeben (Fig. 12).

Alle Collateralen ohne Ausnahme enden, wie es scheint, in derselben Weise, und zwar mit feinen Endbäumchen, die an die Endigungen in den einfacheren motorischen Endplatten erinnern. Diese Bäumchen bestehen aus zahlreichen kurzen Zweigelchen feinster varicöser Fäserchen, welche die Körper der Nervenzellen dicht umspinnen und meist mit feinen Knöpfchen endigen (Fig. 10, 11). Wo die Zellen groß und zahlreich sind, wie im Vorder- und Seitenhorn, geben diese Bäumchen sehr zierliche Bilder und erkennt man auch an guten Objekten, dass Anastomosen benachbarter Bäumchen fehlen, und dass die letzteren auch mit den Zellen nicht in direkter Verbindung stehen. Ähnliche Endigungen finden sich in der Substantia gelatinosa, ferner sehr zahlreich in der Grenzgegend dieser und der Substantia spongiosa und in den Clarke'schen Säulen. Wie an den Endigungen, so zeigen die Collateralen auch sonst in ihrem Verlaufe keine Spur von Anastomosen, wenn auch das Gewirr derselben, von welchem die Fig. 10 eine allerdings nur unvollkommene Anschauung giebt, oft den Eindruck eines Netzes macht.

Was nun das Nähere über die Collateralen der sensiblen Wurzelfasern, ihrer Theilungsäste und der Hinterstränge betrifft, so ist Folgendes anzumerken: Nachdem die sensiblen Wurzelfasern in die Randzone des Hinterstranges eingetreten sind, geben dieselben in gewissen Fällen noch vor ihrer Theilung einzelne Seitenästchen ab und ohne Ausnahme gehen solche von ihren auf- und absteigenden Theilungsästen aus. Ganz in derselben Weise entsenden auch alle longitudinalen Fasern des Hinterstranges und der Randzone solche Collateralen und erhalten durch die große Zahl dieser Seitenästchen sagittale Längsschnitte dieser und der andern Stränge ein ganz eigenthümliches Gepräge, welches die Fig. 5—8 gut wiedergeben. Doch ist zu bemerken, dass vor Allem in der Fig. 5 gewisse Verhältnisse als nicht natürliche, sondern durch die Reagentien hervorgerufene zu bezeichnen sind, und zwar einmal die starken Schlängelungen der Längsfasern und zweitens die Knickungen, welche dieselben an den Abgangsstellen

der Collateralen zeigen. Durchmustert man viele Präparate, so findet man, wie bei Fig. 7 und 8, in vielen Fällen die Längsfasern mehr gestreckt mit nur geringfügigen Biegungen und selbst ohne solche verlaufend und die Collateralen unter rechten Winkeln unmittelbar von denselben oder (Fig. 7) von einer kleinen dreieckigen Verdickung abgehend.

Die Zahl der Collateralen anlangend, die die Theilungsäste der sensiblen Wurzelfasern und die Längsfasern der Hinterstränge überhaupt abgeben, so lehrt die unmittelbare Beobachtung Folgendes: An einer und derselben Faser sieht man sehr häufig zwei und selbst drei (Fig. 7, 8), an sehr langen Fasern (s. oben) selbst bis zu 9 Collateralen, welche in geringeren oder größeren Abständen auf einander folgen, deren Größe ich in maximo auf 1—3,7 mm bestimmte, während auf der anderen Seite die Collateralen da und dort nur um 0,1 bis 0,2 mm und noch weniger von einander entfernt waren. In Betreff des Vorkommens der Collateralen überhaupt findet man an Schnitten aus allen Gegenden des Markes, aus der Lendenanschwellung, dem Dorsaltheile, der Halsanschwellung, dem oberen Halstheile, so ungemein viele Collateralen, dass es nur seltener gelingt, Fasern zu finden, die keine Seitenästchen entsenden (s. Fig. 5). Mit diesen an Längsschnitten zu machenden Wahrnehmungen stimmt das überein, was an Querschnitten zu sehen ist, die lehren, dass in allen Höhen des Markes aus allen Gegenden der Hinterstränge mit Inbegriff der Randzone, den oberflächlichen sowohl wie den mittleren und tiefsten Theilen derselben, Collateralen abstammen (Fig. 16), und ziehe ich hieraus den Schluss, dass die Mehrzahl der Längsfasern der Hinterstränge Collateralen abgeben. Zweifelhaft bleibt jedoch hierbei, ob die Fasern, die ununterbrochen bis zur Medulla oblongata aufsteigen, in allen Theilen ihres Verlaufes Collateralen entsenden und kann ich in dieser Beziehung vorläufig nur die oben gemeldete Thatsache namhaft machen, dass bei einem Schweineembryo von 9 cm Länge im Dorsalmark Fasern von 5,41, 7,41 und 8,26 mm Länge gefunden wurden, die 4, 2 und 9 Collateralen abgaben, Fasern, die unzweifelhaft solchen von 40—60 mm im Marke des erwachsenen Geschöpfes entsprechen. Allein auch diese Beobachtungen bringen noch keine Entscheidung und muss ich daher vorläufig die Frage unerledigt lassen, in welcher Ausdehnung die langen sensiblen Leitungsbahnen mit Collateralen versehen sind und möchte nur so viel sagen, dass die größere Wahrscheinlichkeit dafür spricht, dass dieselben in ihrem gesammten Verlaufe Nebenäste abgeben.

Bei Würdigung dieser Verhältnisse ist übrigens ein Punkt wohl

zu beachten, der die Entscheidung erschwert, nämlich der, dass an manchen Präparaten die Collateralen minder gut oder gar nicht gefärbt sind. Dieselbe Wahrnehmung macht man auch oft an den longitudinalen Strangfasern selbst. So habe ich Fälle gesehen, in denen bei jungen Embryonen, die sicher noch keine markhaltigen Fasern besaßen, keine einzige Faser der Stränge gefärbt war, und wiederum andere, in denen wohl Strangfasern, aber keine Collateralen sichtbar waren. Solche Objekte darf man selbstverständlich zur Ermittlung der Fragen, die ich hier bespreche, nicht benutzen und hat man sich nur an die zu halten, die vollkommene Färbungen zeigen, die man bei einiger Erfahrung bald herausfindet. Immerhin ist misslich, dass auch hie und da an scheinbar gut gelungenen Präparaten Faserabschnitte vorkommen, die keine oder fast keine Collateralen zeigen. So fand ich z. B. im Halsmark eines Rindsembryo von 22 mm in der dorsalen Ecke der Hinterstränge ein kleines kompaktes Faserbündel, das keine solcher Ausläufer besaß, während dieselben in allen übrigen Theilen der Hinterstränge gut entwickelt waren. Ähnliches kommt auch manchmal an der ventralen Spitze der Hinterstränge vor, doch ist es mir leider noch nicht gelungen, in dieser Beziehung bestimmte Gesetze aufzufinden.

Der Verlauf der sensiblen Collateralen, wie ich die Seitenäste der Hinterstrangfasern heiße, ist im Allgemeinen der, dass dieselben aus der Spitze und den lateralen Theilen der Hinterstränge, sowie aus der gesammten Randzone in die graue Substanz der Hinterhörner eintreten und in derselben mehr oder weniger weit nach der ventralen oder motorischen Seite verlaufen, um schließlich in verschiedenen Gegenden und selbst in den Vorderhörnern derselben Seite ihr Ende zu erreichen. Zum richtigeren Verständnisse dieser Verhältnisse beachte man, dass bei Embryonen die Hinterhörner eine ganz auffallende Entwicklung zeigen, so dass dieselben den Vorderhörnern in der Breite gleich kommen, oder dieselben sogar übertreffen, wie die Fig. 12—17 dies lehren. Ungemein mächtig ist vor Allem die Substantia gelatinosa, die wie ein großes querovales Feld die Hauptmasse der Hinterhörner bildet und in ganz anderer Form auftritt als bei ausgebildeten Geschöpfen. Dazu kommt, dass dieselbe in ihrer ganzen Breite von sensiblen Collateralen durchsetzt wird, die in Gestalt von stärkeren und schwächeren Bündeln von 5—10—15 und mehr Fasern theils aus der gesammten Randzone, theils aus den lateralen Seiten der Hinterstränge im engeren Sinne in sie eintreten. Diese Bündel ziehen theils in geradem Verlaufe, theils bogenförmig und schief durch die gelatinöse Substanz hindurch, welches Letztere besonders für die Col-

lateralen gilt, die aus den eigentlichen Hintersträngen und aus den lateralen Theilen der Randzone stammen. Die erwähnte Anordnung der sensiblen Collateralen in Bündeln zeigt sich nun übrigens nicht nur an Querschnitten, sondern auch an Längsschnitten (Fig. 9), die ebenfalls in allen sagittalen Ebenen über einander liegende Fascikel dieser Fasern ergeben.

Verfolgt man nun den weiteren Verlauf der sensiblen Collateralen, so ergiebt sich, dass dieselben in sehr verschiedenen Gegenden enden und zwar α) in der Substantia gelatinosa selbst, β) in der Grenzzone dieser Substanz und der Substantia spongiosa oder des eigentlichen Hinterhorns, γ) in den Clarke'schen Säulen, δ) in der Substantia gelatinosa der anderen Seite, ε) in der Substantia spongiosa des Hinterhornes, η) im Vorderhorn.

α) Endigungen innerhalb der Substantia gelatinosa. An guten Präparaten findet man in allen Höhen der Substantia gelatinosa Theilungen von sensiblen Collateralen, die, wenn man sie verfolgt, auch zu den oben beschriebenen Endigungen führen. Von diesen Elementen sind in der Fig. 15 einige dargestellt, unter denen besonders auch die der Randzone parallel verlaufenden Elemente alle Beachtung verdienen. Im Ganzen färben sich diese Elemente nicht leicht, wie dies auch von den lateralen radiären Bündeln der Substantia gelatinosa gilt; ist aber das Präparat gelungen, so überzeugt man sich, dass diese Substanz immerhin in ihrer ganzen Ausdehnung eine namhafte Menge Endigungen von Collateralen enthält. Bei Ramón y Cajal finde ich auch in seiner neuesten Mittheilung diese Collateralen nicht erwähnt und nicht abgebildet (s. IV. Fig. 6a auf p. 18).

β) Ganz Anderes gilt von den Collateralen der Grenzgegend zwischen der Substantia gelatinosa und spongiosa. Hier findet sich in allen Gegenden des Markes eine solche Zahl von Verästelungen und Endigungen der Collateralen, dass ein dichter feiner Faserfilz entsteht, dessen Elemente nicht auf weitere Strecken zu verfolgen sind. An Querschnitten (Fig. 15, 27) nimmt dieser Filz, den ich den Plexus der Substantia gelatinosa nennen will ($h\ c\ g$), die ganze ventrale Seite der Substantia gelatinosa ein und erscheint wie durch eine Auflösung vieler der radiären Collateralenbüschel gebildet, was an Längsschnitten noch deutlicher hervortritt, welche zugleich lehren, dass der Plexus auch in der Längsrichtung ein ganz zusammenhängender ist.

γ) Wo Clarke'sche Säulen vorkommen ziehen die Collateralen, die aus den Hintersträngen selbst austreten, und vor Allem diejenigen der Spitze derselben unmittelbar zu dieser Zellengruppe und lösen sich da in einen dichten Haufen von gröberen und feineren Verästelungen auf,

die ganz denselben Charakter an sich tragen wie der sub β erwähnte Filz (Fig. 14). An Längsschnitten erscheint dieser Filz ebenfalls als ein ganz zusammenhängender (Fig. 9).

δ) Bei gewissen Geschöpfen wie bei der Katze, zeigt sich bei neugeborenen Thieren eine deutliche hintere Kommissur (Fig. 16). Untersucht man dieselbe genauer, so ergiebt sich, dass sie aus Collateralen besteht, die den lateralen Randtheilen der Substantia gelatinosa entstammen, und außerdem Elemente enthält, die in den Filz der Grenzgegend der Substantia gelatinosa und spongiosa sich auflösen, woraus wohl der Schluss abgeleitet werden darf, dass dieselbe aus einer Kreuzung der Collateralen von rechts und links besteht. Von dieser Kommissur ist noch zu erwähnen, dass dieselbe keine in der Längsrichtung zusammenhängende ist, sondern aus vielen hinter einander liegenden Bündelchen besteht. Eine ganz ähnliche Kommissur hat M. v. Lenhossek von erwachsenen Meerschweinchen beschrieben (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXIV, Taf. IX, Fig. 4). Andeutungen einer von Collateralen gebildeten hinteren Kommissur sah ich auch bei anderen Embryonen, aber nirgends war dieselbe auch nur annähernd so ausgebildet, wie bei der Katze.

In seiner neuesten Mittheilung giebt Ramón y Cajal eine Beschreibung und Abbildung (No. IV Fig. 6 a) der hinteren Kommissur des neugeborenen Hundes, an welcher er drei Abtheilungen unterscheidet und zwar ein vorderes und hinteres Bogenbündel und einen mittleren mehr querverlaufenden Zug.

Das vordere Bogenbündel liegt unmittelbar hinter dem Centralkanale und vor den Clarke'schen Säulen. Dasselbe wird von feineren und gröberen Fasern gebildet, die dem Centralkanale ihre Konkavität zuwenden und seitlich nach allen Richtungen ausstrahlen, um zum Theil sich fein zu verästeln. Die Herkunft der Fasern dieses Abschnittes der Kommissur ist zweifelhaft. Die stärkeren Fasern derselben könnten von Collateralen der Vorderstränge abstammen, oder nervöse Fortsätze sein, welche Ramón y Cajal in der That in zwei Fällen in die betreffenden Kommissurenabschnitte eintreten sah (p. 9).

Das hintere Bogenbündel hat seine Konvexität nach der ventralen Seite zu und besteht aus Collateralen der Hinterstränge, welche auf die andere Seite tretend in den benachbarten Theilen des vorderen Geflechtes der Substantia gelatinosa enden.

Das mittlere quer verlaufende Bündel zieht mitten durch die Clarke'schen Säulen durch und endet in den lateralen Theilen des Geflechtes der Substantia gelatinosa, indem dessen Fasern hier pinselförmig aus einander fahren. Die Elemente dieses Kommissurenantheils

stammen zum Theil von Collateralen des Seitenstranges, zum Theil ist ihre Herkunft zweifelhaft.

Meine eigenen Erfahrungen über die graue Kommissur des Hundes gehen nicht weit. Bei einem Hunde von 4 Tagen fand ich am dorsalen Theile des Markes das Auffallende, dass die beiden Substantiae gelatinosae vor den wenig entwickelten Hintersträngen unmittelbar an einander stießen. Eine gut entwickelte Kommissur zog bogenförmig mit ventraler Konvexität größtentheils zwischen den CLARKE'schen Säulen und dem Geflechte der Substantia gelatinosa durch, besaß aber doch auch einige Fasern in dem genannten Geflechte, aber keine in den CLARKE'schen Säulen und keine vor denselben. Schnitte des Lendenmarkes zeigten nichts von einer Commissura posterior und die Halsanschwellung und das obere Halsmark nur ganz schwache Andeutungen derselben, wogegen am Anfange der Pyramidenkreuzung diese Kommissur ganz gut entwickelt war und theils von Collateralen des Hinterstranges mit Inbegriff der Randzone, theils von solchen des Seitenstranges abstammte und mit ihren Fasern wie gewöhnlich endete.

