

## XXVIII.

### Studien über den feineren Bau der Grosshirnrinde.\*)

(Aus dem pathologisch-anatomischen Institute zu Bonn).

Von

**Victor Butzke**

aus Moskau.

Hierzu Tafel VIII. und IX.

Unter allen Räthseln, welche das (hypothetische) Organ der Seelenthätigkeit birgt, liegt dem Forscher mit Mikroskop und Reagens die Lösung des nächsten und allereinfachsten am Herzen: die Art der Verbindung der Elemente des Organes zu finden.

Dies Rätsel der Verbindung, welches für das Organ der Psyche, die Grosshirnrinde, gilt, schwebt auch noch heute über allen Centralorganen des Nervensystems, und da konnten nur ältere Autoren, denen eine Verbindungslosigkeit noch nicht als ein gar so horribler Nonsense erschien, wie uns Descendenten, von einem einfachen Nebeneinander der Elemente reden (Belegungskugeln, Valentin), spätere Autoren aber wollten schon bestimmt die weitgehendsten Verknüpfungen gesehen haben, doch lieferten sie nur den Beweis, dass man gar zu gerne das sieht, was man sehen will. Also ward, wie bekannt, die Anatomie durch physiologische Postulate vergewaltigt, und obgleich es immer unbefangene Beobachter gab, die dagegen protestirten (Kölliker z. B.), so giebt es doch noch bis in die neueste Zeit hinein Autoren, die sich durch solch ein Beginnen auszeichnen und die es noch heute nicht gemerkt haben, dass, indem sie eine physiologische Grundthatsache par force grob-anatomisch erklären zu müssen glauben, sie andere nicht weniger gewichtige Facta in den grossen Hexenkessel der unerforschlichen Wunder werfen. Wodurch die ge-

---

\*) Eingesandt am 28. October 1871.

D. R.

nannten Autoren in ihren Vorurtheilen, mit denen sie an die Anatomie der Centralorgane traten, sich haben leiten lassen, und wodurch sie sich in ihnen bestärkt sahen, ist schon näher bekannt und genugsam einer eingehenden Kritik unterworfen werden. Von Deiters ist es hauptsächlich hervorgehoben, dass nur eine genaue Isolation der Elemente genugsam Beweiskraft für die Feststellung von irgend welchen Verbindungen dör Elemente haben kann. Je weiter man aber fortgeschritten ist in der Kunst der Isolirung, desto mehr und desto nachdrücklicher ist man belehrt worden, dass eine so grobe Verbindung der Centralorgane untereinander, wie sie angenommen wurde, nirgend nachgewiesen sei: Anastomosen zwischen den Ganglienfortsätzen giebt es nicht. Die von Besser, Meynert und Arnold beschriebenen Verbindungen zweier Ganglienkörper unter einander ist eine Ausnahme und gehört gar nicht hierher, denn die zwei verbundenen Ganglienzellen bilden eigentlich nur ein einziges zusammen gesetztes Element, einen Körper mit zwei Kernen. Diese Ausnahme also abgerechnet, müsste doch, trotz der relativen geringen Subtilität der uns zu Gebote stehenden Mittel die Gehirnelemente isolirt darzustellen, bei der Masse der Beobachtungen, die fast colossal genannt werden kann, der glückliche Zufall wenigstens hin und wieder einmal uns solche Anastomosen vorführen. Um uns objectiv von dem Vorhandensein solcher Verbindungen zwischen den verzweigten Fortsätzen der Ganglienkörper zu vergewissern, wäre so wenig nöthig! Dazu wäre nur erforderlich: unter dem Mikroskope je eine Faser zu finden, welche an beiden Enden dicker wird und von welcher Zweige ausgehen, die nach der Richtung gegen einander hervorwachsen müssten. An den eigentlichen Fortsetzungen der Ganglienkörper, die als verzweigte oder Protoplasmafortsätze bekannt sind, sieht man ein solches Verhalten nie. An den fast unmessbar feinen terminalen Fäserchen hat auch noch Niemand eine directe Verbindung Eines derselben mit einem anderen verzweigten Fortsatzte beschrieben. Auch ich konnte dergleichen nicht finden, obgleich ich es mir klar bewusst war, was ich suchen musste. Die Terminalfäserchen wachsen nach meiner Beobachtung, und wie ich es später ausführlicher darlegen werde, nicht einfach einander entgegen, sondern sie divergiren da, wo sie sich begegnen könnten, mit ihren feinsten Anhängseln nach allen Richtungen.

Die vielfache fleissige Durchforschung unseres Terrains zeigt uns also immer und immer wieder von Neuem, dass nirgend im ganzen Nervensystem feste Verbindungen in Form von Anastomosen zwischen

den Elementen der Centralorgane bestehen. Dass es scheinbare Ausnahmen giebt, ist von mir schon erwähnt worden. Diese Ausnahmen bestätigen uns aber nur die Regel, welche nicht nur für die unzweifelhaft nervösen, sondern auch für alle noch zweifelhaften Gebilde, unter Anderem auch für die kleinen und kleinsten Ganglienzellen und für die Fortsätze der Gliakerne gilt. Alle Fortsätze eines (unzweifelhaften oder noch zweifelhaften) nervösen Zellenäquivalentes, verlieren sich, (wenn sie keine echte Nervenfaser sein können) in bunter Verzweigung in der Zwischensubstanz der Gehirnmasse.

Ist es deshalb nöthig sich zu der Ansicht R. Arndt's zu bekennen, wonach die zwischen den Ganglienzellen gelagerte Ausfüllungsmasse als „ein zu gewissen Zwecken modificirtes Protoplasma, als ein reizungsfähiges Gewebe betrachtet werden müsste, dem die Rolle eines Trägers centraler Vorgänge zuzuschreiben sei? Und nichts Anderes als ein formloses Continuum ist es, was sich Arndt als solch einen Träger denkt, eine structurlose molekuläre Masse, in dem er seine reizungsfähige Substanz „durch ein Zusammenfliessen der Körner und Fasern des Embryogehirnes, oder des terminalen Fasernetzes des Erwachsenen“ hervorgehen lässt. An seinem Schema, wie er es in M. Schultze's Archiv Bd. V. Taf. XIX. Fig. M. aufgestellt, sieht man am besten, wie er sich das interganglionäre reizungsfähige Gewebe dachte: jeder Ganglienkörper hat ein ihn umgebendes Territorium von structurerloser Substanz, worin sich die Verästelungen der Ganglienfortsätze blind verlieren. Die einzelnen Territorien sind nur durch gedachte Linien von einander getrennt, sonst aber verschmelzen sie vollkommen mit einander. Dass man sich bei solch einer Construction Etwas denken kann, ist mir unbegreiflich! An diesem Falle ist aber so recht zu sehen, in welcher Verlegenheit man steckt, denn, dass eine Verbindung sei, ist, um mit Joh. Müller zu reden, ein Postulat, welches der Verstand nicht abweisen kann, und wir müssen doch den vielgesuchten Zusammenhang der Elemente in jener interganglionären Substanz suchen, die mit den Prädikaten: formlos, molekulär, körnig, schwammig, körnig-faserig etc. etc. belegt, als Bindemasse, wenn nicht gar als Bindesubstanz aufgefasst, in ihrer wahren Bedeutung noch bis heute nicht erkannt wurde. Aber wir müssen durch das Dunkel, welches hier herrscht, dringen und das zu entwirren suchen, was auf den ersten Blick ein wahres Chaos zu sein scheint. Nicht ein structurerloser Matsch soll uns die interganglionäre Substanz sein!

Bevor ich aber zu dieser Hauptaufgabe meiner Arbeit schreite, wende ich mich zu einer detaillirteren Beschreibung der Formelemente

des Gehirnes überhaupt, nicht nur, um einige gelegentliche Resultate meiner Untersuchung mitzutheilen, sondern auch um eine Basis für meine spätere Anseinandersetzung über das Princip der Verbindung der centralen Nervenelemente zu gewinnen. Ich wage es aber sogar hier der Reihe nach die alten bekannten Fragen über die Structur der Hirnsubstanz durchzugehen, weil ich nach einer theilweise ganz neuen Methode arbeitete, welche mir schon manche überraschende Resultate geliefert hat, die aber noch mehr die alten Fragen anzufrischen geeignet scheint.

