

I.

Die Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane.

Von

Dr. Franz Boll,

Privatdocenten an der Universität und Assistenten am physiologischen Laboratorium
der Universität Berlin.

Hierzu Taf. I. und II.

I. Einleitung.

Ich habe mich entschlossen, in der vorliegenden Arbeit die Gesammtsumme meiner Forschungen über den Bau und die Entwicklung der nervösen Centralorgane, so weit ich dieselben zur Zeit für zum Abschlusse reif erachte, zu vereinigen. Ursprünglich hatte ich beabsichtigt,¹⁾ den vor zwei Jahren bereits zu einer gewissen Mächtigkeit angewachsollenen Stoff in zwei Kapitel zu theilen, welche bestimmt waren, die beiden letzten Abschnitte meiner „Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Gewebe“²⁾ zu bilden: das erste dieser Kapitel sollte histiologische und histiogenetische Untersuchungen über die graue Substanz, sowie eine Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Ganglienzellen enthalten; das zweite war bestimmt, die Anatomie und Entwicklungsgeschichte der weissen Substanz zu behandeln.

Als ich mich jedoch zum Niederschreiben anschickte, überzeugte ich mich bald, dass diese Eintheilung eine rein willkürliche und künst-

1) M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatomie, VII., S. 275.

2) Erste Abtheilung M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatomie, VII., S. 275. 1) Der Bau der Sehne. 2) Der Knorpel in der Achillessehne des Frosches. 3) Die Bündel fibrillären Bindegewebes und ihre Scheiden. Zweite Abtheilung. M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatomie, VIII., S. 28. 4. Die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes.

liche sei und dass sie einer einheitlichen Darstellung meiner Untersuchungsresultate nur hinderlich sein könnte. Unter den Händen wuchs mir der Stoff und es reifte in mir der Plan, anstatt mich auf die Publication dieser beiden monographischen Untersuchungsreihen zu beschränken, den Fachgenossen in einheitlicher, zusammenfassender Darstellung die Resultate vorzulegen, zu denen ein mehrjähriges, und, wie man sehen wird, nach den verschiedensten Richtungen hin geleitetes Studium der nervösen Centralorgane mich geführt hat.

Ehe ich jedoch dazu übergehe, dieselben vorzutragen, halte ich es für passend, einige Worte vorauszuschicken, um die Disposition und die Reihenfolge, die ich bei der Anordnung meiner Untersuchungsresultate gewählt habe, zu erklären.

Die Reihenfolge der einzelnen Untersuchungen ist auch in der Darstellung wesentlich die zeitliche geblieben, d. h. die Beschreibung geht ungefähr denselben Gang, wie sich in der Reihenfolge meiner Untersuchungen Frage an Frage, Erörterung an Erörterung drängten.

Der Ausgangspunkt aller dieser Untersuchungen war die Bindestsubstanz der nervösen Centralorgane. Meine ausgedehnten Untersuchungen über den Bau des Bindegewebes liessen mir ein genaues Studium der sog. Neuroglia im hohen Grade wünschenswerth erscheinen, umso mehr als die in dieser Frage mehr wie auf irgend einem anderen wissenschaftlichen Gebiet klaffenden Gegensätze in den Angaben der Autoren eine erneute Untersuchung der Bindesubstanz der nervösen Centralorgane als ein empfindliches Desiderat erscheinen liessen.

Ich begann das Studium derselben an dem erwachsenen Menschen und erwachsenen Säugethieren, indem ich eine Reihe bestimmter Localitäten des Centralnervensystems mittelst der Methoden der Isolirung und der Anfertigung feiner Querschnitte möglichst erschöpfend histologisch zu analysiren suchte. Es gelang so eine feste thatsächliche Grundlage für die Frage nach der Natur dieser Bindesubstanz zu gewinnen. Ueber die verschiedenen Formen, in denen dieselbe in den verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems auftritt, über die wahre Gestalt der in derselben enthaltenen zelligen Elemente, endlich über das verschiedene Verhältniss derselben zu den in ihr eingebetteten nervösen Elementen wurde Manches thatsächlich Neue ermittelt. Andererseits muss ich bekennen, dass ich nach allen diesen Untersuchungen in Bezug auf manche Fragen betreffend die histologische Auffassung dieser Bindesubstanz ebenso im Dunkel blieb wie vorher.

Wenn diese ausgedehnten Untersuchungen der Centralorgane auch

wesentlich mit Rücksicht auf die Structur der Bindesubstanz unternommen wurden, so ergab es sich doch aus der Natur der Untersuchung von selbst, dass auch die nervösen Elementartheile nicht unberücksichtigt bleiben konnten. Die über dieselben zum grössten Theil an der Hand der für die Histiologie des Centralnervensystems Epoche machen den Gerlach'schen Methode gewonnenen Anschauungen, die ich im unmittelbaren Anschluss an diesen ersten Abschnitt mittheilen werde, beziehen sich theils auf die histiologischen Eigenthümlichkeiten derselben, theils auf anatomische Details der Auordnung der Nerveufasern und Ganglienzellen und der Structur der weissen und grauen Substanz in den verschiedenen Provinzen der Centralorgane.

Die durch die Methoden der Isolirung und der Anfertigung feiner Querschnitte erhaltenen Aufschlüsse hatten es als ein wahres Desiderat erscheinen lassen, auf Grund erneuter Untersuchungen bestimmtere Vorstellungen über das Verhältniss der bindegewebigen Elemente der Centralorgane zu den Blutgefässen, speciell aber zu den perivasculären Lymphräumen zu gewinnen. Es gelang bald, wenn auch mit einiger Mühe, diese Frage, die im Verlaufe der Untersuchungen als eine ganz unerwartet verwickelte sich darstellte, zu einem befriedigenden Abschlusse zu bringen.

So weit waren die Untersuchungen über die histiologischen Elementartheile des erwachsenen Menschen und der Thiere durchgeföhrt worden, ohne dass sich aus denselben eine für mich befriedigende, einheitliche und alles Detail umfassende histiologische Auffassung von der Natur der in den Centralorganen verbreiteten Bindesubstanz ergeben hätte. Ich beschloss daher den Weg der entwickelungsgeschichtlichen Forschung zu betreten. Gelegentlich der im Sommer 1870 angestellten und im vierten Capitel meiner „Untersuchungen“ ausführlich beschriebenen Untersuchungsreihe über die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes machte ich eine Anzahl von Beobachtungen, welche die Entwicklung der nervösen Elementartheile und der dieselben umhüllenden Bindesubstanz auf das Unzweideutigste klar legten und zu einer befriedigenden histiologischen Auffassung der letzteren führten. In dem folgenden Sommer habe ich nun in ganz gleicher Weise wie 1870 für die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes eine methodische Untersuchung über die Entwicklung der Centralorgane am bebrüteten Hühnchen angestellt. Dieselbe, die ich am Schlusse dieser Untersuchungen mittheile, hat durchweg eine Bestätigung und nur eine sehr geringfügige Erweiterung der schon im vorigen Sommer gewonnenen Resultate ergeben.

Einer besonderen Erläuterung bedarf noch die Art und Weise, in welcher die in dieses Capitel einschlagende histiologische Literatur behandelt worden ist. Ursprünglich war es meine Absicht, in dieser Arbeit, ebenso wie in den vier ersten Capiteln meiner „Untersuchungen“, eine vollständige kritische Uebersicht der Fachliteratur zu geben. In diesem Sinne hatte ich bereits vor einem Jahre einzelne Abschnitte dieser Untersuchungen niederzuschreiben begonnen. Inzwischen ist durch eine Reihe von Arbeiten, von denen ich nur die von Stieda, Golgi, Jastrowitz, Gerlach und Meynert hervorhebe, vor allem aber durch das Erscheinen der Henle'schen Nervenlehre die Configuration der von mir behandelten wissenschaftlichen Fragen eine sehr veränderte geworden, so dass die Form der von mir vor einem Jahre niedergeschriebenen Untersuchungen kaum noch verwendbar erschien. Speciell liessen die von einigen der Autoren, namentlich von Henle mit ausserordentlicher Vollständigkeit gegebenen Literaturnachweise ein so ausführliches Eingehen auf die einzelnen Angaben meiner Vorgänger, wie ich es ursprünglich beabsichtigt hatte, als überflüssig erscheinen. Um den Umfang dieser ohnehin schon sehr grossen Arbeit nicht noch mehr mehr anschwellen zu lassen, habe ich mich daher entschlossen, mich im Allgemeinen mit dem Hinweis auf die von meinen unmittelbaren Vorgängern gegebenen Literaturangaben zu begnügen. Nur in solehen Fragen, wo mir bei meinen Vorgängern eine richtige kritische Würdigung der Literatur nicht vorzuliegen schien, habe ich es für nöthig gehalten, auf eigenen Literaturstudien beruhende Uebersichten mitzutheilen.

II. Das Bindegewebe der nervösen Centralorgane.

Für den, der mit kritischem Blick die grosse Literatur der vorliegenden Frage studirt hat, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das Chaos der endlosen Widersprüche, aus denen die Literatur fast einzige und allein sich zusammensetzt, im Wesentlichen einem einzigen Umstände seine Entstehung verdankt. Fast durch die ganze Literatur zieht sich der Gedanke, dass die Structur des Bindegewebes in den einzelnen Provinzen der Centralorgane eine identische sein müsse und demgemäß auch das Bestreben, im Rückenmark und im Gehirn, in der weissen und grauen Substanz identische Structurverhältnisse mikroskopisch zu demonstrieren. Wenn der diesen Bestrebungen zu Grunde liegende Gedanke eines einheitlichen Structurprincips für das gesammte Bindegewebe der Centralorgane auch ein richtiger ist, wie ich später zeigen werde, so hat doch die Art und Weise, in der man bisher dieses Princip zur Geltung zu bringen suchte, mehr Schaden wie Nutzen gestiftet. Die Ursache hiervon liegt darin, dass man offenbar zu zeitig mit dem Generalisiren begann, ehe noch das für diese schwierigen Fragen nothwendige thatsächliche Material in hinreichender Menge angesammelt war. Ungenügende histiologische Untersuchungen oder im besten Falle eine gewissenhafte Durchforschung einer einzigen Provinz der Centralorgane waren bisher die Basis, von welcher aus die Histiologen sich berechtigt glaubten, Theorieen aufzustellen, die Nichts weniger als eine allgemeine Gültigkeit für die Gesamtstructur des gesammten Bindegewebes der Centralorgane beanspruchten. Das, was über das Bindegewebe des Rückenmarks ermittelt war, wurde unbedenklich auf die Grosshirnrinde, die Resultate der Untersuchung der Grosshirnrinde wurden wieder auf das Rückenmark angewandt. So erklären sich zwei Thatsachen, welche das Studium der Literatur dieser Frage zu einem äusserst unerquicklichen machen: Erstlich die zahllosen, fast unbegreiflichen Widersprüche zwischen den Angaben, von denen dieses Gebiet wimmelt; zweitens die eigenthümliche Unklarheit und Verschwommenheit der Darstellung, die sich selbst in den besten Gesamtschilderungen dieses Bindegewebes vorfindet. Die Nothwendigkeit, die vielfach verschiedenen Bilder, die das Bindegewebe der

Centralorgane in den verschiedenen Provinzen darbietet, bald in der Form von Zellen, bald von Fasern, bald als „amorphe“, bald als „körnig-faserige“ Grundsubstanz erscheinend — alle diese Bilder unter ein und derselben Kategorie zu vereinigen, hat die Darsteller zu einer sehr weitgehenden Elasticität der Ausdrucksweise gezwungen, so dass es vielfach eine Unmöglichkeit ist, irgend welche correcte sachliche Vorstellungen mit den in der Literatur vorliegenden, einer jeden naturwissenschaftlichen Bestimmtheit entbehrenden Beschreibungen zu verbinden.

Diesem unerquicklichen Zustande abzuhelfen, gab es offenbar nur einen Weg, den ich in den folgenden Blättern betreten werde: die monographische Bearbeitung der verschiedenen Formen des Bindegewebes in den verschiedenen Provinzen der Centralorgane. Es musste zunächst ermittelt werden, unter welchen mikroskopischen Bildern das Bindegewebe der nervösen Centralorgane überhaupt erscheint und wie sich diese Bilder auf die histiologischen Elementartheile zurückführen lassen. Erst nachdem dieses an einer Reihe von Objecten gewissenhaft geschehen und ein hinreichendes thatsächliches Material gesammelt ist, werden sich die der Gesamtheit des Bindegewebes in den Centralorganen eigenthümlichen Eigenschaften ableiten und näher bestimmen lassen. Für fünf verschiedene Localitäten der Centralorgane glaube ich nun diese Aufgabe in genügender Weise gelöst zu haben. Dieselben sind: die weisse Substanz des Rückenmarks des Menschen und der grösseren Säugetiere (Ochs, Schaf), die weisse Substanz des Corpus opticum und des Hemisphärenmarks der grösseren Säugetiere, das Cornu Ammonis der kleineren Säugetiere (Igel, Kaninchen), und endlich die beiden Rinden des Grosshirns und des Cerebellum des Menschen und der Säugetiere.

Ich beginne mit der weissen Substanz des Rückenmarks. Einem jeden Mikroskopiker sind die eigenthümlich regelmässigen Septa bekannt, die auf allen Rückenmarksquerschnitten, mögen dieselben nach einer Methode angefertigt sein, nach welcher sie wollen, von den Hörnern ausstrahlend die querdurchschnittenen Säulen weisser Substanz in regelmässige Abtheilungen bringen. Der gerade oder bogenförmige Verlauf dieser ziemlich derben, in tingirenden Flüssigkeiten sich stets lebhaft imbibirenden Septa, die Art und Weise, wie sie nach der Peripherie der Stränge zu sich verästeln und so ein die ganze weisse Substanz durchziehendes Netzwerk herstellen, bleibt sich in der ganzen Ausdehnung des Rückenmarks gleich und ist für jeden einzelnen Rückenmarks-Querschnitt — natürlich mit Ausnahme derjenigen Querschnitte,

wo durchschnittene Wurzeln die Einheit des Bildes stören — im höchsten Grade charakteristisch.

Ueber die bindegewebige, d. h. nicht nervöse Natur dieser Septa, sowie des von ihnen ausgehenden, die ganze weisse Substanz des Rückenmarks durchziehenden Netzwerks sind so ziemlich alle Untersucher einig. So befriedigend diese Uebereinstimmung auch erscheinen mag, so unbefriedigend ist eine andere hier nicht zu übergehende Erscheinung, nämlich dass in Bezug auf die histiologische Zusammensetzung dieser Septa kaum ein Forscher mit dem andern übereinstimmt. So sieht z. B. Kölliker in dem die weisse Substanz durchziehenden Netzwerk ein Netz sternförmiger Zellen, deren Ausläufer zahlreich verästelt sind und sowohl unter einander als mit denen benachbarter Zellen auf's reichlichste zusammenhängen. Henle und Merkel stellen die feinsten Fasern dieses Netzwerks zu den Bindegewebsfibrillen, Gerlach betrachtet sie als zum elastischen Gewebe gehörig u. s. w.

Macerirt man frisches Rückenmark des Ochsen einige Tage lang in den bekannten verdünnten Chromsäurelösungen und fertigt dann durch feines Zerzupfen Präparate aus der weissen Substanz desselben an, so wird man bei einiger Aufmerksamkeit in jedem einzelnen Präparat eine Menge eigenthümlicher Zellen entdecken. Fig. 1 habe ich eine Reihe derselben abgebildet und besser wie jede Beschreibung wird ein Blick auf die Reihe dieser Abbildungen den Leser über die vorkommenden Formen orientiren. Es sind diese Zellen so eigenbüdlich geartet, dass ich ihnen kein Analogon aus der Reihe der anderweitig bekannten histiologischen Formelemente anzuführen weiß. Charakteristisch ist für dieselben der Mangel eines eigenen Körpers oder Zellenleibes. Manche scheinen auf den ersten Blick nur ein wirres Convolut von feinen Fasern vorzustellen, in dessen Centrum ein kernartiges Gebilde liegt. Wenn aber bei den meisten dieser Zellen der eigentliche Zellenleib ein ganz verschwindendes Minimum ist, treten dafür die Fortsätze desselben um so mehr hervor. Jede dieser Zellen entsendet eine sehr grosse Anzahl sehr langer haarfeiner Fortsätze, der Feinheit nach Bindegewebsfibrillen vergleichbar, von geradem oder doch nur unbedeutend geschlängeltem Verlauf. Die Länge dieser faserartigen Fortsätze ist oft sehr beträchtlich; nicht selten ziehen sich einzelne durch das ganze Gesichtsfeld des Mikroskops und noch weiter. Ob sich diese feinen Fortsätze verästeln, will ich mit Sicherheit nicht entscheiden; niemals habe ich unzweideutige Bilder einer solcher Stelle erhalten können. Andrerseits wage ich auf Grund meiner Erfahrungen eine Verästelung nicht unbedingt zu leugnen: jedenfalls aber gehört

eine solche zu den seltneren Vorkommnissen. Die Richtung der Fortsätze unterliegt zahllosen Verschiedenheiten: es giebt Zellen, von denen multipolar nach allen Seiten ausstrahlend diese Fasern ausgehen; daneben finden sich andere Zellen, wo an zwei entgegengesetzten Polen dichte Faserbüschel sich ablösen, und endlich ist eine dritte Hauptform durchaus nicht selten, wo die ganze Masse der faserartigen Fortsätze nach einer Seite hin gerichtet ist, während von dem entgegengesetzten Pole der Zelle nur sehr unbedeutende Fasern abgehen, so dass diese Zellen eine überraschende Aehnlichkeit mit einem feinen Haarpinsel darbieten (Pinselzellen). Die Fasern selbst sind stets ganz glatt und sind gleich bei ihrem Abgange von dem Körper der Zelle so fein, wie in ihrem ganzen Verlauf. Eine allmäliche Verschmälerung derselben von dem Zellenleibe nach der Peripherie der Faser zu findet nicht statt, es wiederholt sich hier mithin das Verhältniss, was ich in meiner Arbeit über die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes von den sich entwickelnden Bindegewebsfibrillen beschrieben habe: auch diese gehen nicht aus einer allmälichen Verschmälerung des Zellenleibes hervor, sondern erscheinen in der Nähe des Zellkernes in ganz gleicher Breitendimension angelegt, wie in grösserer Entfernung davon.

Mit eben diesen Embryonalzellen des fibrillären Bindegewebes haben nun diese Zellen, denen ich aus der ganzen Reihe ausgebildeter histiologischer Elemente kein Analogon an die Seite zu stellen weiss, die überraschendste Aehnlichkeit. Hier wie dort ist die „Zelle“, der histiologische Elementartheil, morphologisch betrachtet, nichts anderes als ein Centrum für eine grosse Menge von differenzirten Fasern, die nach allen, nach zwei oder nach einer Seite hin ausstrahlen. Hier wie dort liegt in dem Centrum dieser Zelle ein Kern, umgeben von einer grösseren oder — wie in den weitaus meisten Fällen — geringeren Menge körniger Substanz. Hier wie dort muss sich die Untersuchung bescheiden, ob in dieser Menge körniger Granulationen, die das Centrum dieses Faserconvoluts einnehmend den Kern umgibt, lebendiges, leistungsfähiges Protoplasma oder amorphe Eiweiss - Substanz zu sehen ist.

In dem hier vorliegenden Falle ist die soeben angeregte Frage sogar noch um vieles schwieriger zu entscheiden, wie es bei dem sich entwickelnden Bindegewebe der Arachnoides der Fall war. Bei dem letzteren war es doch wenigstens möglich, das lebende Gewebe, die lebenden Zellen in der feuchten Kammer und auf dem heizbaren Objecttisch einer Untersuchung zu unterwerfen. Dieses ist im Rückenmark des erwachsenen Thieres nicht möglich. Im frischen Zustande, an in Serum zer-

zupften frischen Präparaten der weissen Substanz ist vor der Uebermasse der markhaltigen Nervenfasern von diesen Zellen niemals irgend etwas zu sehen. Es gelingt nur, dieselben erst nach mehrtägiger Maceration in verdünnter Chromsäure zur Anschauung zu bringen, und dann haben selbstverständlich die beiden Ansichten, ob man in der den Kern umgebenden körnigen Masse noch vital actives Protoplasma oder eine Eiweisssubstanz anderer Natur sehen will, die gleiche Berechtigung.

Dennoch scheint mir, abgesehen von allgemeinen histologischen Ueberlegungen, auf die ich an dieser Stelle noch nicht eingehen kann, aus einer Thatsache mit einiger Wahrscheinlichkeit die Richtigkeit der letzteren Ansicht hervorzugehen. Ist die Isolation dieser Zellen eine möglichst vollständige und gleichzeitig eine möglichst schonende gewesen, so sieht man zwischen den einzelnen faserartigen Ausläufern dieser Zellen nicht selten einzelne zerstreute Körnchen haften, von denen die einzelnen Fasern gleichsam wie besetzt erscheinen. Es sind diese Granula oft ausser jeder Continuität mit der um den Kern herum befindlichen Ansammlung feiner Körnchen, und dies Factum dürfte nach demselben Räsonnement, welches ich¹⁾ auf die Embryonalzellen des Bindegewebes angewandt habe, dafür sprechen, dass die Granula dieser Zellen nicht mehr lebendes Protoplasma, sondern eine körnige, eiweissartige Substanz anderer Natur darstellen.

Diese Zellen, die ich in dem Vorstehenden aus der weissen Substanz des Rückenmarks beschrieben habe, sind für die richtige Auffassung der in den Centralorganen verbreiteten Bindesubstanz von der höchsten Wichtigkeit, ja, man könnte sagen: jede Erkenntniß des Wesens dieser Bindesubstanz hat zunächst von diesen Zellen auszugehen, weshalb ich auch die Beschreibung derselben an die Spitze dieses Aufsatzes gestellt habe, deun, wie ich hier vorausschicken will, nicht blos in der weissen Substanz des Rückenmarks, sondern in allen Provinzen der Centralorgane, weisser und grauer Substanz²⁾ sind die oben geschilderten Zellen ein constantes Vorkommniß, wie ich später noch ausführlicher zu beweisen Gelegenheit haben werde.

Festzustellen, wer diese Zellen zuerst gesehen hat, ist schwer, wenn nicht unmöglich. Es ist nicht anders denkbar, als dass, sei es

1) M. Schultze's Archiv f. mikr. Anatomi., Bd. VIII., S. 51.

2) Eine einzige Ausnahme scheint die Retina zu machen. Ich selber habe bei wiederholten Untersuchungen derselben niemals derartige Zellen in dem Bindegewebe der Netzhaut aufzufinden vermocht; und auch meinem Freunde Leber sind dieselben, wie ich aus seiner mündlichen Mittheilung weiss, bei seinen Untersuchungen der Retina niemals aufgestossen.

auf Durchschnitten, sei es in Zerzupfungspräparaten, diese Zellen — wenn auch in mehr oder weniger verstümmelter Form — den Beobachtern zu Gesichte gekommen sein müssen. Die grosse Anzahl von Arbeiten, die durch die Untersuchungen Bidder's¹⁾ und der Dorpater Schule angeregt, sich mit der Bindesubstanz der nervösen Centralorgane beschäftigen, dreht sich wesentlich um die Frage, ob und welche Zellen der Centralorgane dem Bindegewebe zuzurechnen seien. Ich habe die gesammte, diese Frage betreffende grosse Literatur der Jahre 1857—1865 durchmustert und an keiner Stelle eine auch nur einigermaassen zutreffende Beschreibung oder Abbildung unserer Zellen auffinden können. Zur Erhärtung des Gesagten brauche ich nur auf Virchow zu verweisen, dessen vortreffliche kritische Uebersicht dieser Frage am Ende dieser Literaturperiode steht²⁾ und gleichsam den Schlussstein derselben bildet. Jedem Leser dieser Uebersicht wird die vollständige Unsicherheit, in der sich sämmtliche Autoren über die wahre Form und Gestalt der bindegewebigen Zellen der Centralorgane befinden, auffallen. Auch Virchow's eigene Untersuchungen haben ihn durchaus nicht zu einer befriedigenden Klarheit über die Form dieser Zellen geführt. „Sehr unsicher aber ist es, ob diese Zellen rund oder verästelt sind“, — so schliesst sein Résumé über diese Zellen der „Neuroglia“, mit welchem Namen Virchow das Bindegewebe der Centralorgane überhaupt zu bezeichnen vorschlägt.

Das Verdienst, diese Zellen zuerst in ihrer wahren Form isolirt, beschrieben und abgebildet zu haben, gebührt Deiters. Die lichtvolle Auseinandersetzung: „Ueber die Bindesubstanz in den Centralorganen des Nervensystems“, die das zweite Capitel seiner Untersuchungen³⁾ bildet, eröffnet überhaupt eine neue Epoche in der Geschichte dieser schwierigen Frage. Speciell ist die Beschreibung dieser Zell-

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

2) Die krankhaften Geschwülste, Bd. II., S. 126—129, 1865. Ich wüsste derselben nur noch die Abhandlungen: Mauthner, Ueber die sogenannten Bindegewebskörperchen des centralen Nervensystems; Wiener Sitzungsberichte 1861; Bochmann, Ein Beitrag zur Histologie des Rückenmarks; Dorpat, 1860; L. Clarke, Further Researches on the grey substance of the spinal cord. Philosophical Transactions 1859, I. S. 437; Frommann, Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks, Jena 1864, hinzuzufügen.

3) O. Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere. Herausgegeben und bevorwortet von Max Schultze, 1865, S. 27—52.

formen als eine vorzügliche zu bezeichnen; die Unmöglichkeit, dieselben mit nervösen Zellen zu verwechseln, findet sich hier zum ersten Male scharf und klar präcisirt. Auch von den beiden Abbildungen, mit denen Deiters seine Beschreibung illustriert, muss wenigstens die erste (Fig. 10) als eine vortreffliche gelten, wenn auch Fig. 11. weniger gelungen erscheint. Nur ein Punkt ist es, in dem ich mich nicht so ganz unbedingt den Angaben Deiters' anschliessen kann. Deiters behauptet als Regel, dass die feinen faserartigen Fortsätze seiner Zellen sich oft gabelförmig theilen; ich muss nach meinen Erfahrungen eine solche Theilung, wenn sie überhaupt vorkommt, als eine Seltenheit bezeichnen.

Es erübrigत noch, aus der Literatur nach Deiters das auf diese Zellen Bezugliche zusammenzustellen. Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass die vortrefflichen Auseinandersetzungen Deiters', ebenso wie seine positive Entdeckung der wahren Form dieser Bindegewebszellen von fast allen seinen Nachfolgern in einer geradezu unverantwortlichen Weise vernachlässigt worden sind: Henle und Merkel veröffentlichten eine Abhandlung „über die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems“¹⁾, in der nur ein einziges Mal und zwar ganz beiläufig von „sternförmigen Zellen“ die Rede ist, ja wo in der sonst sehr ausführlichen Literaturübersicht Deiters' Name nicht einmal erwähnt wird. Auch Stiede²⁾ ignoriert diese Zellen und die Deiters'schen Angaben völlig. Gerlach's³⁾ Beschreibungen und Abbildung zeigen deutlich, dass er die von Deiters beschriebenen Zellen niemals isolirt gesehen hat. Dasselbe, was von Gerlach, gilt von der Beschreibung und den Abbildungen Kölliker's⁴⁾ und Frommann's.⁵⁾

Erst der allerneuesten Zeit gehören zwei Arbeiten an, die, wenn sie auch nicht formell auf Deiters zurückgehen und direct an seine Angaben anknüpfen, doch mit seinen Isolationsmethoden arbeitend, zu ganz übereinstimmenden Resultaten gelangt sind und so die beste Bestätigung der Deiters'schen Entdeckungen darstellen. Jastro-

1) Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe, XXXIV., S. 48—82, Taf. III.—VI.

2) Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere, 1870, S. 153.

3) Stricker, Handbuch d. Lehre von den Geweben, S. 670, Fig. 219, B.

4) Handbuch der Gewebelehre. Fünfte Auflage, 1867, S. 266—273, Figg. 188—191.

5) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks. Zweiter Theil, Jena 1867, S. 8, Taf. 1, Fig. 3

witz¹⁾) giebt eine ganz vorzügliche Beschreibung und Abbildungen dieser Zellen, die er ihrer charakteristischen Form nach als „Spinnzellen“ bezeichnet. Theilungen der feinen faserartigen Fortsätze hat Jastrowitz gleichfalls nur ausnahmsweise wahrnehmen können. In Bezug hierauf sind die Abbildungen Jastrowitz' correcter wie die von Deiters; anderseits ist das Kaliber der feinen faserartigen Fortsätze in Jastrowitz' Zeichnungen wohl etwas zu derb ausgefallen und verdient Deiters' Abbildung hierin wohl den Vorzug. Bemerkenswerth ist, dass auch Jastrowitz schou die von mir oben erwähnten interfibrillären Körnchenmassen gesehen und abgebildet hat.

Fast noch getreuer wie die von Jastrowitz sind die von Golgi²⁾ in seinen vortrefflichen Untersuchungen über die mikroskopische Anatomie der nervösen Centralorgane mitgetheilten Abbildungen. Hier ist der charakteristischen Form dieser Zellen, der Feinheit ihrer (stets unverästelten!) Ausläufer, sowie den interfibrillären Körnchenreihen volle Gerechtigkeit widerfahren. Endlich ist noch zu erwähnen, dass auch Rindfleisch³⁾ eine recht getreue Abbildung einer derartigen Zelle giebt, die „aus einem grau degenerirten Rückenmark erhalten“ wurde.

Es bleibt nun übrig zu erörtern, in welcher Weise diese Zellen, deren Formen und Eigenschaften im isolirten Zustande ich soeben abgehandelt habe, sich in ihrer natürlichen Lage, im Gewebe der weissen Stränge selber verhalten, welches ihre Beziehungen zu den übrigen Gewebslementen, zu den Blutgefassen und vor allem zu den Nervenfasern sind, welche die Hauptmasse der weissen Substanz des Rückenmarks ausmachen. Um diese Fragen zu entscheiden, ist es absolut nothwendig, feine Durchschnitte des vorher erhärteten Rückenmarks anzufertigen. Zur Erhärtung bediente ich mich mit dem besten Erfolg einer zweiprozentigen Lösung des von Gerlach⁴⁾ empfohlenen doppelchromsauren Ammoniak's, dem ich bei der Erhärtung der Centralorgane vor der Chromsäure, dem doppelchromsauren Kali und der Müller-schen Flüssigkeit weitaus den Vorzug gebe. Zur Färbung der feinen Schnitte dienten mir die ammoniakalische und die essigsaurer Carmin-

1) Studien über die Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters. Archiv f. Psychiatrie, II., S. 389—414, 1870; III., S. 162—214. Taf. III., IV., 1871.

2) C. Golgi, Contribuzione alla fina Anatomia degli Organi Centrali del sistema nervoso. Rivista Clinica, November 1871.

3) Handbuch der pathologischen Gewebelehre. Erste Auflage, Fig. 182.

4) Centralblatt f. d. med. Wissenschaft., 1867, S. 371.

lösung, der Hämatoxylin-Alaun und die von Gerlach angegebene Methode der Goldchlorid-Kaliumfärbung. Die besten Präparate hat mir die letztere Methode geliefert. Was die Richtung der Schnitte durch das erhärtete Rückenmark anbetrifft, so habe ich sowohl Quer- wie Längs- wie Schrägschnitte angefertigt. Für das Verständniss der hier in Frage kommenden anatomischen Verhältnisse habe ich jedoch die reinen, senkrecht auf die Längsaxe des Rückenmarks geführten Querschnitte am geeignetsten gefunden und kann ich meine Darstellung einzig und allein auf die von diesen dargebotenen Bilder beschränken, da ganz allein schon aus ihnen ein erschöpfendes Verständniss der Structur der weissen Substanz sich ableiten lässt.

Ich kehre nun zu der Aufgabe zurück, die den Ausgangspunkt dieser ganzen Untersuchung bildete, zu der histiologischen Analyse der allbekannten Septa, die von der grauen Substanz der Hörner ausgehend, in regelmässigen Strahlen einen jeden Querschnitt der weissen Säulen des Rückenmarks durchsetzen. In der Literatur findet man dieselben kurzweg als bindegewebige Septa ohne jede weitere Erläuterung ihrer feineren Structur bezeichnet.

Zunächst ist es leicht, sich an Querschnitten injicirter Rückenmarke die Ueberzeugung zu verschaffen, dass fast durchweg in diesen bindegewebigen Septis Blutgefässer und zwar Capillaren verlaufen. Alle Gefässe, die aus der grauen Substanz der Hörner in die weisse der Stränge eindringen, verlaufen in der Richtung und im Innern dieser Septa, und ihre in dem Rückenmark der getöteten Thiere fast stets collabirten Wände sind es, die einen nicht unbedeutenden integrirenden Bestandtheil der Substanz dieser Septa bilden.

Aber ausser der Gefässwand ist noch ein anderes histiologisches Formelement in diesen Septis vorhanden und es bleibt noch übrig zu erörtern, welches denn denselben das eigenthümliche straffe, feinstreifige, wie fibrilläre Aussehen giebt. Ich muss hier eine Thatsache vorausschicken, deren ausführliche Begründung ich erst an einer späteren Stelle dieser Arbeit geben kann. Dieselbe bezieht sich auf das Verhalten der Blutgefässer zu den eigenthümlichen von Deiters entdeckten Zellen, deren Beschreibung ich an die Spitze dieses Aufsatzes gestellt habe. Ich habe, wie ich hier vorausschicken will, gefunden, dass die Gefässe der Centralorgane durchweg, wie sonst wohl in andern Organen von einem discreten Zug fibrillären Bindegewebes, so von einem Zuge dieser Deiters'schen Zellen, einer Art von Adventitia, die aus diesen Zellen zusammengesetzt ist, begleitet werden. Gewöhnlich haben diese die Gefässe begleitenden Zellen eine ganz bestimmte

charakteristische Form: sie entsenden ihre faserartigen Fortsätze nicht multipolar nach allen Seiten, sondern nur nach zwei diametral entgegengesetzten oder gar nach einer Richtung, die dann mit der Längsrichtung des begleiteten Gefäßes zusammenfällt. So erklärt es sich also, wie die in den Septis verlaufenden Gefäße stets von einer feinstreifigen Masse eingehüllt erscheinen müssen. Von der Richtigkeit dieser Erklärung überzeugt man sich am besten an Isolationspräparaten. An Durchschnittspräparaten sind die Kerne dieser die Adventitia bildenden Zellen nur sehr schwer — am besten noch bei der Tinction mit Haematoxylin-Alaun — wahrzunehmen.

Die stärkeren Septa spalten sich, indem sie von der grauen in die weisse Substanz vordringen, in feinere und immer feinere Septa, in Verzweigungen, welche die ganze Substanz der weissen Stränge in feinere und immer feinere Bündel theilen. Auch bei diesen Scheidewänden letzter Ordnung, die endlich nur noch eine ganz geringe Anzahl — 4—6 oder gar noch weniger — einzelne Nervenfasern zu einzelnen Bündeln umschließen, überzeugt man sich leicht, dass die verästelten bindegewebigen Zellen den einzigen Bestandtheil bilden. Präparate, wie die Fig. 6—8 dargestellten, geben von den hier vorliegenden Verhältnissen die überzeugendste Anschauung. Solche Bilder werden am besten erhalten, wenn man nicht Sorge trägt, einen vollständigen und topographisch vollkommenen Rückenmarksquerschnitt zu erhalten, sondern wenn man den Schnitt möglichst noch innerhalb der Substanz der weissen Säulen frei auslaufen lässt, so dass der freie Rand des Präparates noch innerhalb des Querschnittes der weissen Säulen gelegen ist. Den freien Rändern derartiger Präparate sind eben die in den Figg. 6—8 dargestellten Abbildungen entnommen. Man sieht an diesen Präparaten auf das Vortrefflichste, wie die Interstitien zwischen den grösseren und kleineren Gruppen von Nervenfaserquerschnitten, ja zwischen den einzelnen Nervenfaserquerschnitten selbst, ausgefüllt werden durch feinste Fäserchen mit dazwischen verstreuten Granulis, welche ein zum Theil sehr feinmaschiges Netz bilden, in dessen Maschen eben die querdurchschnittenen Nervenfasern entweder einzeln oder in Bündeln eingeschlossen sind. In den Knotenpunkten dieses Netzes sieht man mit grosser Regelmässigkeit im Innern einer granulirten Masse Kerne liegen, von denen die feinen Fibrillen auszugehen scheinen. Schon ohne die Bekanntschaft mit den oben vorangestellten Resultaten der Isolationsmethode würde man aus einzelnen der abgebildeten Präparate mit ziemlicher Sicherheit die Vorstellung haben ableiten können, dass es sich um Zellen handelt von denen diese faserartigen Fortsätze

ausgehen, die nach allen Seiten multipolar ausstrahlend in alle Interstitien, sei es in die gröberen zwischen den einzelnen Nervenfaserbündeln, sei es in die feineren zwischen den einzelnen Nervenfasern selbst eindringen. Hält man aber noch mit diesen Bildern die Bilder der durch die Isolation dargestellten multipolaren Bindegewebszellen zusammen, so ergiebt sich mit einer an die Gewissheit gränzenden äussersten Wahrscheinlichkeit, dass in der That die multipolaren Zellen mit ihren nach allen Richtungen ausstrahlenden feinen Fasern und den denselben anhaftenden und dazwischen gestreuten interfibrillären Körnchen das einzige constituirende histiologische Formelement dieser feineren Septa sind.¹⁾ In den Knotenpunkten dieses feineren Netzwerkes liegen stets solche Zellen, deren faserartige Fortsätze nach den verschiedensten Richtungen hin divergiren, während die stärkeren Septa meist von solchen Zellenformen eingenommen werden, deren Fortsätze ein Büschel von nach einer Richtung hin verlaufenden Fasern darstellen.²⁾)

1) Ich kann an dieser Stelle nur anmerkungsweise darauf aufmerksam machen, dass auf dem Querschnitt der Stränge zwischen den Sonnenbildchen der querdurchschnittenen Nervenfasern ausser diesen bindegewebigen Fibillen noch feinste Nervenfibrillen in nicht unbeträchtlicher Anzahl vorhanden sind, die von den grauen Säulen nach der grauen Rindenschicht des Rückenmarks strebend die weissen Stränge in horizontaler Richtung durchsetzen. In dem zweiten Kapitel dieser Untersuchungen werde ich diesen feinsten horizontal verlaufenden Nervenfasern, die wahrscheinlich auch einen nicht unbeträchtlichen Anteil an der Constitution der von den grauen Säulen her in die weissen Stränge eindringenden „bindegewebigen Septa“ nehmen, eine ausführliche Erörterung zu widmen haben.

2) Gelegentlich der Beschreibung der Bilder, die diese feinen Durchschnitte der weissen Stränge gewähren, kann ich nicht umhin, auf eine histiologische Thatsache aufmerksam zu machen, die, wie mir scheint, bisher von den Untersuchern nicht hinreichend betont worden ist. Fast niemals — nur bei der sorgfältigsten und vorsichtigsten Steigerung der Concentration der erhärtenden Flüssigkeit — gelingt es, wirklich tadelfreie Querschnitte der weissen Rückenmarksstränge zu erhalten, d. h. solche, in denen in der That die natürliche Configuration der Theile vollständig erhalten geblieben ist. In den meisten Fällen entstehen (vgl Fig. 6) Vacuolen um die einzelnen Nervenfasern, indem das interstitielle Bindegewebe und die querdurchschnittenen Nervenfasern sich nicht gleichmässig gegen die erhärtende Flüssigkeit verhalten. Den meisten Abbildungen, die ich aus der Literatur kenne, haben offenbar derartige durch künstliche Vacuolenbildung entstellte Rückenmarksquerschnitte zu Grunde gelegen. (Vgl. besonders die Abbildungen Fig. 11 von Goll (Denkschriften der medicin.-chirurg. Gesellschaft des Cantons Zürich 1860), die Figg. 22, 23, 26, 29 der Henle'schen Nervenlehre, die Abbildungen

Ganz speciell muss ich noch das Vorhandensein der interfibrillären körnigen Substanz betonen. Beim Ochsen, dessen Rückenmark ich am sorgfältigsten untersucht habe und dem die grössere Mehrzahl der mitgetheilten Abbildungen entnommen ist, sind diese interfibrillären Kornchenmassen im Innern der Substanz der weissen Säulen auf den Querschnitten nur sehr sparsam nachzuweisen und wenn man sie nicht eben suchte, würde man sie sehr leicht übersehen können. Doch giebt es auch im Rückenmark des Ochsen eine Stelle, wo die Existenz dieser interfibrillären Kornchenmengen in sehr augenfälliger Weise zu demonstrieren ist: es ist dies die sogenannte Rindenschicht. Da, wo die weissen Stränge an die dünne graue Rindenschicht gränzen, findet sich Mehr und Mehr dieser körnigen Masse zwischen die faserartigen Fortsätze der Bindegewebszellen eingestreut, die Zwischenräume zwischen den Nervenfaserquerschnitten werden breiter und breiter, bis da, wo die Nervenfaserquerschnitte überhaupt aufhören, in der Rindenschicht selbst, nur noch ein Gewirr der faserartigen Ausläufer mit reichlich dazwischen eingestreuter molekulärer Masse vorhanden ist. Bei anderen Thieren (worauf schon Henle und Merkel aufmerksam machen) findet sich in den Interstitien zwischen den Nervenfaserquerschnitten die körnige Zwischensubstanz reichlicher vertreten (z. B. beim Kaninchen und Igel), doch fehlen auch bei diesen Thieren niemals die Bindegewebszellen mit ihren langen faserartigen Ausläufern. Zwischen den beiden Extremen, wo sehr wenig und wo sehr viel interfibrilläre Körnchen vorhanden sind, als deren Typen sich das Rückenmark des Ochsen und das des Kaninchens betrachten lassen, steht das Rückenmark des Menschen etwa in der Mitte: Hier ist Beides, sowohl Zellen mit Ausläufern als auch interfibrilläre Körnchen mit Leichtigkeit nachzuweisen.

Nach dieser so ausführlichen Beschreibung der Querschnittsbilder brauche ich hier nur ganz kurz der Bilder zu gedenken, welche die reinen Längsschnitte der weissen Säulen des Rückenmarks gewähren.

Figg. 188, 189 der fünften Auflage der Kölliker'schen Gewebelehre S. 267). Oft hat es den Anschein, als ob kleinere derartige Vacuolen als Querschnitte mächtiger Nervenfasern angesehen und als solche in der Zeichnung wiedergegeben sind. Für die Erkenntniss der Structur der Septa hat diese Eigenthümlichkeit der Vacuolenbildung nicht unbeträchtliche Vortheile, wie eine Vergleichung der Figg. 6—8 lehren mag. Die Verhältnisse der bindegewebigen Zellen sind in Fig. 6, wo eine Vacuolenbildung stattgefunden hat, viel leichter zu übersehen, wie in Figg. 7 u. 8, wo die Erhärtung sich gleichmässiger und ohne Vacuolenbildung vollzog. Bei Gelegenheit der perivasculären Lymphräume werde ich noch ausführlicher von der unter dem Einfluss der erhärtenden Reagentien stattfindenden Vacuolenbildung zu reden haben.

Dieselben bestätigen durchweg das, was sich bereits an den reinen Querschnitten des Rückenmarks über das Verhältniss der Zellen zu den Nervenfasern in befriedigender Weise ermitteln liess. Bemerkenswerth und neu ist an diesen Längsschnitten nur die grosse Regelmässigkeit, in welcher die Bindegewebszellen in Längsreihen zwischen den Nervenfasern und Nervenfaserbündeln angeordnet sind, wo sie oft lange, zusammenhängende Ketten von 10 und noch mehr Zellen bilden, die wie eine Reihe Epithelien neben einander liegen.¹⁾

Ich hoffe in dem Vorstehenden ein hinreichend klares Bild von der Anordnung des Bindegewebes in den weissen Strängen des Rückenmarks gegeben zu haben. Da es sich hier jedoch um verwickelte anatomische Verhältnisse handelt, die, wie sie ursprünglich nicht leicht richtig zu erkennen waren, so auch in ihrer klaren unzweideutigen Darlegung nicht unerhebliche Schwierigkeiten bieten, so halte ich es nunmehr noch für geboten, die Unterschiede, die zwischen meiner Auffassung und der meiner Vorgänger in Bezug auf diese Frage existiren, in einer kritischen Uebersicht der Literatur zusammenzufassen. Hierbei werden sich einzelne Seiten meiner Auffassung mit noch grösserer Deutlichkeit und Schärfe hervorheben, als es bei dem einfachen Vortrage derselben möglich war.

Ich beginne mit Henle und Merkel, die speciell den Querschnittsbildern der Rückenmarksstränge eine sehr eingehende Untersuchung gewidmet haben. Sie gelangen zu dem Schluss, dass das interstitielle Stroma der weissen Stränge zwar Bindegewebsfasern aufnehmen kann, an sich aber nicht faserig, sondern feinkörnig oder gar homogen ist. Unter den „Bindegewebsfasern“ verstehen sie die von mir beschriebenen faserartigen Ausläufer der Bindegewebszellen; den ausschliesslichen Zusammenhang dieser Fasern mit den Zellen haben sie nicht erkannt: sie nehmen freilich „sternförmige Bindegewebszellen“, daneben jedoch auch „vereinzelte Bindegewebsfibrillen“ und „fortsatzlose Körperchen“ an. Alle diese Formelemente sehen sie als Derivate der Pia Mater an, die von dieser her in die Substanz des Rückenmarks eingedrungen sind, mit dem eigentlichen Stroma des Rückenmarks aber nichts zu thun haben. Das eigentliche Stroma der Rückenmarks-

1) Gerade diese Längsschnittsbilder und das in ihnen stattfindende Verhältniss der Bindegewebszellen zu den Nervenfasern finde ich bei Frommann ganz vortrefflich wiedergegeben (Untersuch. Bd. I., Taf. I., Fig. 4, Taf. II., Fig. 5; Bd. II., Taf. II., Fig. 1), bedeutend besser wie die Querschnitte, die bei zu schwacher Vergrösserung und zu schematisch dargestellt sind.

stränge, in welches die Nervenfasern eingebettet sind, ist ihnen die gleichmässig feinkörnige Masse, die die dünne Rindenschicht des Rückenmarks bildet, und in welche ausser den Nervenfasern auch die von der Pia stammenden bindegewebigen Elementartheile bei einzelnen Thieren (Schaf, Ochse, Katze) in grösserer, bei anderen (Kaninchen, Schwein, Mensch) in geringerer Menge eingebettet sind, ohne jedoch zu derselben in einem anderen als einem heterologen Verhältniss zu stehen.

Diesem gegenüber habe ich Folgendes zu bemerken: Ich kenne in der weissen Substanz des Rückenmarks keine vereinzelten Bindegewebsfibrillen und keine fortsatzlosen Körperchen, sondern nur jene oben ausführlich beschriebenen Deiters'schen Zellen, mit ihren zahllosen fibrillenartigen Fortsätzen, für die ich nur die eine Analogie der Embryonalzellen des Bindegewebes nachweisen konnte. Ebenso wie diese Embryonalzellen zeigen die Deiters'schen Zellen ausser den Fibrillen noch interfibrilläre Körnchen einer wahrscheinlich eiweißartigen Substanz, die sich in Carmin lebhaft färben. Einzig und allein diese Deiters'schen Zellen mit den von ihnen ausgehenden Fibrillen sowie der körnigen Masse sind es, die die Interstitien zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz ausfüllen. Bei einzelnen Thieren wiegt das faserige Element dieses Gewebes vor, wie beim Ochsen. Bei anderen Thieren, wie beim Kaninchen, und in ganzen Localitäten, wie z. B. in der Rückenmarksrinde, überwiegt die körnige Masse die Menge der von den Zellen ausgehenden Fibrillen, so dass der Anschein einer homogenen feinkörnigen Zwischensubstanz entstehen kann. So erklären sich durch diese einfachste Annahme alle die zahllosen Verschiedenheiten, die die einzelnen Thierspecies, die Altersstadien und die einzelnen Localitäten des Rückenmarks bedingen können.