Bei den meisten, besonders jüngeren Säugethierembryonen war eine hintere Kommissur nicht nachzuweisen, außer hier und da in sehr schwachen Andeutungen, doch muss ich es unentschieden lassen, ob dieselbe wirklich nicht vorhanden ist oder ihre Elemente nicht gut ausgeprägt waren.

ε) Viele Collateralen der sensiblen Sphäre enden ferner im eigentlichen Hinterhorne vor der Substantia gelatinosa und ihrem Plexus und neben dem Plexus der CLARKE'schen Säulen, doch ist der hier vorkommende Filz nicht so dicht wie an den eben genannten Orten und erscheint daher diese Gegend selbst an gut gefärbten Präparaten meist lichter. Die Collateralen, die diesen Plexus liefern, stammen vorzugsweise aus der Randzone der Substantia gelatinosa, zum Theil auch aus dem Hinterstrange.

η) Endlich erwähne ich noch als eine sehr wichtige Gruppe diejenigen sensiblen Collateralen, die in das Vorderhorn der gleichen Seite eindringen, welchen RAMÓN Y CAJAL neulich den Namen »Antero-posteriores« oder »Sensitivo-motoriae« gegeben hat. Diese Collateralen entspringen zum Theil im eigentlichen Hinterstrange, zum Theil im medialen Theile der Randzone, sammeln sich in der Substantia spongiosa zu starken Bündeln und dringen als kompakte, an stärkeren Fasern reichere Massen geraden Weges in das Vorderhorn, in dem sie nach allen Seiten in ihre Elemente aus einander fahren und in den Gegenden der Nervenzellengruppen in feinste Äste sich auflösen (Fig. 13, 15,

16, 17, 18, 19, 20). In gewissen Fällen, wie in der Fig. 17, sondern sich die für das Seitenhorn bestimmten Bündel von denen für das eigentliche Vorderhorn bestimmten und entsteht dann eine zierliche Kreuzung dieser Collateralen, die ich alle einfach als Reflexcollateralen der sensiblen Wurzeln bezeichne.

3) Collateralen der Seitenstränge und der Vorderstränge.

Auch die Längsfasern der Seitenstränge und der Vorderstränge geben allem Anscheine zufolge Alle Collateralen ab, die im Wesentlichen eben so sich verhalten, wie diejenigen der sensiblen Wurzelfasern und der Hinterstränge. Wenn ich sage »Alle«, so berufe ich mich darauf, dass an guten Längsschnitten dieser Stränge keine längere longitudinale Faser derselben zu finden ist, die nicht Collateralen entsendete. Diese Seitenästchen, welche die Seitenstrang- und Vorderstrangcollateralen heißen sollen (Fig. 12—17), bilden in der grauen Substanz ein dichtes Gewirr um die Nervenzellen herum, besitzen aber doch im Ganzen genommen einen bestimmten Verlauf.

Die Collateralen der Seitenstränge ziehen vorwiegend medianwärts in den ventralen Theil der Hintersäulen und in die Clarkeschen Säulen, wo solche vorkommen, theils in die Vorderhörner zu den verschiedenen motorischen Zellenhaufen. Einzelne dieser Fasern wenden sich auch in die Grenzgegend zwischen der Substantia gelatinosa und spongiosa und gegen die Commissura alba und grisea (s. oben).

Die Vorderstrangcollateralen verlaufen alle dorsalwärts, wobei jedoch die einen in der vorderen Kommissur sich kreuzen, die anderen gegen das eigentliche Vorderhorn und das Seitenhorn sich begeben, noch andere gerade gegen die Hintersäulen gehen. Diese letzteren bilden zum Theil kleine Bündel und erzeugen Endbüschel, die an diejenigen der langen sensiblen Collateralen erinnern und am schönsten an sagittalen Längsschnitten zu erkennen sind (Fig. 9 *vc*, *ec*), an denen sie oft mit den sensiblen Endbüscheln wie abwechseln, auch wohl mit denselben in einer Höhe stehen und mit ihnen sich verflechten.

Von den Vorder- und Seitenstrangcollateralen ist noch zu erwähnen, dass dieselben, eben so wie diejenigen des Hinterstranges, stärkere und schwächere Elemente darbieten, doch konnte ich nicht finden, dass diejenigen des Vorderstranges ein entschiedenes Plus stärkerer Elemente enthalten, wie Ramón y Cajal angiebt. Unterschreiben kann ich dagegen eine andere Bemerkung dieses Gelehrten über die Collateralen des Vorderstranges für beide hier zusammen behandelten Stränge, dass nämlich die Collateralen ihre Verästelung oft schon innerhalb

der weißen Substanz beginnen. Die Endverästelung anlangend, so fand ich bei diesen Collateralen nicht selten ein Verhalten, das mir bei den sensiblen Collateralen bis jetzt nicht auffiel, nämlich lang dahinziehende Stämmchen, die unter meist rechten Winkeln eine große Zahl von kurzen Ästchen nach beiden Seiten abgaben, die dann wie oben beschrieben endeten, genauer bezeichnet eigentlich jedes ein Endbäumchen bildeten (Fig. 12). Manche dieser Collateralen zeigten nur solche Theilungen, andere auch gröbere spitzwinkelige zahlreiche Äste, wie sie bei den langen sensiblen Collateralen allein vorzukommen scheinen.

Die longitudinalen Fasern der Vorder- und Seitenstränge zeigen, eben so gut wie diejenigen der sensiblen Sphäre, an manchen Stellen Umbeugungen und einen Eintritt in die graue Substanz, die hier offenbar eine doppelte Bedeutung haben und zum Theil centrifugal wirkende Elemente, vor Allem der Pyramidenbahnen, darstellen, die mit Verästelungen ihr Ende in der grauen Substanz finden, zum Theil Nervenfasern sind, die von Zellen der grauen Substanz entspringen und, wie die Kleinhirnseitenstrangbahnen, in den Strängen centralwärts verlaufen.

Von der vorderen Kommissur ist noch zu erwähnen, dass dieselbe schon bei Embryonen vorhanden ist und immer unter dem Bilde einer Kreuzung erscheint (Fig. 18—20), und zwar sind es theils Achsencylinder, die sich kreuzen (siehe unten), theils Collateralen der Vorderstränge und der Seitenstränge, die oft in der Kommissur Theilungen zeigen und jenseits derselben ihre Endigung in der grauen Substanz finden, wobei sie theils in alle Gegenden des Vorderhorns einstrahlen, theils auch gegen das Hinterhorn sich wenden. Es wäre nicht unmöglich, dass unter den letzteren Fasern auch Hinterstrangcollateralen sich fänden, die durch die Kommissur auf die andere Seite treten. Käme so etwas wirklich vor, wovon ich mich noch nicht mit voller Bestimmtheit zu überzeugen vermochte, so würden auch diese Collateralen jedenfalls in der grauen Substanz enden und könnte bei Embryonen von einem direkten Eindringen sensibler Elemente in den Vorderstrang und in den Seitenstrang der anderen Seite, wie verschiedene Autoren ein solches für das Mark erwachsener Geschöpfe annehmen, keine Rede sein.

4) Nervenzellen.

Die Zellen der grauen Substanz des Markes sind zwar alle multipolar, unterscheiden sich aber, abgesehen von der Größe, der Gestalt und der Beschaffenheit der Protoplasmafortsätze, von denen weiter

unten die Rede sein soll, wesentlich dadurch, dass die einen einen unverästelten oder nur spärliche Ästchen abgebenden nervösen Fortsatz besitzen, während derselbe bei den anderen zahlreiche Äste abgiebt. Diese letzteren scheide ich wieder in zwei Unterarten, und zwar

a) in solche, bei denen der nervöse Fortsatz, trotz der Abgabe von Ästen, seine Selbständigkeit nicht verliert, und

b) andere, deren Achsencylinderfortsatz ganz in feine und feinste Verzweigungen sich auflöst.

Nach der Eintheilung von Golgi würden die Zellen der ersten Kategorie und die von 2a seine erste Gruppe der motorischen Zellen darstellen, die von 2b die zweite Gruppe der sensiblen Zellen.

Eine andere Eintheilung der Nervenzellen stützt sich auf deren physiologische Beziehungen und ergiebt folgende Arten:

a) Motorische Zellen, welche in die motorischen Wurzelfasern übergehen, oder dieselben entsenden.

b) Zellen, deren nervöser Fortsatz zu einer longitudinalen Faser der weißen Substanz sich umgestaltet (Strangzellen oder Ursprungszellen von Strangfasern), unter denen wiederum zu unterscheiden sind α) Zellen, deren Fortsatz auf derselben Seite des Markes bleibt, und β) Zellen, die ihren nervösen Fortsatz durch die weiße Kommissur auf die andere Seite senden (Kommissurenzellen, Ramón y Cajal).

c) Zellen, deren nervöser Fortsatz nicht aus der grauen Substanz heraustritt.

Die genauere Bestimmung des Verhaltens der nervösen Fortsätze der Zellen des Markes ist übrigens sehr großen Schwierigkeiten unterworfen, welche darin liegen, dass die Golgi'sche Methode häufig gar keine Nervenzellen und vielleicht niemals oder wenigstens nur sehr selten alle färbt. Am günstigsten sind die Fälle, in denen nur einzelne oder wenige Zellen schwarz erscheinen, und auch von den Collateralen nicht zu viele gefärbt sind. Sind dagegen eine größere Zahl von Zellen dargestellt, so lassen sich die nervösen Fortsätze gewöhnlich nicht auf größere Strecken verfolgen, indem dieselben an feinen Schnitten nur selten ganz sich erhalten, und an dickeren in dem unglaublich reichen Gewirr der Protoplasmafortsätze sich bald spurlos verlieren. Große Beachtung verdient übrigens bei diesen Untersuchungen, dass in sehr vielen Fällen die Zellen und ihre Protoplasmafortsätze nicht gefärbt sind, wohl aber deren nervöse Fortsätze, wie auch Ramón y Cajal dies wahrgenommen hat (s. Nr. IV, Fig. 2*a*, *18*). In diesem Falle hat man sich nur davor zu hüten, dieselben nicht mit stärkeren Collateralen zu verwechseln oder mit Umbiegungen und

Endigungen von Längsfasern der Stränge in der grauen Substanz, was in manchen Fällen seine Schwierigkeiten hat, und große Vorsicht erfordert.

Indem ich nun zur Schilderung dessen übergehe, was meine Untersuchungen über diese nervösen Fortsätze mich gelehrt haben, will ich zugleich auf die neuesten Mittheilungen Ramón y Cajal's Rücksicht nehmen, was oben in der Einleitung noch nicht geschehen konnte.

a) Ursprungszellen der motorischen Wurzeln, motorische Zellen. Die Zellen, welche die Fasern der motorischen Wurzeln entsenden, liegen in den Vorderhörnern, bilden Theile aller hier in gewissen Gegenden des Markes vorkommenden Nervenzellengruppen, und sind in ihrer Mehrzahl groß, doch kommen auch viele kleinere und kleine solche Elemente vor, und zwar besonders in den medialen Theilen des ventralen Abschnittes des Vorderhornes und in der Grenzgegend der vorderen und hinteren Hörner. Die nervösen Fortsätze dieser motorischen Zellen gehen manchmal gerade gegen die Austrittsstellen der Wurzeln, andere Male erreichen sie dieselben auf Umwegen mit Umbeugungen und Schlängelungen aller Art. Bezüglich auf die Dicke kann man an diesen Fortsätzen stärkere und schwächere unterscheiden und ist wohl nicht zu bezweifeln, dass die letzteren den feinen, die ersteren den starken Fasern der motorischen Wurzeln den Ursprung geben. Von Ästen habe ich bei Säugern und beim Menschen an diesen Achsencylinderfortsätzen noch nichts gesehen, doch kann ich nicht unerwähnt lassen, dass Ramón y Cajal, der im Allgemeinen diese Fortsätze auch als unverästelt bezeichnet (III, p. 4), angiebt, dass er einmal bei einer Ratte ein zurücklaufendes Seitenästchen einer solchen Faser wahrgenommen habe. In einer Note fügt er dann noch bei, dass er auch bei einer Taube vier oder fünf solche Fasern beobachtet habe, die je ein kurzes zurücklaufendes Seitenästchen besaßen. Und dass bereits Golgi solche Ästchen beschreibt, ohne Genaueres über dieselben mitzutheilen, wurde in der Einleitung berührt. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dass in gewissen Fällen solche Ausläufer vorkommen. Immerhin bleibt vorläufig die Frage eine offene, ob dieselben konstante Bildungen sind und überall vorkommen, wie die Seitenausläufer der nervösen Fortsätze der Pyramidenzellen und der Purkinjeschen Zellen im Gehirn, oder nur in einzelnen, vielleicht seltenen Fällen sich finden. Physiologisch ist diese Frage, wie man leicht einsieht, von großer Tragweite, und wäre die einfachste Deutung solcher Ausläufer die, dass eine motorische Zelle in gewissen Fällen in mehrere centrifugal wirkende Fasern ausläuft.

b) Zellen, deren nervöse Fortsätze in die weiße Substanz übergehen und zu Längsfasern derselben werden.

Solche Zellen sind bekanntlich von mir selbst und vielen Anderen schon seit Langem angenommen worden, doch mangelte bisher der genauere Nachweis des Verhaltens derselben, der nun erst von Golgi und Ramón y Cajal mit der Methode von Golgi gegeben wurde. Wie diesen Forschern ist es auch mir gelungen, diese Zellen nachzuweisen und folgt hier eine genauere Beschreibung des von mir Gesehenen.

Die große Mehrzahl der Zellen, um die es sich hier handelt, senden ihre nervösen Fortsätze in den Seitenstrang, manche auch in den Vorderstrang, dagegen habe ich mich bisher nicht überzeugen können, dass solche Fortsätze auch in den Hinterstrang eintreten, was auch Ramón y Cajal nur selten gesehen zu haben scheint (IV, Fig. 3 *a Y*, p. 7—10). Die Zellen, die ihre nervösen Fortsätze in den Seitenstrang entsenden, gehören meist der Grenzzone zwischen Vorder- und Hinterhorn an, d. h. der Gegend, die zwischen dem Centralkanale und der vorspringenden medialen Ecke des Seitenstranges sich befindet, können jedoch auch entschieden in dem einen oder anderen dieser Hörner mehr ventral- oder dorsalwärts ihre Lage haben und gehört jedenfalls die auffallende Gruppe der Clarke'schen Säulen zu denselben. Die zum Vorderstrange in Beziehung stehenden Zellen sind dagegen meist Angehörige des Vorderhornes und vor Allem der vorderen medialen Zellengruppe desselben; auch ist zu bemerken, dass diese Zellen ihre nervösen Fortsätze meist durch die vordere Kommissur auf die andere Seite senden. Es können jedoch auch Zellen anderer Gegenden in den Vorderstrang treten (Ramón y Cajal III, Fig. 2 *a* 11) und was die vordere Kommissur anlangt, so gehen nach Golgi bei Säugern und nach Ramón y Cajal beim Hühnchen Zellen aller Gegenden der grauen Substanz mit ihren Achsencylinderfortsätzen in dieselben ein und nach Ramón y Cajal bei Säugern wenigstens einzelne des Hinterhorns (III, Fig. 2 *a* 12) und aus der Gegend des Plexus der Substantia gelatinosa (III, Fig. 3 *a*, *coa*).