Es liegt nahe nach einem Mittel zu suchen, welches das Nervenmark oder das Hirnfett auflöse, die eigentliche Nervensubstanz aber ganz intact liesse. Indem ich nach einer solchen geeigneten Combination suchte, verfiel ich auf das Chloralhydrat, welches mir bald als ein ganz unschätzbares Mittel, die Elemente des Gehirnes isolirt darzustellen, sich präsентirte. Eine Solution von Chloralhydrat in Wasser von 1 : 1 bis 1 : 10 recente auf das frische Gehirn angewandt, löst zwar das Hirnfett nur theilweise, versetzt es aber in einen Zustand, in welchem es moleculär zerfällt, so dass es leicht aus dem Zusammenhange mit den Formelementen herausgewaschen werden kann. Als ganz vorzüglich habe ich eine Combination von Hypertoniumsäure ( $\frac{1}{4}\%$ ) mit Chloralhydrat befunden, was nach einander angewandt, in der Schönheit der Isolation der Hirnlemente bald, so glaube ich, die alten Rivalen weit hinter sich lassen wird. Ich muss noch bemerken, dass die Anwendung dieser Reagentien die mannigfältigsten Combinationen betreffs der Dauer und der Concentration ihrer Wirkung nicht nur zulässt, sondern, je nach den verschiedenen Zwecken, die man verfolgt, sogar erhieischt. Zur Isolation der Elemente bediente ich mich einer von Prof. Rindfleisch ermittelten Methode, indem ich durch vorsichtiges Schütteln im Reagenzglase der zuerst mit der Nadel leicht zertheilten Substanz die feineren Theile auszuwaschen suchte.

In der Beschreibung der nach dieser Methode gewonnenen Resultate und in der Darlegung der Consequenzen, die ich daraus ziehe, wende ich mich zunächst zu den solideren Formbestandtheilen der Grosshirnrinde, welche in der Zwischensubstanz eingelagert sind: zu den Ganglienzellen, zu den Kernen, zu den Bindegewebskörperchen und überhaupt zu den Zellenäquivalenten.

Was ein Ganglienkörper sei, weiss ja ein Jeder, und es bedarf gewiss nicht meiner besonderen Definition. Seine Bedeutung als nervöses Centralorgan ist schon früh nicht nur errathen, sondern mit

Sicherheit erkannt werden, denn, da durch die Physiologie festgestellt war, dass die Gehirnsubstanz Centralorgan der sogenannten Nervenfunctionen sei, lag der Schluss nahe, diejenigen Gebilde, welche dieser Substanz ganz eigenthümlich sind, als wichtige Träger centraler Functionen anzusehen.

Aber alle Angaben über einen continuirlichen Zusammenhang von Ganglienzzellenfortsatz und Nervenfaser in den Centralorganen beruhte mehr auf einem Urtheile nach Analogie, als auf wirklicher Beobachtung, und erst Deiters scheint es gewesen zu sein, der durch die Entdeckung seines von ihm sogenannten Axencylinderfortsatzes den sichtlichen Nachweis lieferte. Indess stände es noch heute schlimm mit uns, wenn wir für jede einzelne Ganglienzelle, oder für eine gewisse Sorte von Nervenelementen, erst den Beweis ihres Zusammenhangs mit echten Nervenfasern geben müssten, um sicher zu sein, dass wir es mit einem nervösen Elementarorgane zu thun haben. Abgesehen von den vielen misslungenen Darstellungen der Ganglienkörper in der einen Beziehung (die vielleicht in anderen Beziehungen höchst interessant sein könnten), wäre es schon a priori denkbar, dass es solche Elemente gäbe, welche gar nicht direct mit echten Nervenfasern in Zusammenhang ständen. Diese Möglichkeit ist im Auge zu behalten, und ich will hier nur beiläufig bemerken, dass viele Ganglienkörper der Grosshirnrinde wirklich gar nicht in directem Zusammenhange mit echten Nervenfasern zu stehen scheinen, dass also das sicherste Criterium, wonach Deiters allein die nervöse Natur eines Gebildes erkannt wissen will, hier vollständig fehlt.

Aber so verschieden auch die Ganglienkörper der Form, der Grösse, der Farbe, dem ganzen Aussehen nach sein mögen, so sind sie wenigstens mit keinem anderen histiologischen Elemente zu verwechseln. Was es ist, was den Ganglienköpern ein so characteristisches Aussehen verleiht, brauche ich, da es besser aus der Anschaugung bekannt ist, als es alle Beschreibung darlegen kann, nicht weiter zu erörtern, aber es liegt in meinem eigenen Interesse, ein Characteristicum aufzufinden, wonach man ein solches nervöses Gebilde schon an und für sich, beim ersten Blick, ohne genöthigt zu sein das Urtheil vom Zusammenhange mit anderen Elementen abhängen zu lassen, erkennen könnte. Was ich für das Eigenthümlichste an der Structur des Ganglienköpers halten muss, das ist die Zusammensetzung seines Leibes und seiner Glieder, der astförmig verzweigten Fortsetzungen, aus feinsten Fibrillen: dies ist für die Ganglienzelle so characteristisch, wie die Querstreifung für den Muskel. Ich meine nicht, dass die

fibrilläre Structur desshalb ein so gutes Characteristicum abgebe, weil sie die Eigenthümlichkeit ist, die als solche am meisten in die Augen springt, oder die am leichtesten nachzuweisen wäre, sondern weil es etwas Wesentliches ist. Wenn wir auch die Ganglienzelle nicht als Knotenpunkt für einfach durchtretende Axencylinder ansehen können, so muss man doch dafür halten, dass jede derselben einer mehr oder weniger selbstständigen Leitungsbahn entspricht.

Wenn wir aber in einem gegebenen Falle an einem Körper die Längsstreifung nicht mehr sehen, so bleibt uns doch kein Zweifel mehr darüber, dass es eine Ganglienzelle sei, weil wir an Gebilden, mit welchen dieses in allen übrigen Eigenschaften übereinstimmt, die Längsstreifen constatiren konnten.

Ebenso characteristisch, weil wesentlich, wäre für einen Ganglienkörper das endliche Zerfallen in feinste Fibrillen. Ganz unzweifelhaft nervös wäre mir jedesmal dasjenige Gebilde, welches diese Endfibrillen aufweisen kann, wenn diese an und für sich nur leicht wieder zu erkennen wären, etwa so leicht als es eine Nervenfaser unter gewöhnlichen Umständen ist. Das ist aber leider nicht der Fall, und war es für mich eine grosse Schwierigkeit, dass diese nervösen Gebilde von anderen ähnlichen, aber möglicher Weise doch nicht nervösen Fibrillen nicht gut zu unterscheiden sind. Darum ist es mir bis hente noch zweifelhaft geblieben, ob es wirklich noch andere, mehr oder weniger selbstständige histiologische Elemente giebt, die weder Ganglienkörper, noch echte Nervenfasern sind, noch direct mit diesen in Zusammenhang stehen, aber dennoch wesentlich in das Getriebe der Nervenmechanismen eingreifen. Mir ist es zweifelhaft, ob es solche giebt, ich behaupte nichts, bitte aber meinen Leser, sich nicht an vorgefassste Schemata von Vorne herein zu binden, wenn er in seinem Urtheil weiter gehen möchte als ich.

Was nun das Verhältniss der Fibrillen im Ganglienkörper selbst anbelangt, so wäre es interessant, etwas Näheres von den Körnchen zu erfahren, die zwischen ihnen gelagert scheinen. Sind es wirklich nur eingelagerte Körnchen, oder sind sie nicht vielleicht der optische Ausdruck einer feinen anfangenden Varikosität der Fibrillen selbst? Diese letztere Möglichkeit, die meines Wissens noch nicht genug discutirt worden ist, hat auf den ersten Blick wenig Wahrscheinlichkeit für sich, denn die Fibrillen, zwischen denen sie gelagert scheinen, zeichnen sich desto schöner ab, je frischer das Präparat ist. Aber wenn wir weiter nachdenken, muss es uns auffallen, dass bei denjenigen Präparationsmethoden, bei welchen keine Längsstreifung und

keine Körnung des Zelleninhalts wahrgenommen wird, man auch keine, oder sehr schwache Varikositäten an den Endfibrillen wahrnimmt, in welche die Ganglienzellen schliesslich zerfallen. So ist es z. B., wenn man nach der von Deiters angegebenen Methode arbeitet. Wenn man aber stark coagulirende Substanzen gebraucht, so zeigt sich statt der feineren Körnung eine gröbere und zugleich eine gröbere Varikosität an den Endzweigen.

Ob sich die Fibrillen nicht auch theilen könnten innerhalb des Ganglienkörpers, oder innerhalb der directen Fortsetzungen desselben, weiss ich nicht zu sagen; ich habe mir aber diese Frage oft vorlegen müssen, und oft glaubte ich sie in positivem Sinne beantworten zu dürfen, da man nicht selten sieht, dass bei dem Abgange einer Fortsetzung von der anderen, beide einzeln nicht dünner werden, als der Stamm, aus dem sie durch Spaltung hervorgingen, beide zusammen aber oft viel dicker. (Man vergleiche Fig. 6, wo der Spitzenfortsatz sich zwei Mal theilt; bei c ist eine förmliche Anschwellung vor der definitiven Theilung vorhanden.) Ein schlagender Beweis für die Theilung der Fibrillen innerhalb der Fortsätze ist freilich die relative Dicke nicht.

Die vorherrschende Form der Ganglienkörper der Grosshirnrinde ist die einer Pyramide, deren Basis zur weissen Substanz hin, und deren Spitze zur Oberfläche gekehrt ist, wie dies von Meynert, Arndt u. A. gezeigt worden ist. Alle Ganglienkörper des grossen Gehirnes aber auf diesen Typus zurückzuführen, ist unmöglich, besonders sind es die kleineren, welche häufig eine durchaus abweichende Form darbieten, und hätte es einen besonderen Zweck, so würde ich, was die Configuration anbelangt, etwa pyramidale, spindelförmige, rhomboedrische, nahezu runde etc. Formen unterscheiden. Bei Weitem vorherrschend und characteristisch für die Grosshirnrinde sind aber jedenfalls die Pyramidalformen.