Auch den Versuch Henle und Merkel's, die Fasern und Zellen der weissen Substanz der Pia mater zuzurechnen und als Fortsätze derselben aufzufassen, kann ich als keinen sehr glücklichen bezeichnen. Die Beziehung dieser Elemente auf die Pia mater kann doch offenbar nur den Sinn haben, dass sie entwickelungsgeschichtlich als von der Pia mater aus entstanden anzusehen sind. Hierfür aber bringen Henle und Merkel keinerlei Beweise bei, sondern ihr ganzes Raisonnement stützt sich auf die Bilder, die die Rückenmarksquerschnitte erwachsener Thiere gewähren. Begreiflicher Weise können dieselben für die Entscheidung der aufgeworfenen Frage — wenn sie in dem entwickelungsgeschichtlichen Sinne gestellt war — von keinem Belang sein. Vielmehr ergeben meine später zu berichtenden entwickelungsgeschicht-

lichen Untersuchungen (welche allerdings nicht direct die weisse Substanz des Rückenmarks, sondern die des Gehirns behandeln) mit absoluter Gewissheit, dass die bindegewebigen Elemente von vornherein schon an Ort und Stelle vorhanden sind und einen integrirenden Theil der Embryonalanlage bilden und nicht erst durch von der Pia mater aus eindringende Fortsätze zwischen die nervösen Elemente eingeschoben werden. Sollte anderseits der Ausspruch Henle's und Merkel's genetisch nichts weiter präjudiciren, sondern nur den anatomischen Thatbestand ausdrücken, so ist die Frage, ob das interstitielle Gewebe der Säulen der Pia mater zuzurechnen sei oder nicht, eine solche, wie sie am besten gar nicht discutirt wird: es ist das eine reine Geschmackssache. Immerhin lässt sich auch dann noch gegen die Ansicht Henle's und Merkel's der gewichtige Einwurf geltend machen, dass von den gröberen Balken der Zwischensubstanz, die den Querschnitt der weissen Säulen durchziehen nur die bei weitem kleinere Hälfte sich von dem Rande des Rückenmarks nach dem Centrum zu verschmälert. Wenn diese auch zur Noth als von der Pia eindringende Fortsätze aufgefasst werden könnten, so giebt es dafür eine bei weitem grössere Anzahl anderer, die breit von der grauen Substanz der Hörner beginnen und nach der Pia zu sich auf das Feinste zuspitzen, ja dieselbe nicht selten überhaupt garnicht erreichen. Speciell am Rückenmark des Ochsen ist dieses Verhältniss sehr deutlich, wo überhaupt von der Pia mater aus nur Gefässe, niemals aber eine nennenswerthe Menge Bindegewebes in die weisse Substanz eindringt.¹⁾

Bei Frommann²⁾ findet sich ein eigenthümlicher Widerspruch zwischen Beschreibung und Abbildung. Während der Text Frommann's — aus dessen nicht sehr klar formulirter Beschreibung man allerdings auch eine Uebereinstimmung mit der später zu erörternen Ansicht Kölliker's herauslesen könnte — in Bezug auf das Verhältniss der Zellen zu den Nervenfasern der weissen Substanz und zu den von ihnen ausgehenden bindegewebigen Fasern, „Fasernetzen“, wie Frommann sagt, nahezu mit der von mir entwickelten Anschauung übereinstimmt, lassen die Abbildungen in der That bezweifeln, ob Frommann jemals wohlerhaltene Exemplare Deiters'scher Zellen gesehen hat. Hätte er die isolirten Zellen an wirklichen Macerations-

1) Auf das Verhältniss der Pia mater zu den Centralorganen überhaupt werde ich im weiteren Verlauf der Untersuchungen noch zurückzukommen haben.

2) Untersuchungen Bd. II., S. 8, 9, Taf. II., Fig. 3.

präparaten und nicht an erhärteten Schnitten¹⁾ zu studiren gesucht, so wäre seine Polemik gegen die Deiters'sche Beschreibung dieser Bindegewebszellen und die Bedeutung der netzförmigen Anastomosirung der Fasern wahrscheinlich unterblieben.

Gerlach²⁾ betrachtet die Zwischensubstanz in den Säulen des Rückenmarks als eine feinkörnige Masse, in der ein feinstes Netzwerk feinster elastischer Fäserchen eingelassen ist. Ausser dem Fasernetz feinster elastischer Fasern finden sich in der feinkörnigen Grundsubstanz noch zellige Gebilde.

Gerlach ist, wie aus seiner Beschreibung und noch mehr aus seiner Abbildung dieser zelligen Gebilde auf das unzweideutigste erhellt, der wahre Charakter dieser Zellen, speciell ihr Zusammenhang mit den feinen Fibrillen völlig entgangen. Auch in Bezug auf das von den Fibrillen gebildete feine Netzwerk ist ihm ein Irrthum begegnet. Wie ich oben weitläufig nachgewiesen habe, anastomosiren die von den Zellen ausgehenden Fibrillen nicht oder doch nur ausserordentlich selten mit einander, sondern verlaufen völlig ungetheilt, unverästelt und unverbunden: sie bilden so ein Gewirr und ein Filzwerk von grosser Feinheit, aber kein eigentliches Netzwerk mit wirklichen Anastomosen, — jedenfalls nicht mit so reichlichen, wie Gerlach sie abbildet. Andrereits verdient eine Bemerkung Gerlach's, die gegen Henle und Merkel gerichtet ist, volle Beachtung. Die letztgenannten Forscher haben die feinen Fäserchen als einfache Bindegewebsfibrillen, wie solche die Hauptmasse des fibrillären Bindegewebes bilden, angesehen wissen wollen. Gerlach macht hiergegen geltend, dass das Ausschen derselben, sowie ihre nicht unbeträchtliche Resistenzfähigkeit gegen Alkalien sie vielmehr dem elastischen Gewebe nähern. Ich finde, dass dieselben ihrem Aussehen und ihren chemischen Eigenthümlichkeiten nach keineswegs so einfach mit den Fibrillen des lockigen Bindegewebes zusammenzuwerfen sind, wie Henle und Merkel 'es gethan haben. Setzte ich derartige isolirte Zellen unter dem Deckglase einem continuirlichen Strom von Essigsäure aus, so wurden die von den Zellen ausgehenden Fibrillen allerdings etwas blasser, waren aber selbst nach Verlauf von zwei Stunden noch deutlich zu sehen, während gewöhnliches fibrilläres Bindegewebe schon längst in eine homogene Masse umgewandelt war. Ich notire hier vorderhand diesen

1) Ebenda pag. 127.

2) Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben, pag. 669, 670, Fig. 219.

Unterschied, ohne an dieser Stelle weiter auf die heikle Frage einzugehen, zu welcher Klasse diese Fibrillen nun eigentlich zu rechnen seien, ob zu den elastischen Fasern oder den Bindegewebsfibrillen.¹⁾

Kölliker²⁾ findet in den Interstitien der Nervenfasern der Rückenmarksstränge ein Netz sternförmiger Zellen, deren Ausläufer auf das Zahlreichste verästelt sind und sowohl unter einander als mit denen benachbarter Zellen auf das Reichlichste zusammenhängen. Es ist dies ein Versuch, die von Max Schultze in der Retina beschriebene Structur des interstitiellen Gewebes, die ich später noch ausführlicher besprechen werde, auch auf die weisse Substanz des Rückenmarks anzuwenden. Ich darf auf Grund meiner Untersuchungen behaupten, dass derartige Zellen mit in dieser Weise verästelten Ausläufern, wie Kölliker sie beschreibt und in Fig. 190 auch aus den Hintersträngen des menschlichen Markes abbildet, in der That nicht existiren.

Der neueste Schriftsteller über diesen Gegenstand ist endlich Golgi. Beschreibung und Abbildungen desselben stimmen auf das Genaueste mit dem überein, was ich über die Gestalt der Bindegewebzellen und über die Art, wie sie und ihre Ausläufer die Interstitien zwischen den Nervenfasern ausfüllen, ermittelt habe. Das Vorhandensein der interfibrillären körnigen Masse ist hingegen von Golgi gerade für die weissen Stränge des Rückenmarks nicht in dem Maasse hervorgehoben worden, wie dasselbe es verdient hätte.

Indem ich hier die Schilderung der weissen Substanz des Rückenmarks verlasse, gehe ich dazu über, die Structur derselben auch an anderen Stellen des Centralorgans zu schildern. Diese Aufgabe lässt sich dadurch sehr vereinfachen, dass ich an ein einziges Object anknüpfe, welches als ein vollgültiger Repräsentant der weissen Substanz des Gehirns gegenüber der der weissen Rückenmarksstränge betrachtet werden kann. So oft und vielfach ich auch die weisse Substanz von

1) Meine Beobachtungen über den „elastischen Streifen“ und über die elastischen Fasern der Sehne zusammengehalten mit meinen Untersuchungen über die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes, haben mich zu der Ueberzeugung gebracht, dass die starre Unterscheidung zwischen elastischen Fasern und Bindegewebsfibrille wie bisher in der Histologie üblich war, nicht mehr aufrecht zu erhalten sein wird. Ausführlicher werde ich diese Frage an einer andien Stelle behandeln, wo ich zugleich Gelegenheit nehmen werde, die von v. Török (Centralblatt für die med. Wissensch., 1872, S. 66) und von Pon flick (Centralblatt für die med. Wissensch., 1872, S. 116) gegen meine Beobachtungen gemachten Einwürfe zu widerlegen.

2) Kölliker, *Gewebelehre*. Fünfte Auflage, S. 267, Figg. 188—191.

den verschiedensten Stellen des Gehirns untersuchen mochte (Trabs, weisse Substanz der Hemisphären des Grosshirns und des Cerebellum, Pedunculi Cerebri und Cerebelli), bin ich doch stets mit einer gewissen Vorliebe wieder zu der Schicht weisser Substanz zurückgekehrt, welche die freie Ventrikelfläche des Corpus opticum überzieht und diese ist es, welche ich der nachfolgenden Beschreibung zu Grunde gelegt habe. Die Vorzüge, welche dieses Object vor andern hat, bestehen darin, dass an einem erhärteten Corpus opticum die Richtung des Verlaufes der Nervenfasern schon durch das blosse äussere Ansehen leichter festzustellen ist, wie an anderen erhärteten Gehirntheilen. Wie wichtig es aber ist, die Schnitte nach Belieben genau senkrecht oder genau parallel dem Verlauf der Nervenfasern zu führen, wird aus der weiteren Darstellung noch genugsam hervorgehen. Ein zweiter Vorzug dieses Objectes ist, dass an ein und demselben Präparat sowohl über die Structur der weissen Substanz, wie auch über das Verhältniss derselben zu dem dieselbe unmittelbar überziehenden Epithel des Ependyma ventriculorum sich gleichzeitig interessante Aufschlüsse erhalten lassen, auf die ich an einer anderen Stelle ausführlicher einzugehen beabsichtige.

Ich beginne mit der Beschreibung der beiden in den Figg. 9 und 10 wiedergegebene Durchschnitte, von denen der erstere parallel der Längsrichtung der Nervenfasern, der zweite senkrecht auf derselben geführt ist. Beide Durchschnitte sind dem Corpus opticum des Schafes entnommen, mit Carmin gefärbt und durch Kreosot aufgehellt worden. Sie eignen sich vortrefflich, die Structureigenthümlichkeiten der weissen Hirnsubstanz, sowie die Verschiedenheiten des Aussehens der weissen Hirnsubstanz von dem der weissen Rückenmarksubstanz festzustellen.

Fig. 9. mag als ein Muster eines Längsschnittes der weissen Substanz des Gehirns überhaupt dienen; denn nicht blos im Corpus opticum, sondern auch im Trabs und im weissen Hemisphärenmark des Cerebrum und des Cerebellum wird man, vorausgesetzt, dass die Schnittrichtung mit dem Verlauf der Nervenfasern parallel war, stets ein fast völlig gleiches Bild erhalten. Man sieht zwischen den Nervenfasern lange, mehr oder minder regelrechte, einfache Reihen kubischer Zellen, die mit einem Epithel grosse Aehnlichkeit haben, sich erstrecken. An den nach der oben erwähnten Methode hergestellten Präparaten erscheinen die kubischen Zellen meist fortsatzlos; nur einige wenige Zellindividuen zeigen einige kurze Fortsätze, deren weitere Verfolgung meist nicht gelingt. Neben diesen Zellen und den Nervenfasern gelingt

es jedoch bei einiger Aufmerksamkeit noch eine Reihe anderer Formelemente in derartigen Längsschnitten nachzuweisen: dunkle sternförmige oder spindelförmige Körperchen, die scheinbar regellos zwischen den Nervenfibrillen zerstreut liegen, und deren Längsaxe gleichfalls stets der Richtung der Nervenfasern parallel verläuft. Wenn ich noch erwähne, dass besonders deutlich an den Rändern des Präparates eine homogen und gleichmäßig zwischen den Nervenfibrillen vertheilte Körnchenmasse nachzuweisen ist, die alle Zwischenräume zwischen den Fasern vollständig auszufüllen scheint, so ist damit die Beschreibung des Längsschnittes als erschöpft anzusehen.

Das in Fig. 10 wiedergegebene Bild eines Querschnittes erhält dadurch eine besonders charakteristische Bedeutung, dass in demselben — was im Corpus opticum nicht zu den Seltenheiten gehört — die Hauptmasse der querdurchschnittenen Nervenfasern durch einen feinen Strang senkrecht darauf gestellter Fibrillen, die natürlich im Längsschnitt erscheinen müssen, durchbrochen wird. Es sind also hier in demselben Präparat die charakteristischen Eigenthümlichkeiten des Querschnitts und des Längsschnittes theilweise wenigstens vereinigt. Auf dem Querschnitt sieht man, wie die Masse querdurchschnittener Nervenfasern in unvollständiger und etwas unregelmässiger Weise durch dazwischenliegende Zellen in Felder von annähernd gleichen Dimensionen und Formen abgetheilt ist. Diese Abtheilung in Fascikel wird theilweise durch die schon von dem Längsschnitt her bekannten kubischen Zellen theilweise durch dünnerne Septa, deren eigentliche Structur auf dem Querschnitt nicht auszumachen ist, bewerkstelligt. Hält man die Bilder des Längsschnittes und des Querschnittes der weissen Substanz zusammen, so würde sich etwa folgende Gesammtvorstellung über die Structur der weissen Substanz ergeben: die Nervenfasern derselben sind mit ziemlicher Regelmässigkeit in Bündeln angeordnet, deren jedes einzelne wohl 50 und mehr Fibrillen enthalten mag. Diese Bündel werden umhüllt und mehr oder minder vollständig von einander abgegränzt, theils durch kubische, nach Art eines Epithels angeordnete Zellen, theils durch dünnerne, auf dem Durchschnitt wie membranös erscheinende Scheidewände, deren histiologische Zusammensetzung an Durchschnittspräparaten nicht mit wünschenswerther Schärfe zu eruiren ist. Ausserdem existirt noch gleichmässig in der ganzen weissen Substanz in den Zwischenräumen zwischen den Nervenröhren verbreitet eine feinkörnige Masse.

So weit und nicht mehr vermögen die Durchschnitte Aufschluss über die Structur der weissen Substanz zu geben. Alle weitere Auf-

klärung muss von den Isolationspräparaten hergenommen werden. Diese Isolationspräparate in befriedigender Weise herzustellen, ist mir jedoch nicht leicht geworden. Es stellte sich bald heraus, dass die gewöhnliche und an andern Stellen so vielfach mit dem besten Erfolge gekrönte Methode der Maceration in den bekannten M. Schultze-schen verdünnten Chromsäure-Lösungen hier durchaus keine befriedigenden Resultate geben wollte. Während es in den weissen Säulen des Rückenmarks der verdünnten Chromsäure sehr wohl gelungen war, die bindegewebigen Elemente derselben, die Deiters'schen Zellen, in voller Schönheit darzustellen, konnte für die weisse Substanz des Gehirns der verdünnten Chromsäure keine hervorragende Wirkung beigemessen werden. Bei den nach dieser Methode hergestellten Macerationspräparaten schwamm das ganze Gesichtsfeld des Microscops voll von Trümmern von Nervenfasern und unregelmässig geballten Massen Nervenmarks. Von als bindegewebig zu deutenden Elementen liessen sich nur sehr spärliche und vereinzelte Deiters'sche Zellen, und eine mehr oder minder grosse Anzahl frei in der Flüssigkeit umherschwimmender Kerne entdecken. Eine irgendwie erschöpfende Vorstellung über Art und Gestaltung der bindegewebigen Elementartheile liess sich diesen Präparaten nicht entnehmen. Reihen von Zellen, wie man dieselben nach den Bildern der Durchschnitte hätte erwarten sollen, habe ich in nach dieser Methode dargestellten Präparaten niemals gesehen.

Etwas bessere Präparate habe ich erhalten, wenn ich statt der verdünnten Chromsäure - Lösungen eine etwa 1 procentige Lösung doppelt-chromsauren Ammoniak's anwandte, in welcher ich die Stückchen weisser Substanz etwa 4—8 Tage verweilen liess. Auch Jastrowitz, dem gleichfalls die verdünnten Chromsäure - Lösungen nur im höchsten Grade unzureichende Resultate gegeben haben, hat sich einer ähnlichen Methode bedient. Ich finde, dass es bei diesen Methoden, namentlich wenn man die von Jastrowitz angewandte Hämatoxylin-Färbung mit hinzunimmt, in der That gelingt, über die hier vorliegenden sehr verwickelten anatomischen Verhältnisse zur Klarheit zu gelangen. Ich selber habe meine Resultate jedoch nicht dieser Methode, sondern einer bei weitem vorzüglicheren zu verdanken, der Anwendung der Ueberosmiumsäure. Schon fast so lange, als ich mich überhaupt mit den nervösen Centralorganen beschäftigte, habe ich mich dieses Reagens nach M. Schultze's Vorgang bedient, das auch von Golgi und Rindfleisch mit so gutem Erfolge angewandt worden ist, und habe gefunden, dass dasselbe in manchen Fällen ein in der That unentbehr-

liches und unersetzliches Hülfsmittel darstellt. Ein besonders eclatanter Fall ist der vorliegende, wo die Anwendung der Ueberosmiumsäure allein mit grosser Leichtigkeit die Schwierigkeiten beseitigt, die einer befriedigenden Erkenntniss des anatomischen Thatbestandes sich entgegenstellen. Ich wende dieses Reagens in folgender Weise an: ich lege Stückchen weisser Substanz, deren Durchmesser jedoch eine Linie nicht überschreiten darf, 24 Stunden in Ueberosmiumsäure von $\frac{1}{10}$ %, spüle dieselben dann in destillirtem Wasser ab und bringe sie dann in die von Max Schultze empfohlene concentrirte wässrigé Lösung von essigsaurem Kali. Hier halten sich die durch und durch schwarz gefärbten Stückchen unbeschränkte Zeit. Es gelingt leicht durch Zerzupfen oder durch Druck auf das Deckglas eine hinreichend feine Zerdeihlung der Stückchen zu erzielen. An so hergestellten mikroskopischen Präparaten sind die Nervenfasern intensiv schwarz, alles Bindegewebe hingegen, Zellen mit Kernen und Ausläufern gar nicht gefärbt. Man erkennt nun mit grosser Leichtigkeit die aus dem Längsschnitte des Corpus opticum bekannten Längsreihen und Ketten von Zellen wieder, die theils (kürzer oder länger im Zusammenhange erhalten) in der Flüssigkeit frei umherschwimmen, theils noch zwischen den Nervenfasern, also *in situ* sich befinden.

Von der hier vorkommenden grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen mögen die in den Figg. 11 und 12 wiedergegebenen Exemplare von Zellen und grösseren und kleineren Bruchstücken von Zellenketten¹⁾ eine Vorstellung geben. Diese der weissen Substanz des Schafes und des Kaninchens entnommenen Zellen stimmen in hohem Grade mit denen des Menschen, wie Jastrowitz dieselben aus dem menschlichen Hemisphärenmarke abbildet, überein. Auch vermag ich der vortrefflichen Beschreibung der verschiedenen Zellenformen, die sich gleichfalls bei diesem ausgezeichneten Forscher findet, nur wenig Neues hinzuzufügen. Wie Jastrowitz finde auch ich, dass diese Zellen mit ihren relativ grossen und regelmässig runden Kernen nicht nach allen Dimensionen hin gleichmässig entwickelt, sondern meist nach einer Richtung hin abgeplattet sind, was ihnen eine gewisse Aehnlichkeit mit der Linsenform verleiht. Die Form der isolirten Zellen selbst ist eine sehr verschiedene. Es mag dies zum Theil in der grossen Zartheit und Gebrechlichkeit dieser Zellen, die sehr leicht bei der Isolation

1) Nicht selten finden sich nicht blos Ketten, d. h. Einzelreihen, sondern auch doppelte und dreifache neben einander geordnete Längsreihen dieser epithelartig angeordneten Zellen.

leiden und verstümmelt werden können, begründet sein, wird aber doch wohl auch in der grossen Breite der wirklichen, praeformirten, nicht artificiellen Verschiedenheiten seinen Grund haben. Für die Mehrzahl dieser isolirten Zellen ist ein eigenthümlich zarter und unsicherer Gränz-contour des Zellenkörpers charakteristisch, so dass nicht selten die Gränzen der zu einer Kette gehörigen Zellen nur sehr undeutlich ausgeprägt sind und mitunter die zu einer Kette vereinigten Zellen ein Continuum, einen einzigen kernhaltigen Balken darzustellen scheinen. Sehr wandelbar ist die Anzahl und die Natur der von dem Zellenleib ausgehenden Fortsätze. Um den Kern herum liegt eine grössere oder geringere Menge körniger oder feinstreifiger Substanz, die den Kern gleichmässig umgibt, ohne besondere Fortsätze nach der einen oder anderen Richtung hin zu bilden, doch ist es in diesem Falle schwer zu entscheiden, ob diese fortsatzlosen Bildungen wirklich so praeformirt oder ob ihre Fortsätze bei der Isolation nur abgebrochen waren. Die Mehrzahl der isolirten Zellen ist in der That mit deutlichen Fortsätzen versehen: die Zellen erscheinen dann nicht rundlich, sondern polygonal und sind an ihren verschiedenen Ecken in längere oder kürzere, bald rundliche, bald platte, bandartige Fortsätze ausgezogen, die theils ein granulirtes, theils ein feinstreifiges Aussehen besitzen.¹⁾ Sehr oft ist die Zahl dieser Fortsätze eine sehr ansehnliche, so dass von einzelnen Zellen sich ein ganzes grosses Büschel feiner Fortsätze abzulösen scheint. Diese Fortsätze sind oft sehr lang und von sehr grosser Feinheit, dabei unverästelt, so dass ihre hohe Aehnlichkeit mit den Deiters'schen Zellen, wie ich dieselben aus dem Rückenmark beschrieben habe, sehr auffallend ist. Meist sind sie von den letzteren noch durch den grösseren granulirten Zellenleib unterschieden; in einigen Fällen erscheint jedoch auch dieser so unbedeutend und geschrumpft, wie in der weissen Substanz des Rückenmarks, und die zwischen den feinen Nervenprimitivfasern des Corpus opticum und des Marklagers der Hemisphären reihenartig angeordneten Zellen sind in diesem Falle dann nicht von den Zellen der weissen Stränge des Rückenmarks zu unterscheiden. Es scheint diese grosse Verschiedenheit der hier vorkommenden Zellformen durch verschiedene Ein-

1) Es ist hier der Ort, zu bemerken, dass neben diesen Bindegewebszellen sehr zahlreiche kleine echte Ganglienzellen in der weissen Substanz des Gehirns vorkommen, die oft nur mit Mühe von den Bindegewebszellen zu unterscheiden sind. Bei der Besprechung der nervosen Elementartheile werde ich noch ausführlicher von denselben zu handeln haben.

lasse bedingt zu sein, unter denen die Thierspecies und das Alter oben an stehen. Im Allgemeinen finde ich es schwer, hierüber bestimmte Angaben zu machen, da in keinem einzigen der untersuchten Thiere, welcher Species dasselbe auch angehören und wie alt oder jung es auch sein möchte, ich das eine oder das andere Extrem der hier vorkommenden Zellformen, die Deiters'schen Zellen oder die einfachen, fast mit einander verschmolzenen und der Fortsätze fast entbehrenden Protoplasmaklumpen gänzlich vermisst habe. Im Allgemeinen lässt sich mit Sicherheit die Thatsache aussprechen, dass bei kleinen Thierspecies sowie bei jungen Thieren in der weissen Substanz die fortsatzarmen Zellen, bei grösseren sowie bei älteren Thieren die fortsatzreicheren resp. die Deiters'schen Zellen vorwiegend vertreten sind.

Hält man diese durch die Isolationsmethode gewonnenen Resultate mit den Bildern der Durchschnitte, der reinen Längsschnitte sowohl, wie der reinen Querschnitte zusammen, so dürfte sich folgende Vorstellung über die Structur der weissen Substanz des Corpus opticum, die mit der weissen Substanz des Grosshirns überhaupt identisch ist, ergeben: Die feinen markhaltigen Primitivnervenfasern sind in Bündeln von je 50 bis 60 Fasern angeordnet. Diese im Allgemeinen rundlichen Bündel sind überkleidet von unvollständigen Scheiden, die wiederum aus Zellen zusammengesetzt sind, die nach Art eines Epithels angeordnet erscheinen. Die Bekleidung und gegenseitige Abgränzung dieser Bündel ist jedoch, wie ein Blick auf den Querschnitt Fig. 10 zeigt, keineswegs eine vollständige, sondern in der Decke epithelial angeordneter Zellen finden sich Lücken, wo keine eigentlichen Zellen die benachbarten Bündel trennen. Hier wird theils durch bandartige Fortsätze, die von den Zellen ausgehen, theils durch die Capillargefässer, die in der weissen Substanz des Gehirns meist genau der Verlaufsrichtung der Nervenfasern folgen, eine mehr oder minder ausgesprochene Scheidung der einzelnen Nervenfaserbündel hergestellt. Die Zellen, welche so in epithelioider Anordnung eine unvollständige Decke der einzelnen Nervenbündel herstellen, sind meist in der auf die Axe des Nervenfaserbündels senkrechten Richtung abgeplattet und haben daher im Allgemeinen eine Linsenform. Fast alle besitzen sie zahlreiche Fortsätze, die theils zwischen den Zellen selbst auf der Oberfläche der Bündel verlaufen, theils in die Tiefe des Bündels selbst zwischen die einzelnen Nervenprimitivfasern eindringen und so eine Art von Fachwerk auf der Oberfläche und im Innern des Bündels herstellen. Zu erwähnen ist noch, dass vereinzelte dieser abgeplatteten und verästelten Zellen auch im Innern der Bündel zwischen den Ner-

venfasern selbst, einzeln und abgelöst aus dem epithelartigen Zusammenhang vorkommen. Die Form aller dieser in der weissen Substanz des Gehirns enthaltenen, bald zusammenhängend auf der Oberfläche der Nervenbündel angeordneten, bald isolirt zwischen den Nervenfasern verstreuten Zellen, die Anzahl ihrer Fortsätze u. s. w. ist eine sehr wechselnde. Ob diese Zellen mitunter nach Art der bekannten das Gerüstwerk der Lymphdrüsen bildenden Zellen Anastomosen mittelst ihrer Fortsätze herstellen, ist bei der grossen Zartheit der Fortsätze sehr schwer zu entscheiden; Regel ist eine solche Bildung keinenfalls. Ausser diesen Zellen und ihren so verschiedengestaltigen Fortsätzen ist zwischen den Nervenfasern, wie es scheint, nur noch eine geringe Menge einer feingranulären Substanz vorhanden. Dieselbe ist besonders an den Rändern von Durchschnittspräparaten deutlich, an Isolationspräparaten ist begreiflicher Weise Nichts von derselben zu sehen.

Sehr interessante Resultate erhält man, wenn man die Structur der weissen Substanz des Gehirns, wie ich dieselbe soeben auseinander gesetzt habe, vergleicht mit der Structur der weissen Säulen des Rückenmarks, die ich oben ausführlich schilderte. Es lässt sich die Einheit des Structurprincips, die zwischen der weissen Substanz des Rückenmarks und des Gehirns obwaltet, mit geringer Mühe feststellen. Im Rückenmark sowohl wie im Gehirn sind zwischen die einzelnen Nervenfaserbündel Zellenketten eingeschaltet, deren Längsrichtung dem Faserverlauf der Nerven parallel gerichtet ist. Im Rückenmark sowohl wie im Gehirn besitzen diese Zellen Fortsätze, mit denen sie die einzelnen Nervenfasern und die Bündel umgreifen und umschließen. Ausser diesen Zellen scheint im Rückenmark sowohl wie im Gehirn zwischen den Nervenfasern eine sehr fein vertheilte feinkörnige Substanz vorzukommen. Die Unterschiede, welche zwischen der Structur der weissen Stränge des Rückenmarks und der weissen Substanz des Gehirns bestehen, lassen sich dahin zusammenfassen, dass in ersteren, wo das Kaliber der Nervenfasern ein viel beträchtlicheres ist, die Durchwachung der Nervenmasse durch die bindegewebigen Zellen und ihre Ausläufer sehr viel ausgebildeter ist, sehr viel mehr in's Detail geht, wie im Gehirn. In den Strängen des Rückenmarks sind die letzten vom Bindegewebe umspönnenen Abtheilungen und feinsten Bündel von Nervenfasern sehr klein: sie enthalten selten mehr wie 5 oder 6 Nervenfasern. Im Gehirn hingegen, wo das Kaliber der Nervenfasern ein sehr viel feineres ist, enthalten die einzelnen letzten Abtheilungen der weissen Substanz, soweit sie durch das umgebende Bindegewebe zu einzelnen

Strängen abgegränzt und zusammengefasst werden, bis zu 50 Nervenfasern.

Mit diesem Unterschiede geht noch eine andere sehr in die Augen fallende Differenz Hand in Hand. In der weissen Substanz des Gehirns zeigen die die Nervenfaserbündel umscheidenden Zellen einen ganz anderen histologischen Charakter und ein ganz abweichendes Verhalten wie in den weissen Strängen des Rückenmarks. Lange war ich geneigt, hierin einen fundamentalen Unterschied der weissen Substanz des Rückenmarks von der des Grosshirns zu suchen, bis mich eine erweiterte und tiefer eindringende Kenntniss eines Besseren belehrte. Wenn ich auch in der Natur der Bindegewebzellen einen fundamentalen Unterschied zwischen Rückenmark und Gehirn nicht statuiiren kann, bleibt doch wenigstens die Thatsache bestehen, dass die Mehrzahl der Bindegewebzellen des Rückenmarks ein auffallend verschiedenes Aussehen von der Mehrzahl der Bindegewebzellen des Gehirns zeigt. Die Unterschiede lassen sich kurz dahin präzisiren, dass, während die Bindegewebzellen des Rückenmarks, als deren wesentliche Form ich die von mir sogenannte Deiters'sche Zelle beschrieben habe, durch einen äusserst spärlichen, in den meisten Fällen verschwindenden Zellenleib und die hohe Entwicklung eines sehr zahlreichen Systems feiner und sehr langer Fortsätze ausgezeichnet sind, bei den Bindegewebzellen der weissen Hirnsubstanz der eigentliche Zellenleib keineswegs eine so verschwindende Rolle spielt, sondern stets ziemlich kräftig entwickelt ist, während andererseits die Fortsätze meist lange nicht die Anzahl und die Länge erreichen, welche für die Zellen des Rückenmarks so charakteristisch ist. Ausserdem ist noch in der Gestalt dieser Fortsätze ein wesentlicher Unterschied zu bemerken. In der weissen Substanz des Gehirns sind die von den Zellen ausgehenden Fortsätze oft sehr weich, zart, platt und bandartig, was im Rückenmark bei den Deiters'schen Zellen niemals vorkommt.

Trotz dieser wohl jedem Beobachter sich leicht und klar aufdrängenden Unterschiede ist es dennoch nicht möglich, das Bindegewebe der weissen Substanz des Rückenmarks irgendwie durchgreifend von dem des Gehirns zu trennen. Es gelingt aus jedem Stück der weissen Substanz des Gehirns mittelst der Macerationsmethoden Deiters'sche Zellen zu isoliren, die denen des Rückenmarks vollkommen gleichen (Figg. 2—5¹), wenn sie auch im Gehirn viel spar-

1) Einer eigenthümlichen Form der Deiters'schen Zellen muss ich noch gedenken, welche mein Freund Dr. Maurice Debove aus Paris, der

samer vorzukommen scheinen, wie im Rückenmark. Von diesen Deiters'schen Zellen finden sich nun in den durch die Ueberosmiumsäure hergestellten Isolationspräparaten zahlreiche vollständige Uebergänge zu den in Zellenketten angeordneten polygonalen Zellen, wie Jastrowitz dieselben zuerst beschrieben hat, so dass es mir nicht statthaft erscheint, an einem irgendwie durchgreifenden Unterschiede der gewöhnlichen Bindegewebzellen der weissen Substanz des Gehirns und der Deiters'schen Zellen sowie der Structur der Rückenmarksstränge und der weissen Substanz des Gehirns festzuhalten. Beide sind vielmehr ihrem innersten Wesen nach identisch.

Ich habe versucht, in dem Obenstehenden eine erschöpfende Darstellung von der Structur der Bindesubstanz der weissen Substanz der Centralorgane überhaupt, von Gehirn sowohl wie von Rückenmark zu geben. Eine solche existierte bis dahin in der histiologischen Literatur noch nicht, wie überhaupt die weisse Substanz bis in die neueste Zeit zu den vernachlässigtsten Capiteln der mikroskopischen Anatomie gehörte. In Bezug auf den beststudirtesten Theil derselben, die weissen Stränge des Rückenmarks, ist die einschlägige Literatur bereits oben zusammengestellt und kritisch erörtert worden. Es bleibt also hier nur übrig, das zu besprechen, was sich in der Literatur über die Structur der weissen Substanz des Gehirns findet.

Henle's Scharfblick ist die augenfälligste Structureigenthümlichkeit der gesammten weissen Substanz der nervösen Centralorgane, das regelmässige reihenweise Vorkommen von Zellen zwischen den Nervenfasern und Nervenfaserbündeln für das Rückenmark sowohl als auch für das Gehirn nicht entgangen.¹⁾ Weniger glücklich ist er in der Auffassung der in diesen Reihen angeordneten zelligen Elemente selber gewesen. Fortsätze hat er an denselben niemals sehen können, ja er weiß nicht einmal zu entscheiden, ob hier nackte Kerne oder Zellen vorliegen.²⁾

sich im Herbste 1869 mit dem Studium der nervösen Centralorgane unter meiner Leitung beschäftigte, im Corpus opticum des Schafes auffand, wo ich dieselben später noch öfter wiedergefunden habe, ohne dass es mir jedoch gelungen wäre, dieselben auch an andern Localitäten der Centralorgane nachzuweisen. Dieselben sind Fig. 5 dargestellt und sind wohl bei der Armut der Fortsätze und dem fast gänzlichen Verschwinden ihres Zellenleibes als die einfachste Form der Deiters'schen Zellen anzusuchen. — Auch die oben beschriebenen Pinselzellen kommen in der weissen Substanz des Corpus opticum in ganz besonderer Häufigkeit vor.

1) Nervenlehre, S. 20, S. 62, Fig. 25, S. 260, Fig. 189, S. 264, Fig. 192.

2) Dass dieses bei manchen Methoden allerdings eine durchaus nicht leichte Aufgabe ist, zeigt u. A. meine Abbildung Fig. 9, die nach einem mit

Die Signatur dieser ungenügenden Erfassung der histologischen Begriffe ist der unklare oder, wie Henle und Merkel euphemistisch sagen, „nichts präjudicirende“ neue anatomische Terminus, welchen Henle und Merkel¹⁾ für diese Zellenketten einzuführen sich veranlasst sehen. Sie adoptiren die für diese Verlegenheit geschaffene und an den „Körnerschichten“ der Retina und des Kleinhirns eingebürgerte histiologische Bezeichnung der „Körner“ auch für die im Innern der weissen Substanz in Längsreihen und Ketten angeordneten Elemente. Ich kann dem gegenüber nur, wie auch schon Jastrowitz thut, betonen, dass freie Kerne oder Elemente, deren Zellennatur irgendwie bestritten werden könnte, in der weissen Substanz weder des Rückenmarks noch der Centralorgane überhaupt vorkommen, dass es mir vielmehr durchweg gelungen ist, die „Körner“ stets als echte Zellen, mit allen Attributen der Zellen nachzuweisen, und dass es mithin einer derartigen schielenden Bezeichnung wie „Körner“ wenigstens für die in der weissen Substanz eingelagerten zelligen Elemente in keiner Weise bedarf.²⁾

Ausser Henle erheischen nur noch die Untersuchungen von Golgi und von Jastrowitz über die Structur der weissen Substanz des Grosshirns eine eingehendere Betrachtung. Golgi kennt zwischen den Nervenfasern des Hemisphärenmarkes nur die sehr spärlich vorhandenen echten Deiters'schen Zellen mit geringer Zellsubstanz und sehr zahlreichen, langen und unverästelten Fortsätzen. Vor den in Längsreihen angeordneten Zellen mit mehr entwickelter Zellsubstanz, die die überwiegende Mehrheit der zelligen Elemente in der weissen Substanz bilden, scheint er nichts gesehen zu haben. Um sehr vieles besser, wie die Schilderung von Golgi ist die von Jastrowitz, die in Bezug auf die in Ketten zwischen den Nervenfaserbündeln angeordneten Zellen

Carmin gefärbten und durch Kreosot aufgehellten Durchschnitt eines in Müller'scher Füssigkeit erhärteten Corpus opticum angefertigt ist; ich habe hier in die Zellen die Kerne nicht hineinzeichnen können, weil sie bei dieser Methode überhaupt nicht im Innern der Zellen sichtbar zu machen waren. Die Isolation in Ueberosmiumsäure zeigt dagegen die Kerne im Innern der Zellen stets in vollkommenster Deutlichkeit.

1) Zeitschr. f. rat. Medicin, XXXIV, S. 75.

2) Ebenso wie Jastrowitz sind auch mir die „freien Körner“ oft aufgefallen, welche in den Durchschnitten der weissen und grauen Substanz die Gefässe begleiten. Ich erkläre dieselben mit Jastrowitz für echte lymphoide Zellen, die in den Scheiden der Hirngefäße liegen und mit den übrigen „Körnern“, die Henle in der weissen Substanz beschreibt und abbildet, in keiner Weise verwechselt werden können.

und das von den Fortsätzen derselben gebildete Stützwerk der Nervenfasern als die erste auch nur einigermaßen zutreffende bezeichnet werden muss, die sich in der Literatur vorfindet. In mancher Beziehung ist dieselbe als erschöpfend anzusehen. Ich habe sie im Wesentlichen nur in einem Punkte als einer Ergänzung bedürftig gefunden: Neben diesen in Ketten angeordneten Zellen giebt Jastrowitz noch die Beschreibung und Abbildung von exquisiten Deiters'schen Zellen, welche er „Spinnenzellen“ nennt. Diese Zellen betrachtet er als von den in Ketten angeordneten Zellen essentiell verschieden; die Uebergänge, welche zwischen diesen beiden extremen Formenkreisen stattfinden und die besonders bei den durch Ueberosmiumsäure hergestellten Präparaten in's Auge fallen, scheinen Jastrowitz entgangen zu sein. Mir ist es, wie oben ausführlich auseinandergesetzt wurde, in der That gelungen, zwischen den Zellen der Ketten und jener besonderen Varietät der Gliagebilde, wie Jastrowitz seine Spinnenzellen, die von mir sogenannten Deiters'schen Zellen bezeichnet, eine vollständige Reihe von Uebergängen nachzuweisen.¹⁾

Indem ich nunmehr die weisse Substanz verlassend zu der Schilderung der Formen übergehe, in denen das Bindegewebe innerhalb der

1) Noch in einem andern Punkte kann ich mich mit Jastrowitz nicht im Einklang erklären. Ich will denselben jedoch bei dieser Gelegenheit nur ganz flüchtig berühren, da dessen ausführliche Erörterung der Natur der Sache nach an eine ganz andere Stelle, in die Untersuchungen über das die Ventrikel auskleidende Ependyma gehört, die ich aus äusseren Gründen hier noch nicht zu veröffentlichen mich entschlossen habe. Nach Jastrowitz sollen die Ependymzellen morphologisch nichts anderes sein als Spinnenzellen, Deiters'sche Zellen. Er schilddet die sehr grosse Verbreitung der Spinnenzellen unmittelbar unter dem Ependym und fährt dann fort: Je weiter gegen die Ventrikelsehle, desto gehäuft werden diese Zellen angetroffen; sie folgen dicht gedrängt auf einander, indem die Fortsätze meist rückwärts und seitlich ausweichen und schliesslich setzen sie, eins bei eins aneinanderliegend, das Ependym-Epithel zusammen.

Gegenüber dieser Schilderung ist Folgendes zu bemerken: Allenthalben an der Oberfläche der Centralorgane, an der Rindenschicht des Rückenmarks, wie ich bereits erwähnt habe, an der Oberfläche der Cortex Cerebelli und Cerebri, wie ich später noch zeigen werde, ist der Reichthum der Deiters'schen Zellen stets ein ungewöhnlich grosser, viel beträchtlicher, wie irgendwo im Parenchym der Centralorgane. Das Gleiche ist der Fall mit dem Ependym, wo fast in der ganzen Ausdehnung der Ventrikel als eine mehr oder minder deutlich markirte und dicke Schicht eine dichtgedrängte Lage Deiters-

grauen Substanz der Centralorgane sich darstellt, halte ich es für passend, die Untersuchung eines Gewebes vorzustellen, welches ein günstiger Zufall mich kennen lehrte und welches vor allen anderen geeignet ist, als Ausgangspunkt für die bei der Betrachtung sich vernothwendigenden Auseinandersetzungen zu dienen, indem sich bei diesem Gewebe auf kleinstem Raume fast die ganze Mannichfaltigkeit der innerhalb der grauen Substanz überhaupt vorkommenden Structuren und die Uebergänge der einen in die anderen in nahezu vollständiger Weise demonstriren lassen.

Zerlegt man das in doppelchromsaurem Amoniak erhärtete Gehirn kleinerer Säugethiere (ich habe mich zu diesen Untersuchungen zuerst des Kaninchens, später mit bedeutend besserem Erfolge des Igels bedient) von der Medulla oblongata aufsteigend in eine Reihe successiver Querschnitte, deren Schnittrichtung auf der Axe der Medulla senkrecht gedacht werden muss, färbt dieselben mit Carmin und hellt sie dann entweder durch Einlegen in Glycerin (wenn sie an und für sich bereits die hinreichende Feinheit besitzen), oder durch Behandeln mit Kreosot auf, so wird dem Beschauer schon bei schwacher Vergrösserung ein im Innern der *Fascia dentata* gelegenes höchst eigenthüm-

scher Zellen unmittelbar unter dem Epithel der Ventrikel liegt. Ueber die Existenz dieser Schicht sind früher zwischen ihrem Entdecker Virchow (Ueber das granulierte Aussehen der Wandungen der Hirnventrikel. Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie 1846, III., S. 247) und Henle (Canstatt's Jahresber. f. 1847, S. 44) vielfache Controversen geführt worden, bei denen auch Köllecker sich betheiligte (Mikroskopische Anatomie S. 493). Das Thatsächliche ist, dass dieselbe allerdings allenthalben an der Oberfläche der Hirnventrikel vorhanden, aber nicht stets gleich stark ausgeprägt, ja an einzelnen Stellen nur sehr schwach entwickelt ist. So erklären sich die zwischen Virchow und Henle bestehenden Widersprüche auf das Einfachste. Wenn Henle übrigens noch neuerdings (Nervenlehre S. 323) diese Schicht aus verfilzten oder welligen Bindegewebsfasern zusammengesetzt sein lässt, so ist dies mithin nicht richtig. — Gegen Jastrowitz muss ich nun entschieden betonen, dass über dieser Schicht stets und an allen Orten noch ein deutliches, wenn auch oft sehr kurzzelliges Flimmerepithel vorhanden ist. Dasselbe ist allerdings sehr vergänglich und nur bei ganz frischen Gehirnen zu sehen. Sind die Cilien abgefallen, so ist eine Verwechslung der ciliolosen Epithelzellen mit den darunter liegenden Deiters'schen Zellen sehr wohl möglich. Die Flimmerzellen besitzen an ihrer Basis sehr zahlreiche lange und feine Ausläufer, die sehr tief in das darunter liegende Gewebe eindringen. Diese basale Ausfaserung, wie ich (Beiträge zur vergleichenden Histioologie des Molluskentypus 1869, S. 43) dieselbe genannt habe und welche allen einschichtigen Cylinderepithelien zukommt, kann bei den Epithelien des Ependyms sehr leicht mit den langen feinen Fortsätzen der Deiters'schen Zellen verwechselt werden.

liches Gewebe auffallen. In habe in Fig. 13 das betreffende Gewebe aus dem Gyrus hippocampi des Igels mit den angränzenden Gewebspartien wiedergegeben. Jeder, der in der Anatomie der nervösen Centralorgane bewandert ist, noch mehr aber jeder, der sich die leichte Mühe nimmt, ein derartiges Präparat anzufertigen, wird sich über die Topographie leicht orientiren. Das betreffende Präparat ist ungefähr aus der Mitte des Gyrus hippocampi genommen: es ist selbstverständlich, dass wenn die Durchschnitte weiter nach hinten resp. weiter nach vorne geführt wurden, die Configuration der einzelnen Schichten eine andere wird.¹⁾

In der Spitze des etwas abgerundeten Winkels, dessen beide Schenkel von der dichten, intensiv roth gefärbten Körnerschicht gebildet werden (dieselbe markirt sich, wenn man den Durchschnitt nur gegen das Licht hält, auch schon makroskopisch als ein feiner, intensiv dunkelroth gefärbter Streifen), ist das fragliche Gewebe am reichsten entwickelt und am deutlichsten zu sehen. Von dieser Spitze aus ist es in constanter Begleitung der beiden durch die Körnerschicht gebildeten Schenkel so weit, wie die Körnerschicht selber sich erstreckt, zu verfolgen, doch wird es im weiteren Verlaufe immer schmäler, so dass es sich empfiehlt, das Studium desselben auf die Spitze des Winkels zu beschränken.