Die nervösen Fortsätze der genannten Zellen lassen zum Theil keine Äste erkennen, auch wenn sie auf große Strecken und selbst bis in die weiße Substanz zu verfolgen sind und finden sich solche in meiner Fig. 30 bei *1*, *2* und *4* und bei Ramón y Cajal in IV, Fig. 2 *a* bei *3*, *4*, *5*, *6*, *11*, *13*, *15*, *16* dargestellt, in der Mehrzahl der Fälle dagegen geben dieselben eine gewisse selbst größere Zahl von Ästen ab, ohne jedoch ihre Selbständigkeit zu verlieren (Fig. 21—24, 30, *6*, *7*, *8*, *9*, *10*) welche Äste genau so sich verhalten, wie diejenigen der Collateralen der Strangfasern und mit feinen Verästelungen enden.

Das Ende der Stammfasern dieser nervösen Fortsätze ist sehr be-

merkenswerth und kommen wesentlich folgende von Ramón y Cajal entdeckte Verhältnisse vor. In der Mehrzahl der Fälle biegt sich, wie Golgi dies zuerst sah, das Ende einer Stammfaser bogenförmig nahezu unter rechtem Winkel in eine longitudinale Strangfaser um, ein Verhalten, das an Querschnitten weniger leicht, sehr bestimmt an Längsschnitten zu beobachten ist. An solchen betrachte ich alle Fasern, (Fig. 6 *l*, *el*, *n*), die aus den Längssträngen unter rechten Winkeln in die graue Substanz abbiegen und auf einem längeren Verlaufe innerhalb der grauen Substanz keine Abnahme des Durchmessers zeigen, auch wenn dieselben nicht bis zu einer Zelle sich verfolgen lassen, als nervöse, in Längsfasern übergehende Zellenfortsätze, in welcher Beziehung Ramón y Cajal mit mir übereinstimmt, der in No. IV in Fig. 2*a* bei 18 eine solche Faser abbildet.

Zweitens setzen sich die Enden der Stammfasern der nervösen Fortsätze, indem sie gabelförmig sich theilen in eine auf- und eine absteigende longitudinale Strangfaser fort, verhalten sich somit wesentlich eben so wie die sensiblen Wurzelfasern an ihren Eintrittsstellen. Doch scheint Ramón y Cajal anzunehmen, dass in gewissen Fällen solche nervöse Fasern auch einfach unter rechtem Winkel an longitudinale Strangfasern sich ansetzen, ein Fall, der an Längsschnitten leicht zur Beobachtung kommen müsste, in welcher Beziehung ich noch keine entscheidende Beobachtung zu machen im Stande war.

Endlich kommen noch Zwei- und Dreitheilungen solcher nervöser Fortsätze vor (Fig. 23, 30, *2*, *7*, *10*), deren Verhalten in der weißen Substanz noch nicht hinreichend festgestellt ist, d. h. es ist vorläufig nicht nachgewiesen, wie die Enden verlaufen, ob alle nach einer Richtung dahinziehen oder nach verschiedenen Richtungen.

Nach Golgi und Ramón y Cajal gehen die nervösen Fortsätze der eben besprochenen Kategorie alle in Fasern der Stränge über. Ich glaubte in meiner vorläufigen Mittheilung hypothetisch annehmen zu müssen, dass diejenigen unter denselben, die in der vorderen Kommissur sich kreuzen, in die vorderen Wurzeln der anderen Seite übergehen. Eine weitere Verfolgung dieser Angelegenheit hat mir nun aber gezeigt, dass diese Autoren für viele Fälle Recht haben, und da ich eine Beziehung von Kommissurenfasern zu Wurzelfasern auch bei neueren Untersuchungen nicht zu finden im Stande war, so habe ich keinen Grund diese Vermuthung noch weiter festzuhalten.

c) Zellen, deren nervöse Fortsätze sich reich bis zu feinsten Enden verästeln und nicht aus der grauen Substanz heraustreten.

Diese von Golgi entdeckten und zuerst abgebildeten Zellen (Haupt-

werk Taf. II a, Fig. 6) finden sich allem Anscheine nach nur in den Hinterhörnern, jedoch, wie wir schon sahen, nicht als ausschließliche Bestandtheile. Die auffallendsten Zellen der Art, die ich sah, sind in den Fig. 25, 26 und 29 *b* und *c* dargestellt, und stammen von der Gegend der Spitze der Hinterhörner, außerdem fand ich solche Zellen auch in den übrigen Gegenden der Hinterhörner, ja selbst am dorsalen Rande der Substantia gelatinosa (Fig. 29 *a*, *d*, *e*). Ramón y Cajal hat solche Zellen auch gesehen und giebt in seiner I. Abh. Taf. XI, Fig. 2, 3, 4 schöne Abbildungen von Elementen der Art aus den Clarke'schen Säulen und der Substantia gelatinosa. In der Abhandlung No. IV sind dagegen nur wenig ausgeprägte solche Zellen in Fig. 3*a* aus der Substanz von Rolando unter *H*, *R*, *S*, *T* abgebildet, dagegen betont der Autor im Text, dass viele Äste der nervösen Ausläufer dieser Zellen vertikal verlaufen und so Bündel bilden, die vielleicht später zu den von mir sogenannten Längsfasern der Hinterhörner sich gestalten, eine Annahme, mit der ich mich nicht einverstanden erklären kann, da die genannten Bündel aus langen parallel verlaufenden Elementen bestehen.

Sehr wichtig für die Deutung dieser Zellen wäre es, wenn die letzten Endigungen der nervösen Ausläufer derselben sich mit Sicherheit bestimmen ließen. Ramón y Cajal lässt dieselben mit varicösen Verästelungen und frei enden (Nr. IV, p. 10) und auch Golgi stellt die einzige von ihm abgebildete Zelle so dar. Meine Präparate ergaben im Ganzen dasselbe, nur machten einzelne den Eindruck, als ob unter den Ausläufern des nervösen Fortsatzes auch stärkere nicht ästige Enden, wie Stammfasern sich fänden, was jedoch Folge einer nicht ganz vollständigen Versilberung sein könnte. Ferner möchte ich hervorheben, dass bis jetzt an keiner dieser Zellen die Enden in jener Form von Endbüscheln oder Endbäumchen vorkamen, die für die Collateralen so charakteristisch ist.

Auf die mannigfachen Formen der Nervenzellen und ihrer protoplasmatischen Ausläufer, so wie auf ihre verschiedene Größe habe ich keinen Grund einzugehen, da diese Verhältnisse für einmal physiologisch keine Verwerthung gestatten, und verweise ich in dieser Beziehung auf die Angaben und Abbildungen von Ramón y Cajal, indem ich zugleich betone, dass es ungemein schwer hält, im Einzelnen die genaue Gestalt der protoplasmatischen Ausläufer der fraglichen Zellen zu bestimmen. Viele derselben, ja die meisten, sind in ihrer ganzen Länge mit spitzen und wie körnigen Anhängen, mit feinen einfachen und ästigen Ausläufern besetzt, und gewinnen so unter Umständen ein ganz eigenthümliches Gepräge (s. m. Fig. 29, 30 und Ramón y Cajal, III, Fig. 4 *a A*, Fig. 3 *a* die meisten Zellen der Substantia gelatinosa), welches am aller-

auffallendsten an den Zellen der Substantia gelatinosa auftritt und dieselben, wie auch Ramón y Cajal hervorhebt, gewissen Gliazellen sehr ähnlich macht. Berücksichtigt man jedoch, einmal dass in anderen Fällen an Silberpräparaten diese Ausläufer ohne einen solchen Besatz und selbst, wenn auch selten, ganz glattrandig vorkommen, so wie zweitens, dass aus frischen Objekten isolirte Nervenzellen ohne Ausnahme glattrandige Protoplasmaausläufer besitzen, so ergiebt sich mit großer Wahrscheinlichkeit, dass die oben geschilderten Formen Kunstprodukte sind.

Weiter ist über die Protoplasmafortsätze Folgendes erwähnenswerth. An Silberpräparaten ergeben sich dieselben von erstaunlicher Länge und mit den zahlreichsten gröberen Verästelungen, so dass manche derselben an Organen von Neugeborenen die ganze Breite der grauen Substanz durchqueren und auch im Diameter antero-posterior die Hälfte derselben einnehmen (Fig. 21—24). Eigenthümlich ist ferner den medialen Zellen der Vorderhörner, dass dieselben einen Theil ihrer Ausläufer durch die vordere Kommissur auf die andere Seite senden, ein Verhalten, auf das Ramón y Cajal zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt hat (III, Fig. 1 *a*) und das ich auch, wenn schon wenig ausgeprägt, bei den Zellen in der Nähe der hinteren Kommissur finde.

Sehr wichtig ist endlich, dass, wie Golgi entdeckt hat, viele Protoplasmafortsätze auch in die weißen Stränge eintreten und oft weit und selbst bis gegen die Oberfläche derselben vordringen, für welche Thatsache ich schon beim Anatomenkongresse in Berlin für das Mark des Ochsen ebenfalls Belege gab (s. Anat. Anz. 1889) und die ich auch jetzt überall für alle untersuchten Säuger bestätigt finde. Anastomosen der Protoplasmafortsätze vermag ich auch jetzt, eben so wenig wie früher, zu finden und muss ich besonders hervorheben, dass ich solche auch an Zellen vermisse, die nach der Gerlach'schen Methode dargestellt wurden. Dasselbe gilt, wie ich nachträglich bemerke, auch von den feinen Endästen der nervösen Fortsätze.

5) Über die Gliazellen besitze ich keine ausführlicheren Untersuchungen und theile daher nur Folgendes mit. Wie Golgi zuerst nachgewiesen und später Magini, Falzacappa und Ramón y Cajal bestätigt haben, besitzt das Mark junger Embryonen anfänglich nur einerlei Gliazellen, die nichts Anderes sind, als die sogenannten Epithelzellen des Centralkanals, die mit ihren Ausläufern radienartig das ganze Mark durchziehen und an der Oberfläche desselben dicht an der Pia mit größeren oder kleineren Verbreiterungen enden. Hierbei zeigen die Längeren dieser Elemente, die alle nur einen Kern dicht am Central-

kanale besitzen, in ihren äußeren Theilen spitzwinklige Verästelungen und viele Seitenästchen, so dass der Anschein eines Netzes erzeugt wird, ohne dass ein solches wirklich vorhanden wäre.

Das erste Auftreten dieser Gliazellen, das besonders His und auch Vignal verfolgt haben, ist bei jungen Embryonen leicht zu sehen und führt auf einen Theil der Zellen der Medullarplatte zurück, welche zu Faserzellen auswachsen und zugleich Seitenausläufer treiben, von denen His annimmt, dass dieselben unter einander verschmelzen, während andere Elemente dieser Lage zu Nervenzellen (Neuroblasten, His) sich gestalten und noch andere in dem ursprünglichen indifferenten Zustande sich erhalten.

Das ursprüngliche Verhalten der Gliazellen erhält sich längere Zeit und fand ich dasselbe noch bei einem Schafembryo von 9 cm Länge (Fig. 28) und einem Schweineembryo von 10 cm Länge. Bei älteren Embryonen und nach der Geburt erhalten sich, wie man schon längst weiß, diejenigen dieser Elemente vollständig, die nach dem Grunde der ventralen Spalte des Markes und nach der dorsalen Mittellinie gehen, die anderen dagegen werden nach und nach undeutlich, bis auf die um den Centralkanal gelegenen Theile und treten eine Menge neuer Gliazellen, die bekannten sternförmigen Elemente, in allen Theilen des Markes auf, welche unzweifelhaft nach und nach aus indifferenten Zellen der Markanlage sich entwickeln, die, so lange als dieses Organ nicht ausgebildet ist, in Form rundlicher Zellen in großer Menge in der weißen und grauen Substanz zwischen den nervösen Elementen vorhanden sind und später nicht mehr sich nachweisen lassen.

Zusammenstellung der Resultate.

1) Die sensiblen Wurzelfasern theilen sich beim Eintritte in das Mark in einen aufsteigenden und einen absteigenden Schenkel, die in den Hintersträngen und oberflächlich an der Substantia gelatinosa in der Randzone derselben verlaufen.

2) Dass diese longitudinalen sensiblen Elemente zum Theil auf große Strecken (4—6 cm) verlaufen, ist durch die direkte Beobachtung entschieden, auf der anderen Seite aber auch sicher, dass ein nicht unerheblicher Theil derselben in die graue Substanz umbiegt und in derselben mit feinen Verästelungen frei endet.

3) Eine Verbindung dorsaler Wurzelfasern mit Nervenzellen der grauen Substanz des Markes ist bei Säugern bis anhin nicht beobachtet.

4) Alle sensiblen longitudinalen Strangfasern und zum Theil schon deren noch ungetheilte Stammfasern geben feine Seitenästchen, die sogenannten Collateralen von Ramón y Cajal ab, welche, in die

graue Substanz eingetreten, in allen Gegenden derselben sich fein verästeln und frei enden. Besonders zahlreich sind diese Endigungen in der ventralen Grenzgegend der Substantia gelatinosa und in den Clarke'schen Säulen, wo dieselben wie besondere Geflechte bilden und dann im ventralen und lateralen Theile des Vorderhorns, welchen Gegenden lange, dichte Bündel besagter Collateralen zustreben.

5) Die motorischen Wurzelfasern entspringen von größeren und kleineren Nervenzellen aller Theile des Vorderhorns mit einem einfachen nervösen Fortsatze, der in gewissen Fällen (nach Golgi immer) Seitenästchen abgiebt.

6) Die Vorderstränge und die Seitenstränge des Markes bestehen zum Theil aus Fasern, welche von Nervenzellen aller Gegenden des Markes abgegeben werden. Diese Vorder- und Seitenstrangzellen entsenden von ihrem nervösen Fortsatze aus sehr häufig eine größere oder geringere Zahl von Seitenästchen in die graue Substanz, welche in derselben frei enden.

Zellen der grauen Substanz, die Nervenfasern der Hinterstränge den Ursprung geben, wie Ramón y Cajal solche in seltenen Fällen gesehen haben will, sind mir bisher, eben so wie Golgi, nicht zu Gesicht gekommen.