Einen nicht unbedeutenden Unterschied zwischen den Ganglienköpfen findet man in der Verschiedenheit des Glanzes, den sie darbieten: die einen sind vollkommen matt, die anderen aber brechen das Licht ausserordentlich stark; bei den ersten zeichnet sich der Kern sehr deutlich ab, bei den zweiten ist er häufig gar nicht zu sehen, wenn man ihn etwa nicht besonders färben wollte, und nur die Stelle, wo das Kernkörperchen sitzt, zeichnet sich noch durch erhöhten Glanz aus. (Vergl. Fig. 6.) So ganz zufällig wird diese Erscheinung nicht sein. Es ist wohl wahr, dass der Glanz eines Körpers wesentlich von seiner Dicke mitbestimmt wird, dass eine relativ dünne Zelle weniger das Licht brechen wird als eine dickere, dass eine und dieselbe

Zelle, je nachdem sie auf der Kante steht, oder platt daliegt, verschiedene Intensitäten des Glanzes zeigen wird; andererseits ist aber die Erscheinung zu auffallend, als dass sie nicht wenigstens theilweise auf Unterschiede der Consistenz, oder aber der Zusammensetzung zurückgeführt werden müsste. Einen Fingerzeig für die chemische Erklärung der Verschiedenheit des Glanzes der Ganglienzellen finden wir in dem Unterschiede der Färbung derselben durch Hyperosmiumsäure. Die einen Zellen färben sich durch das genannte Reagens lichtbraun, die anderen aber grau. Bestärkt aber wird die Ansicht, welche besagt, dass dieser Unterschied in der Färbung etwas Besonderes zu bedeuten habe durch den Umstand, dass die eine Hälfte von mit einander durch eine schmale Brücke vereinten Geschwisterzellen, deren ich oben gedacht habe, sich constant lichtbraun, die andere schmutzig-grau tingirt. Die stärkere Lichtbrechung einiger Ganglienkörper und die grane Färbung durch Hyperosmiumsäure ist auf eine und dieselbe Ursache zurückzuführen, d. i. auf die Fetthaligkeit der Zellen, welche grosse Unterschiede auch im normalen Zustande zeigen muss, und auf vielleicht nicht unwesentliche chemische Differenzen überhaupt hinweist.

Von diesem grauen Anstrich, der oft recht regelmässig zu sein pflegt, scheint wesentlich unterschieden die mehr schwarze und fleckweise Färbung mancher Zellen durch Hyperosmiumsäure; manchmal ist es das Innere der Ganglienzellen um den Kern herum, manchmal aber auch die ganze Zelle oder eine sie umgebende Schicht, welche mehr oder weniger vollkommen schwarz wird. Diese schwarze Färbung könnte darin ihren Grund haben, dass in der einen dieser Zellen Fettkörnchen sich eingelagert finden, andere Exemplare aber sich mit einer sie umgebenden Schicht der Zwischensubstanz isolirt hatten. Diese letztere Möglichkeit näher ins Auge zu fassen ist darum so wichtig, weil hier die Frage an uns herantritt, ob es nicht Zellen im grossen Gehirne giebt, die eine selbstständige Markscheide haben, oder ob nicht wenigstens eine Schicht der feinkörnigen Zwischensubstanz um den Ganglienkörper herum speciell zu diesem gehört? Dies führt uns zur näheren Besprechung der Oberfläche der Ganglienkörper.

Eine doppelte Contour an den Ganglien des grossen Gehirnes ist absolut niemals selbst nur andeutungsweise vorhanden. Die Contour ist immer weich, wie verschwimmend. Damit fällt nun die Frage, ob eine besondere Membrana propria hier anzunehmen sei, als beseitigt weg. Eine besondere bindegewebige Hülle besitzen die Ganglienzellen der Grosshirnrinde, wie bekannt auch nicht. Wenigstens Nichts derart,

wie bei den peripherischen, ist auch nur andeutungsweise zu sehen, wohl aber sieht man hier an der Oberfläche der Ganglienzellen und deren verzweigten Fortsätzen eine gewisse gröbere Zeichnung von dunklen Strichen, die zuweilen sogar durch ihre mannigfaltige Verflechtung untereinander ein enganliegendes Netzwerk zu bilden scheinen, und da sind es gerade diejenigen Zellen, welche sich durch Hyperosmiumsäure schwarz färben, bei denen einem dergleichen vorkommt. (Vergl. Fig. 4 und 5.) Mit dem Korbgeflechte aber, welches von Arnold für das Ganglion Gasseri und von Courvoisier für die sympathischen Ganglien beschrieben wurde, hat dies Netzwerk, welches ich zuweilen sah, scheinbar Nichts gemein, vielleicht ist es aber auch nur der allzugrosse Schematismus, welcher das, was Arnold und Courvoisier gezeichnet haben, unter dem Mikroskope nicht wiedererkennen lässt. Uebrigens entsprach das Netzwerk, welches hin und wieder einem vorgespiegelt wurde, durchaus nicht immer ein und derselben Sache. Es mag also erstens das Bild eines Geflechtes um den Ganglienkörper wirklich von anhaftenden und umspinnenden Fäserchen herrühren, deren Wesen als Etwas der Ganglienzelle selbst nicht Angehörendes aufgefasst werden könnte. Dann aber ist zweitens und zumeist das Bild eines Netzwerkes der optische Ausdruck für eine Zerklüftung der Oberfläche sowohl, als des Inneren des Ganglienleibes. Denn häufig geschieht es, dass dasselbe Netzwerk, welches dicht der Oberfläche sich anzuschliessen scheint, auch im Inneren der Zelle wahrgenommen wird. Dann besteht es aus Strichen, die radienförmig vom Kerne ausgehen, und sich verbindend ein Geflecht bilden. Drittens entstehen viele derjenigen Striche, welche zur Annahme eines wirklichen Netzwerkes auf der Ganglienzelle verleiten könnten, entschieden aus der Lichtbrechung an den Ecken und Kanten der Oberfläche stark geschrumpfter Körper. Viertens gehören zu denjenigen Strichen, die als Theile eines Netzwerkes um und in dem Ganglienkörper erscheinen können, auch bisweilen die Schatten, welche die Insertion des Deiter'schen Fortsatzes bezeichnen und die, wie ich unten zeigen werde, weit in die Substanz des Körpers hineinlaufen und sich verzweigen.

**Ganglienfortsätze.** Der Reichthum der Verzweigung der Ganglienkörper gilt auch für die Zellen der Grosshirnrinde; er ist grösser, als bisher beschrieben, ja theilweise auch grösser, als in den schematischen Abbildungen. Besonders ist es die Basis der grossen Pyramidenkörper, die sich für mich vortheilhaft ausgezeichnet haben (Vergl. Fig. 8.). Derselbe Reichthum gilt aber auch für die Spitzen-

fortsätze und für die kleinen und kleinsten Ganglienzellen. In der wahren Bedeutung des Wortes bipolar sah ich nie einen Ganglienkörper, dessen Natur als solcher unzweifelhaft, der nicht verstümmelt gewesen wäre.

Die verzweigten Fortsätze der Ganglienkörper haben keine weitere Bedeutung, als dass sie die Oberfläche der Zelle grösser machen; sie sind Fühler, welche weit in die Nachbarschaft hinausgreifen, und doch nichts Anderes als directe Fortsetzungen des Ganglieuleibes selbst.

Der von Deiters sogenannte Axencylinderfortsatz ist nun aber keine directe Fortsetzung des Ganglienkörpers. Er wird auch an den Ganglienkörpern der Grosshirnrinde wiedergefunden (vgl. a. in Fig 1, 2, 3, 4, 5, 8), obgleich bei Weitem nicht bei allen; ja ich möchte sagen die meisten weisen ihn nicht auf. Constant ist er nur an den grössten Pyramidenkörpern zu finden. Hier muss ich aber gegen mich selbst bemerken, dass Täuschungen ausserordentlich leicht entstehen können. Wenn man z. B. an einer in allen anderen Hinsichten sehr gelungenen Isolation einer Ganglienzelle den Deiters'schen Fortsatz doch nicht sieht, so ist das noch kein Beweis, dass er fehle: denn es besteht ein gewisser Unterschied und Gegensatz zwischen den Wirkungen unserer Reagentien auf die verzweigten Fortsätze und auf den Deiters'schen Ausläufer, so dass oft, wenn die ersten gut erhalten bleiben, dieser letztere am leichtesten abzubrechen scheint. Der Deiters'sche Fortsatz inserirt sich immer an der Basis der pyramidalen Körper, entweder direct an der Ganglienzelle, oder an einer seiner Basalverzweigungen.