Wie schon bei schwächerer Vergrösserung deutlich zu sehen ist, liegt in diesem Winkel ein ziemlich weitmaschiges Netzwerk aus Balken gebildet, in deren Knotenpunkten Kerne liegen. Es gleicht dieses Gewebe mithin ganz dem aus den Lymphdrüsen durch Auspinseln leicht herzustellenden Netzwerk areolären Bindegewebes. Von demselben unterscheidet es sich höchstens nur dadurch, dass seine Balken

1) Es entspricht die von mir gezeichnete Stelle der durch einen Stern bezeichneten Region in Fig. 206 der Henle'schen Nervenlehre. In Fig. 48 von Stie da's Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere ist die betreffende Stelle mit dem Buchstaben b, in Meynert's Fig. 236 (Stricker Handbuch der Lehre von den Geweben S. 712) mit arc. und in G. Kupffer's Fig. I. (De Cornu Ammonis textura disquisitones praecipue in cuniculis institutae Dorpat. 1859) mit zwei griechischen Theta's bezeichnet. Von keinem dieser Autoren ist jedoch bisher dieses Gewebe in seiner ganzen interessanten Eigenthümlichkeit gewürdigirt worden. Nur Henle beschreibt und zeichnet (Fig. 209) ein ganz ähnliches Gewebe aus dem Cornu Ammonis. Dasselbe soli jedoch nach seiner ausdrücklichen Bezeichnung zwischen Fascia dentata und Gyrus hippocampi (Nervenlehre Fig. 206, Schicht 7) sich einschieben, an welcher Stelle ich an den Gehirnen kleiner Thiere wenigstens nichts davon entdecken konnte.

niemals so glatt und scharf contouirt sind wie die Balken der echten aus Lymphdrüsen dargestellten Netze, sondern durch ihnen zahlreich anhaftende Körnchen ein etwas granulirtes Aussehen und eigenthümlich unsichere Contouren darbieten, wie die bei stärkerer Vergrösserung aufgenommene Fig. 14 zeigt. Dieselbe Abbildung lehrt, wie das areolare Netzwerk mit der Adventitia capillaris der feinsten Haargefässen in Continuität steht.

Sehr charakteristisch und für die Lehre von dem Bau der grauen Substanz im höchsten Grade wichtig sind nun die beiden Uebergänge, welche das areolare, netzförmige Bindegewebe, einmal nach aussen hin in die Körnerschicht und über diese hinaus in die molekuläre Masse, ein andermal nach innen hin direkt in die molekuläre Masse zeigt.

Nach aussen hin setzt sich das netzförmige Gewebe in die Körnerschicht derartig fort, dass die Balken desselben eine Richtung einnehmen, die auf der Breite der Körnerschicht senkrecht steht. So wird die Körnerschicht von einer Reihe von Längsbalken durchzogen, die unmittelbar aus den Balken des netzförmigen Bindegewebes hervorgegangen sind und die in der Körnerschicht selbst sich noch vielfach theilen, Queramostomosen mit einander eingehen u. s. w. Die Körner dieser Schicht gehören offenbar zwei verschiedenen Klassen an; hier sowohl, wie in der Körnerschicht des Cerebellum und in den Körnerschichten der Retina müssen meinen an Isolationspräparaten angestellten Untersuchungen zufolge offenbar nervöse und bindegewebige Elemente unterschieden werden. Die letzteren sind Kerne, die in den Balken des Gerüstwerkes selber liegen und als ein integrierender Theil desselben zu betrachten sind. Oft liegen dieselben übrigens — ein Umstand, auf den auch Jastrowitz bereits für das Reticulum der weissen Substanz aufmerksam gemacht hat — nicht eigentlich im Innern der Balken und der von denselben gebildeten Knotenpunkte, sondern erscheinen den Balken wie äusserlich aufgekittet gleichsam von aussen anzuliegen. Die nervösen Elemente sind kleine Ganglienzellen mit sehr geringer Zellsubstanz, relativ grossem, die Zelle fast ausfüllenden Kern und deutlich ausgeprägtem Kernkörperchen.¹⁾ Es ist klar, dass über diese Unterschiede nur Isolationspräparate Auskunft zu geben vermögen, dass selbst bei diesen noch in der Mehrzahl der Fälle die Frage schwer mit Bestimmtheit zu ent-

1) Bei Gelegenheit der Körnerschicht des Cerebellum werde ich auf diese Unterschiede noch einmal zurückzukommen haben.

scheiden ist, ob ein derartiges isolirtes zelliges Element der ersten oder der letzteren Klasse zuzurechnen sei, und dass gar an Durchschnittspräparaten ein Unterscheiden der zu der einen oder der andern Art gehörenden Elemente zu den völligen Unmöglichkeiten gehört.¹⁾

Während sich so nach aussen in unzweideutigster Weise der continuirliche Uebergang dieses echten areolären Netzwerkes in die Gerüstsubstanz der Körnerschicht verfolgen lässt, ist der Uebergang in das nach innen, zwischen den Schenkeln des von der Körnerschicht gebildeten Winkels gelegene Gewebe nicht minder instructiv. Man sieht die Balken des von den Zellen und ihren Ausläufern gebildeten areolären Gerüstwerkes nach innen zu feiner und feiner, die Maschen immer enger werden, bis zuletzt das Gewebe den Eindruck einer gleichmässig grauen Grundsubstanz macht, in welcher Ganglienzellen und Gefäßquerschnitte eingebettet erscheinen. Es vermag das Mikroskop hier wie in dem grauen Stroma der Grosshirnrinde überhaupt (denn dieses zwischen den Schenkeln des Winkels gelegene Gewebe muss als ein Theil der grauen Substanz der Hirnrinde angesehen werden) nicht immer mit Sicherheit zu entscheiden, ob dieses dichte Gewebe einer feinsten Verästelung oder einer feinen Granulirung sein specifisches Aussehen verdanke. Ich sehe mich hier bei einem Kernpunkte der Histologie der nervösen Centralorgane, ja vielleicht bei der wichtigsten und vielbestrittensten Frage dieses ganzen Gebietes angelangt und es wird nöthig sein, ehe ich zur Auseinandersetzung meiner eigenen Untersuchungen über diese Frage eingehe, einen vergleichenden Blick auf die in der Literatur einander so sehr widerstreitenden Meinungen zu werfen.

Max Schultz's²⁾ Untersuchungen der Bindesubstanz der Retina hatten ihn zu dem Resultat geführt, dass der gesammte bindegewebige Apparat der Netzhaut von den Müller'schen Radialfasern und der Membrana limitans interna an bis zu der feingranulirten Substanz der molecularen Schicht auf ein einziges durchgreifendes histologisches Princip mit Leichtigkeit zurückgeführt werden könnte. Indem er nachwies, dass die ganze Retina durchsetzt sei von einem System areolärer Bindegewebszellen, die bald (wie in den Müller'schen Fasern) in starke, derbe Balken sich fortsetzen, bald (wie in der Molecularschicht)

1) Nach aussen geht das Gewebe der Körnerschicht unmittelbar und ganz continuirlich in die molekuläre Masse der Hirnrinde über, ganz in der gleichen sofort zu erörternden Weise, in welcher nach innen das areolare Netzwerk selber sich direkt in die Grundsubstanz der Hirnrinde fortsetzt.

2) Observationes de Retinae structura penitiori. Bonn 1859.

in ein fast unmessbares feines Netzwerk übergingen, war in glänzendster Weise die Zurückführung der scheinbar widerstrebendsten Gewebsformen auf dasselbe histiologische Princip gelungen. Es lag nun nahe, für die bindegewebige Grundlage der nervösen Centralorgane überhaupt eine gleiche Betrachtung durchzuführen, wie es für die Retina bereits geschehen war. Max Schultze erklärte schon in derselben Arbeit,¹⁾ in welcher er die Natur der retinalen Bindesubstanz erörtert hatte, die graue scheinbar feinkörnige Masse des Gehirns und der grauen Substanz des Rückenmarks gleichfalls für ein äusserst fein verästeltes netzförmiges Bindegewebe, in welchem ähnlich wie in den Müller'schen Fasern der Retina ovale blasse Kerne eingestreut erscheinen. So oft und ausführlich M. Schultze später auch noch auf die Natur der retinalen Bindesubstanz zurückkommen möchte²⁾, hat er doch die Frage, ob und inwiefern der grauen Masse der Hirnrinde eine netzartige Natur zuzuschreiben sei, stets nur ganz beiläufig behandelt und in der letzteirten Stelle, wo er für die Netzhaut ausdrücklich an der netzförmigen Natur der Bindesubstanz festhält, findet sich das Zugeständniß, dass für die granulierte Substanz der Hirnrinde unsere Methoden und Linsensysteme noch nicht ausreichen. Von M. Schultze's Nachfolgern hat sich Deiters³⁾ für die granulierte Masse der grauen Substanz des Rückenmarkes, des Cerebrum und Cerebellum ganz an die M. Schultze'sche Auffassung geschlossen. Ebenso Kölliker,⁴⁾ welcher mit ganz besonderer Consequenz die M. Schultze'sche Lehre von dem feinen aus anastomosirenden Zellen zusammengesetzten areolären Netzwerk auf die Gesamtheit der nervösen Centralorgane, graue und weisse Substanz, auszudehnen versucht hat, — ein bedenkliches Experiment, gegen welches schon Deiters⁵⁾ Einsprache erhoben hat und welches ich bei Gelegenheit der weissen Stränge des Rückenmarks schon beiläufig kritisirt habe und noch genauer zu besprechen haben werde.

Ob das Aussehen der molekulären Masse der Hirnrinde von eingebetteten Körnern oder feinstverästelten Fasern herrühre, ob dieselbe

1) L. c. S. 18.

2) Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. Halle 1862. S. 29. Anmerkung. — Zur Anatomie und Physiologie der Retina 1866. M. Schultze's Archiv f. mikr. Anatomie II. S. 267. — Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 1016.

3) L. c. S. 38.

4) Gewebelehre. Vierte und fünfte Auflage.

5) L. c. S. 40.

mithin granulirt oder netzförmig sei, das ist die Frage, zu welcher sich in den neuesten histiologischen Publicationen die Discussion über die Natur der Bindesubstanz der Centralorgane immer mehr und mehr zuspitzt. Die erstere Ansicht, welche ursprünglich von Ehrenberg¹⁾ für die Grosshirnrinde aufgestellt worden war, zählt unter den neueren Untersuchern entschieden die meisten Anhänger. Es verfechten dieselben Henle's Schüler Uffelmann,²⁾ Gerlach,³⁾ Stieda,⁴⁾ vor allem aber Henle und Merkel in ihrer schon oft citirten Abhandlung.⁵⁾ Auch Jastrowitz⁶⁾ ist dieser Ansicht und der neueste Untersucher der Rinde des Cerebellum, Hadlich⁷⁾ bezeichnet die Grundsubstanz derselben einfach als feinförnig.

Während eine andere Reihe von Untersuchern, wie F. E. Schulze,⁸⁾ v. Hessling⁹⁾ und Golgi¹⁰⁾ überhaupt keine bestimmte Entscheidung zu treffen wagen, schlagen Besser und Arndt einen eigenthümlichen Mittelweg ein. Da sie die hier vorliegende Differenz nicht zu lösen vermögen, so begnügen sie sich damit, dieselbe hinwegzuscamotiren. Wenn Besser¹¹⁾ die graue Substanz der Grosshirnrinde als ein aus feinen, äusserst zarten, zu dem dichtesten Netz zusammenretenden, kurzen, fast punktförmigen Theilchen zusammengesetztes Gewebe beschreibt, welches „trotz seiner feinkörnigen Beschaffenheit dicht geästelt oder verfilzt fest an den nervösen Elementen sitzt,“ so ist das eine Elasticität der Ausdrucksweise, die über das Maass dessen hinausgeht, was in der Anatomie erlaubt ist, und wenn Arndt¹²⁾ dieses Gewebe schlechthin als „körnig-faserig“ bezeichnet,

1) Beobachtung einer bisher unbekannten Structur des Seelenorgans des Menschen. Berlin 1836.

2) Untersuchungen über die graue Substanz der Grosshirnhemisphären. Zeitschr. f. rat. Medicin. 3. R. Bd. XIV. S. 232.

3) Centralblatt für die med. Wissensch. 1867. S. 387.

4) Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere. 1870. S. 144.

5) L. c. S. 54.

6) L. c. S. 10.

7) Untersuchungen über die Kleinhirnrinde des Menschen. Arch. f. mikr. Anatom. VI. S. 191.

8) Ueber den feineren Bau der Rinde des kleinen Gehirns. Rostock 1863. S. 13.

9) Gewebelehre 1866. S. 168.

10) L. c. S. 27.

11) Zur Histogenese der nervösen Elementartheile in den Centralorganen des neugeborenen Menschen. Virchow's Arch. XXXVI. S. 307.

12) Studien über die Architektonik der Grosshirnrinde. Abth. I. Arch. f. mikr. Anatomie III. 441. Abth. II. IV. 407. Abth. III. V. 317.

so gehört dieser Terminus doch nur zu deutlich in die Kategorie derjenigen Worte, die sich einstellen „wo die Begriffe fehlen“.

Während so eine sehr grosse Anzahl von Forschern sich unbedingt für die granulirte Structur der Grundsubstanz aussprechen, andere eine vermittelnde Stellung einnehmen, bilden diejenigen, welche sich der Ansicht M. Schultze's von der Existenz eines äusserst feinmaschigen Netzwerkes angeschlossen haben, eine verschwindende Minorität. Ja, was noch mehr ist, wenn man die einzelnen Stimmen aus dieser kleinen Schaar etwas aufmerksamer ins Auge fasst, wird man sich gestehen müssen, dass die Anhänger der M. Schultze'schen Lehre ihr kaum weniger gefährlich sind wie ihre Gegner. Am unbedingtesten haben sich, wie oben schon erwähnt, Deiters und Kölliker derselben angeschlossen. Allein es verliert die Beistimmung dieser beiden Autoritäten sehr an ihrem Werth, wenn man bei Deiters das Geständniss liest, „dass die poröse Grundmasse im Ganzen seinen Untersuchungen ferner gelegen habe“, und wenn Kölliker von den M. Schultze'schen Netzen der Grosshirnrinde aussagt, „dass sie nur mit starken Linsen und auch so nicht einmal ganz bestimmt zu erkennen sind, bei gewöhnlichen Vergrösserungen aber einfach feinkörnig erscheinen“.

Auch für die beiden anderen Anhänger M. Schultze's ist es unschwer nachzuweisen, dass ihre Beistimmung zu der M. Schultze'schen Lehre nur eine rein formelle ist und keine thatsächliche Bedeutung beanspruchen darf. Stephany's¹⁾ Netz ist schon bereits bei 300—400facher Vergrösserung sichtbar (während M. Schultze eine mehr als das Doppelte stärkere Vergrösserung anwenden musste, um seine Netze zur Anschauung zu bringen), und da er die Gehirne vorher mit starker Chromsäure behandelte, so ist es unschwer zu errathen, dass ihm in seinen Präparaten Gerinnungsproducte vorgelegen haben. Ebenso hat das „Fasernetz“, welches Frommann²⁾ irrthümlicher Weise, ähnlich wie Kölliker in der weissen Substanz des Rückenmarks zu sehen glaubte, mit dem von M. Schultze beschriebenen Netzwerk nicht die geringste Ähnlichkeit.

Der ohnehin schon hinreichend verwinkelte Zustand der Literatur, den ich soeben auseinandergesetzt habe, wird dadurch noch mehr complicirt, dass, abgesehen von der rein anatomischen Differenz in der Deutung des mikroskopischen Bildes, abgesehen von der Frage: ob

1) Beiträge zur Histiologie der Rinde des grossen Gehirns. Dorpat 1860.

2) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks. Zweiter Theil. Jena 1867. — Virchow's Archiv XXXI. S. 129.

körnig, ob netzförmig, noch eine zweite rein physiologische Differenz, die Frage nach der Natur der fraglichen Substanz, ob bindegewebig, ob nervös, die Parteien trennt. Dazu kommt, dass die durch diese beiden verschiedenen Auffassungen getrennten Parteien keineswegs zusammenfallen, etwa in der Weise, dass die Anhänger der körnigen Structur auch die nervöse Natur, die Anhänger der netzförmigen Structur auch die bindegewebige Natur der Grundsubstanz behaupteten, sondern es finden sich in der Discussion alle einzelnen möglichen Combinationen der verschiedenen Anschauungen vertreten.

In seiner allgemeinen Anatomie (1841) erklärte Henle die Substanz der Grosshirnrinde im Sinne Ehrenberg's anatomisch als granulirt, physiologisch betrachtete er sie als „diffuse Nervenmasse“. R. Wagner, welcher früher¹⁾ dieselbe als eine Art Bindegewebe aufgefasst hatte, erklärte später²⁾, ausgehend von seinen Untersuchungen über die Nervenausbreitung in den electrischen Organen, die feinkörnige Substanz für analog der electrischen Platte und bezeichnete sie als eine „Ausbreitung von Nervensubstanz“, als eine „zusammengeflossene Ganglienmasse“, für welche er den Namen der „centralen Deckplatte“ vorschlug. Von den anderen Autoren, die oben in der Literaturübersicht erwähnt sind, erklärt die bei weitem überwiegende Mehrzahl, ohne Unterschied, ob sie mit M. Schultze die Substanz als netzförmig oder mit Ehrenberg als feinkörnig betrachten, sich für die bindegewebige Natur dieser Masse (M. Schultze, Deiters, Kölliker, Gerlach, Virchow, Stieda, Jastrowitz, Hadlich, F. E. Schulze, v. Hessling, Golgi, Frommann). Uffelmann sowie Henle und Merkel äussern sich für keine der beiden Alternativen in bestimmter Weise. Stephany endlich hält sein „terminales Fasernetz“ für nervöser Natur, eine Ansicht, welcher Arndt und ganz neuerdings Rindfleisch³⁾ beitreten.

Die Substanz der Grosshirnrinde ist ebenso wie die mit ihr mikroskopisch völlig identische Substanz der Cortex cerebelli von mir sehr eingehend und nach den verschiedensten Methoden untersucht worden. Als die besten derselben haben sich mir endlich die folgenden bewährt: Ganz frische Untersuchung in Humor aqueus respective in Jodserum, Untersuchung nach ein- bis zweitägiger Maceration in Jodserum respective in den bekannten M. Schultze'schen verdünnten Chromsäurelösungen, endlich Untersuchung nach Behandlung mit $\frac{1}{10}$ pro-

1) Göttinger, gelehrte Nachrichten. 1854. No. 3.

2) Göttinger, gelehrte Nachrichten. 1859. No. 6

3) M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatomie. VIII. S. 453.

centiger Ueberosmiumsäure. Bei der letzten Methode ist vor allem darauf zu achten, dass die in die Flüssigkeit einzulegenden Stückchen der Hirnrinde möglichst frisch und möglichst klein sind. In der Flüssigkeit selbst bleiben die Gewebsstückchen dann eine Woche und noch länger zur Untersuchung tüchtig.

Nach diesen Methoden liess sich über die Structur der Substanz, welche die Hauptmasse der Grosshirnrinde bildet, Folgendes ermitteln: Mit den stärksten Immersionssystemen untersucht, stellt dieselbe eine graue granulirte Masse dar; man überzeugt sich deutlich, dass die Punktirung des mikroskopischen Bildes nicht von feinen Aestchen herrührt, die netzförmig mit einander anastomosiren und Lücken zwischen sich lassen, sondern dass dieselbe auf etwas dunkleren Molekülen beruht, die in einer sparsamen helleren Grundsubstanz eingebettet sind. Dennoch finde ich, dass man mit der einfachen Bezeichnung „granulirt“ die eigenthümliche Structur dieser Substanz durchaus nicht in ausreichender Weise zu characterisiren vermag. Man macht sich den hier vorliegenden Structurunterschied am besten klar, indem man die Structur dieser Substanz mit anderen Substanzen vergleicht, die man sonst *nur* $\delta\sigma\chi\eta\nu$ als granulirte zu bezeichnen pflegt. Vergleicht man sie z. B. mit dem Protoplasma, wie sich dasselbe etwa in den Zellen der Tradescantia oder den Eiterkörperchen dem Auge darbietet, so ist der Unterschied zwischen diesen beiden granulirten Substanzen ein sehr in die Augen fallender. Die granulirte Substanz des echten Protoplasma der Tradescantia oder der Eiterkörperchen zeigt durch seine ganze Masse und Ausdehnung hindurch die gleiche Structur, dunklere Körnchen suspendirt in einer helleren homogenen Masse. Ein Stückchen Protoplasma, irgendwie mechanisch abgetrennt von der Zelle, zeigt stets dieselbe Structur wie die ganze Zellsubstanz selber. Anders die Substanz der Grosshirnrinde. Mit den stärksten Immersionssystemen betrachtet, löst sie sich niemals so einfach in eine Masse von Körnchen auf, die in einer homogenen Grundsubstanz eingebettet sind, sondern sie gewährt stets einen ganz specifischen, ihr eigenthümlichen Anblick, der sich schwer beschreiben lässt und den ich am besten mit dem Aussehen frisch gefallenen Reifes vergleichen möchte. Nicht regellos neben und mit einander sind die Körnchen in der Grundmasse zerstreut, sondern die einzelnen das Licht stärker brechenden Moleküle sind, wie beim Reif die einzelnen kleinsten Eiskristalle in einer eigenthümlichen Weise gruppirt, aneinandergelegt und verbunden, so dass schon auf den ersten Blick diese granulirte Substanz von dem granulirten Aussehen des Protoplasma mit Leichtigkeit unterschieden werden

kann. Besonders in die Augen fallend ist dieser Unterschied, wenn man ein sehr kleines Bruchstück dieser Substanz, etwa den freien dünnen Rand eines Zerzupfungspräparates betrachtet. In dem kleinsten Bruchtheil findet sich stets eine eigenthümliche Verklebung und Verkittung der einzelnen Molekülen zu reifartigen Figuren u. s. w., während ein gleiches Bruchstück Protoplasma, ein Bruchstück z. B. eines Eiterkörperchens, die dunkleren Moleküle stets in gleichmässiger Vertheilung durch die Grundmasse und niemals in dieser characteristischen Weise miteinander verklebt, dem Auge darbietet.

Dies ist die Structur, welche die Grundsubstanz der Grosshirnrinde, mit den stärksten Vergrösserungen untersucht, darbietet. Es ist klar, dass bei der Feststellung derselben vor allem eine Fehlerquelle auf das sorgfältigste zu vermeiden war: Vor allem hat man sich davor zu hüten, andere anatomische Theile, Ausläufer von Zellen und feinsten Fasern mit der Grundsubstanz zusammenzuwerfen und als zur Grundsubstanz gehörig zu betrachten. Wie ich meine Untersuchungen vor mehreren Jahren begann, glaubte ich an eine netzförmige Structur der Grosshirnrindsubstanz, und es fehlte nicht an Bildern, die geeignet waren, diesen Glauben zu verstärken. Besonders an Präparaten, die mit verdünnter Chromsäure behandelt waren, war die Netzform sehr deutlich ausgesprochen. Es schien ein feinstes Maschenwerk die ganze Substanz der Grosshirnrinde zu durchziehen und in continuirlichem Zusammenhang zu stehen mit jenen feinsten körnigen Molekülen, die den Fäserchen des Maschenwerkes allenthalben untrennbar und wie es schien organisch anhafteten, so dass es ganz natürlich erschien, auch diese Molekel im Sinne der M. Schultze'schen Theorie eben nur als die letzten und feinsten Constituenten des Netzwerkes zu betrachten. Aber mit der Vervollkommenung der Methoden mussten meine Ansichten sich ändern. Je vollkommenere Isolationen der Ganglienzenellen mit ihrem Systeme reich verästelter Ausläufer und der in den obersten Regionen der Hirnrinde gleichfalls reichlich vorhandenen Deiters'schen Zellen mir die Chromsäure gewährte, je feiner und zarter ich das in der Hirnrinde vorliegende feinste Netz nervöser und das Gewirr feinsten bindegewebiger Fibrillen darstellen lernte, desto zweifelhafter wurde mir die Frage, ob es auch zulässig sei, mit diesen feinsten Netzen auch noch die molekuläre Masse im organischen Zusammenhange zu denken, oder ob es nicht vielmehr correcter sei, nur ein rein äusserliches Anhaften der Molekülen an den das nervöse Netz resp. das Gewirr der Bindegewebsfibrillen bildenden feinsten Fibrillen anzunehmen. Entscheidend war für diese meine Zweifel die Anwen-

dung der Ueberosmiumsäure auf das Studium der Grosshirnrinde. Dieses vortreffliche Reagens lässt mit grosser Leichtigkeit alles was faserig ist, aus der molekulären Grundmasse, in der es eingebettet ist, herausstreten und gewährt niemals jene schiegenden und zweideutigen Bilder, in denen man einen Uebergang des Faserigen und Netzförmigen in das Körnige zu sehen glaubt¹⁾.

Hat man nun einmal an den Osmiumpräparaten gelernt, dass stets und unter allen Umständen das Faserige von dem Körnigen zu trennen sei, so imponiren auch dann die verführerischsten Bilder, die die Chromsäurepräparate mitunter gewähren, nicht mehr und vermögen nicht mehr den Glauben an die netzförmige Structur der Grundsubstanz zu erzwingen. Solche Bilder kommen dadurch zn Stande, dass unter dem Einflusse der erhärtenden Flüssigkeit die molekuläre Masse sich allenthalben dem in ihr eingebetteten feinsten nervösen Netzwerk, das ich später genauer besprechen werde, auf das engste anschmiegt und nach dem schönen Ausdrucke Jastrowitz's, dessen vortreffliche kritische Auseinandersetzung dieser ganzen Frage überhaupt die höchste Beachtung verdient, „die Figuren erheuchelt, welche andere Elemente eigentlich bilden, und Fäserchen usurpiert, die zu jenen gehören“.

Als histologisch und histiogenetisch zu dieser Grundsubstanz der Rinden gehörig betrachte ich die Kerne, die durch die ganze Substanz der Rinden verstreut sind, und denen diese Substanz meist sehr innig anhaftet. Es ist über diese, wie es scheint, regellos durch die ganze Substanz der Grosshirnrinde vertheilten Kerne wenig Positives auszusagen. Ihre Grösse ist eine wechselnde, ihre Form rundlich oder oval; besonders characteristisch ist für dieselben der fast ausnahmslos dieselben begränzende scharfgezeichnete doppelte Contour, der sie umgibt.²⁾ In Bezug auf die Anzahl, Grösse u. s. w. der Kernkörperchen lassen sich bestimmte Angaben leider nicht machen: es kommen neben Kernen mit gänzlich granulirtem Inhalt auch Kerne mit homogener Substanz und ein bis drei deutlich ausgeprägten Kernkörperchen vor. Nach meinen histiogenetischen Untersuchungen, die ich weiter unten ausführlicher mittheilen werde und von denen ich hier nur das

1) Ich kann mich hier mit Rindfleisch nicht einverstanden erklären, welcher gerade auf Grund der Osmiumpräparate einen Zusammenhang der feinkörnigen Masse mit feinsten faserigen und zwar nervösen Gebilden behauptet (Schultze's Arch. f. mikr. Anat. VIII. S. 453.)

2) Henle und Merkel haben in ihrer Fig. 1 diesen characteristischen doppelten Contour vortrefflich wiedergegeben, ohne jedoch im Text desselben zu gedenken.

Resultat anticipire, sind diese Kerne als zu der Grundsubstanz gehörig anzusehen: die ganze Grundsubstanz ist ursprünglich aus verschmolzenen Zellen hervorgegangen, deren Kerne eben bei Erwachsenen in der Grundsubstanz vertheilt sich vorfinden. Die Anzahl derselben ist eine sehr wechselnde; während bei einzelnen Individuen freie Kerne in der Substanz der beiden Rinden mit grosser Leichtigkeit und in grossem Reichthum nachzuweisen sind, sind sie bei anderen wieder so spärlich und so schwer zu sehen, dass ich mitunter an der Existenz dieser freien Kerne als solcher überhaupt zweifelhaft wurde und die freien Kerne als die durch irgend einen Zufall der Präparationsmethode freigewordenen Kerne der Ganglienzellen betrachten wollte, — eine Ansicht, die eine gewisse Berechtigung besonders desshalb in sich trug, weil speciell bei der von mir so häufig angewandten Behandlung mit Ueberosmiumsäure die Ganglienzellen nicht selten zerstört und die Kerne derselben frei werden. Andererseits schien wieder mit dieser Auffassung das durch meine histiogenetischen Untersuchungen sichergestellte reichliche Vorkommen freier Kerne in der Hirnrinde des Embryo unvereinbar. Ich verdanke einer Bemerkung von Hess¹⁾, deren thatsächliche Richtigkeit ich mit F. E. Schulze durchaus bestätigen kann, die richtige Einsicht in diese Verhältnisse. Dieser Forscher giebt an, dass bei jungen Thieren und Menschen die äussere Parthie der Cerebellumrinde durch eine dichtgedrängte Lage von Körnern (äussere Körnerschicht Hess) eingenommen wird, welche Schicht im späteren Alter verschwindet. Ich habe seither bei meinen Untersuchungen stets auf das Alter der untersuchten Thiere Rücksicht genommen und kann die von Hess gefundene Thatsache allgemeiner dahin aussprechen, dass in beiden Rinden der Reichthum der in der Grundsubstanz eingebetteten freien Kerne von der Geburt an continuirlich abnimmt. Im Allgemeinen ist die Cortex cerebelli reicher an freien Kernen wie die des Cerebrum, und kann hier beim Neugebornen sehr wohl eine derartig mächtige Ansammlung derselben, besonders an der Peripherie der Rinde stattfinden, dass dieselbe den von Hess vorgeschlagenen besonderen Namen einer äusseren Körnerschicht verdient.

Ausserdem kommt an bindegewebigen Elementen in der Grosshirnrinde noch vor eine grosse Menge Deiters'scher Zellen, die sich jedoch ganz überwiegend in der ersten unmittelbar unter der Pia mater gelegenen Schicht der Rinde — und auch hier nicht bei allen

1) *De cerebelli gyrorum textura disquisitiones microscopicae.* Dorpat 1858.

untersuchten Species in gleicher Fülle — vorfinden. In den tieferen Schichten der Grosshirnrinde sind sie um vieles seltener und erscheinen meist nur in der Begleitung der Gefäße. Bei der Besprechung des Verhältnisses der Pia mater zur Gehirnoberfläche werde ich noch ausführlicher auf dieselben zurückzukommen haben. Ebenda wird auch der Ort sein, die interessanten und in der neuesten Zeit so vielfach behandelten anatomischen Verhältnisse der sogenannten Gränzmembran des Cerebellum zu besprechen.

Zu der grauen Substanz müssen auch die sogenannten Körnerschichten gerechnet werden, die sich an manchen Stellen der Centralorgane (Retina, Fascia dentata des Gyrus hippocampi, Rinde des Cerebellum) vorfinden. Wie oben schon erwähnt, setzt sich in der Fascia dentata das Gewebe der Körnerschicht nach der einen Seite unmittelbar in die molekuläre Masse fort und einen ganz gleichen continuirlichen Uebergang in die molekuläre Masse zeigt die Körnerschicht der Rinde des Cerebellum, zu deren Beschreibung ich mich jetzt wende.

Vor Allem ist hier wieder die eine Thatsache zu betonen, deren ich schon bei Beschreibung der Körnerschicht in der Fascia dentata gedacht habe, dass hier, wie in den Körnerschichten überhaupt, die Untersuchung der Bindesubstanz und ihrer verschiedenen Zellenformen in hohem Grade erschwert wird durch das gleichzeitige Vorkommen kleiner nervöser Elemente, kleiner Ganglienzellen in den Körnerschichten. Am einfachsten ist dies Verhältniss zu übersehen in den Körnerschichten der Retina. Seit den Untersuchungen M. Schultze's weiss man — und jeder Nachuntersucher hat sich mit leichter Mühe von dieser Thatsache überzeugen können — dass in den Körnerschichten der Retina die überwiegende Anzahl der Körner kleine Ganglienzellen sind und dass dem bindegewebigen Gerüst nur eine sehr kleine Minorität characteristischer ovaler Kerne zuzurechnen ist, die zumeist im Innern der Müller'schen Stützfasern selber gelegen sind und also nicht leicht in die Gefahr kommen, mit kleinen Nervenzellen verwechselt zu werden. Leider liegt dieses Verhältniss für die Körnerschichten des Gehirns bei Weitem schwieriger. Es gelingt allerdings auch hier, sowohl für die Körnerschicht der Fascia dentata, wie die der Rinde des Cerebellum, nach nicht allzulanger Untersuchung darüber ins Klare zu kommen, dass auch hier nervöse Zellen vorkommen, die von den bindegewebigen zelligen Elementen streng zu scheiden sind. Zerzupft man ein mit Ueberosmiumsäure von $\frac{1}{10}\%$ behandeltes Stückchen Kleinhirnrinde, so wird man nicht selten kleine

rundliche mit grossem Kern und einem einzigen deutlich ausgeprägten Kernkörperchen verschene Zellen aus der Körnerschicht isoliren können, die sich auf das Unzweideutigste in eine feine dunkle, varicöse Faser fortsetzen. Da aber nur die unzweifelhafte Demonstration eines solchen Zusammenhangs als ein gültiger Beweis für die nervöse Natur einer derartigen kleinen Zelle angesehen werden kann, und da ferner die Zahl der wirklichen nervösen Zellen, an denen wegen Abbrechens der Fortsätze oder aus anderen Gründen dieser Nachweis nicht geliefert werden kann, sich jeder Schätzung entzieht, so erhellt, dass in manchen der wichtigsten die Körnerschicht betreffenden Fragen eine grosse Unklarheit herrschen wird so lange, bis zur Lösung derselben nicht andere und bessere Methoden gefunden worden sind. So habe ich z. B. nicht zu einem bestimmten Urtheil über den relativen Anteil, den die nervösen und die bindegewebigen Zellen am Aufbau der Körnerschicht nehmen, gelangen können, eben weil jedes Kriterium fehlte, die Zahl der verstümmelten Nervenzellen zu schätzen.¹⁾ Der gleiche Umstand, das Vorkommen wirklicher Nervenzellen, die als solche jedoch nicht zu diagnosticiren sind, erschwert anderseits nicht unbeträchtlich die Aufgabe, eine abschliessende und einigermaassen characteristische Beschreibung der vorkommenden Formen der Bindegewebszellen zu geben.

Diese letztere Aufgabe wäre auch ohne diese eben erwähnte Complication in der That schon schwierig genug. Ganz in derselben Weise, wie oben bei Gelegenheit der in der weissen Substanz die Nervenfaserbündel umscheidenden Zellenketten auseinandergesetzt wurde, scheinen auch in der Körnerschicht des Cerebellum Thierspecies und Alter die grösstmöglichen Breiten der verschiedensten Formverhältnisse zu bedingen.

Während in einzelnen Fällen die Structur der Körnerschicht des Cerebellum sich durchaus dem Bilde nähert, welches oben von der in die Substanz der Fascia dentata des Ammonshornes sich einschiebenden Körnerschicht gegeben worden ist, d. h. während sich also deutliche aus verästelten areolären Bindegewebszellen hervorgegangene verästelte und vielfach und complicirt mit einander anastomosirende

2) Wenn Gerlach (*Mikroskopische Studien aus dem Gebiete der menschlichen Morphologie* 1858) alle Zellen der Körnerschicht für nervös erklärt und die ganze Masse derselben für identisch mit den nervösen Körnern der Retina hält, so ist dies entschieden unrichtig. Am meisten entspricht den hier vorgetragenen Resultaten meiner Untersuchungen noch die Ansicht F. E. Schulze's (*Ueber den feinen Bau der Rinde des kleinen Gehirns*, 1863).

Balken und Bälkchen, theils kernhaltig, theils kernlos, theils mit runden Zellen besetzt, theils ohne diese, wahrnehmen lassen, herrscht in vielen Fällen, besonders bei jüngeren Thieren, ein viel zarterer Charakter dieses Gewebes und eine viel grössere Weichheit desselben vor. Statt der ausgeprägten mehr oder weniger feineren Balken, die von den kernhaltigen Zellen ausgehen und die Hauptmasse des Gerüstes bilden, treten hier die von den Zellen ausgehenden Fortsätze mehr oder minder völlig zurück und wird die Hauptmasse der Körnerschicht von den Zellenleibern selbst und allein gebildet, die nur an ihren Enden in gröbere, kurze, häufig platte und bandartige Fortsätze ausgezogen erscheinen. Es versteht sich von selbst, dass zwischen den beiden soeben geschilderten Extremen alle möglichen Uebergangsstadien sich vertreten finden, wie z. B. einzelne Zellen, die an einem resp. an mehreren Enden in längere oder kürzere Fasern ausgezogen sind, Zellen mit langen bandartigen Fortsätzen, Zellen, die durch längere oder kürzere Fortsätze mit einander in Verbindung stehen. Bei älteren Thieren erscheint die Substanz dieser Fortsätze häufig fein gestreift. Bei jüngeren ist sie einfach mattgrau, granulirt. Bei jüngeren Thieren lassen sich auch nicht selten Zellenkomplexe isoliren, die ausserordentlich grosse Aehnlichkeit mit gewissen, oben beschriebenen Zellenketten aus der weissen Substanz besitzen: es sind dies längere Balken, die aus einer Reihe von Zellen zusammengesetzt sind, an denen sich die Gränzen oft nur mit Mühe demonstrieren lassen, ja nicht selten — bei ganz jungen Individuen — gewinnt es den Anschein, als ob hier die dichtgedrängten Kerne einfach in eine continuirliche, noch nicht zu Zellen abgeprägte, graue, granulirte Masse von dem Aussehen der molekulären Substanz eingebettet wären. Derartige Bilder unterscheiden sich in der That nur durch den viel grösseren Reichthum an Kernen von dem Bilde, das die molekuläre Substanz der äusseren Schicht des Cerebellums an und für sich darbieten würde. So mächtig ist die Breite der verschiedenen Formen, die das mikroskopische Bild der Körnerschicht des Cerebellum zu bieten vermag.

Es wäre hier der Ort, an dem Schlusse der Beschreibung der verschiedenen Formen, unter denen das Bindegewebe der grauen Substanz der Centralorgane auftritt, eine allgemeine Uebersicht dieser Formen zu geben und das Vereinigende und das Verschiedene, das Gemeinsame und das Trennende aus diesen verschiedenen Formen hervorzuheben und festzustellen, ganz wie ich es oben am Schlusse der Erörterungen über die Structur der weissen Substanz gethan habe. Gewichtige

Gründe halten mich jedoch hiervon ab. Mehr wie für irgend eine Frage ist für die Structur der grauen Substanz die Kenntniss der Histiogenese wesentlich, in einem Maasse wesentlich, dass ich schon zu verschiedenen Malen in der Darstellung der histiologischen Untersuchungen die Resultate der histiogenetischen Forschung habe „anticipiren müssen. Ein solches Anticipiren würde sich bei einem derartigen Ueberblick über die Structur der grauen Substanz in noch verstärktem Masse vernothwendigen, und ziehe ich es daher vor, einen solchen Ueberblick an dieser Stelle zu unterlassen. Ich kann dieses um so leichter thun, als ich am Schlusse dieser Untersuchungen eine allgemeine Uebersicht über die Structur der Bindesubstanz der Centralorgane überhaupt geben und das gesammte Bindegewebe der grauen und weissen Substanz in einer einheitlichen Darstellung zusammenfassen werde.

III. Untersuchungen über die Elementartheile des Centralnervensystems.

Nachdem ich in dem ersten Kapitel meiner Untersuchungen für mehrere Provinzen der nervösen Centralorgane die Natur der in denselben vorkommenden Formen der Bindesubstanz in so ausführlicher Weise analysirt habe, kann ich nunmehr dazu übergehen, die Resultate darzulegen, zu denen mich meine Untersuchungen über die in dieses Bindegewebe allenthalben eingebetteten nervösen Elementartheile geführt haben. Es hat diese getrennte Darstellung der Untersuchungsresultate in zwei so scharf geschiedenen Kapiteln ihr sehr Missliches. In der anatomischen Beschreibung der verschiedenen Bilder, welche die mikroskopische Untersuchung der Centralorgane darbietet, ist eigentlich niemals der Anteil der bindegewebigen Elemente von dem der nervösen rein zu trennen. Die Verquickung beider Gewebsarten ist eben eine so innige, dass die Bindesubstanz fast niemals ohne Rücksicht auf die in ihr eingebetteten Nervenfasern und Ganglienzellen, Nervenfasern und Ganglienzellen fast niemals ohne Rücksicht auf die sie in den verschiedensten Formen umgebende und umhüllende Zwischensubstanz scharf und getreu zu beschreiben sind. Nicht selten sind ferner die Fälle, in denen die mikroskopische Untersuchung sich eingestehen muss, dass nach dem jetzigen Zustande unserer Methoden eine befriedigende Trennung nervöser und bindegewebiger Elementartheile bisher noch nicht möglich gewesen ist. Als solche Fälle sind besonders die sogenannten Körnerschichten der Centralorgane und die kleinen in der weissen Substanz des Grosshirns in Ketten angeordneten Zellen zu erwähnen; unter diesen sind, wie ich in dem ersten Kapitel bereits des Ausführlichen auseinandergesetzt habe, sowohl nervöse wie bindegewebige Elemente in einer Weise gemischt, dass es für die Mehrzahl der Fälle eine reine Unmöglichkeit ist, sich mit Bestimmtheit für die nervöse respective bindegewebige Natur einer bestimmten Zelle auszusprechen. Das gleiche Verhältniss wiederholt sich für die die weissen Stränge des Rückenmarks in horizontaler Richtung durch-

ziehenden feinen Fasern. Kurz, fast auf jedem Schritte, den die anatomische Untersuchung in dem Labyrinth der nervösen Centralorgane unternimmt, machen sich die Unzuträglichkeiten lebhaft fühlbar, die eine derartige scharfe Sonderung in der Behandlung der bindegewebigen und der nervösen Elemente des Centralnervensystems mit sich bringt. Fast allenthalben muss bei der Beschreibung der erstern die Kenntniss der letzteren, bei der Beschreibung der letzteren die Kenntniss der ersteren vorausgesetzt oder anticipirt werden. Trotz aller dieser Uebelstände, die keiner meiner Leser lebhafter empfinden kann wie ich, dem dieselben fast auf jeder Seite dieser Blätter in dem Fluss der schriftlichen Darstellung hemmend entgegentraten, habe ich mich dennoch zu dieser scharfen Trennung entschlossen, überzeugt, dass wenn es mir auch so nicht gelungen ist, die denkbar beste Methode zu finden, doch wenigstens das kleinere von zwei Uebeln gewählt zu haben. So ist denn wenigstens zum ersten Male der Versuch gemacht worden, in einer einheitlichen Darstellung des Baues des Centralnervensystems das Bindegewebe von dem Nervösen scharf zu sondern, und wenn auch in vielen wichtigen Punkten der Antheil, den diese beiden Factoren an dem Aufbau des Centralnervensystems nehmen, nicht mit Sicherheit zu bestimmen gewesen ist, wenn auch in vielen Fällen die Darstellung der Untersuchungsresultate hierunter erheblich hat leiden müssen, so ist doch wenigstens die strenge Durchführung des grossen Principes gewahrt worden, von dem meines Erachtens allein eine Erweiterung unserer Kenntnisse vom Bau der Centralorgane zu erwarten ist. Eine derartige konsequente Trennung der nervösen und bindegewebigen Elementartheile, wie dieselbe seit M. Schultze's Arbeiten für die Retina bereits durchgeführt ist, ist das leider nur sehr unvollständig erreichte Ideal gewesen, welches meinen Bestrebungen vorgeschwobt hat.

In dem vorliegenden Kapitel werde ich nunmehr vier Untersuchungsreihen mittheilen, die sich wenigstens zum grössten Theil mit den in dem ersten Kapitel ausführlich erörterten Untersuchungen des Bindegewebes decken. Ich beginne mit dem Rückenmark, beschreibe darauf die nervösen Elementartheile der weissen Substanz des Gehirns, und gehe dann zu der ausführlichen Beschreibung der beiden Rinden des Kleinhirns und des grossen Gehirns über.

I. Das Rückenmark.

Meine Beschreibung der nervösen Elementartheile des Rückenmarks ist wesentlich auf Untersuchungen basirt, die ich an der Medulla von Thieren (Ochs, Schaf, Schwein, Kaninchen, Igel) angestellt habe. Menschliches Rückenmark habe ich nur in sehr beschränktem Maasse in den Kreis meiner Untersuchungen ziehen können. Ich kann bei der Auseinandersetzung meiner Ansichten über das Rückenmark um so kürzer sein, als die neueste Zeit eine Arbeit von Gerlach¹⁾ gebracht hat, die in Bezug auf die Beschreibung der Anordnung der nervösen Elementartheile, des Faserverlaufs u. s. w. als eine classische bezeichnet werden muss, an die sich meine Untersuchungen in allen wesentlichen Punkten anlehnen. Es werden daher nur diejenigen Thatsachen für die Anatomie des Rückenmarks von mir ausführlicher zu behandeln sein, in denen ich mit der Gerlach'schen Auffassung in Widerspruch stehe; respective dieselbe zu erweitern im Stande bin.

Die Resultate Gerlach's sind zum grössten Theil mit einer Methode gewonnen worden, die zuerst von ihm im Jahre 1867 mitgetheilt worden ist²⁾; da ich sehr viel mit dieser wichtigen Methode gearbeitet und dieselbe nicht allein auf das Rückenmark, sondern auch auf die Rinde des grossen und kleinen Gehirns angewandt habe, so halte ich ein genaueres Eingehen auf dieselbe an dieser Stelle für nothwendig.

Gerlach giebt folgende Vorschrift: Möglichst frische Stücke der Centralorgane werden in eine 1- bis 2procentige Lösung von doppelchromsaurem Ammoniak, welches für diesen Zweck allen anderen Chrompräparaten weit vorzuziehen ist, gelegt, worin sie innerhalb 3 bis 6 Wochen (die Zeittdauer wächst mit dem grösseren Volum der eingelegten Stücke) den zum Schneiden nöthigen Härtegrad erreichen. Die Schnitte werden, geschützt gegen Lichteinwirkung, unmittelbar in die Goldlösung gebracht. Diese besteht aus 1 Theil Goldchloridkalium auf 10,000 Theile Wasser, welches entweder etwas stärker mit Essigsäure oder noch besser ganz schwach mit Salzsäure angesäuert ist. Nach Verlauf von 10—12 Stunden erscheint die weisse Substanz der Schnitte blasslila gefärbt, während die graue nur eine ganz geringe Andeutung dieser Färbung zeigt. Dieses ist der Zeitpunkt, in welchem

1) Von dem Rückenmark. Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben. Cap. XXX. S. 665.

2) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. S. 371.

die Einwirkung der Goldlösung zu sistiren ist, was dadurch geschieht, dass man den Schnitt in eine Mischung von 1 Theil Salzsäure auf 2500 Theile Wasser bringt und ihn einige Minuten darin hin- und herbewegt. Hierauf lässt man die Schnitte etwa 10 Minuten in einem Gemenge von 1 Theil Salzsäure auf 1000 Theile 60procentigen Alcohols liegen und bringt sie alsdann noch einige Minuten in absoluten Alcohol. Zuletzt werden sie mit Kreosot aufgehellt und in Canada Balsam eingeschlossen.

Da ich beim Beginn meiner Studien nicht immer die günstigsten Erfahrungen, selbst bei genauer Befolgung der Gerlach'schen Vorschriften, mit dieser Methode gemacht habe, halte ich es nicht für unnütz, dieses Gerlach'sche Recept mit einigen Bemerkungen zu begleiten, die vielleicht manchem überflüssig und pedantisch erscheinen werden, die aber ihren Zweck erfüllt haben, wenn sie den Fachgenossen, welche sich dieser für die Erforschung der Centralorgane wichtigsten Methode bedienen wollen, einige vergebliche Mühe und Arbeit ersparen.

1. Die einzulegenden Stücke müssen möglichst klein sein und empfiehlt es sich, dieselben zunächst in eine schwächere wie einprocen-tige Lösung des doppeltchromsauren Ammoniaks zu legen, welche am besten noch in den nächsten drei Tagen langsam bis zu 2 % zu steigern ist.