7) Die Beziehungen der ebengenannten nervösen Fortsätze der Vorder- und Seitenstrangzellen zu den Fasern der weißen Substanz sind verschieden. In den einen Fällen gehen dieselben einfach durch Umbiegung aufwärts in eine Strangfaser über. Andere Male theilen sich dieselben vorher in 2—3 Äste. Endlich kann auch ein solcher nervöser Fortsatz in eine auf- und eine absteigende Faser sich spalten oder scheinbar seitlich an eine Strangfaser sich ansetzen (Fasern von T-Form).

8) Die große Mehrzahl der Längsfasern der Vorder- und Seitenstränge, ja vielleicht alle, geben Seitenästchen, die Vorderstrang- und Seitenstrangcollateralen, ab, die in die graue Substanz, vor Allem des Vorderhorns und des vorderen Theiles des Hinterhorns, eintreten und da, eben so wie diejenigen der sensiblen Fasern, frei enden.

9) Die longitudinalen Fasern der Seiten- und Vorderstränge biegen in vielen Fällen unter meist rechten Winkeln in die graue Substanz um, und enden in derselben frei.

10) Alle Collateralen der Strangfasern, alle Seitenästchen von nervösen Zellenfortsätzen, sowie die sub 2 und 9 erwähnten Umbiegungen longitudinaler Strangfasern enden in derselben Weise. Dieselben geben unter spitzen oder rechten Winkeln eine größere oder geringere Zahl von Ästen ab und erzeugen schließlich feine Endbäumchen, welche die

Nervenzellen umspinnen, ohne mit denselben sich zu verbinden oder unter einander Anastomosen zu bilden.

Die gröberen Collateralen verlaufen vorwiegend in den Querschnittsebenen des Markes oder in schwach schief aufsteigenden Ebenen, während die feineren und feinsten Enden oft schief und longitudinal gerichtet sind. Letzteres kommt auch bei gröberen Collateralen vor und bilden dieselben manchmal selbst kleine Längsbündel.

11) Die Commissura anterior besteht:

a) aus nervösen Fortsätzen von Zellen der grauen Substanz aller Gegenden der Querschnittsebenen, die nach geschehener Kreuzung in longitudinale Fasern der Vorderstränge und der Vorderseitenstränge sich fortsetzen,

b) aus sich kreuzenden Collateralen der Vorderstränge und der Seitenstränge,

c) aus sich kreuzenden Protoplasmafortsätzen eines Theiles der medialen Zellen der Vorderhörner.

12) Die Commissura posterior besteht:

a) aus sich kreuzenden Collateralen der sensiblen Wurzelfasern,

b) möglicherweise aus Kreuzungen von Collateralen des hinteren Theiles der Seitenstränge,

c) zweifelhaft sind mir Kreuzungen von nervösen Fortsätzen der Zellen seitlich am Centralkanale und der Substantia gelatinosa (Ramón y Cajal III, p. 17 zwei Beobachtungen),

d) eben so nicht ganz sicher Kreuzungen von Protoplasmafortsätzen von Zellen der Hinterhörner.

13) Die Nervenzellen zerfallen:

a) in motorische Zellen (s. sub 5)

b) in Zellen der Stränge (s. sub 6) und

c) in Zellen, deren nervöser Fortsatz nicht aus der grauen Substanz herausgeht und sich in derselben gleichmäßig fein verästelt. Solche Elemente finden sich nur im Hinterhorn.

14) Größe, Form und Verbreitung der Nervenzellen und ihrer protoplasmatischen Ausläufer sind vielen Wechseln unterworfen, deren Bedeutung vorläufig vollkommen unklar ist. Nur so viel ist sicher, dass große Nervenzellen nicht nur in der motorischen Sphäre vorkommen.

15) Die Protoplasmafortsätze aller Nervenzellen verästeln sich aufs feinste über große Strecken nach allen Richtungen, dringen oft in die weiße Substanz hinein, geben keinen Nervenfasern den Ursprung und anastomosiren nicht.

16) Die Gliazellen entstehen aus Elementen der ursprünglichen

Medullarplatte und zerfallen in primitive und sekundäre. Die ersten erscheinen als Epithel des Centralkanales und durchziehen ursprünglich das ganze Mark, verkommen dann aber später bis auf ihre tiefsten Theile. Die letzteren entstehen später in loco in allen Theilen der grauen und weißen Substanz ebenfalls aus Elementen der Medullarplatte.

Alles bisher Besprochene bezog sich nur auf das Mark von Embryonen, Neugeborenen und jungen Thieren. Im Marke erwachsener Geschöpfe sind die große Mehrzahl der bei jungen Geschöpfen marklosen Fasern markhaltig und zeigen in der weißen und grauen Substanz die verschiedensten Dimensionen bis zu den feinsten, kaum mehr messbaren Elementen herab. Obschon nicht im geringsten zu bezweifeln ist, dass auch bei erwachsenen Geschöpfen alle Einzelnheiten des fötalen Faserverlaufes, wie die Theilungen der sensiblen Wurzelfasern, die Collateralen, die fein verästelten freien Endigungen von Nervenfasern, die Verästelungen der nervösen Zellenausläufer etc. sich finden, so stößt doch der bestimmte Nachweis dieser Verhältnisse zum Theil auf sehr große Schwierigkeiten, die an einem anderen Orte zur Besprechung kommen werden.

II. Zusammenhang der Elemente im Marke. Physiologische Ableitungen.

Die erste wichtigste Frage nach dem Zusammenhange der Elemente des Markes im Allgemeinen und der Art und Weise der Einwirkung derselben auf einander beantworte ich dahin, dass ohne Ausnahme die Nervenzellen mit Nervenfasern in Verbindung stehen, dass dagegen die Einwirkungen dieser Elemente auf einander in einer doppelten Weise sich gestalten.

In den einen Fällen wirken die beiden Elemente unmittelbar auf einander ein, und zwar so, dass die Erregung von den Zellen ausgeht, während in den anderen Fällen eine Actio in distans statt hat, so dass Nervenfasern, ohne mit den Zellen in Verbindung zu stehen, dieselben beeinflussen.

Unmittelbare Einwirkungen von Zellen auf Fasern finden sich:

1) bei den Fasern der motorischen Wurzeln, die als unmittelbare Fortsetzungen der nervösen Fortsätze gewisser Zellen der Vorderhörner erscheinen;

2) bei vielen Fasern der Vorderstränge und der Seitenstränge, die Ausläufer der nervösen Fortsätze von Zellen aller Gegenden der grauen Substanz sind;

3) bei den Spinalganglien, deren Nervenzellen entweder direkt (bipolare Zellen) oder vermittels einer T-förmigen Faser mit den sensiblen Fasern sich verbinden.

Im ersten Falle ist es unzweifelhaft, dass die Nervenzelle erregend auf die motorische Faser einwirkt, und wird es so in hohem Grade wahrscheinlich, dass dasselbe auch im zweiten Falle statt hat. Somit würde beide Male die Erregung cellulifugal sich fortpflanzen, wenn sie auch nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche in dem einen Falle centrifugal, im anderen meist centripetal vor sich geht.

Im dritten Falle (Spinalganglien) wirkt die Zelle, wie es scheint, gar nicht erregend auf die mit ihr verbundenen Nervenfasern ein, in denen die Leitung nur nach einer Seite, centripetal, statt hat. Dagegen kann man mit Recht annehmen, dass die Zellen hier die Rolle von Ernährungsorganen der Nervenfasern spielen, wofür der Beweis darin liegt, dass die sensiblen Fasern stets zu Grunde gehen, wenn sie nicht mit den Spinalganglien in Verbindung stehen. Bei Durchschneidungen an der distalen Seite der Ganglien entarten alle peripherischen Fasern absteigend, bei solchen an der proximalen Seite alle centralen Fasern aufsteigend (Versuche meines Sohnes contra F. Krause und Friedländer).

In einem zweiten Falle stehen Zellen und Fasern in keiner unmittelbaren Verbindung und können nur durch Kontakt auf einander wirken. Solche Verhältnisse finden sich:

1) bei den sensiblen Wurzelfasern, die theils schon im Marke, theils in der Medulla oblongata in die graue Substanz abbiegen und mit feinen Ästchen frei enden;

2) bei den Endigungen der Collateralen aller Stränge innerhalb der grauen Substanz;

3) bei den Endigungen vieler longitudinaler Fasern der Vorder- und Seitenstränge, die in die graue Substanz abbiegen;

4) bei den Endigungen der Seitenästchen der nervösen Fortsätze vieler Zellen der grauen Substanz;

5) bei den nervösen Fortsätzen gewisser Zellen der Hinterhörner, die in toto aufs feinste sich verästeln.

Da in vielen Fällen leicht nachzuweisen ist, dass die genannten Faserenden die Nervenzellen dicht umspinnen, ohne mit denselben sich zu verbinden, so ist die Hypothese gerechtfertigt, dass hier eine Einwirkung durch Kontakt vor sich gehe, für welche Art der Wirkung in neuester Zeit His, Forel, Ramón y Cajal und ich uns ausgesprochen haben, während die meisten und auch Golgi an der Annahme eines allverbreiteten zusammenhängenden Netzwerkes im Sinne von Gerlach festhalten.

Was die Protoplasmafortsätze der Nervenzellen anlangt, so bin ich im Verlaufe meiner neuesten Untersuchungen über die Bedeutung derselben recht zweifelhaft geworden und sehe mich vorläufig nicht in der Lage eine bestimmte Ansicht zu äußern. Sicher ist, dass diese Elemente nicht in Nervenfasern sich fortsetzen und nicht anastomosiren. Dem zufolge könnten dieselben, wenn sie leitende Apparate wären, nur so thätig sein, dass sie durch Kontakt auf andere Protoplasmafortsätze wirkten, und so Übertragungen von Zelle zu Zelle vermittelten. Eine andere Möglichkeit wäre die, dass sie Zellenkörper direkt beeinflussten, oder endlich auf Endverästelungen von Nervenfasern eine Einwirkung auszuüben im Stande wären oder umgekehrt. Von den bisher bekannt gewordenen Thatsachen ist keine geeignet, zu einer ganz bestimmten Entscheidung zu führen, und zähle ich dieselben hier noch auf.

Für die nervöse Natur der Protoplasmafortsätze scheinen zu sprechen:

a) Ihre Struktur und ihre chemische Natur, die nicht wesentlich von derjenigen der nervösen Fortsätze der Nervenzellen abweicht, wie namentlich frische Objekte lehren; denn wenn auch Protoplasmafortsätze mehr feinstreifig, nervöse Fortsätze mehr homogen aussehen, so ist doch hierauf kein größeres Gewicht zu legen.

b) Der Umstand, dass nicht selten, wie auch Golgi angiebt, nervöse Fortsätze von den Stämmen von Protoplasmafortsätzen, und zwar oft in nicht unbedeutender Entfernung vom Zellkörper, entspringen.

c) Die große Übereinstimmung der Protoplasmafortsätze im Bau mit demjenigen der Körper der Nervenzellen, der doch unmittelbar an den nervösen Funktionen sich betheiligt, wie die motorischen Zellen des Markes wohl unwiderleglich beweisen.

d) Die große Mannigfaltigkeit in der Zahl, Größe und Verbreitungsart dieser Fortsätze, die sehr oft in keiner Beziehung zur Größe der Zellen steht. Man denke nur an die Pyramidenzellen, an die Purkinjeschen Zellen, an diejenigen des Markes.

Für eine Beziehung der Protoplasmafortsätze zu anderen Funktionen und gegen die Annahme einer nervösen Verrichtung derselben sind anzuführen:

a) Das sehr häufige Eindringen von Protoplasmafortsätzen in die Stränge der weißen Substanz des Markes, in denen die Enden derselben oft bis gegen die Oberfläche sich fortsetzen. Diese Thatsache betrachte ich als eine der wichtigsten, die für die Annahme von Golgi sprechen, dass diese Fortsätze einzig und allein eine Bedeutung für die Ernährung der Nervenzellen haben und denselben, gewissermaßen wie Wurzeln, aus der Ferne Säfte zuleiten.

Dem erwähnten Faktum lässt sich vielleicht an die Seite stellen, dass die oberflächlichen Pyramidenzellen des Großhirns ihre Protoplasmaausläufer bis an die Oberfläche der grauen Rinde senden, wo von Beziehungen derselben zu Nervenzellen und auch zu Endigungen von Nervenfasern wohl kaum die Rede sein kann. Bei den Ausläufern der Purkinje'schen Zellen, die zum Theil ebenfalls bis an die Oberfläche des Cerebellum reichen, liegen dagegen die Verhältnisse weniger klar, da die Molekulärlage des Cerebellum viele kleine Nervenzellen, dunkelrandige Fasern und eine Unzahl nervöser Fortsätze der kleinen Körnerzellen enthält, von welchen Elementen vorläufig nicht mit Sicherheit sich behaupten lässt, dass sie keine Beziehungen zu den Purkinje'schen Zellen haben.

b) Zu den Beweisen, die Golgi für die nicht nervöse Natur der Protoplasmafortsätze gegeben hat, zählt auch seine Behauptung, dass dieselben in Gegenden dringen, die überhaupt keine Nervenfasern enthalten. Als solche machte er neben der äußersten Rindenlage des großen Hirns, die, wie er sagt (Hauptwerk p. 25) in der Regel keine Nervenfasern enthalte, vor Allem die Oberfläche der *Fascia dentata Cornu Ammonis* namhaft (l. c. p. 26). Ich habe jedoch schon längst (Mikr. Anat.) nachgewiesen, dass an besagter Stelle im großen Hirn viele Nervenfasern vorkommen, und vor einigen Jahren auch für die Oberfläche der *Fascia dentata* dasselbe dargelegt (Würzb. Sitzungsber. 1887, 21. Mai und Anat. Anz. 1887, Nr. 15).

c) Sehr wichtig für die Lösung dieser Frage wäre, wenn die Angabe von Golgi, dass die Enden der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen einmal an die Gliazellen, und zweitens auch an Gefäße sich ansetzen, sich als richtig ergäbe (Hauptwerk p. 26). Mir selbst ist es bisher noch nicht gelungen, etwas Derartiges zu sehen, ich will jedoch einem so vorzüglichen Beobachter wie Golgi gegenüber hierauf kein größeres Gewicht legen und auch bekennen, dass ich diesen Punkt weniger einlässlich geprüft habe, als viele andere.

d) Beachtung verdient weiter, dass nirgends besondere Beziehungen der Protoplasmafortsätze zu anderen solchen Fortsätzen, noch auch zu den Endigungen von Collateralen und Nervenfasern und zu den Nervenzellen wahrzunehmen sind. Wenn man bedenkt, wie innig solche Beziehungen zwischen den Endverästelungen der Nervenfasern und Collateralen und den Nervenzellen sind, und wie leicht dieselben zur Beobachtung kommen, so erhalten doch wohl auch diese negativen Erfahrungen eine gewisse Bedeutung.

e) Nicht ohne Belang erscheint mir, was Gad hervorhebt (Artikel Rückenmark. in: Realencyklopädie d. ges. Heilkunde. 2. Aufl. Separat-

abdruck p. 13). Da jede Nervenfaser künstlich gereizt nach zwei Seiten leitet, so müssten die Protoplasmafortsätze der motorischen Zellen des Markes, wenn sie wirklich leiteten, bei Reizung der motorischen Wurzeln, die Erregung weiter leiten. Da nun aber eine solche Leitung nicht statt hat, und keine Bewegungen vom Marke aus erfolgen, schließt Gad, dass die genannten Fortsätze nicht cellulifugal leiten, sondern nur cellulipetal. Ich schließe aus dem genannten Versuche, dass diese Fortsätze in keiner Richtung leiten, denn wenn sie überhaupt Leitungsorgane wären, so müssten sie dies nach beiden Richtungen thun, indem sie sonst physiologisch gar nicht verwerthbar wären.

f) Endlich möchte ich noch betonen, dass auch bei der Annahme, dass die Protoplasmafortsätze einzig und allein der Ernährung dienen, die physiologischen Verhältnisse des Markes an der Hand der jetzt bekannt gewordenen Thatsachen mit Leichtigkeit sich deuten lassen, wie das Folgende lehren wird.