Bei der Behandlung der Hirnsubstanz mit Chloralhydrat ist es schwierig, seinen Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser nachzuweisen, denn es ist eben die Eigenthümlichkeit dieses Reagens und der von mir angewendeten Methode, das Mark wegzuwaschen. Der Nachtheil, dass unter diesen Umständen eine echte Nervenfaser schwieriger als sonst wieder zu erkennen ist, wird nur theilweise dadurch gehoben, dass dem nackten Axencylinder häufig hier und da Markmasse angeheftet ist. (Bisweilen sieht man auch den Durchtritt eines Axencylindérs durch ein Stück erhaltener Markscheide). Aber der Deiters'sche Fortsatz ist auch in der Rinde des grossen Gehirnes in seinem nächsten Verlauf, wo er noch nicht zur echten Nervenfaser geworden, ein characteristischer drehrunder, compacter, glänzender Faden, der sich bald nach seinem Abgang verjüngt, oder, wenn er kurz abgerissen ist, das Aussehen eines starren Stachels hat. Dies Aussehen

ist so eigenthümlich, dass man den Deiters'schen Fortsatz mit keiner der Abzweigungen des Ganglienkörpers selbst verwechseln kann. Dass er aus einem Bündel von Fibrillen nach Art der verzweigten Zellenfortsätze besteht, konnte ich an ihm nicht bemerken, obgleich ich die Möglichkeit dieses nicht bestreiten will. Bei Anwendung stärker coagulirender Reagentien, wie z. B. der Oxalsäure, deren ich mich mit Vortheil zur Aufschwemmung der Ausspülungspräparate bediente, erscheinen auch in ihm gewisse Körnungen, die ihn oft sogar ziemlich unkenntlich machen, wenn er kürzer abgerissen war. Was aber das Eigenthümlichste an dem Deiters'schen Fortsatze ist, wenn man seinen Uebergang in eine Nervenfaser nicht verfolgen kann, das ist die Art seiner Insertion auf und in dem Ganglienkörper, oder an einem der verzweigten Fortsätze.

Der Deiters'sche Fortsatz theilt sich nehmlich, indem er an den Ganglienkörper tritt, in zwei bis drei Arme, die noch auf dem Ganglienleibe liegen und ein Dreieck bilden, dessen Spitze in den Axencylinder ausläuft, dessen beide Schenkel von dunklen Contouren bezeichnet werden, und dessen Basis unmittelbar in die Substanz der Zelle in der Gegend des Kernes übergeht. Dieses Verhältniss ist schon von Deiters so gezeichnet worden, wie ich es hier beschreibe.

Aber die dunklen Linien, welche die gabelförmige Insertion des Deiters'schen Fortsatzes bezeichnen, kann man häufig noch weit in die Substanz des Ganglienkörpers hinein als glänzende, oder bei Färbung mit Hyperosmiumsäure, als dunkle Striche verfolgen. (Auch bei Karminfärbung treten diese Striche zuweilen deutlicher hervor). Vgl. Fig. 1—5. Wenn sich der Deiters'sche Fortsatz an einen der Zweige des Ganglienkörpers ansetzt, verhält er sich wesentlich ebenso, indem er sich auch hier mit dreieckiger Basis anlehnt, sich in zwei bis drei Zweige gabelig theilt, die noch weit in der Substanz der Zelle mit mehr oder weniger vielen Verzweigungen gesehen werden können.

Ob diese Verzweigungen des Deiters'schen Fortsatzes besondere Beziehungen zum Kerne haben, liess sich aus dem, was ich gesehen habe, nicht mit Sicherheit bestimmen, wahrscheinlich ist es aber; und jedenfalls ist klar, dass die Art, wie er sich mit dem Ganglienkörper verbindet, grundverschieden ist von der Verbindung der verzweigten Fortsätze mit ihrem Ursprunge. Der Deiters'sche Fortsatz ist nie eine directe Fortsetzung der Ganglien-zelle, er nimmt seinen Ursprung zwischen den Fibrillen, nicht aus denselben. Ich glaube hier auf die wesentliche Aehnlichkeit dieses

Verhältnisses des Deiters'schen Fortsatzes mit der Insertionsweise des motorischen Nerven in der Substanz des Muskels hinweisen zu dürfen. (Vergl. hierzu a. in Fig. 1, 2, 3, 4, 5, und 8).

Was nun weiter die von Deiters beschriebenen, von ihm als zweites System echter Nervenfasern bezeichneten Fortsätze betrifft, die im Laufe einer Ganglienabzweigung sich hier und da in rechtem Winkel ansetzen, so muss ich zunächst sagen, dass sie auch an den Grosshirnrindenzellen vorkommen, und hauptsächlich an den langen Spitzenabzweigungen der grossen Pyramidenkörper. Sie sind alle sehr viel dünner als der Deiters'sche basale Axencylinderfortsatz, sie haben auch ein durchaus abweichendes Aussehen, indem sie leicht varikös erscheinen, und daher eine grosse Verwandtschaft zu den Endreisern der Ganglienkörper, die ich später beschreiben werde, zeigen. Doch ist es hier wiederum die besondere Insertionsweise, welche diese Ausläufer auszeichnet und durch die sie als etwas Absonderliches erscheinen: nicht nur ist es eigenthümlich, dass sie allein unter rechtem Winkel abgehen, sondern auch, dass sie häufig mit dreieckiger Basis aufsitzen.

Den Uebergang in eine echte Nervenfaser habe ich nie beobachtet, doch muss ich bemerken, dass die Darstellung dieser Ausläufer überhaupt so schwer und selten gelingt, dass sie mir immer kurz abrissen, und dass die Methode, nach welcher ich arbeitete, diesen Nachweis überhaupt so schwierig macht, dass ein negatives Resultat über ihr weiteres Schicksal mir nichts beweist und nichts widerlegt. Müssten aber diese Ausläufer alle ein und dieselbe Bedeutung haben? Können sie nicht wenigstens theilweise einfache Endverzweigungen darstellen? Einen Grund gegen diese Möglichkeit kann ich den meisten dieser Fasern nicht ansehen. Einige aber derselben könnten noch problematischer Natur sein, da sie von den Gliareisern abzustammen scheinen, die für mich noch zweifelhafte Gebilde sind.

Ob sich im weiteren Verlaufe ein oder der andere verzweigte Fortsatz des Ganglienkörpers nicht auch mit doppelter Contour oder mit Markmasse umgeben, also zum Axencylinder einer echten Nervenfaser werden könnte, lasse ich für die Grosshirnrinde dahingestellt, weiss es aber durchaus nicht zu behaupten; im Gegentheil habe ich nie eine Andeutung davon gesehen. Wenn es aber überhaupt irgendwo geschieht, dass eine einfache Abzweigung des Ganglienkörpers zum Nervenstämmchen wird, so hätten wir weder die Pflicht noch das Recht, von einem Deiters'schen Ausläufer zu reden, denn dieser hat eben die Eigenthümlichkeit, dass er nie direct als Fortsetzung des Ganglien-

körpers entsteht. Und wenn wir eine Ganglienabzweigung sehen, die sich auf eine lange Strecke hin verfolgen lässt, ohne dass wir an ihr eine Theilung wahrnehmen, so haben wir auch noch keineswegs zu behaupten, dass diese Abzweigung etwas Besonderes, von den übrigen Unterschiedlichen und ein Axencylinder einer echten Nervenfaser sei. An den grossen pyramidalen Ganglienkörpern ist es nämlich häufig der Fall, dass der oft colossal lange Spitzenfortsatz sich abgerissen darstellt, ohne dass eine eigentliche Theilung wahrzunehmen gewesen wäre, während zu gleicher Zeit die Basalzweige einen grossen Reichtum derselben aufweisen. Auf diesen negativen Befund hin dürfen wir noch nicht annehmen, wir hätten es mit einem Nervenfortsatz zu thun, wie es vielleicht Jemand, gestützt auf die Meinung, ein unverzweigter Fortsatz sei immer ein Axencylinderfortsatz, annehmen könnte, da man ja nach M. Schultze den Nervenfortsatz einfach den unverzweigten nennt.

Von R. Arndt ist denn auch wirklich behauptet worden, dass der lange Spitzenfortsatz immer in eine echte Nervenfaser übergehe, indem er sich schliesslich umbiegt und so zur weissen Substanz gelangt. Gegen eine solche Behauptung, worauf sie auch basirt sein mag, will ich nur bemerken, dass die meisten der Spitzenfortsätze, wenn man auch die kleineren Pyramidenformen berücksichtigt, ganz unzweifelhaft in Terminalreiser zerfallen, wie es für alle anderen Ganglienfortsetzungen der Fall ist. Dass aber das endliche Schicksal der längsten der Fortsätze am ehesten verborgen bleibt ist begreiflich, da ja diese am leichtesten abreissen. Und in solchem unvollkommenen Zustande sah ich noch immer diejenigen Fortsetzungen, die sich nicht schliesslich in feinste Reiser zerspalten. Was übrigens das Ungetheilte mancher unvollkommen isolirter, dafür aber desto längerer Fortsätze betrifft, so ist dies nur eine grosse Ausnahme, und im eigentlichen Sinne ist es höchst selten der Fall, dass wir eine solche Fortsetzung finden, die von ihrem Ursprung bis an ihr Ende, wo sie abgerissen ist, ungetheilt verläuft, denn meist geht doch hier oder da, näher oder weiter vom Ursprung, ein wenig ab. Wenn man aber auch keine weitere Abzweigung an dem Spitzenfortsatz sieht, so findet man doch hie und da an einer umschriebenen Stelle die Contour undeutlicher und verschwommener werden; dann macht es ganz den Eindruck, als sei hier etwas abgerissen. Auch sahen wir oft, wie der Spitzenfortsatz dünner wird, ohne compacter zu werden, und es gehen ja auch von ihm hie und da Fasern ab, welche durchaus das Gepräge von Terminalreisern der übrigen verzweigten Fortsätze tragen, so dass es

summa summarum fest steht, dass der Spitzenfortsatz immer nichts anderes ist, als ein ganz gewöhnlicher verzweigter Fortsatz und, abgesehen von seiner Richtung, von den übrigen sich durch nichts unterscheidet.