2. Sehr wesentlich ist, die Stücke nicht zu lange in der Lösung zu belassen. Ich glaube, dass Niemand bei Präparaten, die 6 ganze Wochen in der erhärtenden Lösung verweilt haben, noch ein Eintreten der Goldreaction gesehen hat. (Gerlach giebt als Zeit der Erhärtung 3—6 Wochen an.) Meist tritt die Reaction schon nach dreiwöchentlichem Aufenthalt in dem doppeltchromsauren Ammoniak nur unvollständig oder gar nicht ein. Empfindlicher wie das Rückenmark scheint in dieser Beziehung die Rinde des Cerebrum und Cerebellum zu sein. Hier habe ich nach dreiwöchentlicher Erhärtung niemals ein Eintreten der Goldreaction gesehen und ein 14tägiges Verweilen ergab schon meist ungenügende Bilder. So habe ich mich, nachdem die ersten Versuche, die Gerlach'sche Methode auch auf die Rinden anzuwenden, nur ungenügende Resultate ergeben hatten, genötigt gesehen, die Zeit, welche die Präparate in der erhärtenden Lösung zubrachten, immer mehr herabzusetzen, bis ich endlich dazu gelangt bin, schon am Ende der ersten Woche und noch vorher die Schnitte anzufertigen. Die Gehirnrinde kleiner Säugethiere (Maus, Ratte) habe ich oft schon am 3. Tage aus dem doppeltchromsauren Ammoniak genommen. Allerdings ist die

Consistenz dieser Stücke für die Anfertigung feiner Schnitte zu dieser Zeit noch keine sehr günstige, d. h. die relative Anzahl wirklich tadelfreier und durchsichtiger Schnitte, die das frei geführte Rasirmesser herzustellen vermag, ist eine verhältnissmässig geringe, man wird aber durch die alsdann eintretende wirklich prachtvolle Goldfärbung der wenigen glücklich gelungenen Schnitte reichlich entschädigt.

3. Es empfiehlt sich, die Schnitte nicht unmittelbar vom Rasirmesser in die Goldlösung, sondern vorher eine ganz kurze Zeit in destillirtes Wasser zu bringen. Die Klinge des Rasirmessers ist gleichfalls nur mit destillirtem Wasser zu befeuchten, niemals aber mit dem Gemisch von Brennspiritus und Wasser, dessen man sich bei Anfertigung feiner Schnitte von in Chromsäure gehärteten Organen häufig zu bedienen pflegt. Im entgegengesetzten Falle wird sich leicht ein Niederschlag aus der Goldlösung auf den Flächen der feinen Schnitte selber ablagern.

4. Die angewandte Menge der Goldchloridkaliumlösung (Concentration 1 : 10,000) darf nicht zu gross sein. — Die günstigste Dauer der Goldwirkung ist 12 Stunden; doch erhält man auch nach 18 Stunden noch gute, wenn auch leicht etwas dunkel gefärbte Präparate. Nach 18 Stunden stellt sich gewöhnlich auf der Oberfläche der Schnitte ein dunkler Niederschlag ein, der die Präparate verdirbt.

Wendet man nun die Gerlach'sche Methode unter diesen Cautelen auf das Rückenmark an, so gelingt es leicht, das von Gerlach entdeckte feine nervöse Netz in der Substanz der hinteren und der vorderen Hörner auf das schönste nachzuweisen. Die grossen multiplen Ganglienzellen der vorderen Hörner und die kleineren der Hinterhörner, die bei dieser Methode meist völlig ungefärbt bleiben, sind eingebettet in ein dichtes aus feinsten leicht varicösen, lila gefärbten Nervenfasern bestehendes Netz mit rhombischen oder polygonalen Maschen, welches seine grösste Dichtigkeit in der Substanz der Hörner selber besitzt. In Bezug auf die Gränzen und die Ausdehnung dieses Netzes finden sich bei Gerlach keine weiteren bestimmten Angaben und vermag ich auf Grund meiner Untersuchungen die Gerlach'schen Mittheilungen nach dieser Richtung hin etwas zu erweitern.

Ich finde, dass das feine Netz nach den Gränzen der grauen Hörner gegen die weisse Substanz hin nicht mehr die gleichmässigen nach allen Dimensionen hin gleichartig entwickelten Maschen zeigt, sondern dass die hier ohnehin sparsameren Fasern zunächst zu längeren schmalen Maschen, dann zu einzelnen Stämmchen oder Bündelchen sich zusammenlegen, die dann zum Theil innerhalb und mit den von

der grauen Substanz in die weisse eindringenden „bindegewebigen Septis“ zwischen die Nervenfasernabtheilungen der weissen Stränge eindringen.¹⁾

Was hier aus diesen feinen Nervenfasern wird, habe ich mit Bestimmtheit nicht ermitteln können. Wohl aber muss ich auf Grund meiner Untersuchungen die Thatsache hervorheben, dass wenn auch nicht in überwiegender Anzahl, so doch, wie es scheint, gleichmässig durch die Substanz der Säulen verbreitet feinste Fasern horizontalen Verlaufes vorkommen, die ich nicht anders als feinste nervöse Fibrillen bezeichnen kann. Zusammen mit den von den Deiters'schen Zellen ausgehenden Fibrillen, die mit der grösseren oder geringeren Menge interfibrillärer, körniger Substanz die Zwischenräume zwischen den Sonnenbildchen der querdurchschnittenen Nervenfasern ausfüllen, kommen in diesen Zwischenräumen auch noch andere horizontal verlaufende feinste Fasern vor, die durch regelmässige varicöse Anschwellungen, sowie durch das Eintreten der Goldchloridkaliumreaction sich auf das Deutlichste von den bindegewebigen Fasern, den Fortsätzen der Deiters'schen Zellen unterscheiden. Besonders deutlich erscheinen dieselben an den oben schon erwähnten feinen Durchschnittspräparaten, wo kein vollständiger Rückenmarksquerschnitt erhalten wurde, sondern wo der Schnitt in der Substanz der weissen Säulen selber auslief.

Leichter wie die Thatsache des Vorkommens feinster horizontal verlaufender Nervenfasern in der Substanz und auf dem Querschnitt der weissen Säulen selber ist ein anderes Factum zu constatiren, dass nämlich in der dünnen grauen Rindenschicht des Rückenmarks, deren Reichthum an Deiters'schen Zellen, sowie an interfibrillärer körniger Zwischensubstanz oben schon hervorgehoben wurde, ein deutlich als solches nachzuweisendes aus gestreckten Maschen bestehendes Netzwerk feinster varicöser und lila gefärbter Nervenfibrillen gelegen ist,

1) Von den gleichfalls horizontal verlaufenden Fasern der Nervenwurzeln sind diese aus der grauen in die weisse Substanz eindringenden Nervenfasern unschwer zu unterscheiden. Einmal ist ihr Kaliber ein sehr viel feineres wie das der Wurzelfasern. Zweitens finde ich, dass die einzelnen Stämmchen in den Nervenwurzeln meist einen in characteristischer Weise wellig geschwungenen Verlauf zeigen, was die in den bindegewebigen Septis verlaufenden Fasern niemals thun. In Bezug auf die Nervenwurzeln kann ich übrigens die Angaben Gerlach's bei den verschiedensten Thieren bestätigen, dass eigentlich nur die hinteren Wurzelfasern als rein horizontal verlaufende anzusehen sind, während die vorderen stets in mehr schräger Richtung die weisse Substanz durchsetzen.

dessen letzte Ausläufer sich oft bis an die freie Oberfläche des Rückenmarks erstrecken.

Ich verzichte darauf, die Bedeutung dieser anatomischen Thatsachen für die Physiologie der Rückenmarksstränge, speciell den kritischen Werth derselben für die experimentellen Forschungen über die Irritabilitätsfrage hervorzuheben, und will nur kurz die Ansicht, die ich mir über die Verbreitung der feinsten von Gerlach entdeckten nervösen Netze im Innern des Rückenmarks gebildet habe, in Folgendem zusammenfassen.

Fast auf dem ganzen Querschnitt des Rückenmarkes der Säugetiere lässt sich ein feinstes Netz nervöser Fibrillen nachweisen, welches am stärksten in der eigentlichen Hauptsubstanz der grauen Hörner entwickelt ist, an den Gränzen derselben etwas spärlicher wird, indem an die Stelle der gleichmässig polygonalen Maschen langgestrecktere Maschen treten, und sich in dieser Gestalt zum Theil in die von der grauen in die weisse Substanz eindringenden Septa fortsetzt. Auch auf dem Querschnitt der weissen Säulen selber lassen sich, wenn auch nicht in überwiegender Anzahl, feinste horizontal verlaufende Nervenfibrillen zwischen den grossen Nervenfaserquerschnitten der Stränge nachweisen, und endlich in der dünnen grauen Rindenschicht ist die netzartige Anordnung dieser feinsten Nervenfasern, die bis an die freie Oberfläche des Centralorgans vordringen können, wieder völlig deutlich nachzuweisen.

Die beste Methode, sich von diesen Thatsachen zu überzeugen, bleibt immer die Gerlachsche Anwendung des Goldchloridkaliums, doch gelingt es auch durch die Anwendung der Ueberosmiumsäure diese Thatsachen festzustellen. Zu diesem Zwecke genügt es, feine Stückchen der weissen Säulen 24 Stunden in Osmiumsäure von $\frac{1}{10}\%$ zu legen und von diesen sorgfältig feine der Längsaxe der Säulen parallel gerichtete Streifen zu entnehmen. Das Mikroskop weist deren zwischen den meist ziemlich regelmässig geradlinig verlaufenden stärkeren Nervenfasern eine nicht unbeträchtliche Anzahl von sehr feinen Nervenfasern nach, welche die Substanz der Stränge in wagerechter Richtung durchsetzen. Noch eine andere Methode hat sich mir für die Demonstration dieser Nervenfasern, sowie des in der Rindenschicht verbreiteten Netzes in sehr vorzüglicher Weise bewährt. Legt man feine Längsschnitte des Rückenmarks, die speciell durch die weissen Säulen und die Rindenschicht geführt wurden, in eine Lösung von Pikrkarmin (nach der Vorschrift von Ranzier), bis dieselben lebhaft roth gefärbt erscheinen, und hellt sie dann mit Kreosot auf, so wird

man an diesen Präparaten alle Axencylinder bis auf die feinsten lebhaft roth gefärbt sehen, so regelmässig und deutlich, wie dieses Resultat bei keiner anderen Art der Carminfärbung zu erreichen ist.

Gerlach, der Entdecker dieses feinen, wie ich gefunden habe, die ganze Substanz des Rückenmarks in grösserer oder geringerer Entwicklung durchziehenden Netzwerkes, lässt dasselbe in der Substanz der Hörner, wo es am mächtigsten entwickelt ist, hervorgehen aus der weiteren Verästelung und Anastomosenbildung der verästelten Fortsätze (M. Schultze, Protoplasmafortsätze Deiters), in welche die Ganglienzellen des Rückenmarkes sich fortsetzen. In dieses Netz sollen dann echte markhaltige Nervenfasern durch Theilung sich auflösen, resp. aus diesen sich zusammensetzen und hervorgehen.

Die thatsächliche Begründung dieser anatomischen Hypothese ist nur durch Zerzupfungspräparate, niemals aber durch das Studium von Durchschnitten zu gewinnen. Ferner muss berücksichtigt werden, dass es der Natur der hier mittelst der Zerzupfungsmethode zu lösenden Frage nach eine Unmöglichkeit ist, die anatomische Hypothese Gerlach's an ein und demselben Präparate zu erhärten, d. h. die Aufgabe zu lösen, an einem einzigen Präparate den Uebergang der Ganglienzellenfortsätze in das nervöse Netz und andererseits die Entwicklung markhaltiger Nervenfasern aus demselben zu demonstriren. Statt der objectiven anatomischen Demonstration ist man hier gleichsam auf den zusammen gesetzten Indicienbeweis angewiesen, welcher in dieser Frage im Wesentlichen in zwei Glieder zerfällt. Erstens muss nachgewiesen werden, dass die Ausläufer der Ganglienzellen das nervöse Netz bilden; zweitens muss demonstriert werden, dass aus diesem nervösen Netz die stärkeren Nervenfasern hervorgehen, resp. dass in dieses nervöse Netz die durch Theilung sich verfeinernden Nervenfasern übergehen.

Indem ich vorausschicke, dass die gleiche anatomische Hypothese ausser beim Rückenmark auch beim Studium der Kleinhirnrinde und der Grosshirnrinde einer besonnenen anatomischen Erwägung als die natürlichste sich darbieten wird, muss ich gleichzeitig bemerken, dass von diesen drei Localitäten gerade vielleicht das Rückenmark, an welchem Gerlach seine Hypothese zunächst aufgestellt hat, der that sächlichen Begründung derselben wohl die meisten und grössten Schwierigkeiten entgegengesetzt.

Um zu einem selbstständigen Urtheil in dieser Frage zu gelangen und zunächst das erste Glied der Gerlach'schen Hypothese, die Bildung des nervösen Netzes aus den verästelten Fortsätzen der Ganglien-

zellen thatsächlich zu begründen, ist es nothwendig, die grossen Ganglienzellen der vorderen Hörner des Rückenmarks möglichst vollständig und schonend zu isoliren. Gerlach¹⁾ hat als bestes Mittel zur Isolation eine sehr stark verdünnte²⁾ (1 Th. auf 500—10,000 Th. Wasser) Lösung von doppeltchromsaurem Ammoniak empfohlen und bedient sich ausserdem der nachträglichen Tinction in einer sehr verdünnten Lösung von Carminammoniak. Ich habe seit der Veröffentlichung dieser seiner Methode vielfach mit derselben gearbeitet, kann jedoch schliesslich nicht finden, dass die Anwendung des doppelchromsauren Ammoniaks eine irgendwie bessere Isolation verbürgt, wie der Gebrauch der von Deiters zuerst auf das Centralorgan angewandten M. Schultze'schen verdünnten Chromsäurelösungen, zu denen ich neuerdings wieder zurückgekehrt bin. Hingegen hat mir die von Gerlach angegebene Tinction der isolirten Ganglienzellen, für welche sich übrigens das Pikrocarmin um vieles vortheilhafter erweist als das carminsaure Ammoniak, die vortrefflichsten Dienste geleistet. Hat man in der Anwendung der verdünnten Chromsäure eine gewisse Uebung erlangt, so ist es nicht schwer mit grosser Regelmässigkeit Bilder zu erhalten, die den bekannten von Deiters abgebildeten Zellen an Schönheit und Reichthum ihrer Fortsätze nichts nachgeben. Ganglienzellen, die der bekannten Fig. 1 von Deiters entsprechen, habe ich mit der verdünnten Chromsäurelösung sehr oft dargestellt; hingegen ist es mir allerdings niemals gelungen, einen derartigen Reichthum der verästelten Fortsätze an einer isolirten Ganglienzelle nachzuweisen, wie es Gerlach geglückt ist.²⁾ Auch der verdünnten (1 : 1000) Ueberosmiumsäure habe ich mich erfolgreich zur Isolirung dieser Ganglienzellen bedient.

Was die so isolirten Ganglienzellen betrifft, so will ich in der Schilderung ihrer Gestalt und Beschaffenheit das seit Deiters's klassischem Werk Bekannte nicht wiederholen, sondern beschränke mich, dieses voraussetzend, nur auf die Erörterung einiger neuerdings besonders wichtig gewordener Fragen.

Den Axencylinderfortsatz habe ich in der Mehrzahl der Fälle als von den verästelten Fortsätzen durch sein Aussehen in sehr charakteristischer Weise verschieden nachweisen können. Oft ist es mir gelungen, ihn in einer sehr beträchtlichen Länge zu verfolgen. Er entspringt stets eigenthümlich scharf abgesetzt aus der Substanz der

1) Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben S. 678.

2) Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben S. 679, Fig. 223.

Ganglienzellen und wird unmittelbar nach seinem Ursprung sehr fein und schmal. An dieser Stelle, sowie an seinem Ursprunge selbst, erscheint er durchaus homogen; erst in seinem weiteren Verlaufe, nachdem er etwas breiter geworden ist, zeigt er sehr deutlich eine sehr feine und zarte Längsstreifung, welche ich mit M. Schultze als eine Andeutung seiner fibrillären Structur deuten möchte.

Präparate, welche auf einen Zusammenhang des Axencylinders mit dem Kerne hingedeutet hätten, habe ich im ganzen Laufe meiner Untersuchungen, und obwohl ich speciell mein Augenmerk auf derartige Bilder richtete, niemals erhalten, was ich besonders Arnold¹⁾ gegenüber hervorheben muss. Andrerseits ist mir einige Male das auch von Arnold beschriebene Bild vorgekommen, wo von dem Kernkörperchen ausgehend feine, starre und glänzende Linien die Substanz des Kernes zu durchsetzen scheinen. Die Anzahl derselben betrug 2—3 in jedem Kern. Welchem Zufall der Präparation diese Gebilde ihre Entstehung verdanken, darüber wage ich nicht einmal eine Vermuthung.

Die verästelten Fortsätze (M. Schultze, Protoplasmafortsätze Deiters) zeigen die fibrilläre Structur bei gut gelungener Maceration in der verdünnten Chromsäure meist sehr deutlich; sehr vortrefflich conservirt sich dieselbe übrigens auch im verdünnten doppelchromsauren Ammoniak und in der verdünnten Ueberosminumsäure. Ich finde die fibrilläre Längsstreifung in den verästelten Fortsätzen stets beträchtlich gröber wie im Innern des Axencylinders. Dort, wo die verästelten Fortsätze (meist mit verbreiterter kegelförmiger Basis) von der Ganglienzelle abgehen, finden sich nicht selten zwischen den Längsstreifen ziemlich regelmässige Reihen feiner Körnchen, die von M. Schultze entdeckten interfibrillären Körnchen, die sich oft beträchtlich weit (ebenso wie mitunter das körnige olivenfarbene Pigment der Ganglienzellen) in die Substanz der verästelten Fortsätze verfolgen lassen; dem Axencylinderfortsatz fehlen dieselben gänzlich.²⁾

In Bezug auf die Verästelungsweise dieser Fortsätze ist Folgendes zu bemerken. Deiters glaubt an seinen „Protoplasmafortsätzen“ einen

1) Ein Beitrag zur feineren Structur der Ganglienzellen. Virchow's Archiv Bd. XLI.

2) In den grossen motorischen Zellen der vorderen Hörner finde ich ebenso wie in den Purkinje'schen Zellen des Cerebellum häufig eine dunkle um den Kern gelegene rein körnige (centrale) Partie scharf abgesetzt von der peripheren Schicht der Zelle, aus welcher die verästelten Fortsätze hervorgehen, und welche, wie diese mit ihr in continuirlichem Zusammenhange stehenden Fortsätze, stets eine deutliche fibrilläre Streifung zeigt.

durchgreifenden Unterschied machen zu müssen zwischen den letzten durch fortgesetzte Theilung entstandenen feinsten Enden dieser vielverästelten Fortsätze und den feinen Fasern, die den grösseren Stämmen dieser Fortsätze seitlich mit einer kleinen dreieckigen Anschwellung aufsitzen. Von den letzteren glaubt er beobachtet zu haben, dass sie sich später mit einer feinen Markscheide umgeben und so zu feinsten Nervenfasern werden, welche er als ein „zweites System abgehender Axencylinder“ bezeichnet, während er für die ersteren, die „einfachen Theilungsproducte der Protoplasmafortsätze“ eine solche physiologische Dignität nicht in Anspruch nimmt.

Gegen die Aufstellung eines derartigen durchgreifenden Unterschiedes haben Kölliker¹⁾ und Hadlich²⁾ Protest erhoben. Ich muss mich nach meinen Untersuchungen ihnen durchaus anschliessen und darf behaupten, dass zwischen den letzten feinsten Enden der vielverästelten Fortsätze und den feinen seitlich mit einer kleinen dreieckigen Anschwellung ihnen aufsitzenden Fasern ein Unterschied im Sinne Deiters nicht existirt, dass vielmehr nach Kaliber, Aussehen und Verlaufsweise die feinsten Fasern, in welche in letzter Instanz die verästelten Fortsätze der grossen Ganglienzellen sich auflösen, stets durchaus gleichartig sind, mögen dieselben während des Verlaufs von den gröberen Fortsätzen sich ablösen oder nach bereits vielfach geschehener dichotomischer Theilung die letzten Enden der verästelten Fortsätze darstellen.

Zum Studium dieser letzten Enden der verästelten Fortsätze ist vor allem die verdünnte Osmiumsäure zu empfehlen. Wenn es auch selten gelingt, durch dieselbe derartige vollständige Isolationen der grossen Zellen in der ganzen Pracht ihrer reichverzweigten Ausläufer zu erhalten, wie dieselben durch die verdünnte Chromsäure leicht erzielt werden, so bleibt doch bei diesen Methoden, trotz der unvollständigeren Isolation, das characteristische Aussehen dieser letzten Enden in vortheilhafterer Weise erhalten, wie bei der Maceration in der verdünnten Chromsäure. Es gelingt durch die Ueberosmiumsäure nicht selten, an einzelnen dieser feinsten Fäserchen deutliche Varicositäten nachzuweisen, ein Befund, der die von Deiters behauptete Umwandlung dieser letzten Enden in feinste Nervenfasern wesentlich unterstützt.

1) Gewebelehre. Fünfte Auflage, 1867. S. 277.

2) Untersuchungen über die Kleinhirnrinde des Menschen. M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatom. VI. S. 191.

Es ist interessant zu erörtern, worin in diesem Falle der Vorzug der Ueberosmiumsäure vor der verdünnten Chromsäure beruht. Dieser Vorzug, welcher bei dem Studium der Kleinhirnrinde und Grosshirnrinde noch mehr in die Augen springen wird, hängt so eng mit den wesentlichen das Studium der Centralorgane beherrschenden anatomischen Verhältnissen, sowie mit den Wirkungsweisen dieser beiden Reagentien zusammen, dass eine principielle Auseinandersetzung über diesen Punkt nach mancher Hinsicht fruchtbar und aufklärend wirken dürfte.

Die Chromsäure in derjenigen Verdünnung, in welcher dieselbe durch M. Schultze's Untersuchungen über die Nasenschleimhaut in die mikroskopische Technik eingeführt und zuerst von Deiters zur Untersuchung der nervösen Centralorgane angewandt wurde, übt im Wesentlichen zwei verschiedenartige Wirkungen auf die Gewebe, und gerade die Combination dieser beiden Wirkungen ist es, der dieselbe ihre Unentbehrlichkeit in der mikroskopischen Technik verdankt. Die verdünnte Chromsäure, richtig angewandt, besitzt zunächst die Eigenschaft, die Elementartheile der Gewebe mit Erhaltung der ursprünglichen Form leicht zu erhärten, denselben einen gewissen Grad vermehrter Consistenz zu ertheilen.¹⁾ Die so erhärteten Elementartheile, Zellen respective Fasern, lassen sich so mit weit gröserer Leichtigkeit und Vollständigkeit aus dem Gewebe herauslösen und isolirt darstellen. Nachdem die Einwirkung der Chromsäure jedoch eine gewisse Zeit gedauert hat, macht sich ein nachtheiliger Einfluss derselben bemerklich: die Leichtigkeit, mit welcher die einzelnen Elementartheile aus der Grundsubstanz der Gewebe sich isoliren lassen, ist allerdings beträchtlich vermehrt, eine nachträgliche Quellung hat jedoch dann fast stets auf die Gestalten der Elementartheile in der nachtheiligsten Weise gewirkt; die scharfen Contouren und das in diesen sich ausprägende feine Detail der Formen ist so gut wie völlig verloren gegangen.

Es ist nun leicht aus diesen Eigenschaften die verschiedenen Grade

1) „Sucht man solche Lösungen nach dem Vorgange von M. Schultze möglichst vorsichtig aus, so wird man auf Concentrationsgrade geführt, wo die erhärtende und coagulirende Wirkung sich nur auf die ersten Grade beschränkt, und so wenig Veränderung hervorruft, dass die Gewebe dem Zustande im Lebenden fast gleichbleiben. Die Wirkung derartiger dünner Lösungen ist nicht ganz klar. — Quellung, Maceration, Imbibition, Coagulation mögen hier zugleich in einer schwer controllirbaren Weise wirken und dadurch die unterscheidenden Bilder hervorrufen.“ Deiters I. c. S. 9.

der Brauchbarkeit der verdünnten Chromsäure für die verschiedenen Gewebe, z. B. ihre Unentbehrlichkeit für die Nasenschleimhaut und ihre Unbrauchbarkeit für die Darstellung der feinsten Nervenfasern der grauen Substanz des Rückenmarks oder der Centralorgane überhaupt abzuleiten.

Hat man die Geruchsschleimhaut des Frosches 24 Stunden lang unter Anwendung aller der von M. Schultze empfohlenen vielfachen Cautelen, der Wirkung der verdünnten Chromsäure ausgesetzt, so zerfällt alsdann die ganze Cylinderepithelialschicht mit grösster Leichtigkeit in ein Gewirr sehr langer Cylinderepithelien, deren einzelne Individuen stets scharf contouirt und mit grösster Deutlichkeit ausgeprägt sind. Die indifferenten Epithelzellen und die „Riechzellen“ mit ihren stets ungetheilten in eine feinste marklose Nervenfaser übergehenden Fortsätzen, die feinen dunklen Varicositäten der letzteren sind ausnahmslos scharf zu unterscheiden.¹⁾ Untersucht man dieselbe Geruchsschleimhaut, welche nach 24 Stunden die schönsten Präparate gab, nachdem man die verdünnte Chromsäure noch einige Tage länger hat einwirken lassen, so wird man die Leichtigkeit, mit welcher die einzelnen Zellen sich isoliren, kaum verändert finden. Sehr zum Nachtheil aber ist zu dieser Zeit bereits — wahrscheinlich durch eine bei der protrahirten Einwirkung der so sehr verdünnten Chromsäurelösung eintretende Quellung — die Schärfe der Contouren und das Aussehen der einzelnen isolirten Zellen verändert. An den Riechzellen sind die feinen centralen Fortsätze mit ihren so characteristischen zierlichen Varicositäten entweder gänzlich verschwunden oder auf unförmliche Stümpfe reducirt.

Aus dieser Wirkungsweise der verdünnten Chromsäure ist nun mit Leichtigkeit zu entnehmen, weshalb diese Methode in der grauen Substanz der Centralorgane lange nicht die Vortheile bieten wird, wie z. B. in der Geruchsschleimhaut. Es ist gar kein Grund anzunehmen, dass nicht in der grauen Substanz der Centralorgane die verdünnte

1) Woran es gelegen hat, dass Exner (Untersuchungen über die Riechschleimhaut des Frosches. Wiener Academ. Sitzber. LXIII. Abth. I) diese characteristischen Varicositäten und überhaupt den scharfen Unterschied zwischen den Riechzelleu und den indifferenten Epithelien nicht hat zur Anschauung bringen können, ist mir völlig rätselhaft. Ich kann diese Varicositäten durch Maceration in Chromsäure von $\frac{1}{2}\%$ stets mit grosser Regelmässigkeit und Eleganz demonstrieren und liegt meines Erachtens kein Grund vor, die Resultate Exner's über die Nervenendigung in der Riechschleimhaut mit denen M. Schultze's zu vertauschen.

Chromsäure die ganz gleiche Wirkung auf die feinsten marklosen Nervenfasern übt, wie in der Geruchsschleimhaut, dieselben nicht als ganz ebenso characteristische glänzende varicöse Fädchen darstellt. Aber in dem Stadium der Chromsäurewirkung, in welchem dieses der Fall ist, ist die Lockerung der mächtigen Zwischensubstanz, welche in den Centralorganen die Elementartheile trennt, noch nicht weit genug vorgeschieden, um eine Isolirung der Ganglienzellen mit diesen feinsten Nervenfasern zu gestatten, und wenn dies endlich der Fall ist, wenn es nach einer Maceration von 3–4 Tagen endlich gelingt, die Ganglienzellen mit ihren verzweigten Fortsätzen frei aus der Zwischensubstanz zu isoliren, dann ist dasjenige Stadium der Chromsäurewirkung bereits vorüber, in welchem die feinsten Nervenfasern das so characteristische Aussehen darboten, und höchstens nur noch in Ausnahmefällen wird man die feinen varicösen Fädchen noch erhalten finden. Es ist mithin diese verschiedene Wirkung der verdünnten Chromsäure auf die graue Substanz und auf die Riechschleimhaut einzig und allein dadurch bedingt, dass in dem letzteren Object bei der minimalen Zwischensubstanz, die hier die Elementartheile trennt, die beiden Bedingungen, welche für das Zustandekommen einer möglichst günstigen Wirkung nothwendig sind, auch in der Zeit wirklich zusammenfallen, während in der grauen Substanz der Centralorgane mit ihrer mächtigen Zwischensubstanz diese Bedingungen zeitlich getrennt sind.

Nach dieser Erörterung ist nunmehr leicht einzusehen, worauf die hohe Vorzüglichkeit, ja die Unentbehrlichkeit der Ueberosmiumsäure für das Studium der grauen Substanz beruht. Zwölf Tage und noch länger bewahren in ihr unverändert die feinsten Nervenfasern das characteristische Aussehen, welches sie in dieser Flüssigkeit annehmen, und wenn auch die Isolation der Ganglienzellen aus der Grundsubstanz niemals so gut und so vollständig gelingt, wie bei der Chromsäuremethode, so lassen sich doch keineswegs selten die letzten Enden der verästelten Fortsätze der Ganglienzellen in derartige feine Fasern verfolgen, die ein sehr characteristisches varicöses Aussehen zeigen.

Ich stehe mithin nicht an, auf Grund meiner Untersuchungen den zuerst von Deiters ausgesprochenen Satz zu bestätigen, dass die verästelten Fortsätze der Ganglienzellen des Rückenmarks feinsten Nervenfasern zum Ursprunge dienen. Hält man dieses Resultat zusammen mit den Bildern des von Gerlach entdeckten feinen Netzwerkes markloser Nervenfasern, sowie mit der Thatsache, dass bei der Maceration in Ueberosmiumsäure in der grauen Substanz des Rückenmarks sich ausserordentlich zahlreiche z. Th. sich theilende und ver-

ästelte Bruchstücke feinster Nervenfasern nachweisen lassen, so wird man ohne Schwierigkeit zu der Ueberzeugung gelangen, dass der erste Theil der Gerlach'schen Hypothese richtig ist, d. h. dass die verästelten Fortsätze der Ganglienzellen des Rückenmarks in ein in der grauen Substanz gelegenes feines Netzwerk markloser Nervenfasern übergehen.

In Bezug auf das zweite Glied der Gerlach'schen Hypothese, die Entwicklung gröberer markhaltiger Nervenfasern aus diesem feinen Netze kann ich die Entdeckung Gerlach's bestätigen, wonach die in der grauen Substanz enthaltenen Nervenfasern durch das Vorkommen von Theilungen ausgezeichnet sind. Mitunter sind mir sogar Bilder vorgekommen, wo eine Art büschelförmigen Zerfalls der Nervenfasern in eine grössere Anzahl feinerer Aeste vorlag. Die aus der successiven Theilung der Nervenfasern endlich hervorgehenden letzten Aestchen werden endlich so fein, dass keinerlei Schwierigkeit vorliegt, einen direkten Uebergang derselben in das feine nervöse Netz der grauen Substanz anzunehmen. Ich glaube daher, dass auch diesem Theil der Gerlach'schen Hypothese die Anerkennung einer thatsächlichen Begründung nicht versagt werden kann.

Es ergiebt sich also aus der Gesammtheit der bis hierher mitgetheilten Untersuchungen mit hoher Wahrscheinlichkeit das Resultat, dass jede Ganglienzelle des Rückenmarks — und zwar gilt dieses sowohl von denen der vorderen wie von denen der hinteren Hörner — vermittelst ihrer verästelten Fortsätze in ein feinstes Netz nervöser Fasern übergeht, aus welchem sich alsdann wieder stärkere markhaltige Nervenfasern entwickeln.

In den vorderen Hörnern der grauen Säulen geben, wie oben erwähnt, die dort gelegenen grossen Ganglienzellen ausnahmslos und regelmässig ausser den schliesslich in das nervöse Netz mündenden verästelten Fortsätzen einen Axencylinderfortsatz ab, den schon Deiters, einer Idee von Remak¹⁾ folgend, für den Axencylinder der in den vorderen Wurzeln verlaufenden Fasern erklärt hatte. Auch Gerlach sah an mit Erhaltung der topographischen Orientirung angefertigten Zerzupfungspräparaten den Fortsatz stets nach den vorderen Wurzeln hin gerichtet. An Durchschnitten durch das Rückenmark ist diese Thatsache deshalb so schwer zu constatiren, weil, wie oben erwähnt, die vorderen Wurzeln nicht in rein horizontaler Richtung,

1) Ueber den Bau der grauen Säulen im Rückenmark der Säugethiere. Deutsche Klinik 1855, No. 27.

sondern stets schräg nach unten geneigt verlaufen. Ich finde an Durchschnitten sowohl wie an Zerzupfungspräparaten gleichfalls den Axencylinderfortsatz stets in der Richtung der vorderen Wurzeln verlaufen.^{1).}

Wenn es mithin für die vorderen grauen Säulen als festgestellt betrachtet werden kann, dass die grossen Ganglienzellen derselben auf zweierlei Weise mit Nervenfasern in Verbindung stehen, einmal durch den mächtigen in die vorderen Wurzeln sich einsenkenden und zu dem Axencylinder einer peripheren motorischen Nervenfaser werdenden Axencylinderfortsatz, zweitens durch das von den Enden der verästelten Fortsätze ausgehende nervöse Netz, so liegt die Sache für die Ganglienzellen der hinteren Hörner, die sich im Allgemeinen von denen der vorderen durch ihre geringere Grösse unterscheiden, nicht so einfach. Offenbar unter dem Einfluss der Eintheilung von Jacobowitsch,²⁾ welcher die grossen Zellen der Vorderhörner als motorische, die kleinen Zellen der Hinterhörner als sensible Elemente in Anspruch nahm, hat Deiters für die Zellen der hinteren Hörner ein ganz gleiches Verhalten angenommen, wie für die der vorderen. Ebenso wie den letzteren schreibt er auch den Zellen der Hinterhörner stets den Besitz eines Axencylinderfortsatzes neben den verästelten Fortsätzen zu, sodass also auf beide Gruppen dasselbe Schema der „centralen Ganglienzelle“ Anwendung findet.

In der neuesten Zeit hat nun Gerlach in Bezug auf diese Zellen der Hinterhörner eine Theorie aufgestellt, die, wenn sie sich beweisen liesse, von der höchsten Wichtigkeit für die gesammte histiologische und physiologische Würdigung der nervösen Centralorgane zu werden versprechen würde. Er nimmt an, dass die Zellen der Hinterhörner keinen Axencylinderfortsatz besitzen, sondern dass sie einzige und allein durch das nervöse Netz, in welches ihre verästelten Fortsätze sich auflösen, mit Nervenfasern in Zusammenhang stehen. Es wäre hiermit

1) Während des Druckes dieser Zeilen stiess ich bei der Durchmusterung einer grossen Anzahl älterer Goldchloridpräparate auf einen Durchschnitt durch das Rückenmark, der offenbar durch einen Zufall etwas schräg ausgefallen war. Derselbe war in Bezug auf die Darstellung des Gerlachschen Netzes als misslungen zu bezeichnen, doch waren, wie es in einem solchen Falle nicht selten vorkommt, die Ganglienzellen und die stärkeren Nervenfasern dunkelrosa gefärbt. Es liess sich nun an diesem Präparat ganz continuirlich ein einziger Axencylinder von der Ganglienzelle aus in die Faserrung der vorderen Wurzel bis dicht an die freie Fläche des Rückenmarks verfolgen.

2) Mittheilungen über die feinere Structur des Gehirns und Rückenmarks. Breslau 1857.

ein fundamental unterscheidendes Princip zwischen zwei Classen centraler Ganglienzellen gegeben, auf dessen Bedeutung aufmerksam zu machen überflüssig ist.

Die anatomische Forschung befindet sich gegenüber dieser Hypothese, die von Gerlach selber mit grosser Vorsicht ausgesprochen ist, in einer besonders schwierigen, eigenthümlichen Lage. Es liegt in der Natur der zur Lösung dieser Frage allein anwendbaren Zerzupfungsmethode, dass negative Befunde, denen eine besonnene Kritik bei vielen anderen Methoden der mikroskopischen oder der experimentellen Technik ihren Werth oder ihre Geltung nicht absprechen wird, gerade bei dieser Methode am werthlosesten sind. Und diese Werthlosigkeit steigt noch, wenn es sich, wie in dem hier vorliegenden Falle, um gleichsam topographische Verhältnisse handelt, die durch die Zerzupfungsmethode ins Klare gebracht werden sollen, sie steigt noch mehr, wenn es sich um die Zellen der hinteren Hörner des Rückenmarks handelt, die der grösste Forscher auf diesem Gebiete, Deiters, zu den vergänglichsten, zartesten und am schwierigsten zu behandelnden Objecten der Centralorgane überhaupt rechnet.

Die anatomische Untersuchung, die in den Macerationspräparaten der Hinterhörner in der That mit auffallend grösseren Schwierigkeiten zu kämpfen hat, wie in den Vorderhörnern, lässt eine grosse Verschiedenheit in der Grösse und in der Form der isolirten Ganglienzellen erkennen. Im Allgemeinen glaube ich drei Formenkreise unterscheiden zu dürfen, die jedoch in der verschiedenartigsten Weise in einander übergehen:

1) Große Zellen, die den Dimensionen nach den Zellen der Vorderhörner wenig nachgeben, auch oft das bekannte olivenfarbene Pigment enthalten. Der Zellenleib ist gewöhnlich stark abgeplattet, die z. Th. sehr vergänglichen Fortsätze gross, platt und bandartig. Der Zellcontour ist gewöhnlich wenig scharf, das Protoplasma blass und sehr fein granulirt.

2) Spindelförmige Zellen von sehr geringer Breite, die aber oft zu einer sehr ansehnlichen Länge ausgezogen sind. Die Fortsätze liegen stets an den beiden Längspolen der Zelle.

3) Kleine sternförmige Zellen mit geringer Zellsubstanz und verhältnissmässig derben Fortsätzen.¹⁾

1) Ich glaube aus einigen Stellen seines Werkes annehmen zu dürfen, dass auch Deiters schon diese drei Formenkreise gekannt und unterschieden hat. Doch leidet die offenbar unvollendete Darstellung gerade dieser Partie an manchen Unklarheiten.

Characteristische Unterschiede, welche diese drei Zellformen insgemein von den Zellen der vorderen Hörner trennen, sind die grössere Zartheit des Zellenleibes, sowie der von demselben ausgehenden verästelten Fortsätze, und die grosse Schwierigkeit, an den letzteren respective an der Zellsubstanz selbst die fibrilläre Structur nachzuweisen. Meist erscheinen Zellenleib und Fortsätze durchaus gleichmässig granulirt und nur sehr selten gelingt es die Spuren einer Streifung wahrzunehmen.

In Bezug auf die von Gerlach aufgeworfene Frage, ob diesen Zellen ein Axencylinderfortsatz zukommt oder nicht, habe ich zu bemerken, dass ich, ebenso wie Deiters, an den verschiedensten Zellen dieser drei verschiedenen Formenkreise in der That besonders charakteristische Fortsätze wahrgenommen habe, die ich gemäss des gänzlichen Fehlens einer Verästelung und der eigenthümlichen Art und Weise der Insertion nur als Axencylinderfortsätze zu deuten wusste. Auch Gerlach hat an einzelnen kleinen multipolaren Zellen den Axencylinderfortsatz nachweisen können, glaubt jedoch, dass diese ihn in der Richtung der vorderen Wurzeln und zu denselben schicken, und mithin morphologisch nicht zu den hinteren Hörnern, sondern vielmehr eigentlich zu den vorderen Hörnern, an deren Grenze sie liegen, zu rechnen sind: eine Annahme, die allerdings eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich beanspruchen darf, die aber, einmal gemacht, die ohnehin unsicheren Resultate der Zerzupfungsmethode noch werthloser macht. Denn es ist klar, dass diese Annahme ausreicht, jeden positiven Nachweis eines Axencylinderfortsatzes an den Ganglienzellen der hinteren Hörner gleichsam im Voraus seiner Beweiskraft für die von Gerlach aufgeworfene Frage zu berauben.

Was speciell die Angabe Gerlach's betrifft, welcher den Axencylinderfortsatz der nach hinten von den vorderen Hörnern zu gelegenen kleinen multipolaren Zellen stets nach den vorderen Wurzeln hin gerichtet fand, so glaube ich andererseits derselben nur eine geringe Beweiskraft für die Entscheidung der vorliegenden Frage zuzusprechen zu dürfen. Ich stütze mich dabei auf die vielfach mit der äussersten Evidenz von mir beobachtete Thatsache, dass die Richtung, in welcher in den vorderen Hörnern der Axencylinderfortsatz sich von der Ganglienzelle entfernt, fast niemals direkt nach den vorderen Wurzeln zielt, sondern dass derselbe meist erst nach den verschiedensten Windungen und Aenderungen seiner Richtung zuletzt den Weg zu den vorderen Wurzeln einschlägt.

Auch dem von Gerlach angegebenen ausnahmslosen Fehlen des

Axencylinderfortsatzes an den Ganglienzellen der Clarke'schen Säulen, glaube ich — gänzlich abgesehen von dem geringeren Vertrauen, welches derartige negative Untersuchungsergebnisse im Verhältniss zu positiven Angaben überhaupt nur beanspruchen dürfen — für die Entscheidung der Frage, ob die Zellen der hinteren Hörner sich dem Deiters'schen Schema der centralen Ganglienzelle fügen oder nicht, nur einen sehr beschränkten Werth zuschreiben zu dürfen. Es lässt sich ein principieller Einwand gegen diese Methode geltend machen, dem schwer zu begegnen sein dürfte: der Einwand, ob es in der That gerechtfertigt sei, die Zellen der Clarke'schen Säulen, die eine so characteristische topographisch beschränkte Zellengruppe des Rückenmarks darstellen, überhaupt als so vollgültige Repräsentanten der hinteren Ganglienzellen, denselben morphologisch und physiologisch so vollkommen gleichwertig anzusehen sind, dass es erlaubt ist, die an ihnen gewonnenen Resultate so unbedingt auf die Gesamtsumme der Zellen der hinteren Hörner überhaupt zu übertragen.

Es haben die vorstehenden Bemerkungen nicht den Zweck, den Werth der schönen und originalen Idee Gerlach's herabzusetzen, deren thatsächliche Begründung ich, nach Entdeckung der „centralen Ganglienzelle“ durch Deiters, als den zweiten grossen Fortschritt, den die anatomische Kenntniss in der Structur der Centralorgane gemacht hat, freudig begrüssen würde. Die physiologische Wahrscheinlichkeit dieser Idee und ihre hohe Fruchtbarkeit für das Studium der Centralorgane überhaupt machen es vielmehr im höchsten Grade wünschenswerth, dieselbe bei neueren Untersuchungen der Centralorgane als leitendes Princip zu Grunde zu legen. Die vorstehenden Bemerkungen beanspruchen eben nichts weiter als ein objectives Bild des zeitlichen wissenschaftlichen Thatbestandes zu entwerfen, festzustellen, in wie weit nach dem jetzigen Zustande unserer anatomischen Methoden die Gerlach'sche Hypothese begründet erscheinen mag. In diesem Sinne glaube ich das Resultat dahin formuliren zu können, dass eine bestimmte Entscheidung über die Richtigkeit der Gerlach'schen Ansicht nach dem vorliegenden thatsächlichen Material noch nicht gefällt werden kann.

2. Die weisse Substanz des Gehirns.

Ich beabsichtigte an dieser Stelle nichts weiter, als eine Thatsache etwas ausführlicher zu begründen, die ich bereits gelegentlich der Beschreibung des Bindegewebes der weissen Substanz in einer Anmerkung

erwähnt habe, das Vorkommen kleiner Ganglienzellen zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz.

Es ist eine Thatsache, die bald jedem Untersucher der weissen Substanz des Gehirns sich aufdrängt, dass die mit einer gewissen Regelmässigkeit — wie oben beschrieben wurde, in Ketten oder grösseren einfachen Lagen — angeordneten Zellen keineswegs alle ein und demselben Formenkreise der Bindegewebszellen, dessen wesentliche Typen oben ausführlich beschrieben wurden, angehören, sondern dass neben diesen Bindegewebszellen auch noch andere charakteristisch von denselben unterschiedene Zellen vorkommen, die offenbar nichts anderes sind, wie kleine Ganglienzellen.

Besonders leicht sind dieselben in Macerationspräparaten, die mit verdünnter Osmiumsäure hergestellt wurden, von den dem bindegewebigen Zwischengerüst angehörigen Zellen zu unterscheiden. Es lassen sich die Unterschiede wesentlich dahin zusammenfassen, dass bei den kleinen Ganglienzellen der Zellenleib rundlicher — nie linsenförmig abgeplattet wie bei den Bindegewebszellen — und stärker granulirt, der Kern verhältnissmässig grösser ist, und dass die Fortsätze — etwa 3 bis 4 an der Zahl — meist ziemlich scharf vom Zellenkörper abgesetzt erscheinen, auch niemals so platt und bandförmig sind, wie die von den Bindegewebszellen ausgehenden Fortsätze, sondern stets fein und rundlich. Auch übertreffen die Nervenzellen die Bindegewebszellen meist etwas an Grösse.

Zweimal habe ich deutlich gesehen, wie einer dieser Fortsätze nach verhältnissmässig kurzem Verlauf sich mit einer feinen in Osmium deutlich schwarzgefärbten Markscheide überzog und so zu einer feinen markhaltigen Nervenfaser wurde, die sich in ihrem Verlauf an die übrigen Nervenfasern des Corpus opticum anlegte und genau die Richtung derselben beibehielt. Es würde hieraus folgen, dass wenigstens einem Theil dieser in der weissen Substanz des Corpus opticum und des Gehirns überhaupt verstreuten kleinen Nervenzellen die Bedeutung „centraler Ganglienzellen“ zukommt.

Wie gross die relative Anzahl dieser zwischen die Nervenfasern der weissen Hirnsubstanz eingebetteten Ganglienzellen sei, darüber bin ich zu einer befriedigenden Vorstellung nicht gelangt. Es lässt sich nur so viel darüber aussagen, dass in Macerationspräparaten aus der weissen Substanz des Corpus opticum die Menge der unzweifelhaften kleinen Ganglienzellen stets sehr viel kleiner, etwa im Verhältniss wie 1 zu 5 gefunden wird, wie die Menge unzweifelhafter Bindegewebszellen. Da es aber, wie oben schon erwähnt, in der Natur der Mace-

rationsmethode liegt, ausser den unzweifelhaften Nervenzellen und ausser den unzweifelhaften Bindegewebszellen noch eine sehr grosse Anzahl von Zellen zu liefern, wo die Entscheidung, welcher Art dieselben zuzurechnen seien, unmöglich ist, da es ferner keine Anhaltpunkte giebt, zu bestimmen, wie gross die relativen Contingente sind, die Nervenzellen und Bindegewebszellen zu dieser Anzahl unbestimmbarer Zellen stellen, so wird dadurch der Werth der obigen Schätzung nicht unbeträchtlich vermindert. Es kommt hierzu noch der Umstand, dass in verschiedenen Regionen des Gehirnmarkes, wie in verschiedenen Regionen des Corpus opticum selber, grosse Schwankungen in Bezug auf den Reichthum an Nervenzellen vorzukommen scheinen.