Als Gesammtergebnis der bisherigen Erörterungen würde sich somit Folgendes herausstellen.

1) Einwirkungen von centripetal leitenden Nervenfasern auf Nervenzellen und centrifugal leitende Nervenfasern gestalten sich im einfachsten Falle so, dass die ersteren mit ihren Endigungen durch Kontakt auf die Zellen einwirken und durch diese deren nervöse Fasern erregen.

2) In verwickelteren Fällen besteht die centripetale Leitung aus zwei oder mehr Gliedern und zwar a) aus einer centripetalen Nervenfaser, b) aus einer von den Enden dieser Faser erregten Zelle, die wieder auf die von ihr entspringende Nervenfaser in centripetaler Richtung einwirkt. Diese Faser kann dann centrifugal leitende Zellen beeinflussen oder es kann möglicherweise noch ein drittes centripetal leitendes Glied sich einschieben oder noch mehrere solche. In derselben Weise kann auch die centrifugale Leitung sich vervielfachen und aus zwei, drei oder vielleicht noch mehr Gliedern sich aufbauen, von denen jedes aus einer Zelle und einer centrifugal leitenden Faser besteht. Verwickelter werden die Verhältnisse dadurch, dass 1) bei allen oder wenigstens der Mehrzahl der Glieder durch Collateralen Nebenwirkungen möglich sind und 2) dass eine und dieselbe Zelle auf mehrfachen Wegen in Erregung versetzt werden kann, wie z. B. die motorischen Zellen des Markes einerseits durch centripetal wirkende sensible Fasern und andererseits durch centrifugal leitende Pyramidenfasern.

Vergleicht man diese Hypothese mit der allgemein gültigen von dem Nervennetze, das alle Theile vereint und verknüpft, so ergiebt sich,

dass dieselbe den großen Vorzug hat, isolirte Wirkungen begreiflich zu machen und auf der anderen Seite doch auch die Möglichkeit gewährt, eine große Ausbreitung lokaler Erregungen zu erklären.

Zu einer speciellen Darlegung der Leistungen des Markes übergehend bespreche ich

1) Die willkürlichen Bewegungen (Fig. 31).

Dieselben kommen zu Stande durch Einwirkung der Fasern der Pyramidenbahnen auf die motorischen Zellen der Vorderhörner des Markes und ist der allgemeine Vorgang so zu deuten, dass die Fasern der Pyramiden-Vorderstrangbahn und der Pyramiden-Seitenstrangbahn und ihre Collateralen successive in die graue Substanz der Vorderhörner eintreten, mit ihren letzten Enden die motorischen Zellen umspinnen und durch Kontakt dieselben, d. h. die Zellenkörper und die von ihnen entspringenden motorischen Wurzelfasern erregen.

Die Thatsachen, auf welchen diese Hypothese fußt, sind:

a) Der Nachweis zahlreicher Vorderstrang- und Seitenstrang-Collateralen, die zu den Zellen aller Theile der Vorderhörner verlaufen und dieselben umspinnen.

b) Die Beobachtungen von longitudinalen Fasern der genannten Stränge, die in die graue Substanz der Vorderhörner einbiegen und in derselben in gleicher Weise enden.

In Betreff der Art und Weise, wie man im Einzelnen die Vorgänge sich zu denken habe, beschränke ich mich auf Folgendes:

Ich nehme an, dass die motorischen Zellen, entsprechend den Metameren des Körpers, in Gruppen oder segmentalen Kernen angeordnet sind, von denen jeder zu bestimmten Muskeln in Beziehung steht. Zu jedem motorischen Kerne geht eine gewisse Anzahl von Pyramidenfasern, die in dem Kerne enden und auch in diesen Kern ihre Collateralen abgeben; doch wäre nicht ausgeschlossen, dass diese Fasern auch zu zweien oder mehr Kernen Collateralen entsendeten. So würden die Pyramidenbahnen von oben nach unten allmählich sich erschöpfen und im letzten motorischen Kerne enden. Die Schemata Fig. 31 *A*, *B* erläutern diese Vorgänge und ist in denselben angenommen, dass die Pyramidenvorderstrangbahnen in der vorderen Kommissur sich kreuzen, was bekanntlich noch nicht als feststehend angesehen werden kann.

Für den Fall, dass ein und derselbe Muskel von mehreren Nervenkernen oder motorischen Wurzeln versorgt wird (s. die Untersuchungen von Starr 1888), könnte man annehmen, dass die betreffenden Pyramidenfasern durch ihre Collateralen auf motorische Zellen mehrerer

Kerne einwirken, doch würde auch eine gleichzeitige Einwirkung vom Gehirn aus auf mehrere Pyramidenfasern nicht als unmöglich zu erachten sein.

Welche Funktion den feinen Ausläufern zuzuschreiben sei, welche die Achsencylinderfortsätze der motorischen Zellen nach Golgi und zum Theil auch nach Ramón y Cajal abgeben, ist zweifelhaft; doch liegen hier vielleicht noch sehr wichtige Beziehungen im Dunkeln. Sollten diese Fortsätze, eben so wie diejenigen der Pyramidenzellen des Großhirns nach Flechsig, in feine dunkelrandige Nervenfasern übergehen, die nicht in die motorischen Wurzeln übertreten, sondern in der grauen Substanz bleiben und da enden, so würden sich Möglichkeiten von einer solchen Tragweite eröffnen, dass ich ohne feststehende Thatsachen gar nicht auf dieselben einzugehen wage. Auf der anderen Seite ist es jedoch auch denkbar, dass diese Fortsätze in die motorischen Wurzeln eingehen, und dann wäre das Verhalten einfach als eine frühe Theilung motorischer Nervenfasern aufzufassen.

2) Die bewussten Empfindungen.

Dieselben kommen unzweifelhaft durch hintere Wurzelfasern zu Stande, welche in den Hintersträngen zur Medulla oblongata aufsteigen. Von einer Fortsetzung solcher Wurzelfasern zum Gehirn ist nichts bekannt, vielmehr spricht der Umstand, dass Degenerationen der Hinterstränge bei Durchschneidung hinterer Wurzeln oder Zerstörung der dorsalen Hälfte des Markes an der Medulla oblongata sich begrenzen, für die allgemein gültige Annahme, dass die sensiblen Fasern hier enden. Das Wie ist bis anhin noch gänzlich unbekannt, denn wenn auch die Kerne der Fasciculi graciles und cuneati seit Deiters als solche Endstationen bezeichnet werden, so ist doch hiermit noch nicht viel gesagt. Was ich selbst bei Untersuchung dieser Verhältnisse bei Embryonen und Neugeborenen gefunden habe, soll in einer späteren Arbeit mitgetheilt werden.

Nicht alle Fasern der sensiblen Wurzeln steigen zum Gehirn empor und scheinen diese vorzugsweise in den lateralen Theilen der Hinterstränge ihre Lage zu haben, wie pathologische Erfahrungen und Versuche mit Durchschneidungen lehren. Dieselben sind als kurzen Bahnen angehörig anzusehen, von denen noch weiter die Rede sein soll.

Die Einzelheiten, welche Experimente und pathologische Erfahrungen über die sensiblen Bahnen ergeben haben, alle zu erklären, ist vorläufig unmöglich und möchte ich hier nur Folgendes betonen. Sollte sich wirklich bestätigen, dass die graue Substanz allein Schmerz (und

Wärmegefühl) vermittelt, die Hinterstränge dagegen das Tastgefühl (und Kälteempfindung), so wäre dies vielleicht durch die Annahme zu erklären, dass im ersteren Falle sensible Collateralen Nervenzellen der Hinterhörner erregen und durch diese longitudinale Fasern der Vorderseitenstränge. Die sehr eigenthümlichen Erfolge ferner halbseitiger Durchschneidungen des Markes auf die sensible Leitung, die Hyperästhesie der Haut, und Herabsetzung des Muskelsinnes auf der Seite des Schnittes, Anästhesie der Haut und normalen Muskelsinn auf der entgegengesetzten Seite ergeben haben (s. Edinger, 2. Aufl. p. 120), vermag ich vorläufig nicht zu deuten, immerhin lässt sich doch so viel aus denselben entnehmen, dass eine größere Zahl von Fasern, die dem Hautsinn dienen, sich kreuzen, indem ja auf der Seite des Schnittes die Haut überall empfindlich ist. Bei Wiederholung solcher Versuche werden die verschiedenen sensiblen Leistungen der Haut (Druck, Temperatursinn, Schmerz) genauer aus einander zu halten sein, als dies bisher geschehen ist.

3) Reflexe (Fig. 32, 33).

Die einfachsten Reflexerscheinungen, bei denen sensible Fasern motorische Zellen desselben Rückenmarkssegmentes in Thätigkeit versetzen (sogenannte kurze Reflexbögen) erklären sich, indem wir annehmen, dass die sensiblen Collateralen die in denselben Ebenen befindlichen motorischen Zellen, die sie mit ihren Enden umspinnen, durch Kontakt erregen. Diese Annahme würde die weitere Voraussetzung nach sich ziehen, dass eine und dieselbe motorische Nervenzelle von verschiedenen Nervenfaserenden umgeben wird, und erregt werden kann und zwar nach dem bis jetzt Dargelegten einmal von Endigungen der Pyramidenfasern und zweitens von solchen der sensiblen Collateralen, eine Hypothese, die nach den oben dargelegten Thatsachen voll berechtigt erscheint.

Zur Erklärung der Thatsache, dass bei kurzen Reflexbögen auch die entgegengesetzte Seite in Anspruch genommen wird, lässt sich die Kreuzung der Achsencylinderfortsätze vieler Zellen (der von mir sogenannten Strangzellen) aller Theile der grauen Substanz in der vorderen Kommissur verwerthen (Fig. 33). Man hätte in diesem Falle anzunehmen, 1) dass diese Zellen durch Enden sensibler Collateralen ihrer Seite erregt werden und 2) dass die Collateralen, die die nervösen Fortsätze dieser Zellen auf der entgegengesetzten Seite des Markes theils direkt, theils nach ihrem Übergange in longitudinale Fasern der Vorder- und Vorderseitenstränge in die graue Substanz des Vorderhornes abgeben, auf die hier liegenden motorischen Zellen einwirken.

Einfacher wäre die Erklärung der gekreuzten Wirkung bei Reflexen, wenn sich nachweisen ließe, dass sensible Collateralen durch die vordere oder hintere Kommissur oder beide zu den motorischen Zellen der anderen Seite gelangen. Es ist mir jedoch, wie ich oben schon darlegte, bei der vorderen Kommissur, wo noch am ehesten gewisse Bilder für Kreuzungen sprechen, der Nachweis einer größeren Zahl solcher sich kreuzender sensibler Collateralen nicht gelungen und musste ich es selbst unentschieden lassen, ob auch nur eine geringe Zahl derselben auf die andere Seite tritt und bei der hinteren Kommissur ist es noch seltener, dass einzelne Fasern nach dem Übertritt auf die andere Seite die Richtung nach vorn einschlagen.

Eine wichtige Erscheinung, die bei den Reflexen zu Tage tritt, ist die Wirkung, die das große Gehirn auf das Zustandekommen derselben hat, indem durch dasselbe Reflexe entweder abgeschwächt oder ganz gehemmt oder unterdrückt werden können. Ähnlich wirkt das Gehirn auf automatische Bewegungen und wie wir unten sehen werden erregend oder hemmend auf unwillkürliche Muskulatur. Von meinem Standpunkte aus würde ich eine Erklärung aller dieser Vorgänge durch die Annahme versuchen, dass die centrifugal wirkenden Pyramidenbahnen bei allen motorischen Zellen das Übergewicht vor den Erregungen besitzen, die durch sensible Bahnen in denselben hervorgerufen werden.

Schwieriger als die Erklärung kurzer Reflexbögen ist diejenige ausgebreiteter Reflexe oder der sogenannten langen Reflexbögen von meinem Standpunkte aus. Wenn man alle Protoplasmaausläufer der Zellen durch das ganze Rückenmark zusammenhängen lässt oder mit Golgi ein weitverbreitetes Netz der Endigungen sensibler Fasern und der feinen Ausläufer der Achsencylinderfortsätze der Zellen I. und II. Art annimmt, so ist es nicht schwer zu erklären, wie z. B. die Reizung einer Zehenspitze beim decapitirten Frosche ausgebreitete Bewegungen aller vier Glieder, ja selbst eine Sprungbewegung zu veranlassen im Stande ist. Bei meiner Auffassung dagegen, der zufolge die Nervenzellen immer nur durch ganz wenige bestimmte Nervenfasern in Erregung versetzt werden und keine unmittelbaren Verbindungen der leitenden Elemente vorkommen, kann die Erklärung der ausgebreiteten Reflexe nur durch die sogenannten kurzen Bahnen gegeben werden, von denen bisher anatomisch Sicheres nur äußerst wenig bekannt war.