Was wird nun schliesslich aus den Ganglienfortsetzungen? Dass sie sich theilen und immer wieder theilen, das weiss man. Dass sie ohne Weiteres, oder erst schliesslich alle in Nervenfasern übergehen könnten, hatte man sich früher leichthin gedacht, und dass sie wenigstens zum grössten Theil mit Fortsetzungen anderer Ganglienzellen anastomosiren, oder dass sie wenigstens aus den Fortsätzen kleinster bipolarer Ganglienzellen entspringen müssten, ist a priori angenommen worden. Aber mit alle dem scheint doch nun Nichts zu sein, und eine vorurtheilsfreie mikroskopische Untersuchung will diese Annahmen nicht bestätigen.

Jetzt sind wir nun so weit, es demonstriren zu können, dass ein Ganglienfortsatz, nachdem er durch Theilung dünner geworden ist, sich schliesslich in feinste Fibrillen spaltet, welche directe Fortsetzungen derjenigen Fibrillen sind, welche in den Ganglien fest bei einander lagen (vergl. Fig. 8—13). Diese Fibrillen, welche ich einfach Endreiser nennen will, liegen schon fast an der Grenze des unmessbar Feinen und sind mit Pünktchen besetzt, von denen man schwer sagen kann, ob sie der Ausdruck von Varikositäten, oder von etwas Nebensächlichem sind, ob sie wesentlich der Faser zugehören, oder derselben nur anhaften. Letzteres scheint mir nicht im Mindesten wahrscheinlich, obwohl ich den Eindruck habe, dass diese Körnchen dieselben sind, die in den Ganglienkörpern und deren Aesten als zwischen den Fibrillen gelagert beschrieben werden; diese beiden Dinge, die Körnchen in den Ganglienzellen und die Körnchen an den Endreisern entsprechen einander vollkommen, was Aussehen und Grösse bei verschiedenen Behandlungsweisen anbelangt. Diese Pünktchen also, die ich mir als variköse Anschwellungen zu betrachten erlaube, liegen in unregelmässigen Zwischenräumen von einander entfernt, wodurch ein nicht unwesentlicher Unterschied von den feinsten Nervenfibrillen der Sinnesorgane, wie sie z. B. von M. Schultze gezeichnet werden, entsteht.

Nicht immer ist es aber, dass die Endreiser als directe gerade Fortsetzungen der Ganglienfibrillen gesehen werden: es geschieht oft genug, dass diese Reiser nicht in einer Linie mit den Ganglienfortsätzen, aus denen sie hervorgehen, liegen, sondern jäh abspringen, so

dass eine gabelige Theilung, keine eigentliche Spaltung zu Stande kommt.

Aber immerhin kann man constatiren, dass diese Endreiser nichts Neues sind, sondern nichts Anderes, als die Fibrillen, welche die Ganglienfortsätze enthalten, darstellen. Sollte ein solches Verhältniss der Endreiser zu den Abzweigungen der Ganglienkörper die Regel und deren gerader Verlauf nur eine Ausnahme sein, so wäre es nur noch verständlicher, warum diese feinsten Fäden so leicht abrissen.

Die Endreiser haben in ihrem ersten Verlaufe noch etwas Starres an sich und endigen häufig in dieser Weise, wenn sie abgerissen sind. Sind sie es aber nicht, so werden sie bald gleichsam kraus, d. h. ihr mehr oder weniger gerader und steifer Verlauf verwandelt sich in einen hin und her gebogenen.

Hier ist es, wo an die Endreiser sich massenhaft feinste Körnchen ansetzen. Aber es ist keine einfache molekuläre Masse, worin sich die Endreiser inseriren. Es zeigt sich hier eine gewisse Organisation. Die feinsten Körnchen müssen entweder an feinsten Fädchen aneinander gereiht sein, oder durch ihre Aneinanderreihung solche Fädchen bilden, die sich in den verschiedensten Winkeln an die Endreiser ansetzen. — Indem sich diese Fädchen unregelmässig an einander setzen, bilden sie ein feinstes Stickwerk, an dem und zwischen dessen Maschen die Körnchen gelagert sind. Diese Fäserchen nun, welche ich Terminalfaserchen nennen möchte, und die das Terminalfaserchennetz bilden, entstehen offenbar nicht mehr durch einfache Theilung der Endreiser, sondern sie scheinen sich einfach und verhältnissmässig lose aneinander zu legen, ohne festere Verbindung, wie? und auf welche Weise? das sind Fragen, die mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln nicht beantwortet werden können, denn das Ganze, abgesehen davon, dass es meist ein grosses Gewirre bildet, liegt schon fast ganz jenseits der Gränzen des deutlichen Erkennens mittelst unserer Instrumente.

Was hat wohl das Terminalfaserchennetz zu bedeuten? Das kann man sich leicht denken, und es ist von denjenigen, die es schon mehr oder weniger übereinstimmend mit mir beschrieben haben, theilweise gedacht worden (Stephany, Gerlach, Jastrowitz?).

Bevor ich aber meine Ansicht über dies Terminalfaserchennetz näher entwickele, wende ich mich noch zu der Beschreibung anderer Zellenäquivalente, die sich ausser den Ganglienköpern im Gehirne

finden, und deren schöne Darstellung das hauptsächlichste Verdienst der von mir angewandten Methode und des Chloralhydrats ist.

Nicht Alles braucht gleich als Bindesubstanz bezeichnet oder gar zum Bindegewebe gerechnet werden, was in den Centralorganen des Nervensystems nicht von vorne herein als Ganglienzelle, oder als Nervenfaser erkannt wird. Das Gehirn birgt nicht nur Räthsel für den Psychologen, sondern auch Vieles für den Anatomen, was in seine vorgefassten Schemata noch immer nicht recht passen will. Was ist Nervengewebe und was ist unzweifelhaft nicht nervös? Das scheint doch verhältnissmässig eine leichte Frage, und doch auch hier: je mehr man nach Unzweifelhaftem sucht, desto mehr könnte man zur Verzweifelung kommen.

Ich will nun, um von Hause aus nicht kopfscheu zu werden, alle zweifelhaften Zellenäquivalente, die sich in den Centren des Nervensystems finden, nach Vorgang Anderer, unter dem gemeinsamen Namen der Gliaelemente zusammenfassen. Der Name ist an und für sich unverfänglich, da er ja dahin gestellt lässt, was die „Glia“ verbindet und auch wie sie verbindet, anatomisch blos, oder auch physiologisch.

Ich würde die verschiedenen Gebilde, über deren Natur wir noch lange nicht ins Reine gekommen sind, nicht auf solche Weise über einen Kamm scheeren, wenn hier nicht die einzelnen Formen in einander überzugehen schienen, und wenn es nicht geschähe, dass bei der einen Präparationsweise die eine Art sich ganz vorzüglich, bei der anderen die andere Art sich ausschliesslich präsentierte, so dass man nicht genug Gewicht darauf legen kann, dass wir ja ein und dasselbe Gebilde ganz verschieden sehen können, je nachdem wir es angefasst haben.

Wenn diese Zweifel nicht wären, würde ich ohne Weiteres unterscheiden: erstens die bekannten freien Kerne. Doch hier kommt gleich das Bedenken: Giebt es überhaupt freie Kerne? Die meisten sind wohl nur frei geworden durch die Wucht unserer Misshandlungen: durch das Coaguliren, Maceriren, Zerren und Zupfen. Die sogenannten freien Kerne sieht man nicht nur oft mit weniger oder mehr feinkörnigem Protoplasma umgeben, sondern sie scheinen auch identisch zu sein mit denjenigen, welche ein sehr ausgedehntes, in lange feine Fasern differenziertes Protoplasma um sich haben, oder von denen, um mich einfacher auszudrücken, strahlenförmig Zweige direct abgehen. Als kleinste bipolare Ganglienzellen sind aber diese „freien“ Kerne nicht aufzufassen: das sie umgebende Protoplasma zeigt nie die Eigenthümlichkeiten der Structur eines Ganglienkörpers.