Wenn es erlaubt ist, in Fragen wie diese, wo nothwendigerweise den Untersuchungsmethoden so viele und so beträchtliche Fehlerquellen anhaften, überhaupt eine wissenschaftliche Ansicht zu äussern, so möchte ich das Resultat meiner Untersuchungen über die Ganglienzellen der weissen Substanz folgendermaassen zusammenfassen:

In den aus Zellenketten und einfachen Zellenlagen bestehenden mehr oder minder vollkommenen Scheidewänden, welche die Nervenfasern der weissen Substanz des Gehirns zu grösseren oder kleineren Bündeln abtheilen, finden sich neben den Bindesubstanzzellen und in die aus denselben bestehenden Zellenketten eingestreut, in grösserer und geringerer Anzahl kleine multipolare Ganglienzellen, die, wie es scheint, ein regelmässiges Vorkommniss der weissen Substanz des Gehirns darstellen. Durch einen Axencylinderfortsatz werden sie zu Ursprungsstätten feiner Nervenfasern, die sich in ihrem Verlauf durchaus an die jeweilige Richtung des Nervenfaserbündels der weissen Substanz, dem sie sich gerade anlegen, anschliessen.

In den weissen Strängen des Rückenmarks fehlen diese kleinen Ganglienzellen gänzlich.

3. Die Rinde des Kleinhirns.

Die reiche Literatur, die über die feinere Anatomie des Cerebellum vorliegt, namentlich die zahlreichen histiologischen Monographieen¹⁾,

1) Gerlach, Beiträge zur Structurlehre der Windungen des Kleinhirns. Mikroskopische Studien aus dem Gebiete der menschlichen Morphologie. Erlangen 1858. — Hess, De cerebelli gyrorum textura disquisitiones microscopicae. Dorpat 1858. — Rutkowsky, Ueber die graue Substanz der Hemisphären des kleinen Gehirns. Dorpat 1861. — F. E. Schulze, Ueber den feineren Bau der Rinde des kleinen Gehirns. Rostock 1863. — Koschew-

die hier in einer Fülle und Vortrefflichkeit vorliegen, wie kaum über irgend einen Gegenstand der mikroskopischen Anatomie, hat die Grundzüge der Anatomie des Cerebellum bereits in einer ausserordentlich befriedigenden Weise festgestellt. Die vorzüglichen Beschreibungen der Kleinhirnrinde, die sich in der Henle'schen Nervenlehre, sowie bei Meynert¹⁾ vorfinden, lassen deutlich erkennen, dass das hier vorliegende Gebiet bereits von den verschiedensten Forschern mit dem besten Erfolge angebaut worden, und dass bereits über eine grosse Anzahl einzelner Fragen eine höchst erfreuliche Einigung erzielt worden ist. In der That muss zugegeben werden, dass die Anatomie des Kleinhirns mittelst der Methoden des Anfertigens feiner Durchschnitte, die dann mit Carmin gefärbt wurden, sowie der gleichzeitigen Maceration in der verdünnten Chromsäure, wohl nicht weiter zu führen und nicht gründlicher zu ermitteln war, wie dieses den oben genannten Forschern gelungen ist. Hätte ich mich bei der Untersuchung des Kleinhirns auf diese Methoden beschränkt, so würde es mir in der That kaum möglich gewesen sein, den Angaben meiner Vorgänger, wie dieselben in den schönen Darstellungen von Henle und Meynert gipfeln, irgend etwas anderes als unwesentliches Detail hinzuzusetzen. Indem ich aber mit diesen Methoden noch die Anwendung der Gerlach'schen Goldchloridfärbung verband, ist es mir in der That gelungen, die Erkenntniss des Baues der Kleinhirnrinde noch beträchtlich zu vertiefen, sodass ich nicht anstehe zu behaupten, dass kaum in irgend einer anderen Region der Centralorgane eine anatomisch und physiologisch befriedigendere Auffassung der Structur erreicht ist, wie gerade in der Kleinhirnrinde.

Das Resultat meiner Untersuchungen lässt sich dahin zusammenfassen, dass die bekannten grossen Purkinje'schen Zellen der Kleinhirnrinde in zweierlei Weise mit nervösen Fasern in Verbindung stehen: einmal mit je einer starken markhaltigen Nervenprimitivfaser, welche

nikoff, Axencylinderfortsatz der Nervenzellen im kleinen Hirn des Kalbes. — M. Schultze's Arch. f. mikr. Anat. V. S. 332. — Obersteiner, Beiträge zur Kenntniss vom feineren Bau der Kleinhirnrinde mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklung. Wiener acad. Sitzber. Bd. LX. Abth. II. 1863. — Obersteiner, Eine partielle Kleinhirnatrophie, nebst einigen Bemerkungen über den normalen Bau des Kleinhirns. Allgem. Zeitschr. für Psychiatrie Band XXVII. — Hadlich, Untersuchungen über die Kleinhirnrinde des Menschen. M. Schultze's Arch. f. mikr. Anat. Bd. VI. 191. — Stieda, Zur vergleichenden Anatomie und Histologie des Cerebellum. Arch. f. Anatom. und Physiolog. 1864.

1) Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 793.

aus dem in die Körnerschicht sich einsenkenden Axencylinderfortsatz hervorgeht, zweitens durch ein feines nervöses Netzwerk, welches sich aus den letzten Enden der verästelten Fortsätze entwickelt, und aus welchem alsdann in der Körnerschicht stärkere Nervenprimitivfasern sich zusammensetzen.

Es liegt also in der Kleinhirnrinde ganz genau das gleiche Verhältniss vor, wie in den vorderen Hörnern des Rückenmarks, nur mit dem Unterschiede, dass in der Kleinhirnrinde die Demonstration dieser anatomischen Thatsache um sehr vieles leichter ist, wie in den vorderen Hörnern des Rückenmarks. Allerdings beruht auch hier diese anatomische Erkenntniß nicht auf einem einzelnen Präparat, welches im Zusammenhange die ganze Kette dieser Beziehungen der Purkinje'schen Zellen vor Augen führt, sonderu auch hier muss ein aus verschiedenen Gliedern sich zusammensetzender complicirterer Beweis angetreten werden. Soviel aber kann ich behaupten, dass fast jedes einzelne Glied dieses Beweises an der Kleinhirnrinde leichter festzustellen ist, wie im Rückenmark.

Um mit der fundamentalen Thatsache dieses Gebietes zu beginnen, die bereits von Deiters¹⁾ entdeckt worden ist, so ist es nicht schwer nachzuweisen, dass der nach dem Centrum gerichtete Fortsatz stets unverästelt bleibt und den Axencylinderfortsatz dieser Zellen darstellt. Er ist durch sein characteristisch glattes Aussehen, vor allem aber durch die isolirte Insertionsweise leicht zu erkennen. Auch er verschmälert sich unmittelbar nach seinem Abgang von der Zelle sehr beträchtlich und pflegt an dieser Stelle nicht selten abzureissen. Gelingt es, ihn noch weiter über diese verschmälerte Stelle zu verfolgen, so bleibt er noch eine kurze Strecke lang marklos und bekleidet sich alsdann mit einer verhältnissmässig sofort sehr dicken Markscheide. Koschewnikoff hat dieses Factum zuerst beobachtet und ich selber habe es zweimal deutlich gesehen.²⁾ Nicht selten geht unmittelbar

1) I. c. S. 95.

2) Diese beiden Thatsachen, einmal die so characteristisch isolirte Insertion des Axencylinderfortsatzes, und zweitens der verhältnissmässig kurze marklose Verlauf desselben, machen es sehr viel leichter das characteristische Kriterium der „centralen Ganglionzelle“, den Unterschied zwischen Axencylinderfortsatz und verästelten Fortsätzen an den Purkinje'schen Zellen zu demonstrieren, wie an den grossen motorischen Zellen der vorderen Hörner. Hier ist — selbst bei sonst wohlgelungenster Isolation — es oft unmöglich, in dem Gewirr der zahllosen, unregelmässig und allseitig von der Zelle sich loslösenden Fortsätzen den Axencylinderfortsatz mit Bestimmtheit von den verästelten Fortsätzen zu unterscheiden, während bei den Purkinje'schen

neben dem Axencylinderfortsatz und zum Theil auch wohl seiner Richtung sich anschliessend, ein verästelter Fortsatz von der Purkinje'schen Zelle ab, welcher zu der histiologischen Fabel von zwei centralen Fortsätzen Anlass gegeben hat. An gut gelungenen Isolationen überzeugt man sich unschwer, dass dieser Fortsatz ausnahmslos nach einem kurzen central gerichteten Verlauf nach der Peripherie des Cerebellum zurückbiegt.

In Bezug auf die Purkinje'schen Zellen selbst vermag ich dem Bekannten wenig Neues hinzuzufügen. Wie in den grossen motorischen Zellen der Vorderhörner findet sich auch hier oft eine rein granulirte, den Kern umgebende (centrale) Partie scharf geschieden von einer nach der Peripherie gelegenen fibrillär streifigen Schicht, aus welcher die verästelten Fortsätze oder der einfache Hauptstamm der verästelten Fortsätze hervorgehen. Den interessanten Beziehungen, welche Obersteiner und Hadlich zwischen dem topographischen Verhältniss der Purkinje'schen Zellen zur Höhe und Tiefe respective zur Längsrichtung des Gyrus und der Verästelungsweise der verästelten Fortsätze nachgewiesen haben, habe ich gleichfalls meine Aufmerksamkeit gewidmet und kann ich die Angaben dieser beiden Autoren nur bestätigen.

Was das endliche Schicksal der verästelten Fortsätze anbetrifft, so hat Hadlich, der unter den neueren Forschern am weitesten vorgedrungen ist, durch eine eigenthümliche Combination erhärtender und macerirender Methoden ermitteln können, dass die Fasern von unmessbarer Feinheit, in welche sich die verästelten Zellenfortsätze auflösen, schliesslich und zwar die meisten in der Nähe der Oberfläche der grauen Rinde in einem bald breiteren bald spitzeren Bogen umbiegen und so eine der ursprünglichen Richtung zwar parallele aber durchaus entgegengesetzte Direction einschlagen.

Ich kann diese bogenförmige und mitunter spitzwinklige Umbiegung der feinsten verästelten Fortsätze gleichfalls als ein fast regelmässiges Vorkommniss bezeichnen. Fast durch die ganze Dicke der molekulären Rindenschicht hindurch sieht man die feinsten Reiser des vielverzweigten Baumes, den jede einzelne Purkinje'sche Zelle mit ihrer Verästelung darstellt, plötzlich umbiegen und die entgegengesetzte Richtung einschlagen. Diese Umbiegungen finden sich schon verhältnissmässig

Zellen das bestimmte Lagerungsverhältniss desselben einen untrüglichen Fingerzeig zum Auffinden desselben giebt. Für die Demonstration (zu Vorlesungs-zwecken z. B.) empfiehlt es sich stets sich der Purkinje'schen Zellen zu bedienen.

sehr nahe am Zellenkörper, sind hier aber noch selten und werden nach der Peripherie fortschreitend immer häufiger, bis, wie Hadlich richtig bemerkt, der grösste Reichthum dieser Umbiegungen in der unmittelbaren Nähe der Kleinhirnoberfläche sich vorfindet, — ein Verhältniss, welches sich übrigens aus der characteristischen Verästelungsweise der Purkinje'schen Zellen von selber ergibt.

Unmittelbar nach ihrer Umbiegung, welche ich mit Hadlich als constantes Vorkommniss betrachten möchte, senken sich diese feinsten Ausläufer in ein feines nervöses Netz von Primitivfibrillen ein, welches mit seinen polygonalen Maschen in grösserer und geringerer Dichte die graue molecularäre Masse der Rinde das Cerebellum durchzieht.

Ich wurde zuerst auf dieses Netzwerk an Osmiumpräparaten aufmerksam. Ich sah die ganze feinkörnige kernhaltige Grundsubstanz, welche die Hauptmasse der Rinde des Kleinhirns bildet, durchzogen von einem engen Netz vielfach verästelter und anastomosirender Primitivfibrillen, welche nach der Behandlung mit Ueberosmiumsäure stets in der zierlichsten Weise varicös erschienen. Später gelang es mir auch mittelst der Gerlach'schen Goldchloridkaliumfärbung den Zusammenhang dieses feinen nervösen Netzwerkes mit den letzten Ausläufern der verästelten Fortsätze der Purkinje'schen Zellen nachzuweisen.

An feinsten Schnitten durch einen Gyrus des Kleinhirns, wo die Goldchloridkalium-*Reaction* in befriedigender Weise eingetreten ist, stellt sich dieses Netz sowie sein Zusammenhang mit den Purkinje'schen Zellen und seine Beziehungen zu den Nervenfasern der Marksubstanz folgendermaassen dar.

Der weisse Markstrahl im Innern des Gyrus besteht aus einer soliden Masse ziemlich derber markhaltiger Nervenfasern, welche meist nicht parallel, sondern in der verschiedenartigsten Weise unregelmässig mit einander verworren und verflochten, im Allgemeinen jedoch eine gleichsinnige Richtung nach der Spitze des Gyrus einschlagen. Zwischen den Nervenfasern eingesprengt liegen zahlreiche Zellketten, die ich oben als ein characteristisches Vorkommniss der weissen Substanz der Centralorgane nachgewiesen habe.

Von diesem weissen Markstrahl dringen nun nach Art der Haare eines Pinsels die einzelnen Nervenfasern in die die weisse Marksubstanz zunächst umgebende Körnerschicht ein.¹⁾) Hier erleiden sie alsbald eine

1) Von diesem Verhältniss giebt die Fig. 160 der Henle'schen Nervenlehre ein recht gutes Bild; noch besser entspricht jedoch demselben die vor treffliche Fig. 203, in welcher Henle die Ausstrahlung der Marksubstanz in die Gyri der Grosshirnrinde wiedergiebt.

ausserordentlich grosse Anzahl von Theilungen, welche ihr Kaliber derartig schwächen, dass an der Gränze der Körnerschicht gegen die molekuläre Schicht, also etwas unter dem Niveau der Purkinje'schen Zellenreihe, nur noch sehr feine Nervenfasern vorhanden sind, die ich bereits schon als Primitivfibrillen bezeichnen möchte.¹⁾

Im Gegensatz zu diesen Nervenfasern, die von der Marks substanz aus in die Körnerschicht eindringen und an der Gränze derselben gegen die molekuläre Rindenschicht durch fortgesetzte Theilungen bereits ausserordentlich fein geworden sind, lassen sich an besonders feinen und günstig geführten Durchschnitten noch andere Nervenfasern nachweisen, die bei sich stets gleichbleibendem nicht unbeträchtlichem Kaliber ungetheilt die Körnerschicht durchsetzen. Es sind dies die von den Purkinje'schen Zellen ausgehenden Axencylinder, welche in stets geradem und gestrecktem Verlauf dem weissen Marklager zustreben.

Besonders deutlich sind dieselben zu unterscheiden innerhalb der peripheren Hälfte der Körnerschicht, wo die aus dem Marklager aufsteigenden Nervenfasern durch fortgesetzte Theilungsvorgänge bereits eine derartige Feinheit erreicht haben, dass eine Verwechselung mit den Axencylindern der Purkinje'schen Zellen schon des geringeren Kalibers wegen unmöglich erscheint. In der dem Marklager zugekehrten Hälfte der Körnerschicht jedoch, wo die aus der Nervenfaser schicht in die Körnerschicht eintretenden Fasern noch die gleiche Richtung und das gleiche Kaliber zeigen, wie die aus der Körner schicht in die Nervenfaser schicht herüberziehenden Purkinje'schen Axencylinder, ist ein Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Fasern, den centripetalen und den centrifugalen nicht mehr zu constatiren.

1) Diese äusserst zahlreichen wirklichen Theilungen sind nicht bloss an Goldchloridpräparaten, sondern auch an Osmiumpräparaten und nach Maceration in verdünnter Chromsäure mit solcher Evidenz und in so enormer Anzahl zwischen den einzelnen Zellen der Körnerschicht nachzuweisen, dass es mir in der That völlig räthselhaft ist, wie einzelne Forscher wie Kölliker (Gewebelehre) und Stieda (Archiv für Anatom. und Physiol. 1864, S. 410) dieselben leugnen können, und wie es möglich ist, dass Henle die Frage, ob das Nervengeflecht der Körnerschicht durch einfachen Austausch oder durch Theilung der Fasern zu Stande komme „ausserordentlich schwer“ zu entscheiden findet (Nervenlehre S. 229). — Irrthümlich ist auch die Angabe Gerlach's, welcher die in der Körnerschicht vorkommenden Theilungen auf den in die Körnerschicht eindringenden Fortsatz der Purkinje'schen Zellen beziehen will. Es gehören diese Theilungen vielmehr stets dem zweiten Axencylindersystem und niemals dem Axencylinderfortsatz an.

Der Uebergang der feinen verästelten Nervenfasern der Körnerschicht in das aus Primitivfibrillen gebildete feine Netz der molecularen Schicht gestaltet sich an Goldchloridpräparaten folgendermaassen: Man sieht die feinen Fasern der Körnerschicht in die molecularen Schicht überreten und unmittelbar nach dem Eintritt in dieselbe ein äusserst feines, die Purkinje'schen Zellen und den Anfangsstamm der verästelten Fortsätze umspinnendes sehr feines Netz bilden, dessen einzelne aus Primitivfibrillen gebildete Maschen meist etwas in die Länge gezogen erscheinen und zwar in einer Richtung, welche der Oberfläche der einzelnen Gyri parallel ist. So geht es zu, dass in scharfem Gegensatz zu der überwiegenden Masse der molecularen Schicht, die meist eine ziemlich ausgesprochene, auf die Oberfläche des Gyrus senkrecht gerichtete Streifung zeigt¹⁾, der Gränzsaum der molecularen Schicht gegen die Körnerschicht, in welchem die Purkinje'schen Zellen liegen, in einer Richtung feinstreifig erscheint, die geradezu senkrecht auf der Längsstreifung der molecularen Schicht steht. Aus diesem feinen an der Gränze der beiden Schichten gelegenen Primitivfibrillennetz treten nun feine Fasern hervor, die die molecularen Schicht in senkrechter Richtung durchsetzend nach der Peripherie der Cerebellumrinde hinstreben. Obwohl sehr vielfache Queranastomosen dieser Fibrillen vorkommen, ist doch die senkrechte Richtung dieser Primitivfibrillen in dem eigentlichen Inneren der molecularen Schicht als die vorwiegende zu bezeichnen. Dicht unter der freien Oberfläche des Cerebellum selber findet dann wieder eine reichere allseitige Verästelung und Netzbildung der Primitivfibrillen statt.

Es hat sich also aus diesen Untersuchungen die gleiche Vorstellung über den Zusammenhang der nervösen Elementartheile der Kleinhirnrinde ergeben, wie dieselbe zuerst von Gerlach für das Rückenmark oder vielmehr — genauer ausgedrückt — für die vorderen Hörner des Rückenmarks aufgestellt worden ist. Es hat sich ergeben, dass in dem einen wie in dem anderen Falle „centrale Ganglionzellen“ (Deiters), hier die grossen motorischen Zellen der Vorderhörner, dort die Purkinje'schen Ganglionzellen in ganz gleicher Weise mit nervösen Fasern auf eine doppelte Art in Verbindung stehen, indem einmal der Axencylinderfortsatz zu einer ungeheilten markhaltigen Nervenprimitivfaser wird, andererseits die verästelten Fortsätze mit ihren letzten

1) Die verschiedenartigen Momente, auf denen diese Längsstreifung der molecularen Rindenschicht des Cerebellum beruht, sind von Hadlich mit solcher Klarheit auseinandergesetzt, dass ich denselben nichts hinzuzufügen weiss.

Enden in ein Netz von Primitivfibrillen münden, aus denen sich dann durch fortgesetztes Aneinanderlegen der einzelnen Äste stärkere Nervenfasern entwickeln.

Es ist hier der Ort hervorzuheben, dass diese anatomische That-sache, in der ich das fundamentale Princip im Aufbau des Central-nervensystems zu erkennen glaube, an der Kleinhirnrinde um vieles leichter nachzuweisen ist, als im Rückenmark, wo Gerlach zuerst zur Erkenntniss derselben gelangte. Oder vielmehr (da, wie ich oben ausführlich erörtert, ein direkter Beweis dieser anatomischen Thatsache zur Zeit noch nicht möglich ist): es liegen in der Kleinhirnrinde die Bedingungen um vieles günstiger wie im Rückenmark, ja wohl am günstigsten im ganzen Centralorgan überhaupt, die einzelnen Glieder des zusammengesetzten Beweises, der uns zur Zeit noch die objective Demonstration dieser anatomischen Thatsache ersetzen muss, der grösstmöglichen Wahrscheinlichkeit nahe zu bringen.

Die Gründe hierfür liegen wesentlich in der vollkommeneren und besser durchgeführten Localisation, die sich in der Rinde des Cerebellum vorfindet. Einmal lässt sich, wie oben bereits erwähnt, der Axencylinderfortsatz, seine Richtung u. s. w. aus den topographischen Anhaltspunkten viel leichter feststellen, wie im Rückenmark. Zweitens sind im Cerebellum die Theilungen der Nervenprimitivfasern, die allein auf die Körnerschicht beschränkt sind, und das aus den verästelten Fortsätzen hervorgehende Primitivfibrillennetz, das allein auf die molekuläre Schicht beschränkt ist, auch local scharf geschieden. Der Character und die Verästelungsweise des Primitivfibrillennetzes, sowie die Natur der molekulären Bindesubstanz, in welche dasselbe eingebettet ist, bieten endlich im Kleinhirn die denkbar günstigsten Bedingungen für die Erkenntniss des Zusammenhangs mit den verästelten Fortsätzen der centralen Ganglienzellen.

Wie ganz anders in der grauen Substanz des Rückenmarks! Hier finden sich alle die einzelnen Glieder dieser Kette anatomischer Verbindungen nicht topographisch geschieden, sondern auf den engsten Raum zusammengedrängt und gleichsam ineinandergeschoben. Axencylinderfortsatz und verästelte Fortsätze sind seltener deutlich zu unterscheiden, die feinere Verästelung der letzteren, der Uebergang der feinsten Enden derselben in das Primitivfibrillennetz, das Primitivfibrillennetz selber und die Entstehung der Nervenfasern aus denselben, — Alles dieses findet sich in den grauen Hörnern des Rückenmarks mit und durch einander. Es scheint mir daher klar, dass die weitere Erhärtung und Ausbildung dieses von Gerlach gefundenen

Fundamentalprincips der Centralorgane nicht im Rückenmark, sondern im Cerebellum stattzufinden haben wird.

Ehe ich die Darstellung der Rinde des Cerebellum verlasse, ist noch eine wichtige Frage zu erörtern, die ich bisher, um die Einheit der Darstellung nicht zu unterbrechen, noch hinausgeschoben habe, die Frage nämlich, ob ausser den Purkinje'schen Ganglienzellen noch andere nervöse Zellen in die Constitution dieses nervösen Systems eingreifen. Es zerfällt diese Frage naturgemäss in die zwei Unterfragen: Kommen in der molekulären Rindenschicht des Cerebellum ausser den Purkinje'schen Zellen noch Ganglienzellen vor und in welchen Beziehungen stehen dieselben zu den Purkinje'schen Zellen resp. zu dem Primitivfibrillennetz? Kommen in der Körnerschicht Ganglienzellen vor und in welcher Beziehung stehen dieselben zu dem dort befindlichen System verästelter Nervenfasern?

Die erste dieser Fragen muss ich mit nein beantworten, obwohl mir der Umstand, dass ich dabei der grössten Autorität auf diesem Gebiete, Deiters, widerspreche, einige Unbehaglichkeit verursacht. Nach der unten mitgetheilten Beschreibung von Deiters¹⁾ käme in der molekulären Schicht eine Art kleiner bipolarer Ganglienzellen vor. Ich habe an Goldchloridkaliumpräparaten niemals irgend welche zellige Elemente in das Primitivfibrillennetzwerk eingeschaltet gesehen und auch an Isolationspräparaten, die durch Maceration in Osmiumsäure oder in verdünnter Chromsäure hergestellt wurden, habe ich niemals derartige kleine bipolare Ganglienzellen nachweisen können. Ich kenne in der molekulären Schicht nur die oben erwähnten, zu der molekulären Bindesubstanz zu rechnenden doppeltcontourirten Kerne, die ziemlich gleichmässig — bei jüngeren Thieren reichlicher, bei älteren sparsamer — durch die ganze Rindenschicht verstreut sind, und ausserdem noch selbstständigere isolirbare Bindegewebszellen, die jedoch auf die äusserste freie Gränschicht der Kleinhirnrinde beschränkt sind,

1) „— Endlich kommt im kleinen Gehirn eine dritte Zellenart vor, die, wie es scheint, beiderseits direkt in einen Axencylinder übergehen kann. Dieselben sind durch einen grossen runden Kern mit ein oder zwei Kernkörperchen ausgezeichnet, welcher von sehr sparsamem, körnigem, aber ganz unregelmässig contourirtem Protoplasma umgeben wird. Sie werden in der grauen Rindenschicht zerstreut gefunden. Diese sonderbaren kleinen Zellen sind eins der wenigen Beispiele, bei dem es mir bis jetzt nicht gelungen ist, dass allgemeine Schema, nach dem die Nervenzellen in das Fasersystem der Centralorgane eingreifen, wiederzuerkennen, und wo auch, wie es scheint, ein anderes Schema vorhanden ist.“ l. c. S. 95.

und von denen im nächsten Capitel bei der Besprechung des Verhältnisses der Pia mater zur Oberfläche der Centralorgane noch weiter zu reden sein wird.

Auf die zweite Frage nach dem Vorkommen nervöser Zellen innerhalb der Körnerschicht lässt sich hingegen eine positive Antwort geben. Ich unterscheide neben den bindegewebigen Elementen der Körnerschicht zwei Arten nervöser Zellen. Die eine Form begreift kleine multipolare Nervenzellen, die auch Deiters als solche beschreibt und von denen er als characteristisches Kennzeichen die Pigmentirung angiebt. In welchem Verhältniss dieselben zu den sich verästelnden Nervenfasern stehen, ist mir unbekannt geblieben. Ausser diesen finde ich noch eine zweite Art kleiner Ganglienzellen, die, wie es scheint, ganz den von Deiters aus der molekulären Schicht beschriebenen Zellen entsprechen, kleine bipolare Ganglienzellen, die oft in den Verlauf der einzelnen Nervenfasern eingeschaltet sind und völlig den kleinen bipolaren Ganglienzellen in den Körnerschichten der Retina gleichen.

Unter den Zellenketten und Lagen, die reichlich zwischen die einzelnen Nervenfaserbündel der Marksubstanz des Kleinhirns eingeschaltet sind, habe ich niemals kleine multipolare Ganglienzellen gesehen, wie dieselben in dem Marke der grossen Hemisphären so häufig vorkommen. Die Zellenketten in der Marksubstanz des Cerebellum scheinen, ebenso wie die des Rückenmarks, ausschliesslich aus Bindegewebe zu bestehen und der Ganglienzellen völlig zu entbehren.

4. Die Rinde des Grosshirns.

Es war ursprünglich meine Absicht, in diesem Abschnitt der menschlichen Grosshirnrinde eine ausführlichere Besprechung zu widmen, die bisherigen Versuche einer Eintheilung derselben in Schichten einer eingehenden Kritik zu unterziehen und daran eine ausführliche Beschreibung meiner eigenen Untersuchungen über die menschliche Grosshirnrinde überhaupt zu knüpfen.

Ich habe mich jedoch entschlossen, von diesem Vorhaben abzustehen. Meine Untersuchungen über die menschliche Grosshirnrinde hatten sich auf die Untersuchung an Macerationspräparaten in verdünnten Chromsäurelösungen und an carmingefärbten Durchschnitten durch die erhärteten Gehirne beschränken müssen. An menschlichen Gehirnen, die nie früher als 24 Stunden nach dem Tode in meine Hände gelangten, war es mir nicht möglich gewesen, durch die

Gerlach'sche Goldchloridkaliumfärbung befriedigende Bilder zu erzielen, während ich an den frischen Gehirnen kleiner Säugetiere (Kaninchen, Maus, Ratte) zu den befriedigendsten Resultaten in dieser Beziehung gelangt war. So war es mir nicht gelungen eine Vermuthung zur Gewissheit zu erheben, der ich eine gewisse Tragweite für das Verständniss des Baues der Hirnrinde zuschreiben möchte, nämlich, dass der von Vicq d'Azyr in der Rinde des Hinterlappens entdeckte so räthselhafte feine weisse Streifen, auf dessen Vorhandensein Meynert¹⁾ seinen achtschichtigen Typus der Gehirnrinde gebaut hat (im Gegensatz zu dem der Mehrzahl der Gehirnwundungen als Regel zukommenden fünfschichtigen Typus), wesentlich nur einer besonderen Entwicklung des Netzwerkes der Primitivfibrillen seine Entstehung verdanke. Die Fruchtlosigkeit meiner Bestrebungen einsehen müsseg, an den mir zu Gebote stehenden menschlichen Gehirnen mittelst der Goldchloridkaliummethode irgendwie befriedigende Resultate zu erreichen, konnte ich mich nicht entschliessen, die mittelst der letzteren Methode an Thiergehirnen erhaltenen Aufschlüsse auf das menschliche Gehirn zu übertragen und in die Beschreibung der menschlichen Hirnrinde mit aufzunehmen. Ich entschloss mich unter diesen Umständen mich auf das Gehirn der kleineren Säugetiere zu beschränken und auf eine ausführlichere Beschreibung der menschlichen Grosshirnrinde, die ich meiner Ueberzeugung nach doch nicht vollständig zu liefern im Stande war, zu verzichten.²⁾

In Bezug auf die Schichtung der Hirnrinde bei diesen kleinen Säugern schliesse ich mich an Stieda³⁾ an, welcher beim Kaninchen und bei der Maus folgende vier Schichten unterscheidet:

- 1) Den zellenfreien Rindensaum.
- 2) Eine äussere Nervenzellenschicht (kleine Zellen).

1) Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben, S. 710.

2) Es wurde mir dieser Entschluss wesentlich erleichtert durch die vorzügliche Beschreibung der Hirnrinde in Henle's Nervenlehre, welche die anatomische Erkenntniss derselben in der That so weit führt, wie dieselbe mittelst der Methode der carmingefärbten Durchschnitte überhaupt zu führen war. Ich benutze diese Gelegenheit, um zu constatiren, dass auch meine Erfahrungen sich durchaus der von Henle gegebenen einfachen und schönen Eintheilung der menschlichen Grosshirnrinde anschliessen. Auch den Umstand, worauf bereits Henle aufmerksam macht, möchte ich besonders betonen, dass bei dieser Eintheilung allein eine Uebereinstimmung in Zahl und Bau der Schichten zwischen der menschlichen Hirnrinde und der der Säugetiere zu erzielen ist.

3) Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere. 1870. S. 85, 135.

- 3) Eine mittlere Nervenzellenschicht (grosse Zellen).
- 4) Eine innere Nervenzellenschicht (kleine Zellen).

Die isolirten Ganglienzellen der Hirnrinde des Menschen und der Säugethiere sind stets multipolar. Die grösseren Zellen lassen meist eine übereinstimmende characteristische Form erkennen, die man schon lange mit einer Pyramide verglichen hat. In Bezug auf die Beschreibung und Auffassung dieser Zellenform muss ich mich gaaz an Meynert anschliessen, mit dem Vorbehalte jedoch, dass ich die von ihm behauptete eckige Form des Kernes nicht als präformirt, sondern nur als ein Kunstproduct betrachten kann. An Osmiumpräparaten erscheint der Kern stets vollkommen regelmässig rund.

Dieselbe Methode lässt übrigens die auf eine fibrilläre Structur deutende Streifung des Zellenkörpers, speciell des verästelten Spitzenfortsatzes auf das Deutlichste hervortreten.

An Fortsätzen dieser pyramidenförmigen Ganglienzellen unterscheide ich mit Meynert:

- 1) den langen, stets sich verästelnden, nach der äusseren Oberfläche der Hirnrinde gerichteten Spitzenfortsatz;
- 2) den schlanken, nach innen gerichteten mittleren Basalfortsatz (Meynert);
- 3) 5—7 seitliche verästelte Fortsätze.

Der mittlere Basalfortsatz bleibt nach Meynert stets unverästelt, ich selber habe ihn gleichfalls niemals sich verästeln gesehen, so dass auch ich in ihm den Axencylinderfortsatz der Pyramidenzellen erblicken möchte. Koschewnikoff¹⁾ ist es einmal gelungen, denselben direkt zum Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser werden zu sehen — bei der grossen Feinheit und ausserordentlichen Zerbrechlichkeit des fraglichen Fortsatzes eine gewiss sehr schwer zu constatirende That-sache.

In Bezug auf die verästelten Fortsätze dieser Pyramidenkörper ist im Allgemeinen die Thatsache zu bemerken, dass die Verfolgung derselben bis in ihre letzten feinsten Theilungsproducte in der verdünnten Chromsäure sowohl, wie in der Osmiumsäure meist sehr viel unvoll-kommener gelingt, wie z. B. bei den Zellen des Rückenmarks und den Purkinje'schen Zellen.²⁾

1) Axencylinderfortsatz der Nervenzellen aus der Grosshirnrinde. M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatom. V. S. 374.

2) Ich hoffe, man wird es mir erlassen, auf eine ausführliche kritische Würdigung der Ansichten einzugehen, welche sich Arndt (M. Schultze's Arch. III, 441. IV, 407. V. 317. Studien über die Architektonik der Gross-

In der allerneuesten Zeit sind zwei kurze Publicationen erschienen, welche die Anatomie der Grosshirnrinde in ein neues Stadium haben treten lassen. Rindfleisch¹⁾ fand in der Grosshirnrinde des Kaninchens, die er mit Ueberosmiumsäure von $\frac{1}{10}\%$ und Glycerin behandelt, sehr zahlreiche feine markhaltige Nervenfasern, die sich in Büschel feinster Primitivfibrillen theilten, welche in immer feinerer Verästelung alsdann in die molekuläre Masse selber, welche die Hauptsubstanz der Grosshirnrinde bildet, übergehen sollen. In dieselbe molekuläre Masse sollen sich andererseits die letzten Enden der verästelten Fortsätze der Pyramidenkörper auflösen, so das also die intermediäre, „körnig-faserige“ Substanz im Sinne von Henle und R. Wagner als „Central-nervensubstanz“ (Rindfleisch) aufzufassen sein würde.

Im Anschlusse an diese Publication Rindfleisch's hat nun Gerlach seine mittelst der Goldchloridkaliummethode in der Rinde des menschlichen Gehirns gewonnenen Resultate veröffentlicht.²⁾ Er gelangt zu dem Resultate, dass in der Grosshirnrinde des Menschen ausser den längst bekannten aus der weissen in die graue Substanz übertretenden Nervenfaserbündeln zwei verschiedene nervöse Netze existiren. Das erste ist ein schon bei 60facher Vergrösserung wahrnehmbares grossmaschiges Netzwerk markhaltiger Fasern. In den Lücken dieses ersten Netzes liegt neben den Ganglienzellen ein zweites, äusserst feinmaschiges Netz feinster nicht mehr markhaltiger Fasern, welche, sowie das Netzwerk überhaupt, nur mittelst starker

hirnrinde des Menschen I, II, III. Bemerkungen über die Ganglienkörper der Grosshirnrinde des Menschen. M. Schultze's Arch. VI. 173) über diese pyramidenförmigen Ganglienzellen gebildet hat. Was soll man von Arbeiten eines Forschers denken, der in einer Auseinandersetzung von funfzehn Seiten (M. Schultze's Arch. IV. 421—436) zu erweisen trachtet, dass der Spitzenfortsatz der Pyramidenzellen stets unverästelt sei, während das Gegentheil dieser Behauptung ungefähr so leicht zu demonstriren ist, wie die Verästelung des peripheren Fortsatzes der Purkinje'schen Zellen und in der That bis jetzt noch von jedem demonstriert werden konnte, der sich überhaupt mit dem Gegenstande beschäftigte (Meynert, M. Schultze, Roth, Koschewnikoff). Was soll man dazu sagen, wenn dieser Forscher diese einfachste und klarste Thatsache der Anatomie der Grosshirnrinde, die er übrigens später selber anzuerkennen sich genötigt gesehen hat (M. Schultze's Arch. VI. 173), dadurch anzugreifen sucht, dass er einer Autorität wie Meynert die Verwechslung von Capillaren mit Nervenfasern zu imputiren wagt.

1) Zur Kenntniss der Nervenendigung in der Hirnrinde. M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatom. VIII. S. 453.

2) Ueber die Structur der grauen Substanz des menschlichen Grosshirns. Vorläufige Mittheilung. Centralbl. für d. med. Wissenschaft. 1872. S. 273.

Immersionssysteme anschaulich gemacht werden können. An der Bildung dieses zweiten Netzes betheiligen sich einerseits die feinsten Ausläufer der verästelten Fortsätze der Nervenzellen, andererseits entwickeln sich aus diesem Netze breitere und sich bald mit Mark umgebende Nervenfasern, welche sodann in das erste grossmaschige Netz markhaltiger Fasern eintreten.

Für mich, der ich schon beide genannten Methoden auf die Hirnrinde mit dem besten Erfolge angewandt hatte, konnte die Entscheidung, wer hier Recht habe, ob Gerlach, der Nervenfasern und Ganglienzellen durch ein Netz von Primitivfibrillen, oder Rindfleisch, der dieselben durch die molekuläre Masse communiciren liess, nicht zweifelhaft sein. Die Bilder gut gelungener Goldchloridkaliumpräparate sind in der That zu unzweideutig, um noch die Möglichkeit der Betheiligung der molekulären Masse bei der Leitung von den Nervenfasern zu den Ganglienzellen zulassen zu können.

Aber ich kann auch Rindfleisch nicht einmal zugeben, dass die Bilder, die man nach seiner Methode erhält, einen derartigen Zusammenhang der Nervenfasern und Ganglienzellen mit der molekulären Masse gerade sehr wahrscheinlich machen. Ich finde, wie ich oben schon erwähnt habe, vielmehr gerade an den Osmiumpräparaten die feinsten nervösen Elementartheile stets auf das Deutlichste von der molekulären Masse geschieden. Besonders deutlich ist dies der Fall an isolirten Bruchstücken des Netzwerkes von Primitivfibrillen, deren häufiges Vorkommen ich in der kurzen Notiz Rindfleisch's nicht erwähnt finde. Oft sieht man eingebettet in ein grösseres oder kleineres Trümmerstück der molekulären Masse ein Stückchen, etwa 4—5 Maschen, des feinsten Netzwerkes in der Flüssigkeit herumschwimmen. Diese Maschen sind oft ausserordentlich regelmässig fünf- oder sechseckig, und bestehen aus sehr feinen glänzenden Primitivfibrillen, welche stets äusserst zierliche Varicositäten zeigen. An derartigen Präparaten ebensowenig, wie an isolirten Ganglienzellen ist von einem Uebergang dieser feinsten nervösen Elementartheile in die molekuläre Grundsubstanz irgend etwas zu sehen.

Es lässt sich also das Resultat über die Anatomie der Grosshirnrinde dahin zusammenfassen, dass auch hier, wie in den schon betrachteten Regionen der grauen Substanz des Rückenmarks und der Rinde des Cerebellum, das gleiche anatomische Grundprincip gewahrt zu sein scheint, welches unvollständig zuerst von Deiters erkannt, in seiner vollkommenen Form jedoch zuerst von Gerlach ausgesprochen und thatsächlich nachgewiesen wurde.

Wenn ich nunmehr, wie es oben schon mit alleiniger Berücksichtigung des Kleinhirns und des Rückenmarks geschah, einen Vergleich anstellen soll über die verschiedenen Grade der Deutlichkeit, mit dem sich dieses Princip im Rückenmark und in den beiden Rinden des Kleinhirns und des Grosshirns ausgeprägt findet, und über den verschiedenen Grad der Wahrscheinlichkeit, mit dem sich dieses anatomische Princip an den verschiedenen Localitäten erhärten lässt, so würde aus den oben bereits erörterten Gründen die Rinde des Cerebellum vor dem Rückenmark einen entschiedenen Vorzug verdienen. Der gleiche Vorzug würde ihr auch vor der Grosshirnrinde zukommen. Ich brauche nur daran zu erinnern, dass der Axencylinderfortsatz der Purkinje'schen Zellen bereits keine zu bezweifelnde Thatsache mehr ist, während der Uebergang des mittleren Basalfortsatzes der Grosshirnpyramiden in eine Nervenfaser noch immer als eine offene Frage zu bezeichnen ist.¹⁾) Ich brauche ferner nur darauf aufmerksam zu machen, dass in der Rinde des Cerebellum die Theilungen der markhaltigen Nervenfasern von dem Primitivfibrillennetz topographisch scharf geschieden sind, während sie in der Grosshirnrinde in demselben Raume bei einanderliegen.

Stellt man nun unter dem gleichen Gesichtspunkte, wie zwischen Kleinhirn und Rückenmark und zwischen Kleinhirn und Grosshirn, auch einen Vergleich zwischen Grosshirn und Rückenmark an, so wird man finden, dass der Nachweis dieses anatomischen Princips in der Grosshirnrinde Schwierigkeiten bietet, die den vorderen Hörnern des Rückenmarks fehlen, und dass diesen letzteren wieder gewisse Hindernisse zukommen, die in der Grosshirnrinde nicht zu fürchten sind. Zu den erstenen wäre zu rechnen der Nachweis des Axencylinderfortsatzes, welcher in den vorderen Hörnern des Rückenmarks viel leichter ist, wie in der Hirnrinde. Als letzteres dürfte gelten der Nachweis des Uebergangs der markhaltigen Nervenfasern in das Netz der Primitivfibrillen, welcher im Rückenmark sehr viel schwerer zu demonstrieren ist, wie im Gehirn. Im Ganzen würde sich wohl die Summe der beiderseitigen Vortheile und Nachtheile das Gleichgewicht

1) Ich habe denselben allerdings an Osmiumpräparaten bei grossen Zellen häufig sehr weit und stets unverästelt verfolgen können. Rindfleisch äussert sich hierüber gar nicht, und Gerlach hat nur einige Male evidente Nervenfortsätze gesehen und zwar nur an grösseren Nervenzellen. Der Beobachtung von Koschewnikoff ist oben schon Erwähnung geschehen. Jedenfalls ergibt sich hieraus, dass es noch völlig unklar ist, ob alle Nervenzellen der Hirnrinde oder nur die grösseren einen Axencylinderfortsatz besitzen.

halten. Bei einem Vergleich des Gehirns mit den hinteren Hörnern des Rückenmarks, wo der Nachweis der Axencylinderfortsätze etwa gleiche Schwierigkeiten bieten dürfte, würde das Gehirn wegen der leichteren Darstellung des Uebergangs der markhaltigen Nervenfasern in das Primitivfibrillennetz den Vorzug verdienen.

Am Schlusse dieser Darstellung, welche an der Hand der auf diesem Felde epochemachenden Gerlach'schen Methode für die verschiedenen Provinzen der Centralorgane ein einheitliches Structurprincip nachzuweisen versucht hat, bleibt es mir noch übrig, eine Frage in Kürze zu erörtern, die in der Histologie des Centralnervensystems von jeher eine sehr grosse Rolle gespielt hat: die Frage nämlich nach dem Vorkommen der sogenannten Ganglienzellenanastomose. Es haben die vorliegenden Untersuchungen diese Frage principiell dahin entschieden, dass die verästelten Fortsätze der Ganglienzellen mit ihren feinsten Enden in ein ihnen gemeinsames¹⁾ Netz von Primitivfibrillen münden, und dass so in der That durch dieses Netz die anatomische Verbindung der Ganglienzellen, die Ganglienzellenanastomose gegeben ist. Andererseits muss ich betonen, dass mir bei meinen vielfachen Untersuchungen von Isolationspräparaten niemals Ganglienzellenanastomosen im Sinne der älteren Autoren vorgekommen sind, Anastomosen, bei denen der anatomische Zusammenhang durch einen stärkeren Fortsatz oder eine derbare Substanzbrücke hergestellt wurde.

1) Den theoretisch allerdings denkbaren Fall, dass die von den verästelten Ausläufern der einzelnen Ganglienzellen gebildeten Primitivfibrillennetze ihre Selbstständigkeit bewahren und nicht mit den Primitivfibrillennetzen der benachbarten Zellen Verbindungen eingehen sollten, glaube ich anatomisch unbedingt von der Hand weisen zu können und wird mir darin wohl jeder bestimmen, der einmal die enorm feine Verästelung dieser Netzbildungen gesehen hat. Eine andere Frage ist, ob dem System der centralen Ganglienzelle mit dem zunächst von ihr ausgehenden Theil des Primitivfibrillennetzes und den wiederum aus diesem sich zusammensetzenden Nervenfasern nicht ein gewisser Grad anatomischer und physiologischer Selbstständigkeit zuzuschreiben sei. Die eigenthümlich regelmässige Anordnung in der Kleinhirnrinde würde z. B. dieser relativen Selbstständigkeit das Wort reden.

IV. Die perivasculären und epicerebralen Räume.

Ich habe diesem Abschnitte meiner Untersuchungen, der von den perivasculären Lymphräumen sowie von dem Verhältniss der Pia mater zur Substanz der Centralorgane handeln soll, die Bemerkung vorauszuschicken, dass die hier erörterten anatomischen Fragen sich als in höchst eigenthümlicher Weise verwickelt herausgestellt haben, viel verwickelter, als sich aus dem Studium der einschlagenden Literatur hätte erwarten lassen. Es hat sich aus meinen Untersuchungen mir die höchst merkwürdige Thatsache mit Evidenz ergeben, dass in der gesammten Literatur über die perivasculären Lymphräume bisher zwei verschiedene Arten von Hohlräumen, die in der That nichts mit einander zu thun haben, zusammengeworfen und verwechselt worden sind.

Ich sehe mich daher genöthigt, diese Frage gleichsam wieder ab ovo aufzunehmen und zunächst zu der Darstellung der Thatsachen zu schreiten, die ich über die sogenannten perivasculären Lymphräume ermittelt habe. Hieran dürfte sich dann eine kritische Erörterung der einschlagenden Literatur in passender Weise anschliessen.

Die Untersuchung von Gehirnen grösserer Thiere, deren Blutgefässe durch die Carotis interna oder durch die Arteria vertebralis injicirt wurden, lehrt über das Verhältniss der Gefässe zu der Gehirnsubstanz zunächst Folgendes: die kleinen Arterien dringen von der Pia mater aus nicht direkt in die Substanz der Hirnrinde ein, sondern verlaufen z. Th. ganz gerade gestreckt ein beträchtliches Stück parallel der Oberfläche der Hirnwindingen frei an der unteren Fläche der Pia mater und, wie es scheint, in unmittelbarem Contact mit der Hirnsubstanz. Von diesen Arterien aus treten in ziemlich regelmässigen Abständen rechtwinklig feine Aeste ab, die direkt in das Hirnparenchym eindringen.¹⁾

1) Auch an den Windungen des Kleinhirns liegt ein ganz gleiches Verhältniss vor.

