Die Stützsubstanz des Centralnervensystems.

Von

Dr. **Hans Gierke.**

I. Theil.

Hierzu Tafel XX und XXI.

In den folgenden Darstellungen beginne ich die Publication der Resultate langjähriger Untersuchungen über das centrale Nervensystem. Es war eigentlich meine Absicht, dieselben in einem eignen Werk zusammenzufassen, dessen erster Band neben der Beschreibung der Elemente der Centralorgane auch die Histologie des Rückenmarks und des verlängerten Markes enthalten sollte. Doch gelang es mir bei der grossen Zahl schwieriger und doch, wie ich hoffe, lösbarer Fragen noch nicht, die Untersuchung dieser Parteen zu einem mich befriedigenden Abschluss zu bringen. Ich habe mich daher entschlossen, vorläufig die Elemente, welche das centrale Nervensystem aufbauen, also die nervösen Fasern und Zellen und die Gebilde der Stützsubstanz, allein abzuhandeln. Ich gebe nun zunächst in dem folgenden ersten Aufsatz das, was ich durch mehrjährige Arbeit hinsichtlich der Neuroglia habe feststellen können, allerdings in grosser Beschränkung. Einmal ziehe ich die Verhältnisse bei den niederen Wirbelthieren und bei den höheren Wirbellosen gar nicht oder möglichst wenig in diese Darstellung hinein, obgleich ich grade auf ihre Erforschung in den letzten beiden Jahren viel Zeit und Mühe verwandt habe¹⁾. Zweitens werde ich mich, um diese Arbeit nicht gar zu lang werden zu lassen, hinsichtlich der Litteratur und der bisher geltenden An-

1) Ich benutzte besonders einen Aufenthalt von 4 Monaten in Neapel im Beginn des vorigen Jahres dazu, die Neuroglia der Fische zumal der Selachier, der Mollusken und Crustaceen näher zu untersuchen. Die reiche Unterstützung, welche die zoologische Station des Herrn Professor Dohrn mir gewährte, ermöglichte günstige Resultate.

sichten über das zu besprechende Gewebe auf die nothwendigsten Angaben beschränken. Meiner Ansicht nach wird das Verständniss der wirklichen Verhältnisse durch die Aufzählung aller Missverständnisse nicht sonderlich gefördert. Und auf eine Geschichte der Kenntnisse oder der Erkenntniss der Neuroglia kann ich hier des mangelnden Raumes wegen nicht eingehen.

Diese Arbeit ist zum Theil schon vor Jahren niedergeschrieben gewesen. Bereits im Mai des Jahres 1882 habe ich einen Theil der hier zu veröffentlichenden Thatsachen in einem vor Fachgenossen gehaltenen Vortrag besprochen und dann drucken lassen¹⁾. Weitere Resultate publicirte ich 1883 in Form einer vorläufigen Mittheilung in dem Mendel'schen Neurologischen Centralblatt²⁾. Diese letzte Veröffentlichung war ein kurzer Auszug dieses damals schon im grössten Theil niedergeschriebenen Aufsatzes. Da ich aber alle hier abgehandelten Fragen in dem letzten Jahr, besonders in diesem Winter, noch einmal auf das Genaueste und mit zum Theil neuen Methoden durchgearbeitet habe, so ergaben sich manche Aenderungen in sofern, als ich etliche Behauptungen, die ich bisher mit grosser Vorsicht aufgestellt hatte, nun mit sicherer Ueberzeugung aussprechen konnte und verschiedene neue Beobachtungen hinzuzufügen Gelegenheit hatte. An einzelnen Stellen, so im Capitel von der medulla oblongata und von dem Grosshirn hatte ich das Gesagte derartig zu erweitern, dass vollkommen neue Darstellungen entstanden. Obgleich ich nun aber der Untersuchung der Stützsubstanz sehr grosse Sorgfalt und jahrelange Mühe gewidmet habe, konnte ich doch die Verhältnisse in einigen Punkten nicht ganz klar erkennen. Es sind nur sehr wenige, auf deren vollkommene Erkenntniss ich bei den jetzt mir zu Gebote stehenden Hilfsmitteln verzichten musste. Im Uebrigen aber glaube ich die Kenntnisse der Neuroglia durch die im Folgenden dargestellten Resultate meiner Untersuchungen derartig zu fördern, dass dies Gewebe, welches bisher so ungemein verschieden aufgefasst wurde und das im Grunde genommen noch recht unbe-