Weiter würde ich also Gliaelemente unterscheiden, die einen Kern haben, von dem sich strahlenförmig theilweise allerfeinste, theilweise gröbere Fasern ausziehen, und die sich hauptsächlich an der Oberfläche der Rinde des grossen Gehirnes finden. Ein Theil der vom Kerne ausgehenden Fäserchen, ist, wie gesagt, ausserordentlich fein; sie sind dicht aneinander gedrängt, halb durchsichtig, wie hyalin, und nicht varikös. (Fig. 16)

Von diesen Gliaelementen würde ich unterscheiden solche, deren Kern verhältnissmässig grösser ist als in der vorhergehenden Form, etwa so gross wie ein „freier“ Kern ist, von denen auch radienförmig Zweige abgehen, die aber schon etwas dicker sind, sich vielfach theilen und, was das wichtigste ist, feine Varikositäten zeigen. Der Kern an und für sich ist seiner Grösse und seinem Aussehen nach nicht von einem „freien“ Kerne zu unterscheiden, die strahlenförmig abgehenden Fasern aber gleichen durchaus den Endreisern und Endfasern der Ganglien-Abzweigungen. Diese Gliaelemente finden sich zerstreut zwischen den bekannten echten Nervenelementen der grauen Substanz der Gehirnrinde, stehen aber auch zuweilen in ganzen Gruppen.

Endlich würde ich die echten Bindegewebskörperchen mit ihren dickeren solideren Ausläufern in eine ganz besondere Kategorie stellen, wenn nicht alle Gebilde, die ich unter dem Namen der Gliaelemente zusammenfasste, mehr oder weniger alle Uebergänge zu echtem Bindegewebe zeigten.

Hauptsächlich ist es diejenige Form von Gliaelementen, deren Zweige entschieden varikös sich zeigten, welche mir viel Kopfszerbrechens machten. Ich konnte, wie gesagt, deren Fasern absolut nicht von den Terminalreisern und Terminalfäserchen der Ganglienkörper unterscheiden. Ob es wirklich auch Varikositäten sind, die man an ihnen bemerkte und nicht etwa anhaftende Körnchen, dies deutlich zu sehen, ist mir wohl unmöglich gewesen, doch wie gesagt, einen Unterschied von dem Aussehen unzweifelhaft nervöser Elementargebilde, der Endreiser konnte ich nicht finden. —

Wie wäre es nun jetzt, da die Sachen so stehen, zu beweisen oder zu widerlegen, dass ein Theil der unter dem gemeinschaftlichen Namen der Gliaelemente zusammengefassten Gebilde zum Nervenmechanismus gehöre, da ihr fast nervöses Aussehen keinen hinreichenden Anhalt giebt und der Schein über das Sein täuschen kann? Dazu wäre erforderlich, wird man mir nach Deiters vorhalten, den Beweis zu liefern, dass diese Gebilde mit echten Nervenfasern zusammenhängen.

Aber wie nun, wenn es doch nervöse Elemente gäbe, die an keine

echte markhaltige Nervenfaser directen Anschluss hätten? Es ist nicht nur leicht sich so etwas zu denken, sondern es ist auch sehr plausibel, dass es Strecken in den Centralorganen giebt, deren Stationen abseits von den grossen Verkehrsadern liegen. Wie dann? Jedenfalls habe ich aber nach Verbindungen zwischen den Gliakörpern der erwähnten zweifelhaften Sorte mit echten Nervenfasern gesucht, um einen unantastbaren Beweis für ihre nervöse Natur zu finden.

Unter den Fasern der Gliakörperchen sieht man hin und wieder solche Fortsätze des, den Kern spärlich umgebenden, Protoplasmas, die sich nicht theilen, solide erscheinen, glatt und glänzend sind, und die als etwas durchaus Absonderliches imponiren.

Da wo sie aus dem Protoplasma hervorgehen, sind sie noch blass und durchscheinend (von Carmin zart rosa gefärbt), verwandeln sich aber bald in einen soliden Strang, der keinerlei Varikositäten zeigt, drehrund und platt ist und häufig in leichten Schlängelungen verläuft. Diese Fasern sind oft colossal lang, behalten in ihrem Verlauf genau ein und dieselbe Dicke, nur zuweilen sieht man sie schliesslich mit einer leichten Anschwellung enden. Einige Aehnlichkeit hatten diese Fasern mit elastischen Gebilden des Bindegewebes, aber sie als solche zu deuten, ist unmöglich, da echte Fasern des Bindegewebes, aus denen sich die elastischen Elemente differenzieren, hier ganz fehlen. Ausserdem widerspricht einer solchen Deutung das Verhalten gegen Essigsäure.

Zuweilen sah ich stellenweise diesen Fasern Bruchstücke von Markmasse anhaften, so dass es schien, als hätte man es mit einer echten Nervenfaser zu thun, von deren Axencylinder sich durch die Wirkung des Chloralhydrats die Markscheide abgelöst hat. Doch ist, wie ich es schon früher hervorhob, die Methode, nach welcher ich arbeitete, sehr wenig geeignet, die Nervenfaser kenntlich darzustellen, so dass die Deutung dieser merkwürdigen Fortsätze einiger Gliakörperchen als echte Nervenfasern sehr fraglich ist. Möge es denn mit andern Mitteln gelingen, diese von mir berührte Frage zu lösen.

Dieselben höchst zweifelhaften Fortsätze der Gliakörperchen sieht man zuweilen sich an die Gefäßwände inseriren, wo sie sich dann gabelig in zwei Aeste theilen, die noch als helle Striche an der Gefäßwand eine Strecke weit verfolgt werden können.

Eine ganz andere Sorte solider Gliafasern, die an ihrem bindgewebigem Character gar nicht zweifeln lassen, zeigen eine eigenthümliche Endigungsweise, indem sie sich faserig spalten und so eine dreieckige oder trichterförmige Erweiterung bilden, die offenbar als

Füsschen dient, womit sich das Gliaelement an solidere Körper, sei es an ein Gefäss oder an die Pia, anheftet. —

Die Gehirngefässse isoliren sich gerne nackt, so dass es scheinen möchte, als ob sie wesentlich ohne allen Zusammenhang mit den übrigen Elementen des Gehirns stehem. Doch dem ist nicht so. Wenn man sich bei ihrer Darstellung allen Zuges und aller Längszerrung enthält, so sieht man von den Gefässcheiden aus einen ganzen Urwald von Fäserchen ausstrahlen, die theils in Verbindung mit dem Bindegewebe ihrer Wandung, theils direct mit dem Endothel der Capillaren stehn. Diese Fäserchen legen sich also verhältnissmässig lose an die Gefässwandungen an, sie sind zart und vergänglich, verzweigen sich hauptsächlich nach dem Gefäss hin (und nicht umgekehrt) und sind dicht mit Pünktchen besät. Diese Fasern sind nichts Anderes als die Zweige der Gliakörperchen und gehören eigentlich dem Gefäss selbst gar nicht an, da sie nicht aus ihm hervorwachsen (es müsste ja sonst die Theilung der Fasern in umgekehrtem Sinne erfolgen), sondern sie sind Etwas ganz von Aussen herantretendes. —

Alle Gebilde also, welche ich unter dem gemeinsamen Namen der Gliaelemente zusammenfasste, hängen mit Theilen zusammen, die unzweifelhaft nicht nervös sind, was aber gegen die nervöse Natur aller noch kein schlagender Beweis ist; nur für diejenigen Gliakörperchen ist es unzweifelhaft, dass sie, trotz ihres fast nervösen Aussehens, wesentlich doch nicht nervös sind, von welchen wir Etwas hervorwachsen sehen, was unzweifelhaft nicht nervös sein kann. Aber solcher Fälle, wo jeder Zweifel in dieser Richtung hin gelöst wird, giebt es nicht viele.

Ob sich die Gliakörperchen auch durch ihre Aeste direct verbinden können, d. h. ob Anastomosen zwischen ihnen vorkommen? Oft und auffallend geschieht es sicher nicht. Oeftver flechten sich wohl die Fasern der Gliakörper untereinander, öfter noch bekommt man sie bei ihrer Isolirung einzeln zu Gesicht. Eine solidere Verbindung giebt es zwischen ihnen nicht. Wohl aber sieht man bisweilen die Gliaelemente mit ihren Fortsätzen einen nicht unwesentlichen Beitrag zu der Bildung des oben beschriebenen Terminalfäserchennetzes geben. (Vergl. Fig. 12.)

Es scheint also, als ob es zweierlei Sorten von Gliakörperchen gäbe, die wesentlich verschieden, doch alle Uebergänge zu einander zeigen: die einen greifen in das Getriebe der Nervenmechanismen ein, indem sie theilweise die nervösen Bahnen (das Terminalfäserchennetz) herstellen helfen, die anderen sind

bindegewebiger Natur, indem sie nicht sowohl zur Stütze, als zur Alimentirung des Ganzen dienen. —

Nachdem ich nun alle zelligen Elemente des Gehirnes betrachtet habe, wende ich mich wieder zu der Zwischenmasse, von der ich ausgegangen bin, und die, weil zwischen den Zellenäquivalenten gelegen, als Intercellularsubstanz, oder wenn man will, als modificirtes Protoplasma aufgefasst werden kann. Diese Masse verkittet und verklebt alle Theile unter einander, darf aber in toto doch nie „Bindesubstanz“ genannt werden, denn sie bildet ein sehr complicirtes Gewebe und ist sicher von fein combinirter Structur.