Es gelingt leicht, mitunter schon am frischen uninjizierten Gehirn, ganz sicher aber nachdem bereits eine leichte Maceration der Hirnrinde stattgefunden hat, durch einen Zug einer feinen Pincette diese auf der unteren Fläche der Pia verlaufenden Arterien (und Venen) mit dem ganzen System der von ihnen aus rechtwinklig in die Hirnrinde eindringenden Gefässen aus der Hirnsubstanz herauszulösen. Bringt man diese Gefässbäume in die Schweigger-Seidel'sche essigsaure Carminlösung und untersucht dieselben dann in einem Tropfen Glycerin, so erhält man wahrhaft prachtvolle Bilder, die schon bei ganz schwacher Vergrösserung eine Einsicht in die hier vorliegenden Verhältnisse gewähren. Man sieht, dass die an der unteren Fläche der Pia verlaufenden grösseren Gefässen (Arterien sowohl wie Venen) eingeschlossen liegen in einer Art von Sack, einer Scheide, die dieselben bald weit und schlotterig umgibt, bald denselben enger und straffer anlegt. Oft ist der Zwischenraum zwischen Scheide und Gefäss vollkommen leer, oft sind nicht unbeträchtliche Mengen von Lymphkörperchen in demselben angesammelt. Offenbar ist dieses wechselnde Verhältniss abhängig von dem physiologischen Zustand, von der serösen Durchtränkung, in welcher sich das Blutgefäß und seine Scheide beim Tode des Thieres befanden. Die Scheide selber ist aus einer glashellen kernhaltigen Membran gebildet. Nach innen zu ist sie ebenso wie die ihr unmittelbar gegenüber und oft anliegende Wand des Gefässes vollständig glatt. Nach aussen aber zeigt sie eine grosse Anzahl zottenartiger Hervorragungen und stiftartiger Vorsprünge, die aus der Substanz der Membran selber gebildet erscheinen.

An den Stellen, wo von diesen grösseren Gefässen rechtwinklig die eigentlich für die Gehirnrinde bestimmten Zweige abgehen, zeigt diese Scheide nunmehr ganz ausnahmslos und regelmässig eine trichterförmige Verbreiterung, die den rechten Theilungswinkel, in dem die einzelnen Gefässen von dem Hauptstamm abgehen, wie ein weiter Sack umgibt. Durch die Vermittelung dieses trichterförmigen Sackes setzt sich die den Hauptstamm umgebende Scheide auf sämmtliche von demselben abgehende Aeste fort und begleitet dieselben, in ganz gleicher Weise wie den Hauptstamm sie umscheidend, in die Gehirnsubstanz hinein, wo sie sich an den in der beschriebenen Weise hergestellten Präparaten längs des ganzen Verlaufs der Gefässen, bald enger anliegend, bald dieselben wie ein weiter Sack umgebend, nachweisen lässt. Das eigenthümlich zottige Aussehen der äusseren Oberfläche dieser Scheide ist im Innern der Hirnrinde womöglich noch stärker

ausgeprägt, wie an den an der unteren Fläche der Pia mater verlaufenden stärkeren Stämmen.

Ohne den Thatsachen Gewalt anzuthun wird man die diese Gefäße umgebende Scheide als die Adventitia derselben auffassen können, und den zwischen der Adventitia und der Media des Gefäßes befindlichen Hohlraum wird man sehr wohl als einen Lymphraum bezeichnen dürfen mit Hinblick auf die Thatsache, dass in demselben sehr häufig, ja fast regelmässig Lymphkörperchen in grösserer Anzahl sich ange sammelt finden. Auch ist dieser Hohlraum offenbar ausserordentlich dazu disponirt, bei Drucksteigerungen in den von ihm ringartigen umschlossenen Gefäßen, durch Transsudation beträchtliche Mengen seröser Flüssigkeit aus denselben in sich aufzunehmen. Ohne zur Zeit hiermit über den direkten anatomischen Zusammenhang dieses ringartig die Gefäße umgebenden und in dieser Form begleitenden Raumes mit veritablen Lymphgefässen etwas Bestimmtes ausgesagt haben zu wollen, will ich denselben vor der Hand als den „adventitiellen Lymphraum“ der Gehirngefässen bezeichnen.

Es stösst nun das Studium dieses „adventitiellen Lymphraumes“ der Gehirngefässen sowohl in der künstlich erhärteten, wie in der macerirten Hirnsubstanz auf eigenthümliche Schwierigkeiten. Beide Methoden bergen höchst gefährliche Quellen der Täuschung und wetteifern in der Herstellung trügerischer Bilder.

Macerirt man die Gehirnrinde irgend eines getöteten Thieres, eines Schafes z. B., eines Kalbes oder eines Ochsen in den bekannten schwächeren oder stärkeren Chromsäurelösungen, so wird man in der ganz überwiegenden Mehrzahl der Fälle auch nicht eine Spur von dieser Adventitia, die man doch an den in das Gehirn eindringenden Gefässen in so hervorragender Deutlichkeit verfolgen konnte, nachweisen können. Von einer Scheide und von einem Zwischenraum zwischen zwei Membranen ist keine Spur sichtbar: die Wand erscheint aus einer einzigen Membran gebildet.

Es wäre dies ja nichts Wunderbares: Man brauchte ja nur anzunehmen, dass die Gefässse irgendwie ihre Adventitia, in der sie den obigen Erörterungen zufolge ja nur wie in einer ganz losen Scheide haften würden, eingebüsst hätten, und dass in diesen Macerationspräparaten ganz einfache, nackte, ihrer Adventitia entkleidete Gefässtämmchen und Gefässbäume vorlägen. Dieser auf den ersten Blick in der That so höchst plausiblen Annahme steht aber in merkwürdiger Regelmässigkeit ein sehr sonderbares Factum gegenüber, welches zur sofortigen Verwerfung dieser Annahme führen muss: die äussere Wand

dieser Gefässbäumchen ist nämlich niemals glatt (wie sie es doch sein müsste, wenn sie die nackte ihrer Adventitia entkleidete Gefässwand vorstellte) sondern stets in der characteristischsten Weise unregelmässig gestaltet und mit zahlreichen Zotten und Rauhigkeiten besetzt, ganz in derselben characteristischen Weise, wie in den nach der ersten Methode hergestellten Präparaten die äussere Wand der Adventitia erschien.¹⁾

Es ist hier der Ort, etwas ausführlicher die Natur dieser eigenthümlichen Unregelmässigkeiten, welche die Aussenwand der so isolirten Gefässe bekleiden, zu erörtern. Je weiter man es in der Kenntniss dieser Gefässbäume bringt, je vollkommenere Isolationen derselben man erzielt, um so sicherer stellt sich dann eine Thatsache heraus, die mir znerst im höchsten Grade paradox und sonderbar erschien, die ich aber nun von dem vermehrten Schatze meiner Erfahrungen aus nicht anstehe, als ein ganz allgemein gültiges Gesetz für die Gesammtheit der nervösen Centralorgane auszusprechen. Um es kurz zu sagen: die äussere Oberfläche der aus dem Gehirn isolirten grösseren Gefässtämmchen ist stets bedeckt und mehr oder minder vollständig überzogen von Deiters'schen Zellen der verschiedensten Grösse und Form, durch deren Fortsätze das characteristisch rauhe Aussehen der wie mit Zotten bedeckten Oberfläche der Gefässe einzig und allein bedingt wird.

Die so die äussere Wand dieser Gefässtämmchen bekleidenden Deiters'schen Zellen sind von der verschicdensten Form und Grösse, ebenso wie die den Gefässen ansitzenden Rauhigkeiten und zottenartigen Hervorragungen gleichfalls den verschiedensten Character und die verschiedensten Dimensionen zeigen können. Sehr häufig findet sich die von mir als „Pinselzelle“ bezeichnete Form der Deiters'schen Zellen in dieser Weise der Gefässwand ansitzend. In diesem Falle ist der „Pinsel“ flächenförmig ausgebreitet (ganz analog, wie M. Schultz die Verbreiterung der Müller'schen Fasern der Retina an der Membrana limitans interna schildert) und bedeckt mit seiner so verbreiterten Basis die Aussenwand des Gefäßes; der „Stiel“ der Pinselzelle ragt frei nach aussen und erscheint so als zottenartige Hervorragung. Neben dieser als der häufigsten Form kommen jedoch noch zahllose andere Verhältnisse und Formen vor, die stets das Ge-

1) Neben diesen rauhwandigen Gefässen kommen seltener auch ganz glatte Gefässen vor. Bei diesen ist offenbar die Adventitia einfach abgestreift worden.

meinsame haben, dass irgend welche Fortsätze irgend einer dem Formenkreise der Deiters'schen Zellen angehörigen und aussen dem Gefässtämmchen gleichsam angeklebten Zelle als derartige Rauhigkeiten und zottenartige Hervorragungen imponiren.¹⁾

Mir hat die Erklärung dieser Bilder sehr viele Schwierigkeiten gemacht, zumal da ich hartnäckig und lange Zeit den Ausweg aus diesen Schwierigkeiten in der oben angedeuteten und bereits verworfenen Annahme suchen wollte, dass nämlich die isolirten Gefässtämmchen nackt und der Adventitia entkleidet wären. Es ist dies nicht richtig. Wie ich mich bis zur Evidenz überzeugt habe, werden die aus den verdünnten Chromsäurelösungen hergestellten Gefässtämmchen stets und fast ausnahmslos mit ihrer Adventitia isolirt. Die Adventitia ist in der That stets an diesen Gefäßen vorhanden und ihre rauhe Aussenseite ist es, welche die äusseren zottigen Hervorragungen der so isolirten Gefässtämmchen bedingt.

Wo aber ist denn in diesem Falle der „adventitielle Lymphraum“ geblieben? Virtuell ist derselbe allerdings an diesen Präparaten stets noch vorhanden, aber die beiden ihn begränzenden Wandungen, die äussere Wand der Gefässmedia und die innere Wand der Gefässadventitia erscheinen in diesen Fällen stets so eng aneinandergelegt und so fest miteinander verschmolzen, dass von diesem zwischen beiden befindlichem Raume in der That keine Spur zu sehen ist.

Das mit solcher Regelmässigkeit an diesen Präparaten eintretende Verschwinden des adventitiellen Lymphraumes hat, wie ich finde, wesentlich zweierlei Gründe. Der erste ist physiologischer Natur, der zweite beruht in Eigenthümlichkeiten der Behandlungsmethode.

Die Gehirne, an denen ich diese Untersuchungen anstellte, waren meist Schlachtsäugethieren entnommen. Die betreffenden Thiere waren daher ausnahmehlos durch Verbluten getötet worden, und es hatte in den letzten Momenten offenbar eine sehr hochgradige Anämie des Hirnparenchyms stattgefunden. Fast nie habe ich in den Gehirngefäßen geschlachteter Thiere eine Spur von Blutkörperchen nachweisen können.

1) Nicht selten, namentlich bei älteren Individuen, kann dieses morphologische Verhältniss der Abhängigkeit dieser Zotten von einer Deiters'schen Zelle sehr leicht verwischt werden, dadurch, dass der Kern der Deiters'schen Zelle schwindet, oder dass dieselbe mit ihrer ganzen Substanz mit der Aussenfläche der Adventitia untrennbar verschmilzt, Vorkommnisse, auf welche man bei der proteischen Wandelbarkeit der Bindegewebzellen gefasst sein muss. Doch wird hierdurch an der Auffassung dieser die Adventitia besetzenden Zotten als Derivate Deiters'scher Zellen nichts geändert.

Fast alles in der Schädelhöhle vorhandene Blut ist bei diesen in den Venen der Pia respective in den Sinus durae matris vereinigt. Mit dieser hochgradigen Anaemie des Gehirns geht natürlich eine nur sehr minimale seröse Durchtränkung des Gehirns Hand in Hand, und es ist natürlich, dass unter diesen Umständen die bei einer energischen Circulation in der Schädelhöhle wahrscheinlich prall gefüllten adventitiellen Lymphräume collabiren und ihre einander gegenüberstehenden Wände sich berühren müssen.

Ein zweiter Umstand, welcher gleichfalls das Verschwinden des adventitiellen Lymphraumes in hervorragender Weise begünstigt, ist die Wirkung der Chromsäurelösungen, deren ich mich zum Isoliren dieser Gefässtämmchen vorzugsweise bediente. Ich muss es auf Grund meiner Untersuchungen als ausgemacht betrachten, dass die Chromsäure selbst in sehr starker Verdünnung sehr leicht die feineren Verhältnisse dieser isolirten Gefässtämmchen verunstaltet und namentlich als ganz constantes Resultat eine Verklebung der äusseren Wand der Media mit der inneren der Adventitia und mithin ein Verschwinden des adventitiellen Lymphraumes herbeiführt.

Diesen beiden Uebelständen war, nachdem sie einmal erkannt waren, leicht zu begegnen. Ich habe an Thieren in der verschiedensten Weise (Unterbindung der Jugularvenen, Aufhängen, Vergiftung u. s. w.) venöse Stauung resp. Gehirnoedem herbeizuführen gesucht und in der That an dem blutstrotzenden Gehirn auch meist die adventitiellen Lymphscheiden als weite schlotternde Säcke nachweisen können, besonders wenn ich die Maceration in der verdünnten Chromsäurelösung vermeid und mich statt deren der kalt concentrirten Oxalsäure bediente. Man erhält bei dieser Methode sehr instructive Präparate, ganze Gefäßbäume, deren kleine Venen resp. Arterien blutgefüllt in einer weiten dieselbe allseitig umgebenden Scheide liegen, welche nach aussen mit zottenartigen Hervorragungen, Deiters'schen Zellen u. s. w. besetzt ist. In dem adventitiellen Lymphraume, der oft einen beträchtlichen Durchmesser hat, liegen nicht selten zahlreiche farblose Blutkörperchen.¹⁾

1) Neuerdings hatte ich Gelegenheit einige menschliche Gehirne auf diese Verhältnisse zu untersuchen und kann ich bemerken, dass fast aus jedem erwachsenen menschlichen Gehirn, wenn es nicht gerade schon makroskopisch die hochgradigste Anaemie wahrnehmen lässt, sich in der kalt concentrirten Oxalsäure die Gefässtämmchen stets mit den ausgeprägtesten adventitiellen Lymphräumen isoliren lassen, viel eclatanter, wie mir dieses je an Thiergehirnen gelungen ist. — Die adventitiellen Lymphräume der menschlichen Gehirne

Während die Verhältnisse des adventitiellen Lymphraumes an Macerationspräparaten sich in der oben geschilderten verwickelten Weise gestalten, bietet die zweite Methode, deren man sich zur Untersuchung derselben bedienen kann, die Erhärtung und die Anfertigung feiner Querschnitte des Gehirns, nicht mindere, ja sogar noch bedenklichere Quellen der Täuschung.

Fast stets, an allen Durchschnitten durch jedes erhärtete Gehirn sieht man die durchschnittenen Gefässe, mögen dieselben im Längsschnitt oder Querschnitt getroffen oder schräge durchschnitten sein, von einem hellen Hof, von einem klaren Raum umgeben, dessen Configuration durchaus die des Gefässdurchschnittes nachahmt. Allenthalben zwischen Gefässwand und Gehirnparenchym findet sich ein freier Raum, der den unmittelbaren Contact beider vollständig unterbricht.¹⁾ Die Gefässwand erscheint auf diesen Durchschnitten stets einfach, und auf den ersten Blick würde man sehr wohl geneigt sein können anzunehmen, dass diese helle, die Gefässquerschnitte ringförmig umgebende Lücke als der Querschnitt des adventitiellen Lymphraumes anzusehen sei. Dieser Annahme steht jedoch die Thatsache entgegen, dass der ringförmige helle Raum, der die Gefässquerschnitte umgibt, ganz regelmässig durchzogen erscheint von feinen geraden Balken und Bälkchen, welche so Gehirnsubstanz und Gefässwand in Verbindung setzen. Diese Verbindungsbaulkchen, welche zwar zwischen Media und Adventitia niemals nachzuweisen sind, die hingegen völlig mit den zottigen Hervorragungen der äusseren Fläche der Adventitia übereinstimmen, machen hingegen die Annahme sehr wahrscheinlich, dass auch hier, ebenso wie bei den mit der verdünnten Chromsäure behandelten Isolationspräparaten, durch die Wirkung der Chromsäure der eigentliche adventitielle Lymphraum eingeschrumpft ist und seine beiden Wände mit einander verklebt sind. Die auf den Durchschnitten durch die erhärteten Gehirne stets und ausnahmslos die Gefässe umgebenden hellen Lücken, die ich zum Unterschiede von den „adventitiellen Lymphräumen“ als die „perivasculären Räume“ bezeichnen will, haben demnach nur die Bedeutung von Kunstproducten. Sie verdanken ihre Entstehung dem Umstande, dass das eigentliche Gehirnparenchym sich

enthalten übrigens ausser Lymphkörperchen noch ganz gewöhnlich unregelmässige kleinere oder grössere Anhäufungen eines gelbröthlichen bis goldgelben Pigmentes, die ihren Sitz theils auf der äusseren Wand der Media des Gefäßes, theils auf der inneren Fläche der Adventitia haben.

1) Aehnliche klare Räume finden sich nicht selten zwischen den Ganglionzellen und der Gehirnsubstanz.

gegen die erhärtenden Flüssigkeiten verschieden verhält und einen verschiedenen Grad der Retraction erfährt, wie die in dasselbe eingebetteten Gefässe. Unstreitig sind in dem frischen Gehirn die Gefässe und ihre Scheiden die wasserreichsten Gewebsteile, wasserreicher wie das Gehirnparenchym. Da nun die Wirkung der erhärtenden Flüssigkeiten darin besteht, den Geweben ihren Wassergehalt zu entziehen und denselben auf ein bestimmtes niedrigeres Gleichmaass herabzusetzen, so ist es klar, dass die Gefässe einen stärkeren Grad der Schrumpfung und der Retraction werden erleiden müssen, wie die Gehirnsubstanz. Es wird also zunächst der adventitielle Lymphraum gleichsam austrocknen, einschrumpfen und durch den Contact seiner Wände als solcher verschwinden. Bei dieser Annäherung der Adventitia an die Media und der gleichzeitigen Schrumpfung dieser beiden Membranen werden die zottenartigen Hervorragungen und stiftartigen Fortsätze, die ich oben als Derivate der Deiters'schen Zellen bezeichnet habe, aus der molekulären Masse, welche die Grundlage des Gehirnparenchyms bildet, herausgezogen werden, und so der von einzelnen Querbalken durchzogene perivasculäre Raum zwischen Gehirnparenchym und Gefässwand entstehen.

Eine einzige Methode der Erhärtung giebt es, bei welcher eine derartige Ungleichmässigkeit in der Schrumpfung nicht zu befürchten ist. Die Einlegung ganz kleiner Gehirnstückchen in Osmiumsäure von $\frac{1}{2}\%$. Auf Durchschnitten durch dieselben sind Lücken zwischen der Gefässwand und dem Gehirnparenchym niemals wahrzunehmen: man sieht beide stets in unmittelbarem Contact; an ganz feinen Durchschnitten lassen sich außerdem auf das Deutlichste die zottenartigen Hervorragungen erkennen, mit denen die Aussenwand der Adventitia besetzt ist. Dieselben sind als dunkler gefärbte feine Bälkchen deutlich von der Hauptmasse des Gehirnparenchyms zu unterscheiden, in der sie eingebettet liegen.

Nach den bisherigen Erörterungen, die sich allein auf uninjizierte Präparate bezogen, lassen sich die Resultate der Injectionsversuche, zu deren Schilderung ich nunmehr übergehe, leicht verstehen. Dieselben bestätigen durchaus die bisherigen Resultate der anatomischen Untersuchung und andererseits lassen sich die Resultate der Injectionen mit grosser Leichtigkeit aus den bisher erörterten anatomischen That-sachen ableiten und gleichsam vorhersagen.¹⁾

1) Ich habe es am vortheilhaftesten gefunden, die Einstichinjectionen mit möglichst kleinen Mengen von Injectionsflüssigkeit (kaltflüssigem Berliner

Injicirt man per Einstich in die Gehirnsubstanz, so bildet sich zunächst ein unregelmässiges Extravasat, dann aber breitet sich die Injectionsmasse nach der Richtung des geringsten Widerstandes aus, d. h. sie folgt den Gefässen, deren Wand sie etwas comprimirt und breitet sich längs den Blutgefässen zwischen diesen und der Gehirnsubstanz aus. Mit anderen Worten: man erhält eine Füllung der „perivasculären Räume“.

An der Oberfläche des Gehirns, wo die „perivaseulären Räume“ frei in den sogenannten epicerebralen Raum unter der Pia mater münden, breitet sich die allenthalben aus den perivasculären Räumen hervortretende Injectionsmasse aus und in der Mehrzahl der Fälle endigt hier die Injection: es gelingt nicht, die Masse noch in etwaige andere Bahnen zu treiben.

In einigen wenigen Fällen ist es mir jedoch gelungen, nach der Füllung des epicerebralen Raumes noch eine Injection des bekanntlich sehr mächtig entwickelten und characteristischen Lymphgefäßnetzes der Pia mater zu erhalten. Ich erkläre mir diese Befunde dadurch, dass bei der Injection irgendwo in der Pia eine Continuitätstrennung entstanden war — entweder an dem Punkte, wo die Canüle die Pia durchbohrte oder an irgend einer anderen Stelle, wo der Druck der im epicerebralen Raum angesammelten Injectionsmasse eine Zerreissung herbeigeführt hatte. Bei dieser Continuitätstrennung sind Lymphgefässe eröffnet worden, in welche nunmehr die Injectionsmasse übertrat.

Injicirt man per Einstich in die Substanz der Pia selbst, so erhält man sehr leicht eine Injection des starken Lymphgefäßnetzes, in welcher die Blutgefässe der Pia wie eingebettet erscheinen. An den Stellen, wo die Gefässe von der Pia aus in das Gehirn eindringen, finden sich zunächst die trichterförmigen Erweiterungen um die Theilungsstellen der Gefässe und von diesen aus die adventitiellen Lymphräume injicirt, welche sich dann noch stets eine beträchtliche Strecke in die Gehirnsubstanz verfolgen lassen.¹⁾

Blau) vorzurehmen. Es empfiehlt sich ausserdem, die Schädelhöhle nur so wenig wie möglich zu eröffnen, d. h. stets nur ein möglichst kleines Stückchen der Schädeldecke und der Dura mater abzutragen.

1) Bei diesen Injectionen bleibt, wenn sie vollständig tadellos gelingen, der epicerebrale Raum gänzlich uninjicirt. Es kommt mitunter vor, dass man neben der Injection der adventitiellen Lymphräume eine Füllung des epicerebralen Raumes durch ein plötzlich auftretendes Extravasat erhält. In diesem Falle darf man annehmen, dass eine jene zarten trichterförmigen Erweiterungen geplatzt ist.

Die Injectionen der perivasculären Räume sind in sehr charakteristischer Weise verschieden von den Injectionen der adventitiellen Lymphräume. Die ersten sind stets weiter und zeigen eine eigenthümlich unregelmässig gerissene Begrenzung, sowohl nach innen, gegen die äussere Wand der Adventitia, wie nach aussen, gegen das Hirnparenchym. Die letzteren sind sehr viel feiner, sind sowohl nach innen, gegen die Aussenfläche der Media, wie nach aussen, gegen die Innenfläche der Adventitia durch einen scharfen und glatten Contour abgegrenzt und zeigen nicht selten successive Verengerungen und Erweiterungen, die mitunter dem injicirten Lymphraum ein charakteristisches rosenkranzförmiges Ansehen verleihen.

Es bleibt nach dem bisher Gesagten nur noch eine Schwierigkeit zu erörtern. Wie ist es zu erklären, dass in jenen oben erwähnten wenigen Fällen, wo nach der Injection in die Hirnsubstanz und der Füllung der perivasculären Räume und des epicerebralen Raumes die Injectionsmasse in die Lymphgefässe der Pia übertrat, nicht ausser der Injection der perivasculären Räume noch eine Injection der adventitiellen Räume erfolgte, nicht zwei Canalsysteme injicirt wurden, von denen das eine innerhalb, das andere ausserhalb der Adventitia lag. Ich erkläre mir das Ausbleiben dieser doppelten Injection daraus, dass die im epicerebralen Raum aufgestaute Injectionsflüssigkeit compressirend auf die trichterförmigen Erweiterungen und die adventitiellen Lymphgefässe wirkte und so die Injectionsmasse nicht in die adventitiellen Lymphräume der Hirnrinde übertreten liess.

Aus diesen Thatsachen lässt sich in der unzweideutigsten Weise folgende Schlussfolgerung ableiten:

Die Canäle, die man in der Hirnrinde durch Injection herzustellen vermag, sind zweierlei Art: Die einen, die adventitiellen Lymphräume sind wirklich physiologisch und communiciren mit dem Lymphgefäßnetz der Pia, die anderen, die perivasculären Räume, sind keine Lymphgefässe, sondern Kunstproducte.

Die Literatur dieser, wie man gesehen hat, hinreichend verwickelten Frage, von der ich nunmehr nach geschehener Sichtung und Feststellung der anatomischen Thatsachen eine kritische Schilderung zu geben versuchen werde, beginnt weder mit His, wie die deutschen Histiologen behaupten, noch mit Robin, wie die Franzosen sagen, sondern mit Virchow.

In einer Abhandlung Virchow's: Ueber die Erweiterung kleinerer

Gefässe findet sich im Jahre 1851 die eigenthümliche Beschaffenheit der Adventitia an den Hirngefässen zum ersten Male beschrieben¹⁾:

„Sie ist an den Hirngefässen überall als homogene Schicht vorhanden, die sehr expansibel ist und schon durch einfache Wasserimbibition zuweilen in so grossen Säcken abgehoben wird, wie es sonst durch Blut geschieht. Man kann dieses Phänomen unter dem Mikroskop verfolgen und sich dabei überzeugen, dass sich diese Schicht zuweilen auf Gefässe von capillarem Character fortsetzt. — Auch ist es nicht selten zwischen der Adventitia und dem Gefäss allerlei Zellenformationen von indifferentem Character zu finden, bald einfache granulirte rundliche Zellen, bald allerlei Umbildungen derselben zu Fettkönnenchenzellen.“

Ohne diese Mittheilung Virchow's zu kennen, hat dann im Jahre 1859 Robin²⁾ die Adventitia der Hirngefässen, den zwischen ihr und der eigentlichen Gefässwand sich einschiebenden Hohlraum, sowie die in demselben sich vorfindlichen Lymphkörperchen und Pigmentbildungen in erschöpfender Weise beschrieben und abgebildet.

Im Jahre 1865 erschien endlich die bekannte Publication von His³⁾, welcher von seinen beiden Vorgängern, sowohl von Virchow wie von Robin nichts gewusst zu haben scheint. Durch die oben erörterten anatomischen Thatsachen ist eine Kritik derselben im wesentlichen bereits anticipirt worden. Es knüpft sich an diese Arbeit der grosse Fortschritt, die fraglichen Räume zuerst mittelst der Injectionsmethode studirt zu haben. Im Uebrigen musste die unglückliche Idee, eine Verbindung zwischen den perivasculären Retractionslücken erhärteter Centralorganen und dem Lymphgefäßsystem herstellen zu wollen, jeden Fortschritt vereiteln. Die die perivasculären Räume regelmässig durchziehenden Bälkchen hat His nicht gesehen, er hat nicht erkannt, dass die Füllung der Lymphgefäße der Pia mater von den perivasculären Räumen aus und durch den epicerebralen Raum, nicht durch präformirte anatomische Wege, sondern nur durch Extravasation möglich war. Unter diesen Umständen konnte die Füllung der wahren „adventitiellen Lympharäume“, welche His offenbar gleich-

1) Virchow's Archiv 1851, III, S. 445.

2) Recherches sur quelques particularités de la structure des capillaires de l'encéphale. Journal de la Physiologie de l'homme et des animaux 1859. II. S. 537.

3) Ueber ein perivasculäres Canalsystem in den nervösen Centralorganen und über dessen Beziehung zum Lymphsystem. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XV. S. 127.

falls gelungen ist¹⁾), nicht von der Füllung der künstlichen perivasculären Räume unterschieden werden, und es musste so die ganze Frage in einem höchst unerquicklichen Zustande schwer zu lösender Verwirrung zurückbleiben.

Während von vielen Seiten die Resultate der Publication von His einfach acceptirt wurden, gebührt Frommann²⁾ das Verdienst, zuerst auf das Ungenügende und theilweise Widersprechende in der Darstellung von His aufmerksam gemacht zu haben. Er betont zuerst das Vorhandensein der Adventitia und den Umstand, dass bei der Injection der perivasculären Räume die Verbindungen derselben mit der Substanz der Centralorgane getrennt werden müssen — Fragen, die in der Publication von His keine Berücksichtigung gefunden hatten. Er hält die perivasculären Räume für Kunstproducte und giebt bereits den richtigen Grund ihrer Entstehung bei Einstichinjection in das Gehirnparenchym an, dass nämlich die Injectionsmasse sich stets in der Richtung des geringeren Widerstandes auszubreiten trachtet und mithin sich den Gefäßbahnen unmittelbar anschliesst.

Die von His übersehenen feinen Bälkchen, welche die perivasculären Räume durchziehen, wurden im Jahre 1869 von Roth³⁾ ausführlich beschrieben, ohne dass derselbe jedoch die in den Kern dieser ganzen Discussion führende Frage nach dem Verhältnisse dieser Sprossen zu der Gefässwand näher erörtert hätte. Hätte Roth übrigens, statt die Ueberosmiumsäure mit Alcohol zu combiniren, die erstere allein angewandt, so wäre ihm schwerlich die richtige Ansicht über dieses Verhältniss verborgen geblieben, welche zu finden später Golgi aufbehalten war.

Eine eigenthümliche Erweiterung erfuhrt die Auffassung von His durch Obersteiner⁴⁾, welcher die Retractionslücken, die sich in unvorsichtig erhärteten Centralorganen, ebenso wie um die Nervenfasern⁵⁾ und die Blutgefäße, auch um die Ganglienzellen bilden, als pericellu-

1) His giebt an, bei der forcirten Injection in die Blutgefäße gleichfalls eine Füllung der perivasculären Räume erhalten zu haben. Offenbar waren die so gefüllten Räume die richtigen adventitiellen Lymphräume. Es ist übrigens auffallend, dass His niemals versucht hat von den Lymphgefäßen der Pia aus die Canäle des Gehins zu füllen. Ohne Zweifel wären dann alle diese Verwechslungen vermieden worden.

2) Untersuchungen etc. Th. II. S. 15. 1867.

3) Zur Frage von der Bindesubstanz in der Grosshirnrinde. Virchow's Arch. XLVI. 243.

4) Ueber einige Lymphräume im Gehirne, Wiener acad. Sitzber. Bd. LXI. Abth. I. 1870.

5) Siehe oben S. 15 Anmerkung.

läre Räume beschrieb und sie mit den perivasculären Räumen von His in dieselbe Kategorie stellte. Ich kann nach meinen Erfahrungen die pericellulären Räume Obersteiner's mit den perivasculären Räumen von His zusammen nur als Kunstproducte betrachten. Dass die Injection der „pericellulären Räume“ bei Einstich in das Gehirnparenchym fast regelmässig unter nur einigermaßen starkem Injectionsdrucke gelingt, ist mir seit langer Zeit bekannt; doch ist diese Thatsache aus den gleichen Gründen, wie die Injection der perivasculären Räume zu erklären.

Auch Henle hält mit Obersteiner diese die Ganglienzellen umgebenden Räume für praeformirt und ist es sehr zu bedauern, dass er durch die gewissenhafte Wiedergabe dieser Retractionslücken, die bei vervollkommeneten Erhärtungsmethoden stets zu vermeiden sind, die schönen Figuren seiner Nervenlehre verunzert hat.¹⁾

Die vorzüglichen Untersuchungen von Golgi²⁾ haben zuerst das Unhaltbare der Angaben von His in überzeugendster Weise dargelegt. Meine Resultate stimmen mit denen dieses ausgezeichneten Forschers durchaus überein. Ich will hier nur den einen Punkt berühren, in welchem unsere Anschauungen divergiren, eine Frage, die übrigens für die hier behandelten anatomischen Thatsachen ziemlich irrelevant ist.

Golgi giebt an, dass in jenen Injectionsversuchen, wo die Injectionsflüssigkeit aus dem Gehirnparenchym und dem epicerebralen Raum in die Lymphgefässe der Pia mater übertrat, dieses durch die Vermittelung der subarachnoidalnen Räume geschehen sei. Ich kann mich dieser Ansicht nicht anschliessen, sondern muss bei der oben gegebenen Erklärung stehen bleiben, dass in diesem Falle die Füllung der Lymphgefässe der Pia durch eine Continuitätstrennung derselben geschieht. Ich muss mit Schwalbe³⁾ behaupten, dass von den subarachnoidalnen Räumen aus eine Füllung der Lymphgefässe der Pia niemals gelingt und dass daher der von Golgi für die Injectionsmasse supponirte Umweg durch die subarachnoidalnen Räume als eine normale Communication nicht anzusehen ist.⁴⁾

1) Figg. 128. 176. 177. 189. 198. 199.

2) Contribuzione alla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. Rivista Clinica Novembre 1871.

3) Centralbl. für d. med. Wissenschaft. 1869. S. 465.

4) Beiläufig bemerkt, haben die Schwalbe'schen Versuche, in der Retina die perivasculären Räume von His von Lymphgefäßsen aus zu injizieren, gleichfalls nur negative Resultate ergeben (M. Schultze's Arch. f. mikr. Anat. VI. 55).

Ich schliesse an diese Erörterung über die Natur der perivasculären Räume die Untersuchung einer Frage, die, wie man sehen wird, in dem engsten Bezug zu den perivasculären Räumen steht, da die ganz gleichen Verhältnisse, welche in der ersten Frage die Erkenntniss der wahren Natur der perivasculären Räume erschwert haben, auch hier vorliegen und auch hier zu ganz gleichen Irrthümern geführt haben.

Im Jahre 1857 beschrieb Bergmann¹⁾ an dem Cerebellum des neugeborenen Kätzchens eine Membran, die die graue Substanz des Kleinhirns gegen die Pia mater abschliesst. Er beschreibt dieselbe als eine zarte, structurlose Lamelle, an welche sich senkrecht aus der grauen Substanz des Cerebellum aufsteigende Fasern inseriren. Diese Fasern vergleicht Bergmann mit den Müller'schen Radialfasern der Retina und die Membran selbst wird von ihm als die Membrana limitans bezeichnet.

Diese Beschreibung wurde von Hess und F. E. Schulze bestätigt und darauf von Henle und Merkel dahin erweitert, dass diese Lamelle nicht als structurlos anzusehen sei, sondern vielmehr aus feinsten bindegewebigen Fasern bestehe. Auch ist diese Membran nach Henle und Merkel nicht, wie es bisher geschehen war, als innere Schicht der Pia mater, sondern als eine selbstständige Bildung anzusehen, die mitunter einzig und allein, ohne dass eine Pia hier überhaupt vorhanden wäre, die bis zur Berührung genäherten Gyri des Kleinhirns trennt.

Schon Bergmann und Schulze hatten einen hellen Saum beschrieben, welcher zwischen dieser Grenzmembran und der Oberfläche der Rindensubstanz gelegen, von den an die Gränzmembran sich inserirenden stiftförmigen Fortsätzen durchzogen wird. Henle und Merkel bestätigen das regelmässige Vorhandensein dieses Raumes auf Durchschnitten durch das erhärtete Cerebellum und erklären ihn, sich be rufend auf das Vorkommen von Lymphkörperchen in demselben, für einen Lymphraum, eine Vorstellung, die, wenn man die Lymphgefäßnatur der in denselben einmündenden perivasculären Räume von His anerkennt, nichts Befremdendes haben konnte.

Allerdings musste mit der Widerlegung der Lymphgefäßnatur der perivasculären Räume auch die von Henle und Merkel ihrem epicerebellaren Raum zugewiesene Stellung bedenklich erschüttert werden.

1) Notiz über einige Structurverhältnisse des Cerebellum und Rückenmarkes. Zeitschr. f. rat. Medic. Neue Folge. Bd. VIII. S. 360.

In gleicher Weise wie die Natur der perivasculären Räume ist denn auch in den ausgezeichneten Untersuchungen von Golgi die Beschaffenheit dieses epicerebellaren Raumes in der klarsten Weise erörtert und derselbe mit den perivasculären Räumen zusammen in die gleiche Kategorie der Kunstproducte oder Retractionslücken verwiesen worden.

Für mich knüpfte sich ein ganz specielles Interesse an diesen Raum und namentlich an die ihn begränzende Membran, weil ich bei der unverkennbaren äusseren Aehnlichkeit derselben mit der Limitans der Retina, sowie der stiftförmigen Fortsätze mit den Müller'schen Radialfasern, eine Uebereinstimmung der Structur des Kleinhirnbindegewebes mit dem der Retina hoffte nachweisen zu können. Es ist dieses zwar nicht gelungen, doch ist immerhin gelegentlich dieser Untersuchung ein befriedigendes Verständniss der Structur dieser Membran erzielt worden. Ich bemerke, dass ich im Wesentlichen mit der von Golgi entwickelten Auffassung übereinstimme, die ich jedoch vorzugsweise in Bezug auf die genauere Formbeschreibung der hier in Frage kommenden zelligen Elemente zu erweitern vermag.

Ich muss zunächst mit Golgi die Thatsache betonen, dass an den Gyri eines Cerebellum, welches in Osmiumsäure oder mit vorsichtigster Steigerung der Concentration in doppeltchromsaurem Ammoniak erhärtet wurde, der epicerebellare Raum Henle's und Merkel's fehlt. An diesen Durchschnitten sieht man unmittelbar und ohne Dazwischenkunft einer Lücke die graue Substanz des Cerebellum nach aussen begränzt und gegen die Pia mater abgeschlossen werden von einer doppelt contourirten, scharf gezeichneten dunklen Linie, an welche sich mit dreieckiger Anschwellung die den Müller'schen Stützfasern vergleichbaren, senkrecht die Cerebellumrinde durchziehenden feinen Fasern ansetzen. Die Pia mater liegt in den meisten Fällen unmittelbar dem Contour der Gränzmembran an, ohne dass sich jedoch eine Continuität beider nachweisen liess.

An überhärteten Präparaten gestaltet sich das Bild dieser Verhältnisse wesentlich anders. Hier erscheinen — ebenso wie an den Durchschnitten durch die überhärtete Hirnsubstanz Gefässwand und Adventitia — Pia mater und die Gränzmembran fest verklebt und die letztere schliesst sich mit ihrem Contour stets unmittelbar der ersteren an. Ganz analog dem in den perivasculären Räumen stattfindenden Verhältnisse, ist dann auch hier zwischen der Gränzmembran und der Substanz der Cerebellumrinde ein freier Raum, eine Retractionslücke entstanden, die in sehr regelmässiger Weise von den an der Gränz-

membran mit dreikiger Anschwellung sich inserirenden Fasern durchzogen wird.

Die „Lymphkörperchen“, welche Henle und Merkel in diesem Raume vorfanden¹⁾), habe ich ebenso wie Golgi, niemals gesehen. Ich möchte fast annehmen, dass dieser Befund in dem oben erörterten Vorhandensein der „äusseren Körnerschicht“ von Hess bei jüngeren Individuen seine Erklärung finden würde.

Ueber die Structur der Gränzmembran und ihr Verhältniss zu den an ihr sich inserirenden Fasern ist es mir gelungen, Folgendes zu ermitteln, wodurch die Angaben Golgi's eine nicht un wesentliche Erweiterung und Präcisirung erfahren.

Ich finde, dass diese Gränzmembran einzig und allein zusammengesetzt ist aus jener bestimmten Varietät Deiters'scher Zellen, welche ich oben ausführlich beschrieben und Pinselzellen genannt habe. Diese Zellen, deren besonders häufiges Vorkommen an der Adventitia der Blutgefässe ich gleichfalls oben erwähnt habe, setzen die Gränzmembran in der Weise zusammen, dass die „Pinsel“ flachgedrückt alle in einer Ebene liegen und ein feinstes Fasergewirr darstellen, derart, dass stets von einem Centrum die feinen Fibrillen einer Deiters'sche Zelle allseitig ausstrahlen und sich allseitig mit den von den benachbarten Zellen ausgehenden Fibrillen verwirren und verfilzen. Da diese ganze so verwickelte anatomische Anordnung in einer Ebene stattfindet, so wird auf Durchschnitten diese Membran nur als eine einfache doppelt-contourirte, glänzende und feinstreifige dünne Schicht erscheinen, wie sie es in der That thut. Da nun zu dieser flächenartigen Ausbreitung der „Pinsel“ die in die Substanz der Cerebellumrinde eindringenden Stiele der Pinselzellen genau senkrecht gerichtet sind, so erklärt sich das Bild der quer durchschnittenen dünnen Membran mit den der ihr sich inserirenden Fasern auf das Vollkommenste. Die dreieckige Anschwellung, mit der diese Fasern sich zu inseriren scheinen, entspricht dem Körper oder dem Centrum der Deiters'schen Zelle. Oft, namentlich bei jüngeren Individuen, liegt an dieser Stelle noch ein platter, sehr blasser Kern: bei älteren Thieren ist auch dieser nicht immer nachzuweisen. Die interfibrillären körnigen Massen sind stets nur in sehr unbedeutender Menge vorhanden.

Die befriedigendste Einsicht in diese Verhältnisse gewinnt man, wenn man von der vorsichtig erhärteten Cerebellumrinde eines nicht

1) Ueber die Häufigkeit dieses Befundes vermisste ich bei diesen Autoren alle näheren Angaben.

zu alten Thieres feine Flächenschnitte anfertigt und dieselben mit Hämatoxylinalaun färbt. Man kann an den so behandelten Präparaten, an denen die vorhandenen sehr blassen und sonst so leicht zu übersehenden Kerne auf das Deutlichste hervortreten, die eigenthümliche Anordnung der Fibrillen, das Ausstrahlen derselben von bestimmten Centren, kurz die ganze Zusammensetzung der Membran aus den flächenhaft ausgebreiteten Pinseln der Deiter'schen Zellen auf das Ueberzeugendste nachweisen.

Die Stiele der Deiters'schen Zellen, welche in der Substanz der Kleinhirnrinde stecken, bleiben, wie ich finde, stets ungetheilt, und gehen auch keine weitere Verbindung mit Zellen ein. Der Vergleich derselben mit den Müller'schen Radiärfasern der Retina erscheint mithin insofern allerdings berechtigt, als es sich hier wie dort um stärker entwickelte und zu einer grösseren Festigkeit ausgebildete bindegewebige Balken handelt. Andererseits ist gerade histologisch ein sehr beträchtlicher Unterschied zwischen beiden Bildungen vorhanden. Nach den Untersuchungen M. Schultze's sind die Radiärfasern der Retina allenthalben in wahrer Continuität mit dem gesamten Bindegewebsgerüste der Retina, von dem sie sich im Allgemeinen nur durch eine etwas weiter gediehene Differenzirung auszeichnen. Die die Cerebellumrinde durchziehenden Fasern sind hingegen, wie die von den Deiters'schen Zellen ausgehenden Fasern überhaupt, nicht in Continuität mit der, die nervösen Elemente trennenden bindegewebigen Grundsubstanz.

Indem ich hiermit die Untersuchung über die Natur des epicerebellaren Raumes¹⁾, sowie die Erörterungen über die Configuration der Cerebellumoberfläche verlasse, erübrigts noch, einige Bemerkungen über die freie Oberfläche der nervösen Centralorgane überhaupt, d. h. über die Begrenzung der Rinde des Rückenmarks, des Grosshirns und des Kleinhirns gegen die Pia anzuknüpfen. Es wird sich zeigen, dass, wie auch schon Golgi gefunden hat, im Wesentlichen ein und dasselbe grosse Structurprincip vorliegt, von dem das soeben behandelte anatomische Verhältniss der Kleinhirnrinde nur einen besonderen Fall darstellt.

1) Die von Henle und Merkel demselben zugeschriebene Bedeutung eines Lymphraumes, die schon nach den Aufschlüssen über die wahre Natur der perivasculären Räume mindestens sehr zweifelhaft erscheinen müsste, ist wohl durch die vorliegenden Untersuchungen als definitiv widerlegt zu betrachten. Zum Ueberfluss hat auch noch Golgi Injectionen angestellt, aus denen sich die Unrichtigkeit der Henle- und Merkel'schen Auffassung bis zur Evidenz ergiebt.

Alle diese drei Localitäten haben das Verhältniss gemeinsam, dass nach der freien Oberfläche zu die in allen diesen dreien Rinden an und für sich schon reichlich vorhandenen Deiters'schen Zellen sich ausserordentlich an Zahl und Masse vermehren, bis zuletzt die äusserste unmittelbar diese drei Rinden begränzende Schicht einzig und allein aus Deiters'schen Zellen zusammengesetzt erscheint. Der Abschluss der Rinden gegen die Pia kommt nun im Allgemeinen dadurch zu Stande, dass die Zellen mit ihren Körpern sich dicht zusammenlegen und so ein continuirliches Stratum auf der Oberfläche der Rinden bilden. Dasselbe scheint gegen die Pia mater in den meisten Fällen ganz glatt abgeschlossen, indem die Deiters'schen Zellen mit einer gewissen Regelmässigkeit keinen einzigen Fortsatz nach aussen hin, sondern alle nach der Richtung der Hirnrinde schicken. Es bilden mithin die Körper der Deiters'schen Zellen eine äusserst dünne epithelartig angeordnete Lage auf der freien Fläche der Centralorgane.¹⁾

Es leuchtet ein, dass die oben erörterte Anatomie der Kleinhirnoberfläche nur einen besonderen Fall dieses durchgreifenden Structurverhältnisses darstellt, den besonderen Fall nämlich, in welchem statt einer mehr regellosen Gruppierung eine bestimmte regelmässige Form und Anordnung dieser die Oberfläche bedeckenden Deiters'schen Zellen sich vorfindet. Es ist interessant zu bemerken, — und keiner, der viel Durchschnitte durch die Oberfläche der Centralorgane anfertigt, kann sich dieser Beobachtung entziehen —, dass mitunter an einzelnen Abschnitten der Grosshirnrinde oder des Rückenmarks ein annäherndes oder ziemlich genau übereinstimmendes Verhältniss sich herstellt, wie im Cerebellum, d. h. dass sich hier nicht selten eine ganz analoge regelmässige Anordnung pinselförmiger Zellen findet. So erhielt ich z. B. von der Rückenmarksrinde des Ochsen einmal einen Durchschnitt, wo die Substanz derselben gegen die Pia mit regelmässig dreieckig verbreiteten Körpern von Pinselzellen in einer Weise abschnitt, dass ich in der That Kleinhirnrinde und nicht Rückenmark unter dem Mikroskop zu haben glaubte.

1) Es ist klar, dass zwischen den einzelnen schwach buckelförmig hervorragenden Zellenkörpern Thäler und Furchen vorhanden sein müssen. In der in diesen Rinnen sich ansammelnden eiweishaltigen Flüssigkeit werden Silberlösungen Niederschläge und Silberzeichnungen wie auf einer serösen Haut hervorbringen. Dieses silbergezeichnete Eiweishäutchen, „ein feinster Schleier, welcher wie ein zarter Schlamm die Hirnoberfläche bedeckt“, (Fleischl, Zur Anatomie der Hirnoberfläche. Centralbl. für die medicin. Wissensch. 1871. 657) ist das „Hirnhäutchen, Cuticulum Cerebri et Cerebelli“ Fleischl's.

In der Rinde des Grosshirns und Kleinhirns sind die Deiters'schen Zellen wesentlich auf die obersten Lagen beschränkt und werden in der Schicht der grösseren pyramidenförmigen Ganglienzellen des Grosshirns, sowie in der Mitte der molekulären Schicht des Kleinhirns schon sehr sparsam. Ausgenommen sind hierbei natürlich die die Adventitia der Gefäße begleitenden und dieselbe gleichsam bildenden Zellen, welche durch das ganze Centralorgan mit den Gefäßen gleichmässig verbreitet sind. An die Stelle der freien Deiters'schen Zellen treten in der tieferen Schicht der Grosshirnrinde und der Kleinhirnrinde die zur Grundsubstanz gehörenden doppelcontourirten Kerne, während im Rückenmark die ganze Dicke der weissen Substanz hindurch nur echte Deiters'sche Zellen vorhanden sind.