1) Beiträge zur Kenntniss der Elemente des centralen Nervensystems. In dem Breslauer Physiologischen Verein gehaltener Vortrag. Breslauer Aertzliche Zeitschrift 1882. Nr. 14 ff.

2) Die Stützsubstanz des centralen Nervensystems. Neurologisches Centralblatt 1883. Nr. 16 u. 17.

kannt war, von nun an zu den am besten bekannten Geweben des Körpers gehören wird. Es ist ja schon sehr viel über dasselbe gearbeitet worden und eine grosse Anzahl tüchtiger Forscher haben sich mit seiner Untersuchung beschäftigt. Liest man aber nur in einigen wenigen Handbüchern der allgemeinen Histologie oder der Nervenlehre die unsere Gewebe betreffenden Abschnitte durch, so wird man einmal über die ungemein verschiedene Auffassung desselben, dann aber auch über die Dürftigkeit der Darstellung auf das Höchste erstaunt sein. Der Eine hält diese Stützsubstanz für eine Unterart des reticulären Bindegewebes, der Andere für ein epitheliales Gewebe; dieser lässt sie nur aus Zellen, jener nur aus Fasern zusammengesetzt sein u. s. w. Im Allgemeinen wird sie viel zu wenig beachtet, was bei der grossen ihr zukommenden histologischen und pathologischen Bedeutung sehr zu verwundern ist. Freilich wird ihr eine viel geringere quantitative Entwicklung zugeschrieben als sie in Wirklichkeit besitzt. Eine grosse Masse von Substanz-Parteien des centralen Nervensystems, welche bisher ganz allgemein für nervös angesehen wurden, gehören ganz allein der Stützsubstanz an. Bei der eigenthümlichen Beschaffenheit des Gewebes ist es möglich geworden, dass an vielen Stellen die ziemlich grossen Zellkörper desselben sich der Entdeckung der tüchtigsten Forscher entziehen konnten; dass diese nur die Ausläufer der Zellen, lange Fasergebilde, erkannten, sie aber für Nervenfasern hielten. Das äusserst intensive Studium, das ich diesem Gewebe Jahre hindurch angedeihen liess, dann auch der Fortschritt in den optischen Hilfsmitteln (Oelimmersionen) gewährten mir die Möglichkeit, in der Erforschung dieses Gewebes so viel weiter zu kommen als meine Vorgänger.

Ich habe meine Untersuchungen an den Centralorganen des Menschen und der verschiedensten Thiere angestellt. Doch spreche ich im Folgenden hauptsächlich von den sehr ähnlichen Verhältnissen bei den ersteren und bei den Säugethieren und behalte mir vor, in nächster Zeit eine vergleichende Darstellung der nervösen Stützsubstanz bei den niederen Wirbelthier-Klassen und den Wirbellosen zu veröffentlichen¹⁾. In gewissen Punkten unterscheidet sich

1) Doch ist das Studium der Neuroglia bei Kaltblütern für das Verständniss der Verhältnisse bei den höheren Thieren äusserst erspriesslich, vielleicht nothwendig. Schildkröten- und unter den Fischen Selachier-Gehirne sind nach meiner