Das Totalbild, welches uns die feinkörnig-faserige intercelluläre Substanz bietet, fällt sehr verschieden aus, je nach den Umständen, unter welchen wir es unter Augen haben. Ganz im Allgemeinen gesagt, also den mittleren Eindruck beschrieben, stellt sie sich uns dar als ein unendliches Gewirre von, sich in allen Richtungen kreuzenden, neben, über und unter einander liegenden Fasern und Fäserchen, Körnern und Körnchen. Irgend ein regelmässiges Dessin scheint unmöglich zu erhalten, besonders da, wo grosse Massen zusammenliegen.

Im Ganzen muss man die feinkörnig-faserige Masse als einen Filz betrachten, bestehend aus vielfach sich kreuzenden, in einander verschlungenen Fäden und Fäserchen, zwischen denen, oder um die herum entweder eine homogene Markmasse, oder eine mehr oder weniger feine molekuläre Substanz liegt.

Von den verschiedenen Fasern, welche in das Filzwerk eingehen, sind es zuerst die echten Nervenfasern, die hier in verschiedener Dicke, von Markmasse umgeben, oder nackt, hindurchgehen, vielleicht auch sich hier ab und zu in ihre Fibrillen theilen. Dann sind es die verschiedenen Fortsätze der Gliakörperchen (die echten und zweifelhaften Bindegewebsfasern), welche die ganze Masse mehr oder weniger dicht durchziehen. Und endlich sind es noch die Fortsätze der Ganglienkörper mit ihren Endreisern und ihren Endfäserchen, welche alle diesen locker gewebten Filz zusammensetzen helfen. Die molekuläre Masse, die zwischen diesen Gebilden liegt und wenigstens nach dem Tode ein einfaches Aggregat von aneinander haftenden Körnchen bildet, ist ihrer chemischen Constitution nach Markmasse oder Hirnfett, und in dieser Beziehung identisch mit den Markscheiden der Nervenfasern. Dies ersieht man aus der intensiven schwarzen Färbung, die der Filz durch Hyperosmiumsäure erfährt. An den gröberen Gebilden haften die Markkörnchen nur ganz locker, selbst die ihnen verwandten Mark-

scheiden um die Axencylinder der Nervenfasern können sich ganz glatt von ihnen isoliren. Mit den meisten Gliaelementen scheinen die Körnchen auch nur lose verbunden zu sein, sie sind aber in das Gewirre der Fäden so hinein gesponnen, dass es besonderer Methoden bedarf, um sie herauszuwaschen. An den Ganglienzellen kleben sie gewöhnlich schwach, besonders, wenn die Zellen in sich contrahirt, d. h. geschrumpft sind. Dafür haften aber die Markkörnchen desto fester an den feinsten Nervenfasern, und am festesten, so dass es bis jetzt nicht gelungen ist, sie ganz heraus zu waschen, an den Terminalfaserchen und an dem von ihnen gebildeten Terminalfaserchennetze. Zur Entscheidung, ob diese Molekularkörnchen wirklich in einem näheren Connex zu den Endfaserchen stehen, fehlt der reale Boden, sehen kann man das nicht mehr. Aber wenn man bedenkt, was für ein ausserordentlich feines Gebilde das Terminalnetz ist, welches durch das Aneinanderhaften der Fäserchen entsteht, so ist es auch schon ohne Annahme einer näheren Verbindung von Körnchen und Fasern begreiflich, dass die Fasern entweder auseinander reissen, oder der Versuch aus dem Netzwerk, welches sie bilden, die Körnchen ordentlich herauszuwaschen, misslingt.

Die feinkörnig-faserige Masse ist also für uns keine einfache Kittsubstanz, welche nur dazu bestimmt ist, die Theile mit einander zu verkleben, sie ist auch nicht mehr die einfache Zwischenmasse, durch welche die gröberen Gebilde streichen, sondern sie enthält in sich eingeschlossen noch ein höchst subtile Gewebe in Form eines Netzwerkes, welches von den Endfaserchen der Ganglienfortsätze gebildet und von den Fortsätzen der Gliakörperchen unterstützt wird. Ich stelle nun die Hypothese auf, die noch nirgend klar genug formulirt und durch Gründe genügend gestützt wurde, dass die Verbindung zwischen den Endverzweigungen der Ganglienkörper durch dies feine unregelmässige Netzwerk geschehe. Deutlich gesehen habe ich diese Verbindung nicht, desshalb nenne ich meine Ansicht eine Hypothese. Aber wenn man grade da, wo die feinsten Verzweigungen liegen, ein Netzwerk sieht, welches unmittelbar von den Endreisern ausgeht, zu welchem anderen Schlusse könnte man wohl kommen? Vielleicht gelingt es bei Fortsetzung der Untersuchung das ad oculus zu führen, was jetzt halb errathen und nur halb gesehen ist. Und dies muss schliesslich gelingen!

Dass aber die Hypothese von der Verknüpfung der Elemente des centralen Nervensystems durch ein Netzwerk viel besser und vollständiger als die Annahme von Anastomosen zwischen den Ganglienfort-

sätzen die physiologischen Thatsachen erklärt, die überhaupt auf das Vorhandensein von Verbindungen hinweisen, dieses ist mir klar geworden; denn Anastomose heisst ja: directer Uebergang, feste und unlösbare Verbindung.

Nun aber kennt die Physiologie im Nervenleben keine Thatsachen, die auf unlösbare Verhältnisse hindeuten mit Ausnahme vielleicht der einfachen Reflexe und der reflexartigen Instincte.

Alle physiologischen Verknüpfungen im centralen Nervensystem, mit Ausnahme vielleicht einiger weniger, können gelöst werden. Ich spreche nicht von mechanischen Gewalten oder Krankheitsprocessen, welche die Continuität aufheben, sondern vom einfachen Vergessen und Verlernen, den Elementarerscheinungen nicht nur des psychischen Lebens in specie, sondern jeder Nerventhätigkeit überhaupt.

Auch kennen wir keine Thatsachen, die darauf hinweisen, dass nicht jede physiologische Verbindung zwischen den Elementarcentren befestigt, verstärkt, und neu gebildet werden könnte: beim Ueben und beim Lernen. Wie bliebe es aber mit den Vorstellungen von Lernen, Vergessen, sich Ueben, Gewöhnen etc., wenn alle Verbindungen der functionirenden Elemente ein für alle Male in starren Anastomosen, oder in dem Ein- und Austritt von Nervenfasern in einen Ganglienkörper gegeben wären? Mir scheint es jetzt fast unbegreiflich, wie man in einer gar so groben Anschauung von der Construction der Centralorgane, wie die Vorstellung von Anastomosen es war, Befriedigung für den Verstand suchte. Freilich, hätte man die Verhältnisse wirklich so gefunden, wie man sie sich dachte, so müssten wir noch heute uns mit den üblichen psychologischen Phrasen helfen, die ja Jedem von uns da geläufig sind, wo gegenständliche Vorstellungen zu fehlen anfangen. Aber das ist wohl nicht mehr so nöthig und, um noch speciell auf dasjenige Organ zurückzukommen, welches ich der genaueren Untersuchung unterwarf, will ich noch fragen, ob nicht schon jeder Eindruck, der durch die Sinne zum Gehirne gelangt und haften bleibt, Beweis genug ist, dass hier hundert neue Verbindungen urplötzlich geschaffen sind, die vielleicht für's ganze Leben bestehen werden? Und ist nicht schon jeder neue Gedanke, der uns kommt, Beweis genug, dass aus den alten Verbindungen, die schon bestanden, sich automatisch (d. h. ohne Einfluss von Aussen) neue gebildet, andere befestigt, noch andere gelöst haben, resp. schwächer geworden sind? Es ist ja, um Meister Göthen noch zu guter Letzt zu citiren: „die Gedankenfabrik ein Webermeisterstück, wo — ein Schlag tausend Verbindungen schlägt.“ —

In dem einzelnen Falle nachzuweisen, wo eine neue Verbindung geschehen, und zu zeigen, wie sie geschehen, wird auf anatomischem Wege wohl immer zu den Dingen der Unmöglichkeit gehören, aber dass es durch eine Anbildung und Vervollkommnung eines feinsten aus lose an einander haftenden Fasern bestehenden Netzwerkes zwischen den Endzweigen der Elementarcentren geschehen könnte, dieses widerlegen zu wollen, wird, glaube ich, ein undankbareres Geschäft sein, als es die festere Begründung dieser Anschaunng sein würde. Ich kenne keine Thatsache aus der Physiologie sowohl, als aus der Psychologie, welche mit obiger Hypothese über den Zusammenhang der Elementarcentren in Widerspruch stände, auch kenne ich keine andere Hypothese über die genannten Verhältnisse, welche auch nur eine Thatsache weniger unerklärt liesse.