Kurze Bahnen, d. h. solche, die nicht das ganze Rückenmark durchlaufen und nicht zum Gehirn emporsteigen, werden bekanntlich einmal auf Grund der Degenerationserscheinungen nach Durchschneidungen angenommen in den Vorderstranggrundbündeln, in den Seitenstrang-

resten und in den Hinterstranggrundbündeln. Als zweite beweisende Thatsache galt bisher der verschiedene Durchmesser gewisser Stränge des Rückenmarks in verschiedenen Höhen, doch war es vorläufig nicht möglich, denselben genau zu ermitteln und namentlich den Einfluss der durchtretenden, bald stärkeren bald schwächeren Wurzeln zu bestimmen. Nunmehr haben aber, so scheint es, neue Untersuchungen Gaule's über diese Verhältnisse Licht verbreitet. Gaule[1] bestimmte an fünf Querschnitten verschiedener Gegenden des Markes des Frosches die Zahl der longitudinal verlaufenden Nervenfasern. Vergleicht man nun dieselbe mit den durch Birge bekannten Zahlen der motorischen (9404) und sensiblen (10702) Wurzelfasern, und berechnet man annähernd die Zahl der Fasern der langen Bahnen, d. h. der Pyramidenbahn, der Bahn der sensiblen Fasern, der Kleinhirnseitenstrangbahn und des anterolateralen Stranges, so ergiebt sich, dass über dem ersten Halsnerven, wo Gaule im Ganzen 56 674 Fasern fand, ein großes Mehr von Strangfasern sich herausstellt, selbst wenn man auf jede motorische Wurzelfaser eine Strangfaser der Pyramidenbahn rechnet und alle sensiblen Wurzelfasern als zum Gehirn aufsteigende ansieht. Ja selbst wenn man den Umständen, die Gaule nicht bekannt waren, Rechnung trägt, 1) dass auch beim Frosche die sensiblen Wurzelfasern in einen aufsteigenden und einen absteigenden Schenkel sich spalten[2] und 2) dass die Collateralen der sensiblen und der übrigen Strangfasern nicht selten in der grauen Substanz longitudinal verlaufen, so bleibt doch ein großer Faserüberschuss, der nur auf Rechnung kurzer Bahnen gesetzt werden kann. Ferner hat Gaule gefunden, dass die Zahl der longitudinalen Fasern am größten in der Halsanschwellung ist, nämlich am zweiten Halsnerven 74 699; von da an sinkt dieselbe aufwärts und beträgt über dem ersten Halsnerven nur 56 674. Am vierten Nerven fand Gaule 41 825 Fasern, über dem sechsten wieder 61 058, und unter dem neunten nur noch 16 313 Markfasern. Aus allen diesen Zahlen folgt unwiderleglich nicht nur, dass im Marke lange nicht alle Fasern zum Gehirn emporsteigen, sondern auch dass die kurzen Bahnen in verschiedenen Gegenden in verschiedener Zahl vorhanden sind[3].

[1] Zahl und Vertheilung der markhaltigen Fasern im Froschrückenmark. in: Sächs. Ber. XV. Nr. IX. 1889.

[2] O. Schultze in: Würzb. Sitzungsber. 1890.

[3] Es ist hier nicht der Ort, auf die Folgerungen, die Gaule aus seinen verdienstvollen Zählungen zieht, einzugehen, da derselbe die Ergebnisse der neuesten anatomischen Untersuchungen über das Mark nicht gekannt oder nicht verwerthet hat, als er seine allgemeinen Sätze niederschrieb. Als Beispiel, wie ich die Zahlen von Gaule verwerthen zu müssen glaube, füge ich noch folgendes Einzelne bei: Gaule berechnet für die Gegend des zweiten Halsnerven auf beiden Seiten 74 699

In Betreff der Art und Weise wie man sich die Anordnung der kurzen Bahnen zu denken habe, hat bereits Ramón y Cajal ein Schema aufgestellt (IV, Fig. 7, *f*), mit dem ich zum Theil einverstanden bin. Im Allgemeinen denke ich mir (Fig. 34), dass die kurzen Bahnen im Mark dazu dienen, um Erregungen einzelner sensibler Bahnen eine größere Ausbreitung zu verleihen, wie bei den zusammengesetzten Reflexbewegungen. Als Ausgangspunkt hätte man sich daher eine sensible Strangfaser mit ihren Collateralen zu denken. Ferner hätte man anzunehmen, dass dieselbe mit ihren vielen Enden auf jene Zellen einwirkt, die wir Zellen der Stränge genannt haben, die ihren Achsencylinderfortsatz in den Vorderstrang oder den Seitenstrang derselben oder der entgegengesetzten Seite senden und in aufsteigende oder auf- und absteigende Fasern dieser Stränge übergehen. Diese Fasern nun hätten durch ihre unmittelbaren Enden und durch ihre Collateralen auf näher oder entfernter liegende motorische Zellen einzuwirken und Bewegungen auszulösen. Solche longitudinale Reflexbahnen könnten kürzer oder länger vorkommen, so dass sie einmal Gegenden verknüpfen, die nur um zwei, drei oder vier Nerven aus einander liegen,

ongitudinale Strangfasern. Von diesen sind, wenn wir für die 7834 motorischen Wurzelfasern des 2.—10. Nerven je Eine Leitungsfaser vom Gehirn her annehmen, einmal 7834 Pyramidenbahnfasern abzuziehen. Auf die sensiblen Wurzelfasern der neun unteren Nerven beider Seiten kämen, wenn wir annehmen, dass sie alle zum Gehirn emporsteigen, 10448 Fasern. Zu diesen wären dann noch zu rechnen die absteigenden Schenkel der 254 sensiblen Wurzelfasern des ersten Halsnerven, und 3421 Fasern der grauen Substanz, die Gaule zu den longitudinalen Strangfasern gezählt hat.

Somit wären von 74699 Fasern am zweiten Halsnerven abzuziehen:

a) 7834 Pyramidenfasern,
b) 10448 sensible Wurzelfasern,
c) 254 absteigende sensible Fasern des ersten Nerven,
d) 3421 Längsfasern der grauen Substanz.

In Summa 21957 Fasern. Bleibt Rest: 52742 Fasern.

Dieser Rest könnte jedoch noch nicht als allein kurzen Bahnen angehörend angesehen werden, vielmehr wären von demselben, unter der Voraussetzung einer Übereinstimmung des Markes des Frosches mit dem der Säugethiere im Allgemeinen, noch abzuziehen a) die Kleinhirnseitenstrangbahnen und die anterolaterale Bahn (Gower's Strang), die ebenfalls als lange Bahn angesprochen wird. Da die gesammten Seitenstränge am zweiten Halsnerven nach Gaule 36592 Fasern führen, so wären somit, wenn von dieser Zahl statt der Pyramidenseitenstrangfasern allein alle 7834 Pyramidenfasern abgezogen würden, jedenfalls nicht mehr als 28758 Fasern für die genannten beiden langen Bahnen zu rechnen und blieben immerhin 52742—28758 = 23984 Fasern für kurze Bahnen übrig. —

Ich brauche nicht besonders hervorzuheben, dass diese Zahlen im Einzelnen keine größere Gültigkeit beanspruchen, immerhin verdienen sie eine gewisse Beachtung und stellen den Hauptsatz fest, dass kurze Bahnen im Mark vorkommen.

andere Male aber entferntere Regionen, wie z. B. die Hals- und Lendenanschwellung. Möglicherweise könnten auch Bahnen, die wir als lange zu betrachten gewohnt sind, wie die Kleinhirnseitenstrangbahn, das antero-laterale Bündel, an solchen Vorgängen sich betheiligen, wenn die Annahme gemacht werden dürfte, dass ihre Fasern in der ganzen Länge ihres Verlaufes Collateralen an die motorischen Zellen abgeben. Sollten endlich die longitudinalen sensiblen Wurzelfasern selbst, wie es allen Anschein hat, in ihrer ganzen Länge Collateralen abgeben, so würde die Ausbreitung der Reflexe, die Einwirkung näherer oder entfernterer Theile des Markes auf einander am einfachsten durch dieselben sich erklären, und könnte man von den eingeschalteten Nervenzellen absehen.

4) Beziehungen der sensiblen Bahnen des Markes zum Gehirn.

a) Verbindungen mit dem Cerebellum.

Da die Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn unzweifelhaft von Zellen der grauen Substanz entspringen, und centripetal leiten, so sind nur Beziehungen derselben zu den sensiblen Wurzelfasern denkbar. Wo die genannten Fasern entspringen, ist noch nicht mit der nöthigen Sicherheit ermittelt. Seitdem ich jedoch vor langer Zeit schon (Gewebelehre, 5. Aufl.) ein Bündel von Fasern beschrieben und abgebildet habe, das aus den Clarke'schen Säulen in die Seitenstränge eintritt, ist es immer wahrscheinlicher geworden, dass dieses sogenannte »horizontale Kleinhirnbündel« in der That die Fasern führt, die zum kleinen Gehirn emporsteigen. Weiter habe ich ebenfalls schon seit Langem Fasern des medialen Abschnittes der hinteren Wurzeln beschrieben (l. c.), welche in den Clarke'schen Säulen sich verlieren. In Betreff dieser Elemente haben nun die neuesten Untersuchungen von Ramón y Cajal und mir gelehrt, dass diese scheinbaren Wurzelfasern sensible Collateralen sind, die in den Clarke'schen Säulen enden (Fig. 14), und käme demnach die Leitung zum kleinen Hirn durch zwei Glieder zu Stande: 1) durch sensible Collateralen, und 2) durch die Zellen der Clarke'schen Säulen, ihre nervösen Fortsätze, und die aus ihnen entstehenden Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn. Da die letzteren auch Collateralen in die graue Substanz abgeben, so könnte das ganze System auch bei den Reflexen als kürzere oder längere Bahn wirken, wie wir oben sahen.

Zu betonen ist übrigens noch, dass es keineswegs als bewiesen angesehen werden kann, dass nur Fasern der Clarke'schen Säulen die Kleinhirnseitenstrangbahn bilden, und muss vorläufig die Frage offen

bleiben, ob nicht auch andere Zellen der Hinterhörner an der Bildung derselben sich betheiligen.

b) **Verbindungen sensibler Markbahnen mit der Medulla oblongata.**

Wie wir schon früher sahen, geht ein Theil der sensiblen Wurzelfasern auf derselben Seite direkt zur Medulla oblongata und endet wahrscheinlich in der grauen Substanz der zarten und Keilstränge, von denen aus dann die sich kreuzenden Bahnen der Schleife weiter zum Gehirn emporsteigen. Von anderen sensiblen Wurzelfasern haben vor einiger Zeit Bechterew, Edinger und Auerbach eine Kreuzung, d. h. ein Eindringen in den Vorderstrang und den Vorderseitenstrang der anderen Seite angenommen, welche Auffassung dann Edinger später, auf die neuesten Untersuchungen über den feineren Bau des Markes, und auf eigene vergleichend-anatomische Untersuchungen fußend und in Verwerthung von Experimenten und pathologisch-anatomischen Thatsachen, dahin abänderte [1], dass er annahm, diese sensiblen Wurzelfasern setzten sich in den Hinterhörnern mit Zellen in Verbindung, und von diesen erst entspränge sensible Leitungsfasern, die zumeist in der vorderen Kommissur sich kreuzen und dann in den Vorder- und Vorderseitensträngen zum Gehirn emporsteigen. Nehmen wir diese Hypothese als berechtigt an, so hätten wir in Anbetracht der Erfahrungen von Golgi, Ramón y Cajal und mir zu sagen, dass ein Theil der sensiblen Collateralen und wahrscheinlich auch in die graue Substanz umbiegende Enden von longitudinalen sensiblen Wurzelfasern mit einem Theile der Strangzellen (siehe oben) der grauen Substanz in der Weise sich verbinden, wie wir dies als allgemeine Regel angenommen haben und so durch Kontakt auf dieselben einwirken. Durch die nervösen Fortsätze dieser Zellen würde dann die Erregung in der vorderen Kommissur auf die andere Seite übergeführt und durch deren Fortsetzungen in Längsfasern der Vorderstränge und der Vorderseitenstränge weiter aufwärts geleitet. Edinger nimmt nun an, dass diese gekreuzten Bahnen, die ich »indirekt sensible« oder sensible II. Ordnung nennen will, eben so wie die sensiblen Bahnen I. Ordnung, die erst in der Schleife sich kreuzen, in die Schleife sich fortsetzen, so dass demnach alle sensiblen Bahnen der Spinalnerven, mit Ausnahme der Kleinhirnseitenstrangbahn schließlich gekreuzt dem Mittelhirn zustreben würden. (Ich bemerke hier, dass Edinger wohl mit Recht auch bei den sensiblen Hirnnerven solche gekreuzten Bahnen annimmt.) Ich finde jedoch, dass die vorliegenden Thatsachen für einmal einen solchen

[1] Einiges vom Verlaufe der Gefühlsbahnen im centralen Nervensystem. in: Deutsche med. Wochenschrift. 1890. Nr. 20.

Schluss nicht erlauben, und dass gerade die von Edinger angeführten Versuche Auerbach's, der nach Zerstörung der Hinterstränge, Hinterhörner und der hinteren Theile des Seitenstranges eine nach oben immer mehr abnehmende Degeneration der Fasern der Vorderseitenstränge der anderen Seite fand, dafür sprechen, dass die gekreuzte sensible Bahn II. Ordnung viele kurze Bahnen enthält. Die Beobachtung von Rossolymo, die Edinger zu Gunsten seiner Annahme anführt, erklärt sich einfach, wenn man annimmt, dass in diesem Falle die gliomatöse Entartung der Hinterhörner auch viele hintere Wurzelfasern direkt getroffen hatte.

5) Beziehungen von Vorderstrang- und Seitenstrangbahnen zu den Kreuzungen in der vorderen Kommissur.

In der vorderen Kommissur kreuzen sich auch nervöse Fortsätze von Zellen des Vorderhorns, von welchen Zellen kaum angenommen werden kann, dass sie alle unter dem Einflusse sensibler Fasern stehen. Es würde sich, wenn dem so wäre, die Frage erheben, ob nicht auch gewisse Bahnen der Vorderstränge und Seitenstränge durch Collateralen und direkt auf Strangzellen und durch die vordere Kommissur auf Fasern der anderen Seite einwirken. Hierbei wäre vor Allem an kurze Bahnen der genannten Stränge und an den aufsteigend degenerirenden antero-lateralen Strang zu denken.

6) Beziehungen des Markes zu den unwillkürlichen Bewegungen.

Es erübrigt noch das schwierige Gebiet dieser Bewegungen zu betreten und die Frage aufzuwerfen, welche Elemente des Rückenmarkes zu denselben in Beziehung stehen.

Die Bewegungserscheinungen, um die es sich hier handelt, sind wesentlich folgende:

a) Der Tonus oder die andauernden Zusammenziehungen, die namentlich bei den Gefäßmuskeln, aber auch bei anderen glatten Muskeln, wie z. B. den Sphincteren der Blase und des Mastdarmes, vorkommen.

b) Die Zusammenziehungen unwillkürlicher Muskeln, welche zum Theil reflektorisch, nach vorheriger Reizung sensibler Fasern, zum Theil durch Einflüsse vom Gehirn aus eintreten (Gefäßverengerung, Beschleunigung der Herzaktion, Peristaltik, Harnentleerung, Defäkation, Uteruskontraktion etc.).

c) Der Nachlass solcher Muskeln in der Zusammen-

ziehung oder die gänzliche Erschlaffung derselben, die durch den Einfluss gewisser Nerven, sogenannter Hemmungsnerven, eintritt (Erweiterung von Gefäßen, Stillstand des Herzens in Diastole, Vermehrung von Sekretionen, Stillstand der Athembewegungen, der Peristaltik, Nachlass der Sphincteren).

d) Autochthone Bewegungen (Gad), wie sie bei den Athembewegungen sich finden.