Die Pia mater tritt mit dem Centralorgan nur durch die Gefässe in Verbindung, wie ich besonders Henle und Merkel gegenüber hervorheben muss, die den von der Pia mater in das Centralorgan eindringenden Bindegewebszügen eine viel zu grosse Bedeutung zuschreiben. Mit Ausnahme der makroskopischen Spalten des Rückenmarks ist das Verhältniss der Oberfläche der Centralorgane zu der dieselben überziehenden Pia mater ganz so, wie es oben geschildert worden ist, d. h. die Gefässe allein nur mit ihrer Adventitia, niemals aber von nennenswerthen Zügen adventitiellen Bindegewebes begleitet, dringen von der unteren Fläche der Pia mater aus unter Bildung der oft erwähnten trichterförmigen Erweiterungen der Adventitia in die Substanz der Centralorgane ein. In unmittelbarer Begleitung dieser allein das Centralorgan mit der Pia in Verbindung setzenden Gefässe und der Adventitia derselben anliegend, gehen mitunter einige Deiters'schen Zellen vom Gehirn aus auf die aus losen Bindegewebsbündeln gebildete untere Fläche der Pia mater über, so wie es auch manchmal den Anschein hat, als ob zwischen der unteren Fläche der Pia und der die Aussenfläche des Centralorgans überziehenden Lage Deiters'scher Zellen einzelne freie Deiters'sche Zellen ausgespannt wären. Dieser Befund ist aber jedenfalls so selten und ausserdem nicht ganz einwurfsfrei — da es sich in diesem Falle auch um eine künstliche Lageveränderung dieser Deiters'schen Zellen gehandelt haben könnte — dass er meines Erachtens Nichts an der obigen Formulirung der Beziehungen der Pia mater zum Centralorgan zu ändern vermag.

V. Die Entwickelung der nervösen Centralorgane.

Ich theile in diesem Abschnitte eine Untersuchungsreihe mit, die ich in gleicher Ausführlichkeit zu behandeln für nöthig erachtet habe, wie die in dem vierten Capitel meiner Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Gewebe mitgetheilte Entwicklungsgeschichte des fibrillären Bindegewebes. Nachdem ich bereits im Sommer 1870 eine Reihe von Einzelbeobachtungen gemacht hatte und über die Grundzüge der Entwickelung der Centralorgane zur genügenden Klarheit gelangt war, habe ich in dem darauf folgenden Sommer mit gleichen Methoden und Cautelen wie für das fibrilläre Bindegewebe, so für das Gewebe der Centralorgane eine systematische Untersuchungsreihe am bebrüteten Hühnchen unternommen. Ich habe die Methode der Entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung am bebrüteten Hühnchen in dem vierten Capitel meiner Untersuchungen in so ausführlicher Weise erörtert, dass ich, um Wiederholungen zu vermeiden, einfach auf die dort gegebene Darstellung der Methode verweisen kann. Es ist die nun folgende Untersuchung ein genaues Gegenstück der dort ausführlich behandelten Entwicklungsgeschichte des fibrillären Bindegewebes, mit dem einzigen Unterschiede, dass ich nicht, wie bei dem letzteren, an vier verschiedenen Stellen gleichzeitig die Entwickelung zu studiren für nöthig fand, sondern es für ausreichend erachtete, an nur zwei Stellen die geschlossene Reihe der dort stattfindenden Entwicklung zu verfolgen. Diese beiden Stellen sind: Die graue Substanz der Hemisphären des Grosshirns und die weisse Substanz des Corpus callosum. Dieselben bieten den Vortheil, dass sie, unmittelbar nach Eröffnung der Schädelhöhle und Abzug der Pia leicht zugänglich, in den ersten Stadien der Entwicklung wenigstens dünne Blätter darstellen, welche in toto unter das Mikroskop gebracht und mit den stärksten Vergrösserungen untersucht werden können, ohne dass es nöthig wäre, dem Gewebe Behufs Einsicht in die feineren Structurverhältnisse durch Zerzupfen u. s. w. irgendwelche Gewalt anzuthun.

Vielmehr sind diese Objecte fein genug, um bei einigermaassen günstiger Beleuchtung auch die feinsten Details erkennen zu lassen.

Die graue Substanz der Gehirnhemisphären habe ich etwa vom dritten Tage der Bebrütung an studiren können. Von diesem Tage an habe ich die Entwicklung derselben bis zum 21. Tage, d. h. bis zum Auskriechen des Hühnchens, verfolgt. Dieselbe lässt sich bequem in drei Stadien theilen, welcher Eintheilung jedoch keinerlei essentielle und wesentlich einschneidende Principien, keinerlei histiologische Kriterien, deren Werth und Exactheit nur zu oft illusorisch sind, zu Grunde liegen. Es hat die von mir gewählte Eintheilung hingegen den Vorzug, dass sie von gleichsam groben Aeusserlichkeiten, von in die Augen fallenden Thatsachen der anatomischen Untersuchungsmethode ausgehend, die einzelnen Stadien schärfer fixirt, als es möglich wäre, wenn feinere mikroskopische Unterschiede das Eintheilungsprincip darstellten.

I. Stadium. Dasselbe geht von der ersten Ausbildung der Grosshirnhemisphären bis zu dem Punkte, wo dieselben als deutliche dünnwandige Blasen erscheinen. Es entspricht die Zeit etwa dem dritten bis zum sechsten Tage der Bebrütung. Characterisiert wird dieses Stadium dadurch, dass es in demselben noch nicht möglich ist, durch Scheere und Pincette ein grösseres Stück der die Gehirnblase bildenden Wand grauer Substanz zusammenhängend und in toto unter das Mikroskop zu bringen, sondern dass man sich damit begnügen muss, kleinere Gewebsstückchen von der noch keineswegs zu einer dünnhäntigen Blase gewordenen Grosshirnhemisphäre zu entnehmen.

II. Stadium. Die Grosshirnhemisphären erscheinen als deutliche Blasen von so dünner Wand, dass dieselbe in ihrer Totalität und auf grössere Strecken unter das Mikroskop gebracht und mit den stärksten Vergrösserungen untersucht werden kann. Dieses Stadium, welches etwa vom sechsten Tage bis zum zehnten Tage reicht, ist für die Untersuchung der Entwicklungsvorgänge natürlich das günstigste. Hier, wo man dem Gewebe keinerlei Zerrung oder sonstige gewaltthätige Misshandlung durch die Präparation zuzufügen Gefahr läuft, sondern gleichsam die ganze noch hinreichend transparente graue Rindenschicht des Gehirns in einem Tropfen Serum nur einfach auszubreiten braucht, lassen sich natürlich die reinsten und unzweideutigsten Aufschlüsse über den Entwickelungsprocess gewinnen.

III. Stadium. Dasselbe hat mit dem ersten Stadium wieder das gemein, dass das Gewebe nicht einfach flächenartig ausgebreitet werden kann, sondern auch eine mehr eingreifende Präparationsweise erheischt,

indem nunmehr die Wand der Hirnblase bereits zu dick geworden ist, um noch durchsichtig zu sein und so unzerlegt der mikroskopischen Untersuchung unterworfen werden zu können. Es ist folglich in diesem Stadium ebenso wie in dem ersten nöthig, das Gewebe vor der mikroskopischen Untersuchung zu zerzupfen u. s. w. Allerdings hat in beiden Fällen diese Nothwendigkeit zwei ganz verschiedene Ursachen: In dem ersten Stadium vernothwendigt sich die Anwendung der Zerzupfungsmethode aus der Kleinheit, in dem zweiten aus der überhandnehmenden Grösse der Hirnblasen. Es reicht dieses Stadium etwa vom 12ten bis zum 21ten Tage, d. h. bis zum Ende der Bebrütung. Für dieses Stadium kann ich jedoch meine Untersuchungen nur, was die erste Hälfte desselben anbetrifft, als genügend bezeichnen. Etwa vom 17ten Tage an bis zum 21ten Tage (Ende der Bebrütung) erschwert das mächtig angewachsene Zwischengewebe sehr die klare Einsicht in das histiologische Detail.

Nach diesen einleitenden Erörterungen gehe ich nunmehr zur ausführlichen Schilderung der Entwicklungsvorgänge über.

Nimmt man am 3ten oder am 4ten Tage der Bebrütung aus der geöffneten Schädelhöhle des Hühnchens ein Stückchen Substanz von den Grosshirnhemisphären, die sich zu dieser Zeit noch als feine weissliche und compacte Knöspchen markiren und unterwirft dasselbe, nachdem man die nur lose aufliegende Pia mater abgezogen hat, einer Vergrösserung, die etwa dem Hartnack'schen System VII, Ocular 2, also einer etwa 270fachen Linearvergrösserung entspricht, so sieht man auf den ersten Blick nichts mehr als eine homogene zarte Protoplasma-masse, in welcher, wie es scheint, die Kerne dicht und regellos verstreut sind. Bei schärferer Beobachtung wird man jedoch schon bei dieser Vergrösserung, noch mehr aber, wenn man die Vergrösserung mit einer noch stärkeren vertauscht, sich alsbald von der Richtigkeit einer höchst wichtigen Thatsache überzeugen, die ich als das fundamentale Factum der ganzen Entwickelungslehre der Centralorgane betonen muss: Man kann nämlich stets und unter allen Umständen in der embryonalen Grosshirnrinde, die auf den ersten Blick scheinbar gleichen und gleichwerthigen Kerne in zwei ganz bestimmte Classen unterscheiden. Und — dass ich das Resultat meiner Untersuchungen hier nur gleich voranstelle — die einen derselben sind nervöser Natur, d. h. sie sind und entwickeln sich zu Ganglienzellen, die anderen sind nicht nervöser Natur, sondern sind vielmehr dem Typus der Bindestoffzellen zuzurechnen, von dem sie eine durchaus eigenthümliche noch näher zu beschreibende Form darstellen.

Zur weiteren Erläuterung des Gesagten möge Fig. 15 dienen, die ein kleines Stückchen Gewebe aus der Hirnrinde des 4ten Bebrütungstages darstellt. In der homogenen körnigen Grundmasse, die vom Protoplasma nicht zu unterscheiden ist, liegen in regelmässigen Abständen verstreut sieben rundliche Gebilde. Von diesen gehören drei der ersten, vier der letzteren Form an und ist es ein Leichtes, die constanten und characteristischen Merkmale der einen und der anderen Art festzustellen.

Die erstere Art, von welcher das in Fig. 15 wiedergegebene Präparat drei Individuen enthält, sind wirkliche Zellen, d. h. es lässt sich an ihnen Zellenleib, Kern und Kernkörperchen deutlich unterscheiden; der Zellenleib ist bläschenförmig, ziemlich regelmässig rundlich, durch einen einfachen Contour scharf begränzt. Das Protoplasma ist ausserordentlich feinkörnig, sodass es neben der stets etwas gröber granulirten Grundmasse, in der diese Zellen liegen, gewöhnlich matter und im blasseren Grau erscheint. Der Kern ist von demselben Aussehen, wie das Protoplasma, vollkommen rund und im Verhältniss zu der Zelle selbst von einer meist sehr beträchtlichen Grösse. Er kann so gross werden, dass das zwischen seinem Contour und dem concentrischen Zellcontour übrig bleibende Protoplasma als minimal erscheint und es das Aussehen hat, als ob der Kern die Zelle völlig ausfülle. Das Kernkörperchen endlich ist stets oder doch fast stets nur einfach vorhanden und zeichnet sich scharf von dem homogenen Kerne ab, wie in jeder ausgewachsenen Ganglienzelle.

Die in Fig. 15 durch vier Repräsentanten vertretene zweite Form, die in der granulirten Grundmasse eingebettet erscheint, ist ihrem histiologischen Character nach, und damit ist der wesentliche Unterschied von der ersten Art kurz ausgesprochen, nicht Zelle, sondern Kern. Es sind selten regelmässig runde, meist ovale oder ellipsoidische Gebilde, die niemals, wie die Kerne der Ganglienzellen, ein einziges, sondern stets mehrere Kernkörperchen besitzen, sodass ihr Aussehen stets ein mehr oder minder ausgesprochen grob-granulirtes ist. Ihre Grösse stimmt ungefähr mit der der Ganglienzellenkerne überein. Was sie wesentlich characterisirt, ist der Umstand, dass der sie einfassende Contour stets deutlich doppelt erscheint, niemals einfach, wie die Contouren, die die Substanz resp. den Kern der Ganglienzellen begränzen. Die Grundmasse, in der diese Kerne sowohl, wie die Ganglienzellen lagern, ist Protoplasma, wenigstens stimmt sie nach allem, was von ihr auszusagen ist, völlig mit dem Protoplasma überein. Es ist eine zähe, homogene, eiweissartige Masse, in welcher Körnchen und

Körner von unmessbarer Feinheit bis zur deutlichen Wahrnehmbarkeit eingestreut sind. Von einer Abgränzung des Protoplasma um die einzelnen Kerne nach Art von Zellterritorien ist nichts wahrzunehmen. Vielmehr stellt die ganze granulirte Masse mit den eingestreuten Kernen scheinbar eine völlige histiologische Einheit dar.

Das zweite Stadium der Entwicklung der Grosshirnrinde, welches ich oben dadurch characterisirt habe, dass in demselben sich die Wand der Gehirnblase als eine feine *in toto* unter das Mikroskop zu bringende Membran darstellt, ist noch durch einen anderen sehr wesentlichen makroskopischen Unterschied von dem ersten Stadium geschieden. Die Zellenmasse, welche im ersten Stadium einzig und allein die Substanz der Grosshirnhemisphären bildete, beginnt sich nunmehr durch von der Pia mater aus eintretende Gefässe zu vascularisiren. Untersucht man jetzt das Gewebe, so sieht man dasselbe nach den verschiedensten Richtungen von in die Gewebssubstanz eingebetteten Blutkörperchen enthaltenden Gefässen durchzogen. Für die Kenntniß der in diesem zweiten Stadium nun eintretenden feineren Veränderungen verweise ich auf die nächstfolgende Figur 16, die ebenso wie Fig. 15 ein Stück Gewebe aus der Grosshirnrinde darstellt. Die Zeit entspricht dem Anfange des zweiten Stadiums, also etwa dem 7ten Tage der Bebrütung. In dem vorliegenden Präparat sind fünf Ganglienzellen und elf doppelt-contourirte Kerne wiedergegeben, die alle ganz wie in dem oben geschilderten ersten Stadium in regelmässigen Abständen in der granulirten Grundsubstanz eingebettet erscheinen. Die am meisten in die Augen fallende Veränderung, welche sich beim Vergleich dieses Stadiums mit dem vorher beschriebenen ergiebt, betrifft die Ganglienzellen. Während dieselben in Bezug auf Grösse, Substanz, Verhältnisse des Kerns und Kernkörperchens keinerlei Veränderungen zeigen, erscheint doch die äussere Form und Gestalt der Zellen nicht mehr als die alte. Wie am besten eine Vergleichung der Fig. 19 mit Fig. 18, der isolirten Ganglienzellen des fünften Bebrütungstages mit denen des dritten ergiebt, haben in dieser Zeit bereits sehr wesentliche Veränderungen der Form der Ganglienzellen stattgefunden: dieselben erscheinen bereits nicht mehr rund oder doch rundlich, sondern die Form ist eine mehr unregelmässige, eckige geworden. Noch eclatanter ist dies in Fig. 20, wo eine Reihe einzelner Ganglienzellenformen vom 8ten Tage der Bebrütung abgebildet sind. Hier zeigt keine Ganglienzelle mehr ihre ursprüngliche rundliche Form, sondern alle zeigen mehr oder weniger scharfe und hervorstehende Spitzen, die Anfänge der bald sich kräftig entwickelnden Ganglienzellenfortsätze.

Noch eine andere höchst wichtige Veränderung fällt in den Anfang dieses Stadiums. Dieselbe betrifft das Wesen der granulirten Grundsubstanz und zwar dieser allein, während die Kerne derselben völlig unverändert bleiben. Diese Veränderung ist nur bei den stärksten Vergrösse rungen wahrzunehmen und ist durch Worte ausserordentlich schwer genauer zu characterisiren. Man sieht deutlich, dass die Masse nicht mehr einfach granulirt erscheint, sondern an einzelnen Stellen eine eigenthümlich regelmässige Anordnung der einzelnen Granula in kleine Reihen und Reiserchen zeigt. Ich komme später noch auf diese merkwürdige Veränderung der Grundsubstanz, die in ihrer Art einzig ist und keine histiologische Analogie darzubieten scheint, ausführlicher zurück.

Das zweite Stadium, welches aus dem oben erwähnten Grunde der leichteren anatomischen Untersuchungsmethode von mir am eingehendsten und öftesten studirt wurde, legt in seinem weiteren Verlaufe bereits den Grund zu allen wichtigen Entwicklungsvorgängen, die die graue Hirnrinde überhaupt betreffen, so dass man sagen kann, dass in dem dritten und letzten Stadium ein eigentlich neues qualitativ verschiedenes Glied, ein essentielles Element der Entwicklung nicht mehr hinzukommt, sondern dass dasselbe im Wesentlichen Nichts weiter bietet, als eine quantitative Steigerung und weitere Ausbildung der bereits im zweiten Stadium ihrem eigentlichen Wesen nach schon sämmtlich angebahnten Veränderungen.

Dies ist aus einem Blick auf Fig. 17, die ein Stückchen Hirnrinde aus dem Beginn des dritten Stadium, etwa vom 12ten Tage der Bebrütung darstellt, unmittelbar ersichtlich. Die in die Augen fallendste Veränderung betrifft die Ganglienzellen. Um diese Zeit ist bereits keine einzige mehr fortsatzlos, sondern alle besitzen deutliche varicöse Fortsätze, die von der Substanz der Zelle ausgehen und sich eine grössere oder kürzere Strecke von dem Zellenkörper verfolgen lassen, bis sie frei aufzuhören scheinen. In Figg. 21 und 22 sind solche einzelnen Ganglienzellen aus dem Anfang des dritten Stadiums vom 12ten und 14ten Tage in grösserer Anzahl abgebildet. Der Kern und das Kernkörperchen bleiben stets unverändert; von einer Beziehung derselben zu den von der Zelle abgehenden Fortsätzen ist nie etwas zu sehen. Die Fortsätze gehen vielmehr, wie stets auf das Deutlichste nachzuweisen ist, von der feingranulirten Zellsubstanz selber ab. Die Fortsätze selber sind von einer sehr characteristischen Beschaffenheit, fein, stets unverästelt und ausnahmslos mit grösseren oder kleineren Varicositäten bedeckt. An den feinen Fortsätzen ist auch bei stärkster

Vergrösserung eine besondere, etwa eine fibrilläre Structur niemals wahrzunehmen. Die varicösen Anschwellungen der Fortsätze zeigen eine ganz identische feingranulirte Beschaffenheit, wie die Substanz der Ganglienzellen selbst. Die Anzahl der Fortsätze beträgt meist zwei; seltener finden sich einer oder drei Fortsätze. Gegen das Ende dieser Periode verschwinden die Ganglienzellen mit einem Fortsatze gänzlich und die mit drei Fortsätzen werden sehr viel häufiger. Noch mehr wie drei Fortsätze an einer einzigen Ganglienzelle sind im Hühnerembryo, wenn sie überhaupt vorkommen, jedenfalls selten. Zweifellose Bilder von einer Verästelung der Fortsätze habe ich aus dem Anfang dieser Periode nicht erhalten können; auch gegen das Ende dieser Periode und des embryonalen Lebens überhaupt scheinen die Verästelungen der Ganglienzellfortsätze noch sehr selten zu sein. Die einzelnen Fortsätze derselben Zelle sind unter sich völlig identisch; es giebt im embryonalen Leben des Hühnchens meines Wissens keine Merkmale (Kaliber, Verbindung mit der Ganglienzelle, Verästelungsweise u. s. w.), aus denen man einen Unterschied zwischen den Fortsätzen feststellen und den einen etwa als Axencylinderfortsatzz, die anderen als verästelte Fortsätze der Ganglienzellen der Hirnrinde bezeichnen könnte.

Die zweite wichtige Veränderung, die gleichfalls bereits im zweiten Stadium angebahnt wurde und die in diesem dritten Stadium ihre höchste Vollendung erlangt, betrifft die Vascularisation des Gewebes und die Ausbildung der Zwischensubstanz. Der erste Beginn der Vascularisation des eigentlichen Gehirngewebes, das Eindringen der ersten Gefässe von der Pia mater in die Hirnsubstanz, fällt, wie oben erwähnt, ungefähr mit dem Beginn des zweiten Stadiums überhaupt zusammen. Aber während des ganzen zweiten Stadiums, wo die Gehirnblase noch dünnhäutig bleibt, bleibt auch der Gefässreichthum ein relativ nur geringfügiger. Mit der Zunahme der Substanz der Gehirnblase steigert sich auch die Vascularisation des Gewebes sehr bedeutend, sodass in diesem ganzen dritten Stadium von einem wirklichen Gefässreichthum die Rede sein kann. Mit dem Gefässreichthum parallel und wahrscheinlich durch denselben bedingt, geht nun eine andere Erscheinung, die ich als das wesentlichste histologische Charakteristikum des dritten Entwickelungsstadions bezeichnen muss: die Volumszunahme und die Hand in Hand mit derselben fortschreitende eigenthümliche Structurveränderung der Zwischensubstanz.

Ein Vergleich der Fig. 17, welche ein Stück Gewebe der Hirnsubstanz aus dem dritten Stadium (vom 12ten Tage) darstellt, mit Fig. 16 oder gar mit Fig. 15, welche das Gewebe der Hirnsubstanz im

zweiten oder gar im ersten Stadium darstellen, zeigt zunächst eine sehr auffallende Thatsache, nämlich, dass die im Uebrigen unveränderten doppelcontourirten Kerne, die ich als die zur Grundsubstanz gehörigen Kerne aufgefasst habe, nunmehr durch viel grössere Zwischenräume, durch viel grössere Mengen von Zwischensubstanz getrennt sind, wie es im zweiten oder gar im ersten Stadium der Fall war. Diese Volumszunahme der Zwischensubstanz ist eine so beträchtliche, dass sie fast allein schon genügen würde, die in diesem dritten Stadium stattfindende so bedeutende Volums- und besonders Dickenzunahme der Grosshirnblasen zu erklären, ohne dass es eine absolute Nothwendigkeit wäre, eine Neubildung von zelligen nervösen resp. bindegewebigen Elementen zur Erklärung heranzuziehen.

Parallel mit dieser Volumszunahme der Zwischensubstanz, von welcher bereits im zweiten Stadium die ersten geringen Anfänge sichtbar sind, schreitet auch die eigenthümliche Structurveränderung derselben weiter vor, deren ich schon bei der Schilderung des zweiten Stadiums gedacht habe. Das, was in dem zweiten Stadium gleichsam nur zagend und wenig scharf hervortritt, ist auf der Höhe des dritten Stadiums gewöhnlich auf das Unzweideutigste ausgesprochen. Eine richtige Vorstellung von dem Wesen der hier stattfindenden Structurveränderung ist nur vermittelst der stärksten Vergrösserungen zu gewinnen. Man sieht dann, wie an die Stelle der einfachen, und die ganze Grnnndsubstanz in durchaus gleichartiger Weise betreffenden Granulirung allmälig ein eigenthümlich gemischtes Aussehen der Zwischensubstanz tritt; die einzelnen Granula scheinen wie zu Fädchen oder Reisern zusammengetreten und in einer halb und halb regelmässigen Anordnung mit einander verklebt und verbunden: kurz es bildet sich aus der homogenen Granulirung des Protoplasma, welches in dem ersten Stadium der Entwicklung die Hauptmasse der Hirnrinde bildete, allmälig das eigenthümliche Aussehen heraus, welches im erwachsenen Thier die Hauptmasse der Grosshirnrinde characterisiert und welches oben mit dem zarten Aussehen des frisch gefallenen Reifes verglichen wurde.

Das Wie? dieser Structurveränderung, die Frage, wie es zugeht, dass aus dem confluirten Protoplasma, welches im ersten Stadium die Hauptmasse der Hirnrinde bildet, jenes eigenthümliche Gewebe sich entwickelt, ist allerdings sehr schwer zu beantworten. Doch glaube ich immerhin auf zwei Momente wenigstens aufmerksam machen zu müssen, die meines Erachtens für die Entscheidung der vorliegenden Frage nicht ganz ohne Bedeutung sein werden.

Untersucht man die Grundsubstanz der Hirnrinde aus dem ersten

Stadium mit den stärksten Vergrösserungen, z. B. Gundlach's System IX. à l'immersion, so stellt sich folgende mikroskopische Structur derselben heraus: In einer homogenen Masse liegen eingebettet Granula von sehr verschiedenen Dimensionen. Es giebt Granula, die bei der genannten Vergrösserung deutlich messbar sind und solche, die bei derselben Vergrösserung eben noch als in der Grundsubstanz eingebettete dunkle Pünktchen erscheinen. Alle diese Granula aber sind kleine sphärische Körperchen und ihre Vertheilung in der Grundsubstanz ist eine absolut regellose, kurz, in allen Punkten stimmt die Structur der Grundsubstanz der Hirnrinde mit der Structur des Protoplasma, wie dasselbe in den Eiterkörperchen oder in den Zellen der Tradescantia vorliegt, überein.

Von diesem Bilde unterscheidet sich das bei gleich starker Vergrösserung untersuchte Bild der Grundsubstanz aus dem zweiten oder gar aus dem dritten Stadium in nicht unerheblicher Weise und zwar wesentlich in zwei Punkten. Auch hier findet sich eine homogene Grundsubstanz mit eingebetteten Granulis. Diese Granula aber erscheinen zunächst viel grösser, wie die des ersten protoplasmatischen Stadiums der Hirnrinde, d. h. einmal sind die grössten Granula der späteren Stadien stets absolut grösser, wie die des ersteren, und zweitens sind die feinsten mit den stärksten Vergrösserungen kaum noch sichtbaren Granula, welche der Grundsubstanz des ersten Stadiums ein eigenthümlich punktförmiges Aussehen verleihen, in den späteren Stadien fast ganz geschwunden oder doch wenigstens sehr sparsam geworden. Es lässt dieser Befund nicht gut eine andere Deutung zu, als dass die einzelnen Granula der Grundsubstanz, die kleinsten wie die grössten, eine Volumszunahme erfahren haben, eine Annahme, die gleichzeitig auch die im zweiten und dritten Stadium stattfindende mächtige Massenzunahme der Grundsubstanz selber in befriedigender Weise erklären würde.

Aber nicht bloss durch das grössere Volumen unterscheiden sich die Granula der protoplasmatischen von denen der späteren Stadien, sondern auch noch durch die Form. Während im protoplasmatischen Stadium die einzelnen Granula, die kleinen wie die grossen, stets eine vollkommen regelmässig sphärische Gestalt zeigen, ist dies in den späteren Stadien nicht mehr der Fall, sondern die einzelnen Granula erscheinen, mit den stärksten Vergrösserungen betrachtet, nicht einfach rund, sondern zeigen alle möglichen Formen, unregelmässig, rundlich, ellipsoidisch, stäbchenförmig u. s. w., kurz sie gleichen in ihren verschiedenen Formen vielfach den Dotterplättchen z. B. der Froscheier.

Ein drittes sehr wesentliches Moment, auf welches der Unterschied der Grundsubstanz der späteren Stadien von derjenigen in dem protoplasmatischen Stadium sich zurückführen lässt, ist in dem Obigen bereits berührt worden; es ist dies die mehr regelmässige Gruppierung der Granula zu einzelnen Fädchen und Reisern, die Disposition in Reihen, welche in den späteren Stadien an die Stelle der durchaus gleichmässigen Granulirung tritt, die das erste protoplasmatische Stadium characterisiert.

Ich sehe in dieser Structurveränderung der Zwischensubstanz das Resultat der formativen Thätigkeit (M. Schultze¹⁾) der die Masse der Zwischensubstanz untrennbar zusammensetzenden, ursprünglich protoplasmatischen, bindegewebigen Embryonalzellen. Ebenso wie die formative Thätigkeit des Protoplasma der Zellen der Arachnoides oder der Sehne zur Bildung der Bindegewebsfibrillen und der interfibrillären körnigen Massen führt, so producirt in der Hirnrinde die formative Thätigkeit des Protoplasma jenes eigenthümlich geartete Gewebe. Es findet hier wie dort eine vollständige Umwandlung des Protoplasma in die Zwischensubstanz statt.²⁾

Die richtigste Vorstellung über die Natur des hier vorliegenden histiogenetischen Proesses würde man sich vielleicht bilden, wenn man annähme, dass, während in den bindegewebigen Embryonalzellen der Arachnoides und der Sehne eine Umformung des Protoplasma in leimgebende Fibrillen und in interfibrilläre, körnige, eiweissartige Substanz stattfindet, die bindegewebigen Embryonalzellen ihr Protoplasma überhaupt gar nicht in ein Leim gebendes Gewebe, sondern ganz und gar in eine körnige Substanz umwandeln, die zu den Eiweisssubstanzen zu rechnen ist.

Dass die granulirte Masse der Hirnrinde im Embryo sowohl wie

1) M. Schultze's Archiv f. mikr. Anatomie. VIII. S. 36.

2) Nicht selten will es scheinen — am geeignetsten ist für diese Beobachtung der 10te bis 12te Bebrütungstag —, als ob die Umformung des Protoplasma in die reifartig aussehende Zwischensubstanz sich gewissermaassen nach den Zellterritorien richte und sich gleichsam um die einzelnen Kerne concentrire. Sehr oft sieht man die beginnende Structurveränderung des Protoplasma in einem den Kern in einer gewissen Distanz concentrisch umgebenden Ringe am Deutlichsten ausgesprochen, und es hat den Anschein, als ob die Umformung von der Peripherie des Ringes gegen den central gelegenen Kern fortschreite. Nach diesen Beobachtungen dürfte man vielleicht annehmen, dass, trotzdem das Protoplasma der Zellen confluit ist und gesonderte Zellindividuen durch das Mikroskop nicht mehr nachzuweisen sind, dieselben doch virtuell und physiologisch noch als getrennte Zellindividuen vorhanden sind.

im ausgewachsenen Thier wesentlich eiweissartige Masse und nicht leimgebendes Gewebe ist, ist unter dem Mikroskop, am besten bei Behandlung feiner Durchschnitte mit frisch bereiteter essigsaurer Carminlösung, welche dieselben intensiv roth färbt, sehr leicht nachzuweisen. Andererseits sind alle Agentien, welche leimgebende Intercellularsubstanz aufzulösen pflegen, auf die Grundsubstanz der Hirnrinde ohne jede Wirkung, und Henle und Merkel haben bereits mit Recht auf die Unverträglichkeit dieser chemischen Eigenschaft mit jener Ansicht hingewiesen, die, in weiterer Ausdehnung der M. Schultze'schen Lehre über das retinale Bindegewebe, in der Grundsubstanz der Hirnrinde ein feinst-verästeltes areoläres Bindegewebe sehen will.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse stehe ich nicht an, meine Ansicht über die Grundsubstanz der Hirnrinde folgendermaassen zu formuliren.

Dieselbe ist ein sehr eiweisshaltiges Gewebe, hervorgegangen aus einer eigenthümlichen Modification des Protoplasma der ursprünglich vorhandenen bindegewebigen Embryonalzellen; sie ist analog anzusehen einer körnigen Eiweisssubstanz, welche überall bei der Entwicklung des fibrillären Bindegewebes neben und mit den Fibrillen gebildet wird, und die in allen bindegewebigen Bildungen, in einigen sparsamer, in anderen reichlicher, das Leben hindurch persistirt.

Eine wesentliche Stütze für diese Annahme, welche in der Grundsubstanz eine mächtige Ansammlung jener dem ganzen Bindegewebe eigenthümlichen körnigen Eiweisssubstanz sucht, hervorgebracht dadurch, dass die formative Thätigkeit (M. Schultze) der bindegewebigen Embryonalzellen hier einzige und allein das als Hauptproduct liefert, was sonst gleichsam nur als Nebenproduct in der Bindegewebsentwicklung vor kommt, finde ich in dem Verhalten der Deiters'schen Zellen. Die Deiters'schen Zellen, die ich als auf dem embryonalen Typus persistirende Zellen des fibrillären Bindegewebes erkannt habe, besitzen, wie oben erörtert, zwischen ihren Ausläufern und um den Kern nicht unbeträchtliche Ansammlungen interfibrillärer Körnchen, die in der Rückenmarksrinde des Ochsen z. B. eine Schicht von nachweisbarer Dicke bilden können. Das Gleiche ist der Fall in der Grosshirnrinde. Hier aber geht unmerklich die den Deiters'schen Zellen der äussersten Lage zuzurechnende körnige Eiweisssubstanz über in die die tieferen Lagen der Grosshirnrinde bildende Grundsubstanz, als deren morphologische Centra nicht mehr die Deiters'schen Zellen, sondern nur noch die in der Substanz der Grosshirnrinde verstreuten doppelt-contourirten Kerne anzusehen sind. Es findet sich hier mithin eine

so vollkommene Continuität beider Substanzen, dass an der morphologischen Identität derselben zu zweifeln schwer fällt.¹⁾

Ehe ich das Bindegewebe der Hirnrinde verlasse, will ich einen Punkt wenigstens noch ganz kurz berühren. Es ist mir gelungen, die interessante Thatsache nachzuweisen, dass bei der Entwicklung des fibrillären Bindegewebes eine grosse Anzahl der Embryonalzellen unter einer Art von Fettmetamorphose zu Grunde geht und mit ihrer ganzen Substanz in die neugebildete Fibrillensubstanz aufgeht. Die gleiche Frage, die in Bezug auf die Entstehung der Intercellularsubstanzen überhaupt eine hohe principielle Bedeutung besitzt, habe ich mir auch in Bezug auf die Grundsubstanz der Hirnrinde vorgelegt, bin hier jedoch nur zu negativen Ergebnissen gelangt. Um jene Zeit (vom 10ten Tage der Bebrütung ab), wo in der Arachnoides z. B. sich derartige fettmetamorphosirte Zellen in grossen Mengen wahrnehmen lassen, bleibt das darunter liegende Centralorgan frei von diesen Vorkommnissen, und auch ganz gegen das Ende der Bebrütung (vom 19ten bis zum 21ten Tage) ist es mir niemals gelungen, fettig degenerirte Zellen in der Hirnsubstanz nachzuweisen. Es scheint also, dass die Grundsubstanz der Hirnrinde sich in dieser Beziehung analog dem Sehnengewebe verhält, in welchem ich die fettig degenerirenden Zellen gleichfalls völlig vermisste. Dass in späteren Entwickelungsstadien in der Grundsubstanz noch gewisse Veränderungen vor sich gehen, scheint mir aus der oben erwähnten Thatsache zu erhellen, dass bei jungen Thieren in der Rinde des Cerebellum und des Cerebrum der Reichthum an eingestreuten Kernen ein sehr viel grösserer ist, wie bei ausgewachsenen Individuen. Man hat hier zweifelsohne ein Zugrunde-

1) Selbstverständlich erhebt sich für das Gewebe der Gehirnrinde die bereits an einer früheren Stelle (M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatom. VIII. S. 50) bei Gelegenheit der Entwicklung des fibrillären Bindegewebes von mir aufgeworfene Frage: ob und bis wie lange diese das Gewebe der Grosshirnrinde bildenden Körnchen als vitales Protoplasma, und von wann ab sie als „körnige eiweissartige Masse“ aufzufassen und den interfibrillären Körnchen des Bindegewebes gleichzustellen sind. Schon einmal im Laufe dieser Arbeit habe ich auf diese Frage eingehen müssen (bei Gelegenheit der Deiters'schen Zellen), die nunmehr der Kernpunkt der Controversen über das Bindegewebe und die Beteiligung der Bindegewebszellen bei den pathologischen Processen zu werden verspricht. Für den hier vorliegenden Fall der Grosshirnrinde muss ich die Frage, ob die Körnchen hier noch vitales Protoplasma oder bereits körnige Eiweisssubstanz bedeuten, bis wie lange die erste Bezeichnung und von wann ab die zweite die richtigere ist, ausdrücklich als eine offene bezeichnen.

gehen der Kerne der Grundsubstanz im Verlaufe der weiteren Entwicklung anzunehmen. Das Wie? dieses Vorganges bleibt zur Zeit allerdings noch völlig dunkel.

Fasst man die bisher beschriebenen Vorgänge der Entwicklung der Grosshirnrinde in einheitlicher Darstellung zusammen, so dürfte sich Folgendes als die Essenz der Entwicklungsgeschichte dieses Organs ergeben:

Von der Zeit an, in welcher die Grosshirnhemisphären bereits makroskopisch als zwei an der Spitze des Centralorgans gelegene, solide, helle Knöspchen erscheinen, lassen sich in dem Gewebe derselben bereits ganz deutlich zwei verschiedene Arten von Zellen unterscheiden¹⁾: Zellen, die bestimmt sind, sich zu Ganglienzellen heranzubilden, und solche Zellen, die bestimmt sind, eine bindegewebige d. h. nicht nervöse Substanz zu bilden, in der die Ganglienzellen eingebettet sind. Die ersten sind stets deutlich als discrete Zellen mit gesonderter Zellsubstanz, Kern und Kernkörperchen nachzuweisen. Schwieriger ist die Begründung der Zellennatur für die zweite Art, da dieselben nur Kerne darzustellen scheinen, die in einer nicht weiter differenzierten protoplasmatischen Grundmasse eingebettet sind. Doch wird man bei Erwägung aller hier in Betracht kommenden Umstände nicht anstehen, anzunehmen, dass diese Kerne allerdings Zellen repräsentieren, deren Protoplasma zu einer gemeinsamen Masse confluit ist, sodass einzelne Zellindividuen mit gesonderter Zellsubstanz nicht mehr nachzuweisen sind.

Die weiteren Entwicklungsvorgänge gestalten sich nun zunächst für die letzteren, bindegewebigen Elementartheile dahin, dass, gleichzeitig mit der Vascularisation des Gewebes, die Grundsubstanz sowohl eine Volumsvermehrung, wie eine Structurveränderung erleidet. Die Volumsvermehrung characterisiert sich dadurch, dass im Verlauf der vorschreitenden Entwicklung die zuerst dicht gedrängten Kerne der Grundsubstanz weiter und immer weiter auseinanderrücken, bis sie

1) Es können selbstverständlich meine Beobachtungen in keiner Weise entscheidend sein für die principielle histogenetische Frage, ob die nervösen Elementartheile aus einer gesonderten Anlage hervorgehen oder ob sie mit dem Bindegewebe der nervösen Centralorgane die gleiche Embryonalanlage gemeinsam haben. Ich ver wahre mich hier ausdrücklich gegen die Ansicht, als ob meine Beobachtungen als in dem letzteren Sinne entscheidend gedeutet werden könnten. Für die Entscheidung dieser Frage ist die Untersuchung viel früherer Stadien, als derer, welche ich in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen habe, allein als maassgebend anzusehen.

endlich am Ende der Bebrütung durch sehr beträchtliche Distanzen getrennt erscheinen. Die Structurveränderung besteht darin, dass die ursprünglich rein protoplasmatische Grundsubstanz allmälig das eigen-thümliche reifartige Ausschen der Hirnrinde des erwachsenen Thieres annimmt, und dass es so durch die formative Thätigkeit des Protoplasma (M. Schultze) zur Bildung einer Substanz kommt, die sich am besten wohl der körnigen Eiweisssubstanz, welche sich in jedem Bindegewebe findet, homologisiren lässt.

Die Veränderungen, welche die nervösen Elementartheile, die Ganglienzellen betreffen, lassen sich dahin zusammenfassen, dass die zuerst kugeligen Zellen gewöhnlich gleichzeitig mehrere, stets deutlich varieöse Fortsätze aussenden, die direkt aus der Zellsubstanz, deren eigen-thümlich feingranulirtes und mattglänzendes Aussehen sie theilen, hervorgehen. Mit dem Kern oder dem Kernkörperchen stehen sie, wie auf das Deutlichste zu sehen ist, niemals in Verbindung. Unter den Fortsätzen einer Zelle ist kein einziger in irgend einer Weise so besonders ausgezeichnet, als dass man ihn auch nur mit einiger Sicherheit als Axencylinderfortsatz in Anspruch nehmen dürfte.

Weiteres über die an den Ganglienzellen stattfindende Entwicklung, sowie namentlich über die späteren Stadien der Fortsätze zu ermitteln, ist mir nicht gelungen. Theilungen dieser Fortsätze habe ich niemals mit Sicherheit nachweisen können, geschweige denn, dass ich über die Entstehung des in der erwachsenen Hirnrinde vorhandenen Primitivfibrillennetzes und über die Verbindung desselben mit den Ganglienzellen irgend etwas auszusagen vermöchte. Der Grund hiervon liegt darin, dass in den späteren Stadien der Entwicklung, denen naturgemäß diese Veränderungen nur angehören können, die Untersuchung mit ausserordentlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Etwa vom 17ten Tage der Bebrütung an erschwert das inzwischen zu einer grossen Mächtigkeit angeschwollene Gewebe der Grundsubstanz die Untersuchung in einem Maasse, dass von diesem Tage ab kaum noch irgend eine unzweideutige Beobachtung gelingt. Die Ganglienzellen und ihre Fortsätze sind um diese Zeit bereits so tief und dicht von der zähen und undurchsichtigen Grundsubstanz umgeben, dass an ein Erkennen irgend welcher histiologischen oder histiogenetischen Details ohne das eingreifendste und sorgfältigste Zerzupfen nicht zu denken ist. Die Unmöglichkeit, bei dieser Methode zu zuverlässigen Ergebnissen zu gelangen, brauche ich nicht erst hervorzuheben. Andererseits waren meine Bemühungen fruchtlos, mittelst derselben Reagentien, welche für die erwachsene Hirnrinde so Vortreffliches leisten, Auf-

schlüsse über die Structur der wachsenden Rinde zu erhalten. Ich muss bekennen, dass es mir nicht gelingen wollte, die Gerlach'sche Methode in entsprechender Weise für das embryonale Gehirn umzubilden, und muss mich damit begnügen, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, wie reiche Früchte eine vervollkommnete mikroskopische Technik auf diesem Felde der Untersuchung noch zu ernten haben wird.

Ich halte es im Interesse einer bequemeren Darstellung und eines leichteren Verständnisses für geboten, die Schilderung der von mir wesentlich am Trabs untersuchten Entwicklung der weissen Substanz, zu welcher ich nunmehr übergehe, nicht strenge methodisch von dem ersten Stadium, welches zu meiner Beobachtung gelangte, zu beginnen, sondern ich werde an die Spitze dieser Schilderung die Beschreibung des höchst characteristischen Bildes stellen, welches die weisse Substanz des Gehirns, speciell das Nervenfaserstratum des Trabs, in der längsten Zeit des embryonalen Lebens (etwa vom 6ten Tage der Bebrütung an) mit grosser Regelmässigkeit und Constanze gewährt.

Während der längsten Zeit der Bebrütung stellen mehrere aus weisser Substanz bestehende Theile des embryonalen Gehirns, z. B. die Pedunculi cerebri, einzelne an der Hirnbasis gelegene Theile der vorderen Hirnblasen, vor allem aber ein in der Medianlinie des Gehirns gelegenes Markblatt, aus welchem später sich der Trabs und vielleicht ein Theil des Hemisphärenmarks entwickelt, dünne Blätter dar, welche, ebenso wie die Grosshirnrinde des zweiten Stadiums der Bebrütung, mit grosser Leichtigkeit flächenhaft ausgebreitet und mit den stärksten Vergrösserungen untersucht werden können.

Mit grosser Regelmässigkeit und Constanze lässt sich nun an allen diesen feinen Markblättern schon bei schwächerer Vergrösserung z. B. Hartnack VII, 2 eine im höchsten Grade characteristische Structur wahrnehmen, welche ich in Fig. 23 vom 10ten Tage der Bebrütung wiedergegeben habe, und welche besser wie jede Beschreibung das hier vorliegende Verhältniss erläutern wird. Durch das ganze Präparat lässt sich stets die ganz gleiche Anordnung oft auf sehr beträchtliche Strecken hin verfolgen. Man sieht wie Furchen in einem Acker regelmässig neben einander Längsstreifen gezogen, welche aus äusserst feinen parallel angeordneten Fibrillen zusammengelegt erscheinen. Jeder einzelne Streifen mag etwa 20 bis 30 dieser feinen Fibrillen enthalten. Getrennt sind diese fibrillären Streifen durch ebenso regelmässig angeordnete Reihen von rundlich polygonalen, deutlich kernhaltigen

Zellen, welche meist einzeilig, mitunter jedoch auch zweizeilig zwischen den fibrillären Strecken gelegen sind, so dass fibrilläre Streifen und Zellenreihen durch das ganze Gesichtsfeld hindurch mit der grössten Regelmässigkeit beständig abwechseln.

Es war mir dieses characteristische Structurverhältniss der embryonalen weissen Substanz damals, als ich es zuerst entdeckte, im höchsten Grade auffallend. Zu jener Zeit war mir das Verständniss der so höchst regelmässigen Structur der weissen Substanz des Gehirns, wie ich dieselbe oben entwickelt habe, noch nicht aufgegangen, und ich war daher um die Deutung des vorliegenden Bildes in der grössten Verlegenheit. Eben durch diesen embryonalen Befund wurde ich darauf geführt, mir reine Längsschnitte der weissen Substanz des erwachsenen Gehirns herzustellen und so gelangte ich dann bald zu jener Auffassung des Baues der weissen Substanz, welche in diesen Blättern bereits ausführlich entwickelt worden ist.

Es ist nun leicht, mit den so gewonnenen Anschauungen an die Erklärung des embryonalen Bildes heranzutreten. Vergleicht man Fig. 23, welche ein Stück des embryonalen Trabs wiedergiebt, mit Fig. 9, welche einen dem Verlauf der Nervenfasern parallel geführten Durchschnitt durch die die Oberfläche des Corpus opticum überziehende weisse Markschicht des ausgewachsenen Thieres darstellt, so ist die Einheit des in beiden Bildungen vorliegenden Structurprincips schon auf den ersten Blick ersichtlich. Es ergiebt sich auf das Evidenterste, dass die regelmässigen Zellenreihen, welche die Fibrillenbündel der embryonalen weissen Substanz trennen, den aus kleinen Ganglienzenlen und Bindesubstanzzen zusammengesetzten Zellenketten, deren Natur oben ausführlich erörtert wurde, entsprechen, und dass im Embryo wie im Erwachsenen in der That ein ganz identisches Verhältniss zwischen den Zellenreihen und den Nervenfaserbündeln vorliegt.

Die Untersuchung, wie dieses so auffallend regelmässige Bild der embryonalen weissen Substanz zu Stande kommt, stösst auf ausserordentlich grosse Schwierigkeiten. Wie ich oben erwähnt habe, ist schon vom sechsten Tage an dieses regelmässige Bild vollkommen ausgebildet; die Nervenfasern sind bereits als solche deutlich vorhanden, und man sieht sich auf die allerfrühesten Stadien zurückverwiesen, wenn man die Entwicklungsgeschichte derselben verfolgen will.

Eine derartige Untersuchung der allerfrühesten Stadien hat natürlich mit sehr grossen Schwierigkeiten zu kämpfen. Dennoch ist es mir gelungen, Folgendes über die Bildung der ersten Nervenfasern zu ermitteln.