das Verhalten der Neuroglia beim Menschen und den Säugethieren; es ist also nothwendig, die Centralorgane des ersteren ebenfalls genau zu durchforschen. Manche Verhältnisse lassen sich aber in ihnen viel schwieriger klarstellen als bei einigen leicht zu erlangenden Säugethieren. Es ist nämlich für die Herstellung sehr guter mikroskopischer Präparate der Neuroglia durchaus nothwendig, dass man vollkommen frisches Material, womöglich warme Gehirne zur Verfügung hat¹⁾. Die menschlichen Gehirne, wie man sie aus dem Obductionssaal bekommt, bieten für das Studium mancher feinerer Verhältnisse gar zu ungünstige Objecte dar. Besonders gelingt das Isoliren der Neuroglia-Zellen bei so beschaffenen Gehirnen sehr schwer. Auch von diesem Umstand abgesehen eignen sich die nervösen Centralorgane der Pflanzenfresser, besonders der Wiederkäuer, für unsere Untersuchungen mehr als diejenigen des Menschen und der Raubthiere, weil bei jenen die Anordnung der Stützsubstanz eine viel klarere und übersichtlichere ist als bei diesen.

In der Technik der Untersuchung wich ich nicht wesentlich von andern Forschern ab. Ich suchte die Elemente der Stützsubstanz zu isoliren und in Schnitten, welche nach allen Richtungen

Erfahrung die günstigsten weil deutlichsten und klarsten Objecte. Besonders schön fand ich die Verhältnisse bei sehr grossen Exemplaren von *Chelonia Midas*. Während meines Aufenthaltes in Tokio gelang es mir, theils aus den japanischen Gewässern, theils aus grösserer Ferne, besonders von den Bonin-Inseln ungeheure Riesen dieser Art lebend zu bekommen. Das eine dieser Thiere wog 9½ Centner und musste von 6 Mann getragen werden; die Länge vom Kopf bis zum Schwanzende mass 7 Fuss.

1) Nur einmal hatte ich Gelegenheit ein absolut frisches und ganz warmes Gehirn in die Präparationsflüssigkeiten zu legen. Damals konnte ich dann auch mehrere beim Menschen mir noch unklare Punkte aufhellen. Das Gehirn stammte von einem Hingerichteten. Ich erhielt zwar in der ersten Zeit meiner Lehrthätigkeit an der medicinischen Akademie in Tokio, der Hauptstadt Japans, für die Präparirübungen eine sehr grosse Zahl von geköpften Leichen geliefert; im ersten Jahr 52 Stück. Doch wurden sie den bestehenden streng eingehaltenen Verordnungen gemäss erst 24 Stunden nach der Execution auf die Anatomie geliefert. Nur einmal gelang es mir nach vielen Petitionen und grosser Mühe Zutritt zur Richtstätte und die Erlaubniss zur sofortigen Herausnahme und Ausnutzung des Gehirns zu erlangen. Später trat dann eine solche Milderung des Strafcodex ein, dass im letzten Jahr unter den 115 zur Anatomie gelieferten Leichen nur noch 5 Hingerichtete waren.

hin geführt wurden, zu studiren. Beim Isoliren wählte ich alle bisher empfohlenen Macerationsflüssigkeiten an; besonders gern die auf das Höchste verdünnten Lösungen von Chromsäure und deren Salzen. Die Osmiumsäure, welche für die Isolirung der nervösen Elemente von grossem Nutzen sein kann, bietet für die Präparation der Gliazellen keine Vortheile dar. Ebensowenig Lösungen von Chloralhydrat, die ja auch für die Maceration des Centralnervensystems empfohlen wurden und die in der That für die Darstellung der nervösen Zellen manche Vortheile darbieten¹⁾. Flüssigkeiten, welche die Structur der Elemente möglichst unverändert einige Zeit bewahren, wie Amnios- oder Augenkammerflüssigkeit und Jodserum wurden herangezogen, doch nur für die Untersuchung der Grundsubstanz mit Nutzen verwandt, da die Stützzellen sich in ihrer feinern Structur beim Absterben nicht verändern. Ranvier's „Alcohol à tiers“²⁾ ist ein sehr brauchbares Macerationsmittel, das auch für unsere Zwecke gute Dienste leistet, meiner Meinung nach aber hinter den Lösungen der Chromsalze oder der Chromsäure selbst zurücksteht. In dem vergangenen Jahr habe ich noch eine Lösung kennen gelernt, welche ich seitdem viel für die Isolirung der Elemente des Centralnervensystems gebraucht habe und für diesen Zweck allen andern Macerationsflüssigkeiten ganz entschieden vorziehe. Aber auch für die Isolirung anderer Gewebelemente kann ich nach etlichen vergleichenden Experimenten dieselbe dringend empfehlen. Die zelligen Elemente erhalten sich mit ihren Fortsätzen ausserordentlich gut in ihr, und die Zwischen- oder Grundsubstanzen werden durch ihre Einwirkung leicht gelöst oder wenigstens in einen Zustand übergeführt, dass die ersteren sich gut isoliren lassen. Ich lernte die Methode in der zoologischen Station in Neapel durch Herrn Dr. Paul Mayer kennen. Sie ist aber von Herrn Professor Landois in Greifswald erfunden worden. Mit der gütigen Erlaubniss des Letzteren theile ich die Zusammensetzung dieser Macerationsflüssigkeit hier mit. Von den concentrirten Lösungen folgender Substanzen