Die Nervenfasern, die bei diesen Vorgängen betheiligt sind, verlaufen theils in den Spinalnerven, aus welchen sie zum Theil in den Sympathicus übertreten, theils in gewissen Hirnnerven, wie im Vagus. Von den Spinalnerven enthalten nach den Untersuchungen von Gaskell beim Hunde der zweite N. thoracicus bis und mit dem zweiten N. lumbaris und dann wieder der zweite und dritte Sacralis solche Fasern und ergeben sich dieselben als Bündel feiner markhaltiger Elemente der vorderen Wurzeln, die in den anderen vorderen Wurzeln fehlen.

Geht man dem Ursprunge dieser feinen Fasern, die auch beim Menschen nachgewiesen sind, im Marke nach, so gelangt man, wie oben schon gezeigt wurde, zur Überzeugung, dass dieselben wesentlich von den kleineren Zellen abstammen, die auch in den Vorderhörnern, besonders in der medialen vorderen Zone derselben und in der Grenzgegend gegen das hintere Horn in bedeutender Menge vorhanden sind. Ob auch Zellen der Hinterhörner, vor Allem der Clarkeschen Säulen, wie Gaskell annimmt, an der Bildung dieser feinen Elemente der vorderen Wurzeln sich betheiligen, ist vorläufig nicht mit Bestimmtheit zu sagen, immerhin muss betont werden, dass weder Golgi, noch Ramón y Cajal und ich selbst bis anhin solche zu beobachten im Stande waren. Dagegen glaube ich vorläufig dafür mich aussprechen zu dürfen, dass keine unwillkürliche Bewegungen vermittelnde Fasern durch die hinteren Wurzeln aus dem Rückenmark austreten, wie dies für die im Ischiadicus der Säuger vorhandenen vaso-dilatirenden Fasern behauptet worden ist (s. Herman, Handb. d. Phys. IV), da, wie wir oben sahen, die unmittelbare Beobachtung lehrt, dass die hinteren Wurzeln bei Säugern keine Elemente enthalten, die im Mark entspringen. Man sehe übrigens das oben auf p. 16 Angeführte. Dem Gesagten zufolge würden somit gewisse motorische Zellen der Vorderhörner die glatte unwillkürliche Muskulatur beeinflussen und frägt sich nun weiter, ob diese Zellen durch das ganze Rückenmark hindurch dieselbe Verrichtung haben, wie die motorischen Zellen der willkürlichen Muskeln, abgesehen von den Verschiedenheiten, die die Organe bedingen, zu denen die betreffenden Fasern gehen, oder

ob hier gewisse wesentliche Unterschiede sich finden. Vor Allem wird es sich darum handeln zu bestimmen, ob besondere Zellen und Fasern da sind, die Kontraktionen bedingen und andere, die dieselben hemmen oder Erschlaffungen bewirken, und da möchte ich glauben, dass in Anbetracht dessen, was über die Herznerven bekannt ist (man vgl. bes. die Arbeiten von Gaskell), nicht wohl bezweifelt werden kann, dass dem wirklich so ist.

Diese unwillkürlich motorischen Zellen nun werden im Rückenmarke, eben so wie die anderen, auf reflektorischem Wege durch sensible Wurzelfasern und ihre Enden erregt werden können und die Erregung so oder so beantworten. Und da die unwillkürliche Muskulatur auch vom Gehirn aus nach beiden Seiten hemmend und erregend beeinflusst werden kann (Einfluss auf das Herz, die Gefäße, die Schweißsekretion, die Blase, die Geschlechtssphäre etc.), wird ferner anzunehmen sein, dass die unwillkürlich motorischen Zellen auch durch lange, das ganze Mark durchlaufende Bahnen in Thätigkeit versetzt werden können. Solche Bahnen könnten als bis jetzt noch unbekannte, in den Vordersträngen oder Vorderseitensträngen liegen. Doch wäre es denkbar, dass auch die Pyramidenbahnen in gewissen Fällen eine Rolle spielten, wie vor Allem bei den Athembewegungen, die theils willkürlich, theils autochthon auftreten.

Mit diesen Bemerkungen schließe ich diese Skizze, von deren Mängeln ich mir wohl bewusst bin, und bitte ich, dieselbe für nicht mehr zu nehmen, als sie gegeben wird, nämlich als einen Versuch, die neuen anatomischen Thatsachen physiologisch zu verwerthen. Der Grundgedanke derselben ist, dass die Nervenfasern nur durch Kontakt auf die Zellen wirken und dass die letzteren einzig und allein durch ihre nervösen Fortsätze Nervenfaseren beeinflussen, während ihre anderen Ausläufer (die Dendriten His) an den nervösen Vorgängen selbst keinen Antheil nehmen.

Mendelhôtel, im August 1890.

Zusatz: Ich bemerke nachträglich, dass Golgi vor Kurzem im Anatomischen Anzeiger 1890 seine oben erwähnten früheren Mittheilungen in deutscher Übersetzung veröffentlicht und denselben eine Reihe physiologischer Betrachtungen beigegeben hat.

Erklärung der Abbildungen.

In allen Figuren bedeuten nachstehende Buchstaben dasselbe:

s, sensible Wurzelfasern;
s', Theilungsäste derselben;
c, Collateralen der longitudinalen Strangfasern;
vc, Vorderstrangcollateralen;
sc, Seitenstrangcollateralen;
hc, Hinterstrangcollateralen;
l, longitudinale Strangfasern;
cc, Stränge der Collateralen der Hinterstränge;
el, Umbiegungen und Endigungen longitudinaler Strangfasern in der grauen Substanz;
n, nervöse oder Achsencylinderfortsätze;
nl, Umbiegungen derselben in longitudinale Strangfasern;
h, Hinterstrang;
v, Vorderstrang;
s, Seitenstrang;
ec, Endbüschel der Collateralen;
g, Substantia gelatinosa;
hcg, Endigungen der Hinterstrangcollateralen in der Substantia gelatinosa;
hcv, Endigungen derselben im Vorderhorn;
cl, Clarke'sche Säulen;
ca, Commissura anterior;
cp, Commissura posterior.

Tafel I.

Fig. 1. Theilungen der sensiblen Wurzelfasern aus dem Halsmark eines Schafembryo von 22 cm. Syst. 3, Oc. II, langer Tubus eines Leitz.

Fig. 2. Dasselbe aus dem Lendenmark eines Rindsembryo von 20 cm. Vergr. wie bei Fig. 1.

Fig. 3. Dasselbe aus dem Lendenmark eines menschlichen Embryo von 6 Monaten.

Fig. 3 *A*. Eintrittsstelle einer sensiblen Wurzel, Hinterstränge und Substantia gelatinosa der Halsanschwellung eines Rindsembryo von 20 cm im Querschnitt. Vergr. Syst. 7, Oc. I, kurzer Tubus eines Leitz um $^1/_4$ verkleinert.

Fig. 4. Eine Anzahl Wurzelfasern der Fig. 3 vom Menschen stärker vergrößert.

Fig. 5. Collateralen der Hinterstrangfasern eines neugeborenen Kaninchens. Syst. 7, Oc. I, kurzer Tubus eines Leitz.

Fig. 6. Seitenstrangfasern eines neugeborenen Kaninchens. *c*, Collateralen derselben; *el*, Umbiegungen und Endigungen longitudinaler Strangfasern in der grauen Substanz; *n*, nervöser Fortsatz einer Zelle, der in eine longitudinale Strangfaser umbiegt. Syst. 5, Oc. III, kleiner Tubus eines Leitz um $^1/_4$ verkleinert.

Tafel II.

Fig. 7. Aus dem Hinterstrang eines Schweinsembryo von 17 cm. Eine longitudinale Faser mit zwei Collateralen. Eine Umbiegung und Endigung einer longitudinalen Strangfaser in der grauen Substanz. Syst. 7, Oc. I, kurzer Tubus eines Leitz.

Fig. 8. Collateralen der Seitenstränge eines menschlichen Embryo von 6 Monaten.

Fig. 9. Sagittalschnitt durch die Vorder- und Hinterstränge und die graue Substanz nicht weit vom Centralkanal des Dorsalmarkes eines neugeborenen Kaninchens. Syst. 3, Oc. III eines Leitz. Die Endbüschel der Hinterstrangcollateralen liegen in den Clarke'schen Säulen.

Fig. 10. Gewirr der Collateralen in der grauen Substanz, zum Theil mit Endigungen *a* vom neugeborenen Kaninchen. Syst. 7, Oc. I, kurzer Tubus eines Leitz.

Fig. 11. Aus dem Hinterstrange in die graue Substanz eintretende Collateralen mit Endigungen bei *c* vom neugeborenen Kaninchen. Vergr. wie vorhin.

Fig. 12. Halsmark eines neugeborenen Kaninchens mit einigen naturgetreu eingezeichneten Collateralen aller Stränge.

Fig. 13. Querschnitt des oberen Halsmarkes einer neugeborenen Katze mit den Collateralen aller Stränge in der grauen Substanz. *hcg*, Endigungen der Hinterstrangcollateralen in der Substantia gelatinosa; *hcv*, Endigungen derselben im Vorderhorn. Syst. 3, Oc. III eines Leitz um die Hälfte verkleinert.

Tafel III.

Fig. 14. Querschnitt des Dorsalmarkes einer neugeborenen Katze mit den Endigungen gewisser Hinterstrangscollateralen in den Clarke'schen Säulen *cl*. Vergr. wie vorhin.

Fig. 15. Halsmark des neugeborenen Kaninchens mit den Collateralen aller Stränge. *a*, oberflächliche Collateralen der Substantia gelatinosa; *t*, Theilungen und Endigungen solcher in der Mitte dieser Substanz; *g*, Plexus der Collateralen in der Grenzgegend der Substantia gelatinosa und spongiosa. Syst. 4, Oc. I, langer Tubus eines großen Hartnack.

Fig. 16. Halsanschwellung einer neugeborenen Katze mit den Collateralen aller Stränge und beiden Kommissuren. Bei Syst. 3, Oc. III eines Leitz gezeichnet und um die Hälfte verkleinert.

Fig. 17. Unteres Halsmark der neugeborenen Katze mit den Hinterstrangcollateralen, die in zwei Hauptzügen in die Vordersäulen eindringen. Vergr. wie vorhin, um die Hälfte verkleinert.

Fig. 18. Lendenmark eines 5 Monate alten menschlichen Embryo mit den Collateralen der grauen Substanz. Die radiären Fasern an der Oberfläche sind Gliafasern. Syst. 2, Oc. III, kleiner Tubus eines großen Hartnack.

Tafel IV.

Fig. 19. Lendenmark eines menschlichen Embryo von 6 Monaten mit den Collateralen der grauen Substanz und einigen Nervenzellen, deren nervöse Fortsätze nicht dargestellt sind. Commissura alba sehr schön. An der Peripherie Gliafasern.

Fig. 20. Halsmark desselben Embryo. Die Vorder- und Hinterstränge zeigen Felder, in denen das Silber nicht gewirkt hat und die wahrscheinlich markhaltige Fasern (Vorderstrang- und Hinterstranggrundbündel) enthielten. Ausstrahlungen

der Hinterstrangcollateralen in das Vorderhorn sehr schön. Vergr. bei Fig. 19 und 20, wie bei Fig. 18.

Fig. 21. Nervenzelle des Vorderhorns aus dem Lendenmark eines Rindsembryo von 20 cm mit einem nervösen Hauptfortsatze *n*, der bei *n'* abgebrochen endet und wahrscheinlich in eine Längsfaser des Vorderseitenstranges überging. Derselbe Fortsatz giebt zwei stark verästelte Seitenäste ab.

Fig. 22. Ähnliche Zelle des Vorderhorns der Halsanschwellung eines Rindsembryo von 20 cm. *n*, nervöser Hauptfortsatz; *n'*, Ende desselben, das wahrscheinlich in eine Vorderseitenstrangfaser überging; *n''*, zwei Nebenfortsätze, von denen der eine reiche Verästelungen zeigt.

Fig. 23. Ebensolche Zelle aus dem Vorderhorn des Lendenmarks eines Rindsembryo von 20 cm. *n*, nervöser Hauptfortsatz, der bei *n'* in eine longitudinale Faser des Vorderstranges übergeht. Der daneben befindliche Endast ging vielleicht auch in eine solche Faser über, doch war dies nicht ganz sicher festzustellen. Viele verzweigte Nebenäste *n''*.

Fig. 24. Ebensolche Zelle aus der Grenzgegend beider Hörner vom Lendenmark eines Schafsembryo von 22 cm. *n*, *n'*, wie vorhin Fig. 21—24 bei Syst. 3, Oc. III, langem Tubus eines Leitz gezeichnet und um die Hälfte verkleinert.

Fig. 25. Nervenzelle aus den Hinterhörnern eines Schweinsembryo von 17 cm mit reich verästeltem nervösen Fortsatze. Starke Vergrößerung.

Tafel V.

Fig. 26. Eine ebensolche Zelle von demselben Orte.

Fig. 27. Querschnitt des Lendenmarks eines Rindsembryo von 60 cm zur Demonstration der Collateralen der Substantia gelatinosa *g* und ihrer Endbüschel. Die weiße Substanz ist nicht ausgeführt. Syst. 2, Oc. I eines großen Hartnack.

Fig. 28. Gliazellen aus dem Mark eines Schafsembryo von 9 cm. Syst. 3, Oc. III, kurzer Tubus eines Leitz.

Fig. 29. Dorsale Hälfte eines Querschnittes durch das Rückenmark eines Schweinsembryo von 17 cm mit einer gewissen Zahl von Nervenzellen der Hinterhörner, die nach verschiedenen Präparaten naturgetreu nach Form und Lage in Einen Querschnitt eingezeichnet wurden.

a, Zelle mit mäßig verästeltem nervösen Fortsatze von der Oberfläche der Substantia gelatinosa;

b und *c*, Zellen aus dem hinteren Theile der Substantia spongiosa oder dem eigentlichen Hinterhorne neben der ventralen Spitze der Hinterstränge mit sehr reich verzweigtem nervösen Fortsatze;

d, Zelle aus dem ventralen Theile der Substantia gelatinosa mit mäßig verzweigtem nervösen Fortsatze;

e, Zelle aus dem lateralen Theile der Substantia spongiosa mit verzweigtem nervösen Fortsatze;

f, Zelle aus dem mittleren Theile der Substantia gelatinosa mit kurzem nervösen Fortsatze, dessen Ende nicht zu bestimmen war.

Außerdem sind zwei sensible Wurzelfasern mit ihren Theilungsästen und je einer Collateralen dargestellt.