Am 4ten Tage der Bebrütung — es ist dies das früheste Stadium, aus welchem ich unzweideutige Bilder der weissen Substanz erhalten konnte — ist das eben beschriebene characteristische Bild der embryonalen weissen Substanz noch nicht ausgebildet, sondern es bietet dieselbe einen beträchtlich verschiedenen Anblick dar, der in Fig. 24 wiedergegeben ist.

Um diese Zeit erscheint die weisse Substanz in der That ganz aus Zellen zusammengesetzt und von der regelmässigen Abwechslung eines Faserbündels mit einer Zellenkette, welche die späteren Stadien der weissen Substanz des Embryo characterisirt, ist noch nichts zu sehen. Hingegen ist eine Thatsache bereits sehr deutlich ausgesprochen, die als ein Uebergang zu jenem weiteren Entwickelungs-Stadium zu bezeichnen ist, nämlich das Verhältniss, dass in jener Zellmasse, die am vierten Tage die weisse Substanz repräsentirt, mit der gleichen Regelmässigkeit wie im zweiten Stadium Zellenketten und Faserbündel, so je ein Streifen rundlicher Zellen mit je einem Streifen spindelförmig in die Länge ausgezogener Zellen abwechselt.

In der That lässt sich in dem Zeitraum vom 4ten bis zum 6ten Tage der Bebrütung die Entwicklung der Nervenfasern aus Zellen auf das Deutlichste verfolgen. Man sieht, wie die bei ganz starken Vergrösserungen gezeichneten Abbildungen Figg. 25 und 26 lehren, dass sich die einzelnen Zellen an zwei entgegengesetzten Polen in zwei lange, gerade gerichtete, varicöse Fortsätze ausziehen, die ganz den Fortsätzen der embryonalen Ganglienzellen gleichen, welche ich aus der Hirnrinde beschrieben habe. Ebenso wie bei den letzteren gehen diese Fortsätze aus der Substanz der spindelförmigen Zellen hervor und stehen namentlich zum Kern oder zum Kernkörperchen in keiner Beziehung. Eine fibrilläre Structur ist an diesen bipolaren Zellfortsätzen niemals nachzuweisen.

In Bezug auf die interessante Frage nach dem Schicksal des Kernes bin ich zu positiven Resultaten nicht gelangt. Derselbe erscheint von Anfang an¹⁾ oval, mit dem Längsdurchmesser parallel gestellt der Längsaxe der spindelförmigen Zelle, und ist ebenso wie

1) D. h. es ist mir niemals gelungen, frühere Stadien zu beobachten, in denen die später zu Nervenfasern sich entwickelnden Zellen nebst ihren Kernen einfach rund gewesen wären. So früh ich diese Zellen eben überhaupt wahrnehmen konnte, liess sich an denselben schon die Spindelform der Zelle, welcher sich der ellipsoidische Contour des Kernes anschmiegt, und das bipolare Auswachsen derselben zu varicösen Fortsätzen nachweisen. Natürlich können diese Beobachtungen nicht dagegen beweisen, dass nicht in einem noch früheren

der Kern der embryonalen Ganglienzellen durch den Besitz eines einzigen glänzenden Kernkörperchens ausgezeichnet. Ursprünglich ist zwischen seinem Contour und dem äusseren Contour der spindelförmigen Zelle noch ein deutlicher Zwischenraum vorhanden, welcher mit Evidenz zu constatiren erlaubt, dass die bipolar sich entwickelnden varicösen Fortsätze von der Zelle selber und nicht vom Kerne ausgehen. Sobald aber die varicösen Fortsätze eine irgendwie beträchtlichere Länge erreicht haben, schwindet der Zwischenraum zwischen Zellcontour und Kerncontour mehr und mehr und zuletzt fallen beide Contouren zusammen.

Wie gesagt, ich habe nicht ermitteln können, welches das endliche Schicksal des Kernes ist, ob er ebenso wie die Zelle selber in die Länge ausgezogen wird, oder ob er eine Art von Atrophie erleidet. Auch über das Ende des Kernkörperchens weiss ich nichts auszusagen. Ebensowenig vermag ich die prinzipiell höchst wichtige Frage mit Bestimmtheit zu entscheiden, die ich mir im Verlaufe dieser Beobachtungen sehr oft vorgelegt habe, ob zur Bildung einer Nervenfaser mehrere hinter einander liegende Zellen zusammentreten, indem die bipolaren Fortsätze derselben mit einander verschmelzen, oder ob jede einzelne Nervenfaser stets nur als durch das bipolare Auswachsen einer einzigen Zelle entstanden anzusehen ist.

Der Grund dieser ungenügenden Resultate liegt wesentlich in der höchst auffallenden sehr grossen Schnelligkeit, mit welcher gerade dieser Vorgang des Auswachsens der Embryonalzellen zu Nervenfasern vor sich geht. Der vierte Tag war der früheste Zeitpunkt, an welchem ich die zu Nervenfasern auswachsenden Embryonalzellen wahrnehmen konnte und man kann sagen, dass am 6ten Tage der ganze Vorgang schon als beendigt anzusehen ist. Es stellt alsdann die weisse Substanz bereits das regelmässige Bild abwechselnder fibrillärer Streifen und Zellenketten dar, und sehr selten ist in diesem Zeitpunkte im Innern der fibrillären Streifen noch eine feine spindelförmige An-

embryonalen Stadium Zelle und Kern einmal rund waren. Doch will es mir fast scheinen, als ob es mit den zu Nervenfasern auswachsenden Zellen dieselbe Bewandniss habe, wie mit den Embryonalzellen des fibrillären Bindegewebes, von denen ich sehr wahrscheinlich gemacht habe (Arch. für mikr. Anat. VIII. S. 47 Anmerkung), dass die ersten Anfänge der Fibrillenbildung durch die formative Thätigkeit der Embryonalzellen mit der Entstehung der Zellen selber zusammenfallen. So scheint mir auch das Auswachsen der Embryonalzellen des Nervengewebes zu varicösen Fasern mit der Entstehung dieser Zellen überhaupt zusammen zu fallen.

schwellung nachzuweisen. Von dem 6ten Tage ab aber ist Alles verschwunden, was auf eine Entwicklung der Nervenfasern aus spindelförmigen Zellen hindeuten könnte, und es hat sich in ganz vollkommener Regelmässigkeit das characteristische Bild der weissen Substanz hergestellt, dessen Beschreibung ich an die Spitze dieser Untersuchung gestellt habe.

Dieses Bild erhält sich nun während einer sehr langen Zeit, ja fast bis an das Ende des embryonalen Lebens, also vom 6ten bis etwa zum 18ten Tage fast völlig unverändert. Es scheint, dass während dieser Zeit (die man als das zweite Stadium der Entwicklung der weissen Substanz bezeichnen kann), wo die qualitativen Veränderungen fast völlig fehlen, die quantitativen Veränderungen dafür sehr beträchtlich sind. Es findet in dieser Periode offenbar ein sehr energisches Wachsthum und eine sehr beträchtliche Massenvermehrung der weissen Substanz statt, und es ist anzunehmen, dass während dieser Periode der Massenzunahme ein energisches Längenwachsthum der jungen Nervenfasern und eine Vermehrung der Zellenketten eintritt. Doch ist es klar, dass bei einer solchen gleichmässig vor sich gehenden Wachstumsveränderung die Configuration der Theile und das Bild der weissen Substanz überhaupt in keiner Weise sich zu ändern braucht. In der That bleibt dasselbe bis zum 18ten Tage etwa völlig unverändert.

Während dieses Stadiums stellen sich die embryonalen Nervenfasern, mit den stärksten Vergrösserungen untersucht, als feine, genau parallel und gerade verlaufende, mit feinen Varicositäten besetzte, nackte Axencylinder dar. Dieses ist jedoch mit Deutlichkeit nur an besonders günstigen Präparaten, z. B. an freien Rändern, wahrzunehmen. In dickeren Schichten weisser Substanz ist, ausser einer fibrillären feinen Streifung der zwischen den Zellenketten gelegenen Stränge, wenig mehr wahrzunehmen, und wage ich nicht zu entscheiden, ob ein eigenthümliches körniges Aussehen, welches diese Stränge ausser der fibrillären Streifung stets noch darbieten (vgl. die Abbildungen Figg. 23, 27, 28), allein auf der Anwesenheit der Varicositäten an den feinen Axencylindern oder auch noch auf dem Vorhandensein einer besonderen feinkörnigen Masse zwischen den einzelnen Nervenfibrillen zurückzuführen ist.

Es knüpft sich an die Entscheidung dieser Frage ein grösseres Interesse, als man auf den ersten Blick glauben möchte; denn es hängt mit ihr auf das Engste zusammen die wichtige Frage, in welcher Weise die Bildung der Markscheide um die markhaltigen Nervenfasern der Centralorgane vor sich geht.

Dieser wichtige Vorgang der Bildung der Markscheide ist es, welcher etwa vom 18ten Tage an das characteristische Aussehen der weissen Substanz in sehr eigenthümlicher Weise verändert, und dem letzten Stadium der Entwicklung der weissen Substanz, welches vom 18ten Tage etwa bis in die ersten 48 Stunden nach dem embryonalen Leben zu rechnen ist, sein ganz specifisches Gepräge aufdrückt.

Zum Verständniss der in dieses Stadium fallenden Entwicklung dienen die Abbildungen Figg. 28, 29 und 31—34.

Schon gegen das Ende des zweiten Stadiums lässt sich, wie Fig. 28 vom 16ten Tage der Bebrütung lehrt, eine gewisse Veränderung an den Nervenfaserbündeln nachweisen. Dieselbe besteht darin, dass das dunkelkörnige Aussehen, von welchem soeben die Rede war, schärfer ausgesprochen erscheint, wie es auf der Höhe des zweiten Stadiums der Fall war. Man hat jetzt von dem mikroskopischen Bilde in der That den Eindruck, als ob dunkle Körnchen zwischen den Nervenfasern lagerten.

Die Veränderung, welche das letzte Stadium characterisirt, besteht nun darin, dass wie die Abbildungen Figg. 29 und 31 bis 33 zeigen, allmälig eine grosse Menge dunkler, fettglänzender Körnchen zwischen den einzelnen nackten Axencylindern auftritt, wo dieselben, in regelmässigen Reihen angeordnet, die einzelnen Nervenfasern trennen. Nach und nach confluiren diese in Längsreihen angeordneten Körnchen mit einander zu continuirlichen glänzenden Streifen, und es stellt sich so zunächst eine die benachbarten Axencylinder von einander isolirende diffuse Markansammlung in der weissen Substanz her, aus welcher dann die einzelnen Markscheiden um die einzelnen Nervenfasern sich herausbilden.

Dieser letzte Akt der Markscheidenbildung fällt beim bebrüteten Hühnchen in die beiden letzten (20. 21.) Tage der Bebrütung und in die beiden ersten Tage des Lebens. Das in Fig. 32 dargestellte Nervenbündel vom 20ten Tage der Bebrütung scheint bereits deutliche Markscheiden zu besitzen. Daneben kommen jedoch an demselben Bebrütungstage Regionen vor, in denen noch keine einzige völlig ausgebildete Markscheide vorhanden ist, sondern wo sich nur eine sehr mächtige diffuse Ansammlung fettglänzender Körnchen zwischen den Axencylindern findet. Sehr instructiv hierfür sind auch die in Fig. 33 abgebildeten isolirten Nervenfasern vom ersten Lebenstage. Während bei einigen die Bildung einer feinen vollständigen Markscheide bereits als beendet anzusehen ist, erscheinen andere nur erst von feinen Fettropfchen bedeckt, die zu einer vollständigen Markscheide noch nicht

confluit sind. Nach dem zweiten Lebenstage habe ich jedoch der gleichen Bilder nie mehr gesehen und ist von diesem Zeitpunkt ab die Bildung der Markscheide wohl als beendet zu betrachten.

Es erhebt sich nun die schwierige Frage, woher kommt das Material zu diesen Markscheiden? Wird es an Ort und Stelle zwischen den nackten Axencylindern gebildet, oder entsteht es an anderen Stellen des Körpers und wird dann in der weissen Substanz abgelagert?

Man könnte annehmen (und das mikroskopische Bild, das eigenthümlich dunkelkörnige Aussehen der Nervenfaserbündel würde diese Annahme im gewissen Sinne unterstützen), dass zwischen den Axencylindern des zweiten Stadiums eine körnige Substanz bereits vorhanden ist, die im dritten Stadium verfettet und zur Bildung der Markscheiden um die Axencylinder verbraucht wird. Man könnte die Annahme machen, dass auf dem Wege des Blutstromes der weissen Substanz das fertig vorgebildete Material der Markscheiden zugeführt wird. Aber es lässt sich gegen diese Ansichten Manches geltend machen. Gegen die erste wäre der Umstand anzuführen, dass, wie am Deutlichsten im ersten Stadium und im Anfange des zweiten zu sehen ist, zwischen den nackten Axencylindern von vorne herein keine Spur einer körnigen Zwischensubstanz, die später das Material zur Markscheide hergeben könnte, vorhanden ist. Man steht mithin bei dieser ersten Annahme vor der grossen Schwierigkeit, zu erklären, woher diese körnige Masse, die im Anfange des zweiten Stadiums entschieden noch nicht vorhanden ist, stammt. Gegen die zweite Annahme der Beteiligung der Gefässe würde die ausserordentliche Gefässarmuth der weissen Substanz anzuführen sein.

Ich will hiermit die weitere Discussion der vielen hier vorliegenden Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten abschneiden und mich darauf beschränken, diejenige Ansicht der Markscheidenentwicklung vorzutragen, die mir im Verlauf der Untersuchung am wahrscheinlichsten geworden ist.

Hand in Hand mit der Ansammlung dunkelglänzender Körnchen zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz, welche ich als für das Anfangsstadium der Markscheidenbildung characteristisch geschildert habe, geht eine andere eigenthümliche Erscheinung. Mit den ersten Anfängen dieser Körnchenansammlung treten gleichzeitig in der weissen Substanz zuerst (etwa am 17ten Tage) sparsam, später auf der Höhe des Markscheiden bildenden Processes sehr viel reichlicher, freie Körnchenzellen auf. Dieselben sind ganz und gar mit Fettröpfchen imprägnirt, die die vollständigste Uebereinstimmung mit den zwischen

den Axencylindern abgelagerten Körnchen zeigen. Wie die Untersuchung auf dem heizbaren Objecttisch lehrt, durchziehen dieselben unter lebhaften amöboiden Bewegungen und bei ziemlich energischer Locomotion die weisse Substanz nach allen Richtungen. Fig. 34 sind derartige amöboide Körnchenzellen aus dem Trabs eines 20 Tage bebrüteten Hühnchens abgebildet. Am 17ten und 18ten Tage sind dieselben noch keineswegs häufig. Reichlicher werden sie am 19ten Tage. Die beiden letzten (20. 21.) Tage der Bebrütung und der erste Lebenstag zeigen diese Körnchenzellen in wahrhaft enormer Anzahl. Am zweiten Lebenstage sind dieselben jedoch bereits wieder so gut wie völlig verschwunden.

Meine Hypothese über die Bedeutung dieser physiologischen embryonalen Körnchenzellen geht nun dahin, dass dieselben bestimmt sind, der weissen Substanz das Material zur Markscheidenbildung zuzuführen. Ich kann hierfür wesentlich den Umstand geltend machen, dass man nicht selten diese Körnchenzellen zwischen den Axencylindern förmlich zergehend und zerfliessend antrifft, sodass die Annahme, dass die feinen Fetttröpfchen der Körnchenzellen direkt zu den die Markscheide bildenden Fetttröpfchen werden, keineswegs unnatürlich erscheint. Man würde sich mithin den Vorgang der Markscheidenbildung in der weissen Substanz so vorzustellen haben, dass das z. B. im Blute oder in den Geweben bereitete Material für die Bildung der Markscheiden von amöboiden Zellen aufgenommen und direkt durch dieselben fortgetragen und in die Interstitien der nackten Axencylinder deponirt wird.¹⁾

Es ist interessant zu erörtern, ob dieses Auftreten der Körnchenzellen in der weissen Substanz als eine Erscheinung *Sui generis* zu betrachten ist, oder ob dasselbe nicht vielmehr anzusehen sein dürfte als eine Theilerscheinung, ein besonderer Fall eines durchgreifenden Princips. In der That sprechen mehrere Beobachtungen dafür, als ob das Ueberwiegen der Production der Fette oder der fettartigen Substanzen ein physiologisch chemisches Characteristikum der späteren Perioden des foetalen Lebens überhaupt darstellte. Ausser dieser eben erwähnten Erscheinung der Fettbildung in den Central-

1) In einem interessanten Lichte würde die Bedeutung der pathologischen Körnchenzellen bei der diesem Entwicklungsvorgange gerade entgegengesetzten regressiven Metamorphose der weissen Substanz erscheinen. Dieselben würden anzusehen sein als amöboide Lymphkörperchen, die ebenso wie sie früher das Mark in die weisse Substanz hineingetragen und um die Nervenfasern gebettet haben, es nun wieder herausholen und die Nervenfasern ihrer Markscheide entblössen.

organen fällt gleichfalls in die spätere Periode das von mir entdeckte reichliche Vorkommen freier amöboider Körnchenzellen, sowie die gleichfalls unter Fettbildung einhergehende regressive Metamorphose der fibrillenbildenden Zellen bei der Entwicklung des fibrillären Bindegewebes. Noch ein anderes Factum, welches ich bisher in der Literatur nicht erwähnt gefunden habe¹⁾, dürfte in diese Kategorie gehören: Das physiologische Vorkommen einer Fettleber bei Embryonen. Im letzten Viertel des embryonalen Lebens zeigt die Leber des bebrüteten Hühnchens sowohl wie die der verschiedensten Säugetiere ausnahmslos eine enorme Fettinfiltration der Leberzellen. Alle diese Erscheinungen weisen darauf hin, dass die Fettproduktion im embryonalen Leben ausserordentlich energisch ist. Es ist interessant zu bemerken, wie verhältnismässig schnell in den ersten Lebenstagen, also mit dem Eingreifen der Respiration in den foetalen Stoffwechsel alle diese Erscheinungen verschwinden. Ich begnüge mich, diesen Gesichtspunkt hier nur angedeutet zu haben, und verzichte auf eine weitere Verfolgung desselben, da bei der noch so sehr unvollständigen thatsächlichen Grundlage dieses ganzen Gebietes der Hypothesen zu viele und zu mannichfaltige sich darbieten dürften.

Fasst man die Vorgänge der Entwicklung der centralen Nervenfasern in übersichtlicher Weise zusammen, so dürften sich folgende drei Stadien am natürlichssten unterscheiden lassen:

I. Stadium. Bis zum 6ten Tage der Bebrütung. Auswachsen spindeförmiger Zellen zu Axencylindern.

II. Stadium. Vom 6ten bis zum 18ten Tage der Bebrütung. Massenzunahme der weissen Substanz bei wesentlich unveränderter Structur.

III. Stadium. Vom 18ten Tage der Bebrütung bis zum zweiten Lebenstage. Bei gleichzeitiger bedeutender Invasion von Körnchenzellen in die weisse Substanz bekleiden sich die Axencylinder mit Markscheiden.²⁾

1) Dass die Fettleber bei Neugeborenen sehr häufig vorkommt, ja als physiologisch zu betrachten sei, hat Kölliker (Würzburger physical. medic. Verhandl. VII. 1856) gefunden und W. Berlin (Notiz über die physiologische Fettleber, Archiv f. d. holländ. Beitr. zur Natur- u. Heilkunde von Donders und Berlin 1857. I. S. 100) bestätigt. Beide beschreiben dieselbe jedoch nur von neugeborenen Menschen und Thieren und wollen sie auf die ausschliessliche Milchnahrung der säugenden Thiere zurückführen.

2) Ich möchte übrigens vor einer unbedingten Uebertragung dieser an den centralen Nervenfasern gewonnenen Anschauungen auf den Entwickelungsvorgang der peripheren Nervenfasern zunächst noch warnen. Die interessanten Structureigenthümlichkeiten, welche Ranvier neuerdings an denselben be-

In der vorliegenden Darstellung der Entwicklung der weissen Substanz, die ich hiermit zu Ende geführt habe, sind ausschliesslich die im Laufe der Entwicklung stattfindenden Veränderungen der Nervenfasern beschrieben worden, während von den Veränderungen der dieselben trennenden Zellenketten überhaupt nicht die Rede war. Der Grund hiervon ist, dass dieselben während der Dauer der Bebrütung sich in der That nicht wesentlich verändern. An der Körnchenzellenbildung scheinen sie sich in keiner Weise zu betheiligen. Wenigstens bleiben während dieses Stadiums die einzelnen Individuen von den Fetttröpfchen fast völlig frei. Die relativen Anteile, welche Ganglienzenlen und Bindegewebsszenlen an der Zusammensetzung dieser Zellenketten nehmen, lassen sich an den so frisch in Liquor Annios untersuchten Präparaten ebensowenig mit Sicherheit feststellen, wie an den Macerationspräparaten der erwachsenen weissen Substanz.

Es ist eine sehr auffallende Thatsache, dass über einen so wichtigen Gegenstand, wie die Histiogenese des Gehirns, bisher nur so sehr spärliche Angaben in der Literatur vorliegen.

Die Entwicklung der Hirnrinde ist zuerst von Besser behandelt worden, welcher nur Gehirne von Neugeborenen untersuchte (!). Nach ihm hat Arndt gleichfalls seine Ansichten über die Entwicklung der Hirnrinde mitgetheilt. Sein Untersuchungsmaterial waren die Gehirne neugeborener Menschen, neugeborener Kaninchen und ein einziges Gehirn eines 4½—5monatlichen menschlichen Foetus.

Selbstverständlich können die von diesen Forschern mitgetheilten histiologischen Befunde am Gehirn des Neugeborenen¹⁾ irgend welchen Werth für die Histiogenese der nervösen Centralorgane nicht beanspruchen, und begnüge ich mich hervorzuheben, dass eine Vereinigung

schrieben hat (*Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs, Archives de physiologie normale et pathologique IV. S. 129*) und die ich nach einer während des Druckes dieser Zeilen von Herrn Dr. Swaen aus Lüttich unter meiner Leitung vorgenommenen Untersuchung im Wesentlichen bestätigen kann, lassen sich an den centralen Nervenfasern nicht nachweisen, und muss diese Verschiedenheit der Structur nothwendig durch eine abweichende Entwicklung bedingt sein. Auch die Thatsache der pathologischen Histiologie, dass pathologische Processe in den peripheren Nerven sich ganz anders darstellen wie im Centralorgan, dürfte gegen eine derartige Identificirung der centralen mit den peripheren Nervenfasern anzuführen sein.

1) Henle hat bereits sehr treffend die Arndt'schen Untersuchungen als „sogenannte Entwicklungsgeschichte“ bezeichnet.

der von Besser und Arndt geäusserten Ansichten über die Entwicklung der Ganglienzellen mit den von mir oben mitgetheilten That-sachen unmöglich ist.

Die Resultate der Untersuchungen Jastrowitz's über die Entwicklung der Hirnrinde des Menschen lassen sich hingegen im Ganzen sehr wohl mit meinen Beobachtungen vereinigen. Ich verzichte darauf, die einzelnen Uebereinstimmungen hervorzuheben, so wie einzelne Widersprüche zu discutiren. Die letzteren sind ohnehin nicht von principieller Bedeutung und mögen ihren Grund in der Verschiedenheit der Untersuchungsobjecte (Hühnchen, Mensch), sowie in dem Umstände haben, dass Jastrowitz's Untersuchungen sich allein auf die zweite Hälfte des intrauterinen Lebens des Menschen erstrecken, während die wesentlichsten Resultate meiner Untersuchungen in der ersten Hälfte der Bebrütungsdauer gewonnen wurden.

Etwas ausführlicher muss ich die in der Literatur vorliegenden Angaben über die Histio-Genese der weissen Substanz besprechen.

Virchow¹⁾ ist der Entdecker des massenhaften Vorkommens der Körnchenzellen im Hemisphärenmerk der Neugeborenen. Er hielt dies Vorkommen jedoch nicht für normal, sondern beschrieb den Befund als pathologisch, als eine bis dahin unbekannte Form „congenitaler Encephalitis“. Anknüpfend an diese Virchow'sche Entdeckung haben später Hayem²⁾, Parrot³⁾ und Golgi⁴⁾ ihre Erfahrungen über das Hemisphärenmark der Neugeborenen mitgetheilt. Sämtliche Forscher konnten in fast allen untersuchten Fällen bei Neugeborenen die Körnchenzellen nachweisen. Erst Jastrowitz hat sich die Frage gestellt, ob der Befund der sogenannten Encephalitis etwas Pathologisches sei oder etwas Normales, und er hat, gestützt auf ein ausserordentlich reiches Material von Gehirnen Neugeborener, die letztere Alternative zur Gewissheit erhoben.

Was die Deutung des Virchow'schen Befundes von Körnchenzellen in der weissen Substanz als eines physiologischen anbetrifft, so ist es überflüssig die Uebereinstimmung meiner Untersuchungsresultate mit denen von Jastrowitz noch besonders hervorzuheben.

Nur die Widersprüche, in denen sich meine Untersuchungsresultate mit denen von Jastrowitz befinden, will ich kurz zusammenstellen,

1) Congenitale Encephalitis und Myelitis. Virchow's Archiv XXXVIII. S. 129.

2) Études sur les diverses formes d'encéphalite.

3) Archives de la physiologie normale et pathologique. I. S. 530. 622. 706.

4) Sulle alterazioni dei vasi linfatici del cervello. Rivista Clinica 1870.

mit dem selbstverständlichen Vorbehalt, dass auch hier wie in der Hirnrinde die Verschiedenheit der Untersuchungsobjecte in mancher Hinsicht die Verschiedenheit der Resultate bedingt haben mag.

Die regelmässige Anordnung der Zellenketten zwischen den Nervenfaserbündeln, die für mein zweites Stadium so characteristisch ist, ist Jastrowitz entgangen, und findet nach ihm erst am Ende des dritten Stadiums, d. h. nach beendigter Markscheidenbildung statt.

Nach Jastrowitz sind es die Elemente des Bindegewebsgerüstes, welche sich zu Körnchenzellen metamorphosiren, während ich die Elemente der Zellenketten stets von der Fettkörncheninfiltration frei fand, hingegen die Körnchenzellen ausnahmslos als freie amöboide Elemente nachweisen konnte.

Endlich nimmt Jastrowitz an, dass das Nervenmark einer Verfettung der allgemein zwischen den Axencylindern verbreiteten molekulären Masse seine Entstehung verdankt, während ich zu der Ueberzeugung gekommen bin, dass die Körnchenzellen das Material für die Bildung der Markscheiden in die weisse Substanz hineintragen. Den Körnchenzellen schreibt Jastrowitz vielmehr die gerade entgegengesetzte Function zu, das im Ueberfluss aus der molekulären Substanz gebildete Mark aufzunehmen.

Es wird späteren Untersuchungen aufbehalten bleiben, diese Widersprüche zu klären.

VI. Schluss.

Ich habe in den vorliegenden vier Kapiteln meiner Untersuchungen den Fachgenossen die Resultate meiner Forschungen über die nervösen Centralorgane vorgelegt. Es können die vier einzelnen Kapitel sehr wohl als einzelne abgeschlossene Monographien gelten, und da ich am Schlusse jeder dieser Untersuchungen die Hauptresultate in übersichtlicher Weise zusammenzustellen bereits Sorge getragen habe, so dürfte es überflüssig sein, hier am Schlusse noch einmal resümirend auf die in den einzelnen Abschnitten behandelten Facta zurückzukommen.

Nur in Bezug auf eine Frage möchte ich eine Ausnahme gemacht wissen. Ich halte es für geboten, hier am Schlusse meiner Untersuchungen und im Vollbesitz des histiologischen und histogenetischen Materials noch einmal einen Rückblick auf die Frage zu werfen, die für mich der Ausgangspunkt aller dieser Untersuchungen gewesen ist, die Frage nämlich, welche Ansicht als die richtigste, umfassendste und befriedigendste histiologische Auffassung der in den nervösen Centralorganen verbreiteten Bindesubstanz zu betrachten sei.

Es ist bisher von drei verschiedenen Seiten versucht worden, eine alle Einzelheiten umfassende Auffassung der Structur dieser Bindesubstanz zu geben. Ehe ich zur Erörterung meiner Ansicht übergehe, wird es daher nötig sein, diese Versuche meiner Vorgänger einer Kritik zu unterziehen.

Henle und Merkel betrachten als die Grundlage der gesammten Centralorgane eine „diffuse feinkörnige oder molekuläre Substanz, geronnenem Chylus ähnlich, aus einer Masse punktförmiger, in einer homogenen fest weichen Grundlage eingebetteten Molecule zusammengesetzt“. In dieser sind eingebettet die nervösen Elementartheile (Nervenfasern und Ganglienzellen), sowie Blutgefäße und Bindegewebsfasern. Diese Bindegewebsfasern betrachten Henle und Merkel aber keineswegs als eigentlich zum Centralorgan gehörig, nicht als autochthon,

sondern es sind ihnen gleichsam unberechtigte, fremde Eindringlinge, die sich von der Pia mater aus in Begleitung der Gefässe in die molekuläre Grundsubstanz der Centralorgane eingeschlichen haben. Bindegewebszellen kommen nach Henle und Merkel in den Centralorganen nicht vor, hingegen finden diese Forscher allenthalben in der molekulären Masse eingebettet Elemente, denen sie die „nichts präjudizirende“ Bezeichnung der Körner beilegen, und denen sie die Eigenschaft zuschreiben, Entwickelungsstufen der Ganglienzellen darzustellen und nach Belieben sich in diese zu verwandeln. Es sind die verzogenen Kinder der modernen Histiologie, die in neuerer Zeit so beliebten Wanderzellen, Lymphkörperchen, farblosen Blutkörperchen, die nach Henle und Merkel unter anderem auch hierzu im Stande sein sollen.

Es ist nach dem oben Erörterten klar, dass eine derartige Auffassung der Centralorgane nur auf einer gänzlichen Verkennung des objectiven Thatbestandes beruhen kann. Die handgreiflichsten anatomischen Thatsachen, z. B. das Vorhandensein und die enorme Verbreitung der Deiters'schen Zellen, die Anordnung derselben in den weissen Strängen des Rückenmarks, das Factum, dass in die Rinde des Grosshirns und Kleinhirns von der Pia aus stets nur Gefässe, niemals aber Bindegewebszüge eindringen — alle diese einfachsten und fundamentalen Thatsachen sind von Henle und Merkel ausser Acht gelassen worden. Schon aus dem, was oben über die Structur der ausgebildeten weissen Substanz festgestellt worden ist, ergiebt sich die völlige Unzulänglichkeit der Ansichten Henle's und Merkel's auf das Ueberzeugendste, so dass es kaum nöthig sein wird, auf den Gegensatz, in welchem die Ansichten beider Forscher zu den Thatsachen der Entwicklungsgeschichte stehen, noch besonders hinzuweisen.

Durch den grossen Erfolg, mit welchem er die Verbreitung der Deiters'schen Zellen im Centralorgan studirte, hat sich Golgi zu einer — allerdings mit grosser Reserve ausgesprochenen — eigenthümlichen Hypothese über die Natur der in demselben verbreiteten Bindegewebszellen verleiten lassen. Von der Beobachtung ausgehend, dass es ihm gelang, aus ganz frischen Gehirnen die Deiters'schen Zellen sehr viel reichlicher und vollständiger zu isoliren, als aus bereits gelinde macerirten Centralorganen, sucht er die Ansicht wahrscheinlich zu machen, dass intra vitam die Grundsubstanz der Hirnrinde ganz oder doch fast ganz aus den zarten Ausläufern dieser Zellen gebildet werde, und dass im Tode eine sehr schnelle Zersetzung derselben eintrate,

auf deren Rechnung der überwiegende Theil der molekulären Masse zu setzen sei. Nach dem, was ich oben über die chemischen Eigenschaften der Deiters'schen Zellen und ihre Resistenzfähigkeit beigebracht habe, ist diese Ansicht wenig wahrscheinlich. Durch die Untersuchungen über die Histiogenese der Hirnrinde dürfte sie wohl als völlig widerlegt anzusehen sein.

Der dritte Forscher endlich, welcher ein allgemein durchgreifendes Princip für die Bindesubstanz der Centralorgane aufzustellen versucht hat, ist Kölliker. Sich aulehnend an die von M. Schultze bei Gelegenheit der Retina entwickelten Ideen, betrachtet er das ganze Bindegewebe der Centralorgane als ein zusammenhängendes Netz verästelter Bindegewebszellen, welches bald gröber, bald feiner alle Interstitien zwischen den nervösen Elementartheilen ausfüllt. Schon Deiters hat gegen diese Auffassung energische Einsprache erhoben und ich habe oben bereits zu verschiedenen Malen Gelegenheit genommen, auf die Unverträglichkeit dieser Ansicht mit den thatsächlichen Verhältnissen hinzuweisen. Es kann nicht entschieden genug betont werden, dass es einen Schlag in das Gesicht der Thatsachen führen heisst, wenn man z. B. das Zwischengewebe der weissen Rückenmarksstränge aus anastomosirenden Zellen zusammengesetzt sein lässt oder die granulierte Masse der Hirnrinde als Verbindung feinsten anastomosirender Zellfortsätze auffasst. Derartige Auffassungen sind in der That nur bei einer vollkommenen Ehrfurchtslosigkeit vor dem objectiven Thatbestand möglich.

Wenn ich nunmehr die Summe meiner Untersuchungen über die Bindesubstanz der Centralorgane ziehen soll, so dürften sich wesentlich zwei Hauptresultate ergeben.

Zunächst ist es mir gelungen, die Bindesubstanz gegenüber den nervösen Elementartheilen schärfer zu bestimmen und eine Ansicht, wie ich hoffe, für immer beseitigt zu haben, die noch bis in die neueste Zeit Anhänger gezählt und jeden Augenblick das Fundament unserer Kenntnisse über das Centralorgan in Frage zu stellen gedroht hat. Die ursprüngliche Henle'sche Ansicht, die dann von Rud. Wagner wieder auf den Schild gehoben wurde, und die in der neuesten Zeit noch von Rindfleisch vertreten worden ist, die Lehre von der nervösen Natur der molekulären Masse, dürfte durch die nach der Gerlach'schen Methode angestellten Untersuchungen über die graue Substanz des Rückenmarks, des Kleinhirns und des Grosshirns, sowie namentlich durch die Entwicklungsgeschichte der Hirnrinde definitiv widerlegt sein. Ebenso glaube ich der gleichfalls die

spezifische Trennung des Nervensystems und der Bindesubstanz gefährdenden Hypothese Henle's und Merkel's, nach welcher die „Körner“ weder Bindegewebs- noch Nervenkörperchen sind, sondern sich zu dem einen oder dem anderen entwickeln, jeglichen Boden entzogen zu haben durch den Nachweis, dass die „Körner“ gar nicht mehr die indifferenten Elemente sind, wie Henle und Merkel sie betrachten, sondern sich entweder (wie in der weissen Substanz) als deutliche, wohlcharacterisirte Bindegewebzellen oder (wie in den Rinden) als deutliche, meist mit einem characteristischen doppelten Contour versehene Kerne der Grundsubstanz darstellen.

Als zweites Hauptresultat meiner Untersuchungen hat sich eine einheitliche Auffassung der Gesamtstruktur des im Centralorgan verbreiteten Bindegewebes ergeben, die ich im Folgenden mittheilen werde. Es versteht sich von selbst, dass ich für dieselbe keinen weiteren Werth beanspruche, als den rein praktischen, nach dem jetzigen Zustande unseres histiologischen Wissens die verschiedenen Formen des in den Centralorganen vorkommenden Bindegewebes unter einen Gesichtspunkt zu vereinigen, der erlaubt, die einzelnen im Centralorgan vorkommenden Bindegewebsformen gleichsam synthetisch aus sich heraus zu entwickeln.

Ich finde, dass zur Erklärung der verschiedenen im Centralorgan vorkommenden Bindegewebsformen eine einzige Annahme ausreicht. Dieselbe besteht in einer Erweiterung jener Thatsache, die sich mir schon bei meinen Untersuchungen über die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes herausstellte, dass bei der Umwandlung des Protoplasma der Embryonalzellen in Bindegewebe stets in grösserer oder geringerer Menge körnige Eiweisssubstanz zwischen den aus der formativen Thätigkeit des Protoplasma (M. Schultz e) hervorgegangenen Fibrillen zurückbleibt. Dehnt man diese zunächst an dem fibrillären Bindegewebe ermittelte Thatsache auch auf die Embryonalzellen aus, welche das Bindegewebe der Centralorgane bilden, und erweitert sie zu der Annahme, dass das relative Verhältniss zwischen der gebildeten körnigen Eiweisssubstanz und den eigentlichen bindegewebigen Theilen (Fibrillen, Bälkchen u. s. w.) in sehr weiten Gränzen wechseln kann, so hat man Alles, was man braucht, um sich die Structur der verschiedenen im Centralorgan vorkommenden Bindegewebsformen zu erklären.

Die Deiters'schen Zellen, wie sie z. B. in den Rückenmarkssträngen des Ochsen vorkommen, sind offenbar nichts wie Embryonalzellen, die ganz überwiegend in Bindegewebefibrillen und nur zu einem sehr geringen Theil in körnige Eiweisssubstanz umgewandelt sind.

In den Rückenmarkssträngen kleinerer und jüngerer Thiere ist das Verhältniss zwischen der von den Embryonalzellen gebildeten körnigen Eiweisssubstanz und den Fibrillen ein mehr gleichmässiges: Fibrillen und interfibrilläre Körnchen sind in nahezu gleicher Menge vorhanden.

In der Rückenmarksrinde übertreffen endlich die interfibrillären Körnchen die Fibrillen bedeutend an Masse.

Die Verhältnisse der weissen Substanz des Grosshirns sind, wie oben erörtert, in sehr hohem Grade den weissen Strängen des Rückenmarks analog. Es finden sich so vielfache Uebergänge zwischen den zu Fibrillen ausgewachsenen Deiters'schen Zellen und den breitere, platte, bandförmige Fortsätze zeigenden Zellen der Zellenketten, dass es unmöglich ist, zwischen den beiden Extremen der in die Balken eines dem areolären so nahestehenden Gewebes umgewandelten Zellen, und den ächten Deiters'schen Zellen irgendwelche scharfe Gränze zu ziehen.

Besonders instructiv für diese Uebergangsverhältnisse ist der Uebergang der Zellenketten aus der Marksubstanz des Cerebellum in die Körnerschicht, und dieser letzteren in die granulirte Rinde, noch mehr aber jene interessante Region aus dem Cornu Ammonis der kleinen Säugethiere, deren Beschreibung ich an die Spitze der Erörterungen über die graue Substanz gestellt habe. Hier liegt in der That jenes anatomische Verhältniss vor, welches nach Kölliker ganz allgemein die Structur des Bindegewebes in den Centralorganen bedingen würde. Es findet sich hier ein zunächst grob, dann sehr fein verästeltes areolare Bindegewebe, welches continuirlich in die granulirte Grundsubstanz der Hirnrinde übergeht. Aber dasselbe Präparat, welches diesen Uebergang zeigt, lehrt auch gleichzeitig einer Verallgemeinerung dieses Verhältnisses gegenüber die äusserste Vorsicht: Nach der entgegengesetzten Seite geht das gleiche Gewebe in eine Körnerschicht über, und diese Körnerschicht gränzt wieder — ganz wie die des Cerebellum — an eine gleichmässig granulirte Schicht, in welcher ein feinstes areoläres Netzwerk nicht nachzuweisen ist.

Die Structur und Entwickelung dieser grauen Grundsubstanz ist oben so ausführlich erörtert worden, dass sich ihre Deutung hier wie von selbst ergiebt. Die zum Aufbau derselben bestimmten Embryonalzellen haben, ohne Fibrillen oder feine areolare Bälkchen zu bilden, ihr Protoplasma ausschliesslich zu jener körnigen Eiweisssubstanz umgewandelt, und gewähren so im erwachsenen Thiere einen von dem embryonalen Zustande nur sehr wenig verschiedenen Anblick.

Bemerkenswerth ist übrigens die Thatsache, dass in den einzelnen

Regionen der Centralorgane niemals ein ganz identischer Zustand des Bindegewebes vorhanden ist. Das auffälligste hierher gehörige Factum ist das Vorkommen der Deiters'schen Zellen durch das gesammte Centralorgan, auch in Regionen, deren Bindegewebe im Uebrigen einen ganz anderen Entwickelungsmodus, ein Ueberwiegen der körnigen Eiweisssubstanz darbietet, z. B. in der Hirnrinde. Die interessante Thatsache, dass die Deiters'schen Zellen sich in ihrer Verbreitung wesentlich dem Verlauf der Blutgefässe anschliessen, dürfte vielleicht einen nicht unwichtigen Fingerzeig zur Erklärung hergeben. Man könnte die Hypothese aufstellen, dass alle die oben erwähnten Schwankungen in dem relativen Reichthum körniger Eiweisssubstanz, die allein als bestimmd für die verschiedenen Formen des Bindegewebes angesehen werden können, in den während der Entwickelungsperiode stattfindenden günstigeren oder ungünstigeren Ernährungsverhältnissen der Embryonalzellen ihren Grund haben.

Ich schliesse hiermit diese flüchtige Skizze, in welcher ich versucht habe, von einer einzigen und einfachen Annahme ausgehend, Rechenschaft zu geben von den zahllosen Formverschiedenheiten, welche das Bindegewebe der nervösen Centralorgane darbietet.

Der Vorzüge, welche diese meine Skizze vor den bisherigen Versuchen, für das Bindegewebe der Centralorgane ein einheitliches Structurprincip nachzuweisen, voraus hat, bin ich mir sehr wohl bewusst. Ich weiss, dass meine Kenntniss der einzelnen Gewebsformen der Centralorgane tiefer und eindringender ist, wie die meiner Vorgänger, dass ich wenigstens die groben Fehler und Ungenauigkeiten, das grobe Verkennen des anatomischen Thatbestandes vermieden habe, welches allein eine Auffassung wie die von Henle und Merkel möglich machen konnte. Ich weiss ferner sehr wohl zu beurtheilen, dass die ermittelten anatomischen Thatsachen sich leicht und bequem mit den gemachten Voraussetzungen in Einklang bringen liessen, ohne dass es nöthig war, dem anatomischen Befunde gegenüber jene unverantwortliche Willkür anzuwenden, deren Kölliker bedurfte, um die widerstrebbenden Thatsachen seinem viel zu engen und einseitigen Schema anzupassen.

Dennoch kann ich der hier von mir entwickelten Ansicht, wie schon oben erwähnt, nur den praktischen Werth eines vielleicht nur für die nächste Zeit erschöpfenden Gesichtspunktes zusprechen, und wage es nicht zu behaupten, die schwierige Frage mit dem auseinandergesetzten Schema in ihrem innersten Kern getroffen und gelöst zu haben. Wenn es mir auch gelungen ist, manchen Irrthum widerlegt, manchen Widerspruch beseitigt und manche neue Thatsache gefunden

zu haben, wenn auch der oben erörterte Gesichtspunkt zunächst als ein durchaus befriedigender bezeichnet werden kann, so ist doch in mir vor Allem lebendig das demüthigende Bewusstsein, wie grosse Lücken die histiologische und histiogenetische Forschung auf diesem Gebiete noch auszufüllen hat, und einen wie geringen Bruchtheil die genügend erforschten und zuverlässig ermittelten Thatsachen gegenüber der grossen Masse des noch Unbekannten darstellen. So scheide ich denn von diesem Thema nicht mit der befriedigenden Gewissheit der Erkenntniss, sondern nur mit der Hoffnung, im günstigsten Falle den Anfang einer Erkenntniss des hier vorliegenden Structurprincips gemacht zu haben.

Erklärung der Abbildungen.

Die römischen Ziffern zeigen die Nummern der Hartnack'schen Objective, die arabischen die der Oculare an.

Tafel I.

Fig. 1. IX. 2. Sechs verschiedene Deiters'sche Zellen aus der weissen Substanz des Rückenmarks des Ochsen, durch Maceration in verdünnter Chromsäure isolirt. In a und b sind die Fibrillen nach allen Seiten hin entwickelt; auch in c ist dies noch ziemlich der Fall, während in d, e und f die Fibrillenbüschel wesentlich nach zwei Richtungen hin verlaufen.

Fig. 2. IX. 2. Eine Deiters'sche Zelle aus dem Corpus opticum des Schafes.

Fig. 3. IX. 2. Zwei „Pinselzellen“ aus dem Corpus opticum des Kalbes.

Fig. 4. IX. 2. Drei „Pinselzellen“ aus dem Corpus striatum der Katze.

Fig. 5. IX. 2. Zwei Deiters'sche Zellen einfachster Form aus dem Corpus opticum des Schafes.

Fig. 6. IX. 2. Durchschnitt durch den weissen Vorderstrang eines in Kali bichromicum (unter Vacuolenbildung) erhärteten Rückenmarks vom Ochsen.

Figg. 7. 8. IX. 2. Zwei Durchschnitte durch die weissen Vorderstränge vom Rückenmark des Schafes.

Fig. 9. IX. 2. Ein dem Verlauf der Nervenfasern parallel geführter Durchschnitt durch die die Oberfläche des Corpus opticum überziehende weisse Markschicht.

Fig. 10. IX. 2. Ein senkrecht auf den Verlauf der Nervenfasern geführter Durchschnitt durch die die Oberfläche des Corpus opticum überziehende weisse Markschicht.

Fig. 11. IX. 2. Verschiedene Formen bindegewebiger Zellen und Zellenketten aus der weissen Substanz des Corpus opticum vom Schafe.

Fig. 12. IX. 2. Verschiedene Formen bindegewebiger Zellen und Zellenketten aus der weissen Substanz des Corpus opticum vom Kaninchen.

Fig. 13. VII. 2. Durchschnitt durch die Fascia dentata des Igels.

Fig. 14. IX. 2. Eine Partie desselben Durchschnitts stärker vergrössert.

Tafel II.

Sämtliche auf dieser Tafel befindliche Abbildungen beziehen sich auf die Histiogenese der Centralorgane vom bebrüteten Hühnchen.

Fig. 15. IX. 2. Hirnrinde vom 4ten Tage der Bebrütung.

Fig. 16. IX. 2. Hirnrinde vom 7ten Tage der Bebrütung.

Fig. 17. IX. 2. Hirnrinde vom 12ten Tage der Bebrütung.

- Fig. 18. IX Immersion. 2. Ganglienzellen der Hirnrinde vom 3ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 19. IX Immersion. 2. Ganglienzellen der Hirnrinde vom 5ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 20. IX Immersion. 2. Ganglienzellen der Hirnrinde vom 8ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 21. VII. 3. Ganglienzellen der Hirnrinde vom 12ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 22. IX Immersion. 2. Ganglienzellen der Hirnrinde vom 14ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 23. VII. 2. Ein grösseres Stück der weissen Substanz des Trabs vom 10ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 24. IX Immersion. 2. Weisse Substanz vom 4ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 25. IX Immersion. 2. Nervenfasern vom 5ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 26. X Immersion. 2. Eine Nervenfaser vom 5ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 27. IX. 2. Weisse Substanz vom 9ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 28. IX. 2. Weisse Substanz vom 16ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 29. IX. 2. Weisse Substanz vom 19ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 30. IX. 2. Nervenfasern vom 10ten Tage der Bebrütung
- Fig. 31. IX. 2. Nervenfasern vom 17ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 32. IX. 2. Nervenfasern vom 20ten Tage der Bebrütung.
- Fig. 33. IX. 2. Isolierte Nervenfasern aus dem Trabs des neugeborenen Hühnchens.
- Fig. 34. IX. 2. Amoeboide Körnchenzellen aus dem Trabs eines 20 Tage bebrüteten Hühnchens.