Bevor ich schliesse, muss ich noch dessen erwähnen, was sich eigentlich von selbst versteht, dass es nämlich Ausnahmen von der Regel geben kann. Zu diesen Ausnahmen gehört die factisch beobachtete Verbindung zweier Ganglienkörper durch eine schmale Brücke, eine Einrichtung die uns bislang unverständlich bleibt. Eine Ausnahmestellung könnten auch möglicher Weise diejenigen einfachsten Reflexmechanismen hinsichtlich der Art der Verknüpfung ihrer Elementarbestandtheile darbieten, bei welchen vom Lernen, Gewöhnen, Ueben, Vergessen, Verlernen etc. nicht die Rede sein kann, also bei denjenigen Reflexvorrichtungen, welche, der Leitung organischer Functionen gewidmet, keine Spur von psychologischen Erscheinungen darbieten. Für diese Reflexe könnte vollkommen die Erklärung durch diejenige Hypothese über die Verbindung nervöser Elemente genügen, die meines Wissens die ausführlichste Darlegung bei Deiters (Untersuchung über Gehirn und Rückenmark) gefunden hat.

Dies ist diejenige Hypothese, welche die Ganglienkörper als einfache Knotenpunkte von Axencylindern echter Nervenfasern ansieht, und die eine Zelle als ein in sich abgeschlossenes Centralorgan für gewisse Functionen betrachtet. Diese Hypothese weicht ihrem inneren Sinne nach nicht wesentlich von der ältesten Anschaunng ab, wonach jeder Ganglienfortsatz direct als in eine Nervenfaser übergehend aufgefasst wurde, nur stützt sich diese Hypothese auf theils negative, theils positive Resultate wirklicher Beobachtung. Nachdem man nämlich dahin gelangt war, sich zu überzeugen, dass die Ganglienfortsätze weder direct in echte Nervenfasern übergehen, noch mit einander anastomosiren, hielt man sich an das entdeckte Verhalten des von Deiters sogenannten Axencylinderfortsatzes und an die von diesem

Forscher als zweites System echter Nervenfasern beschriebenen Ausläufer; ersterer wurde als die motorische Wurzel, letztere als die sich zur sensiblen Wurzel sammelnden Nervenfasern aufgefasst. Diese Anschauung ist an und für sich sehr plausibel, wenn es gilt, die Erscheinungen der einfachen Reflexthätigkeit zu erklären, und sie genügt hierzu vollständig, aber nur hierzu; sie erhebt auch keinen weiteren Anspruch und lässt unter Anderem auch die anatomische Frage nach dem Verbleiben der Enden der verzweigten Fortsätze ganz unberücksichtigt.

Andererseits kann aber die Hypothese, die ich aufstelle und die besagt: dass alle Verbindungen zwischen den Elementarmechanismen des Nervensystems durch ein Netzwerk geschehen, auch für die Erklärung der stabilen Reflexe benutzt werden; man braucht nur anzunehmen, was aus der Sache selbst hervorgeht, dass da, wo festere functionelle Verknüpfungen statt haben, auch die Knoten des Netzes fester geknüpft, die Fäden desselben solider und die Maschen dichter sein müssen.

Deshalb erweitere ich nun, gestützt auf thatsächliche Resultate der Beobachtung und auf die angeführten Argumente die Hypothese zu dem Satze: dass die Verbindung der Endverzweigungen der Ganglienkörper durch ein Netzwerk, welches sich immer neu anbilden, vervollständigen, oder zurückbilden kann, überhaupt das Prinzip der Verknüpfung der Elementarzentren höherer Thiere sei.

---

## Erklärung der Abbildungen zu Taf. VIII. und IX.

---

Die Objecte sind den frischen Gehirnen zum grössten Theil ausgewachsener Kälber, ausnahmsweise dem Schafe entnommen.

Vergrösserung: Gundlach Immersion No. VII. Ocular II.\*)

- Fig. 1. Grosse pyramidale Ganglienzelle aus der Grosshirnrinde des Kalbes mittelst Chloralhydrat isolirt (stets). Deutliche Längsstreifung der verzweigten Fortsätze. Kern nicht sichtbar. a, Deiters'scher Fortsatz, b,b. dunkle Linien, welche die Insertion dieses Fortsatzes in und auf der Ganglienzelle bezeichnen, c,c. feinste Ausläufer: die von Deiters als zweites System echter Nervenfasern bezeichneten.
- Fig. 2. Gleiches Object. Chloralhydrat und Hyperosmiumsäure. Kern deutlich. a und b wie in Fig. 1.
- Fig. 3. Gleiches Präparat. Der Deiters'sche Fortsatz inserirt sich an den Fortsatz c; b Abzweigung auf den verzweigten Fortsatz; b' Abzweigung desselben auf und in die Ganglienzelle.
- Fig. 4. Gleiches Präparat. Der Deiters'sche Fortsatz inserirt sich an oder nahe an den verzweigten Fortsatz c und theilt sich in drei dunkle Linien, von denen b auf den Fortsatz c, b' und b'' auf und in den Ganglienkörper übergehen.
- Fig. 5. Gleiches Präparat und gleiche Bedeutung der Buchstaben. (Aus dem Gehirne eines Schafes.)
- Fig. 6. Gleiches Präparat wie Fig. 4. Kern nicht zu sehen. Intensiv glänzende Zelle. Theilung des Spitzensfortsatzes; bei c Verdickung vor der Theilung. Jeder der drei Zweige nicht wesentlich dünner als der Stamm.
- Fig. 7. Pyramidenkörper mit colossal langem Spitzensfortsatz, der noch ungetheilt bleibt.
- Fig. 8. Grosser Pyramidenkörper mit reicher Verzweigung der Basalfortsätze. a. Deiters Fortsatz. b. Terminalreiser.
- Fig. 9. Kleiner Ganglienkörper. Getheilte Fortsätze direct in Endreiser sich zerspaltend. Bei a setzen sich Endfaserchen an die Endreiser an.
- Fig. 10. Dito. Bei b sieht man Bruchstücke eines Endfaserchennetzes mit der anhaftenden feinkörnigen Zwischenmasse.

\* ) Die von dem Herrn Verfasser gezeichneten Figuren sind auf zwei Dritteln der Grösse reducirt auf den Tafeln wiedergegeben. D. R.

- Fig. 11. Kleiner Ganglienkörper. Verzweigte Fortsätze in Endreiser zerfallend. Anhaftend ein Stück Hirnfilzes.
  - Fig. 12. Dito. Bei a setzt sich feinkörnige Zwischenmasse an. Bei b ein Stück anhaftenden Hirnfilzes mit einem eingesponnenen Gliakörperchen. Bei c Terminalreiser ein Endfaserchennetz ansetzend.
  - Fig. 13. Ein verzweigter Fortsatz in Endreiser zerfallend, an diese anschließend Endfaserchen, die mit feinkörniger Zwischenmasse besetzt sind.
  - Fig. 14. Bruchstücke des Endfaserchennetzes.
  - Fig. 15. Schematische Erläuterung des Principes der Verbindung zwischen den Elementarcentren.
  - Fig. 16. Gliakörperchen mit theilweise feinsten Zweigen.
  - Fig. 17. Echtes Bindegewebskörperchen.
  - Fig. 18. Allmäßige Stufenleiter zwischen einem „freien Kerne“ und einem Gliakörperchen.
  - Fig. 19. Gliakörperchen mit varikösen Zweigen, die an und für sich von den Endreisern der Gliakörper nicht zu unterscheiden sind.
  - Fig. 20. Gliakörperchen, welches sich einem echten Bindegewebskörperchen nähert. Bei a ein Fortsatz, der in ein kleines dreieckiges Füßchen oder in ein Trichterchen endet.
  - Fig. 21. Gliakörperchen mit einem absonderlichen Fortsatz a.
-

*Fig. 1.*



*Fig. 4.*



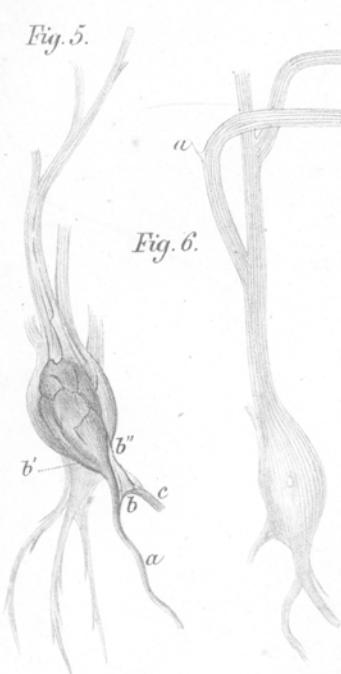
*Fig. 3.*



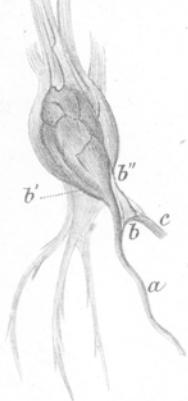
*Fig. 2.*



*Fig. 5.*



*Fig. 6.*



*Fig. 7.*