Fig. 30. Rückenmark eines Rindsembryo von 20 cm mit naturgetreu nach Lage und Form von verschiedenen Stellen eingezeichneten Zellen und Fasern.

t, Zelle des Vorderhorns aus der Halsanschwellung mit einfachem gegen

den Vorderseitenstrang gerichteten nervösen Fortsatze, der wahrscheinlich in eine longitudinale Faser desselben überging;

2, ebensolche Zelle aus dem Lendenmark, deren nervöser unverästelter Fortsatz in den oberflächlichsten Theilen des Seitenstranges in zwei longitudinale Fasern sich fortsetzte;

3, Zelle des Vorderhorns, deren unverästelter nervöser Fortsatz sich wahrscheinlich in eine vordere Wurzelfaser fortsetzte;

4, ebensolche Zelle, deren nervöser Fortsatz durch die vordere Kommissur auf die andere Seite ging;

5, Zelle aus dem ventralsten Theile der Substantia gelatinosa, deren nervöser, nach vorn abgehender Fortsatz nur kurz verfolgbar war;

6, nervöser Fortsatz von einer nicht sichtbaren Zelle abstammend, mit einem verästelten Seitenaste, in eine Längsfaser *l* des Seitenstranges übergehend;

7, ebensolcher, der vielleicht in zwei Longitudinalfasern *l* übergeht;

8, aus der Commissura anterior von der anderen Seite stammender nervöser Fortsatz mit Seitenästen, der in eine Längsfaser des Seitenstranges sich fortsetzt;

9, ebensolcher nervöser Fortsatz mit Seitenästen, der wahrscheinlich in eine Längsfaser des Vorderseitenstranges überging;

10, ebensolcher, der wahrscheinlich in mehrere Längsfasern des Vorderseitenstranges überging.

Vergrößerung wie bei den Fig. 21—24.

Tafel VI.

Fig. 31. Schema der Leitungen bei den willkürlichen Bewegungen. *A*, Längsansicht; *B*, Querschnitt; *pv*, Pyramidenvorderstrangbahn; *ps*, Pyramidenseitenstrangbahn, beide mit den zu den motorischen Zellen *m* abtretenden Fasern (Strangfasern selbst und Collateralen); *mw*, motorische Wurzeln.

Fig. 32. Schema der bei den Reflexen betheiligten Elemente. *s*, sensible Wurzelfaser; *sg*, Spinalganglienzelle; *sth*, Theilung der sensiblen Wurzelfaser; *sa*, aufsteigender, *sa'*, absteigender Ast derselben; *sc*, sensible Collateralen; *m*, motorische Zelle; *mw*, motorische Wurzel.

Fig. 33. Schema der Kreuzungen von Strangfasern in der vorderen Kommissur und der sensiblen auf die Strangzellen einwirkenden Fasern. *sz*, Strangzellen; *sf*, Seitenstrangfaser; *vf*, Vorderstrangfaser; *vsf*, Vorderseitenstrangfaser; *sw*, sensible Wurzelfaser; *sth*, Theilung derselben; *sc*, sensible Collateralen.

Fig. 34. Schema der kurzen Bahnen. *sw*, *sc*, *vsf* wie vorhin; *c*, Collateralen von *vsf*; *m*, motorische Zellen und Wurzeln.

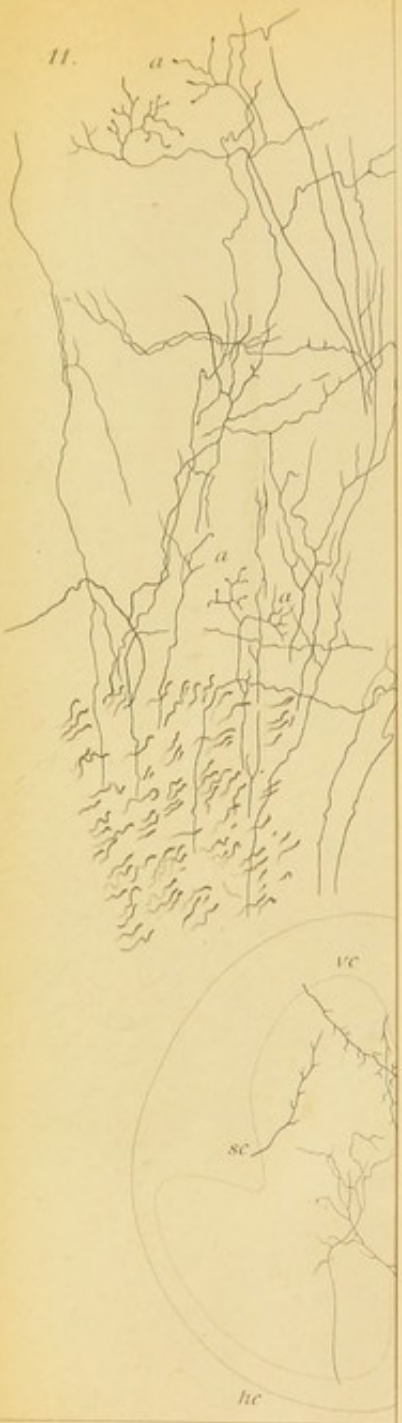
ntwickelung gerichteten nervösen Fortsatz, der wahr-
ine Längsfaserlinie Faser demselben übergingen;
ie aus dem Landesmark, deren nervöser umspinnender
oberflächlichsten Theilen des Seitenstranges in zwei
ssern sich fortsetzte;
ethorns, deren unverästelter nervöser Fortsatz sich
in eine vordere Wurzelfaser fortsetzte,
, deren nervöser Fortsatz durch die andere Kommis-
ere Seite ging;
ntralsten Theile der Substantia gelatinosa, deren ner-
n abgehender Fortsatz nur kurz verfolgbar war;
ie von einer nicht sichtbaren Zelle abstammend, mit
en Seitenäste, in eine Längsfaser / des Seitenstranges

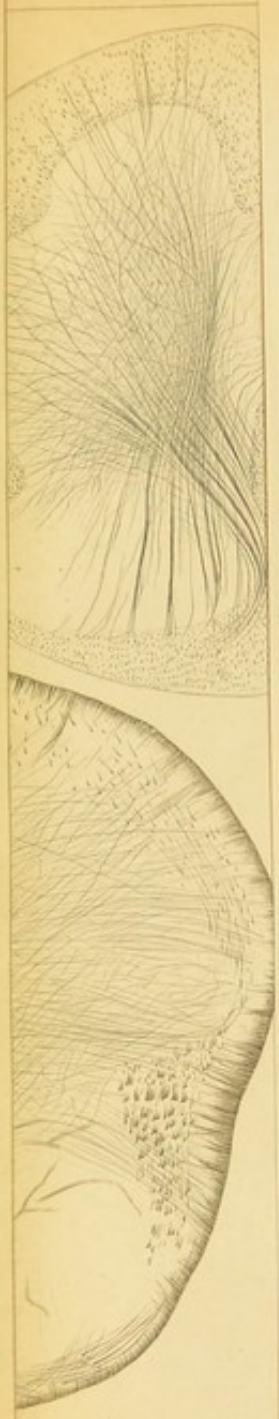
r vielleicht in zwei Longitudinalfasern / übergibt;
ssern anterior von der anderen Seite stammender ner-
mit Seitenästen, der in eine Längsfaser des Seitenstranges

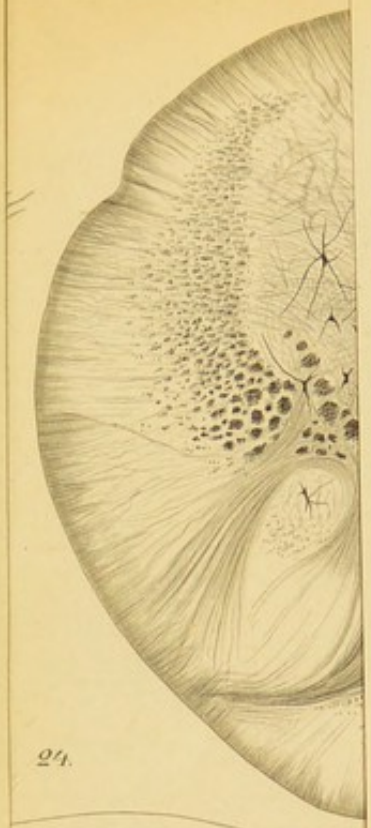
vöser Fortsatz mit Seitenästen, der wahrscheinlich in
r des Vorderseitenstranges überging;
er wahrscheinlich in mehrere Längsfasern des Vorder-
übergang.
den Fig. 21—24.

Tafel VI.

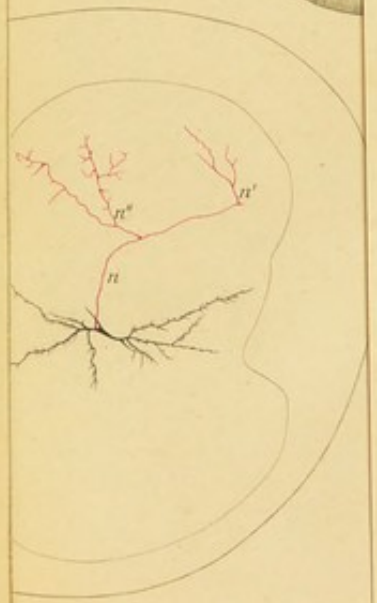
ungen bei den willkürlichen Bewegungen. *A*, Längs-
, Pyramidenvorderstrangbahn; *pz*, Pyramidenseiten-
zu den motorischen Zellen *m* abtretenden Fasern
aterales); *mw*, motorische Wurzeln.
den Reflexen betheiligten Elemente. *s*, sensible Wur-
elle; *sth*, Theilung der sensiblen Wurzelfaser; *sz*, auf-
Ast derselben; *sc*, sensible Collaterale; *m*, motorische
el.
urungen von Strangfasern in der vorderen Kommissur
Strangzellen einwirkender Fasern. *cz*, Strangzellen;
derstrangfaser; *vcf*, Vorderseitenstrangfaser; *sw*, sen-
ung derselben; *sc*, sensible Collaterale.
rren Bahnen. *sw*, *sc*, *vcf* wie vorhin; *c*, Collaterale
n und Wurzeln.

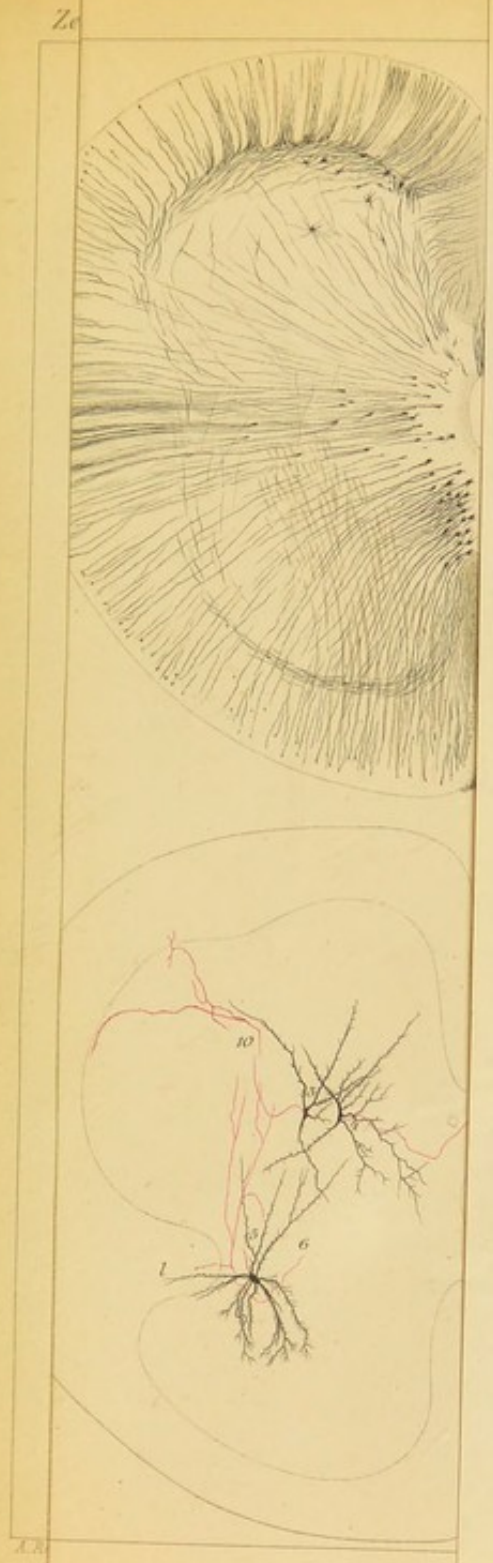




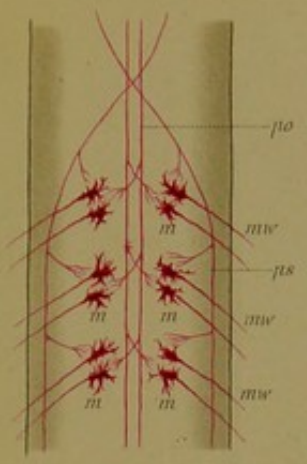


Pl.

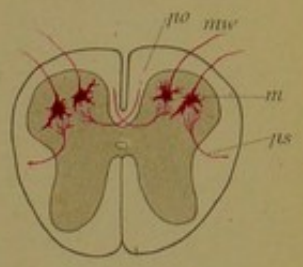




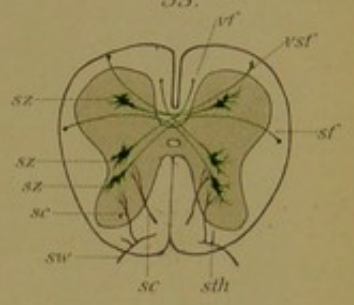
31. A



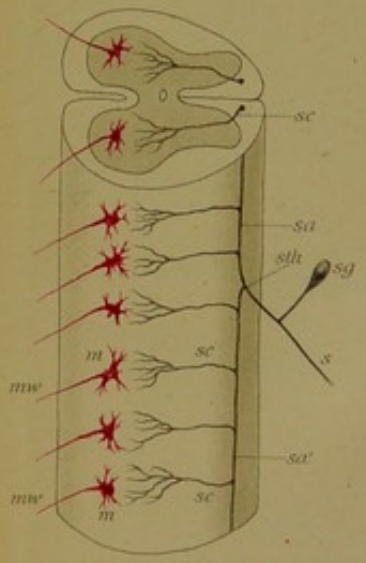
31. B.



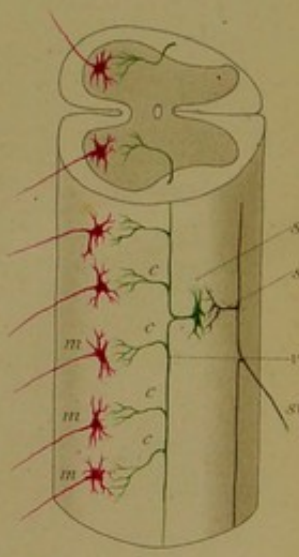
33.



32.



34.



Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig A. Weimer del. Lith. Inst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.

Cloth.

24ColorCard Camera Trax.com
STAINLESS STEEL