1) Das Chloralhydrat wurde als Macerationsmittel von Victor Butzke in seiner Arbeit: „Studien über den feineren Bau der Grosshirnrinde.“ Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten Bd. III. p. 575 ff. empfohlen.

2) Ranvier, *Traité technique d'histologie*. Paris 1875. p. 77 und in den *Archives de Physiologie normale et pathologique*.

1) Neutrales chromsaures Ammoniak, 2) Kali phosphoricum, 3) Natron sulphuricum wird je 1 Theil zu 20 Theilen Aqua destillata gesetzt. Also

Neutrales chromsaures Ammon	}	aa 5,0 gr
Kali phosphoricum		
Natron sulphuricum		
Aqua destillata		100,0 „

Diese Flüssigkeit wird ebenso wie die sehr verdünnte Chromsäure angewandt. Die zu zerzupfenden Stückchen kommen für 1 bis 3, selbst 4 und 5 Tage in eine genügend grosse Quantität derselben, dann noch für 24 Stunden in Carmin-Ammoniak-Lösung, die zur Hälfte mit obiger Flüssigkeit versetzt ist.

Je älter das Thier, desto widerstandsfähiger sind sowohl die Nerven- wie die Glia-Elemente. Natürlich giebt es da Grenzen, indem bei ganz alten Geschöpfen die Sache sich wieder anders verhält. Sehr wichtig ist es, möglichst frisches Material zur Verfügung zu haben; womöglich muss der Kopf noch warm sein, aus dem man das zu präparierende Gehirn herausnimmt. Je mehr Zeit nach dem Tode des Thieres oder des Menschen verflossen ist, desto schwerer ist es, die Elemente in ihrer vollkommenen Gestalt zu isoliren und um so weniger gelingt es, sie zu färben. Grade dieser letzte Umstand ist sehr auffallend; es zeigt sich, dass älterem Material entnommene Präparate, sowohl isolirte Elemente als auch Schnitte, viel schwieriger mit allen in die mikroskopische Technik eingeführten Farben deutlich zu machen sind, als solche, welche von frisch getödteten Thieren herkommen. Genaue Angaben über Concentration der Macerationsflüssigkeiten und über die Dauer der Einwirkung kann ich also nicht machen, da ich je nach den Verhältnissen ausserordentlich wechselte, auch wohl dieselben Stücke erst mit schwächerer, dann mit stärkerer Lösung behandelte oder sie einen Tag in doppeltchromsaures Ammoniak, dann in Chromsäure legte. Am liebsten verwandte ich eine Lösung des eben genannten Salzes in einer Stärke von 1 auf 3000 Wasser, verfertigte vom möglichst frischen Gehirn und Mark ganz dünne Schnitte mit dem Rasirmesser und brachte nicht allzu grosse Quantitäten derselben in die Lösung. Viel Flüssigkeit, wenig Material ist Hauptregel hier sowohl wie auch beim Erhärten. Ist das Organ recht frisch, so ist es schön hart, und man kann leicht dünne Schnitte anfertigen; hat es aber seit dem Tode des Ge-

schöpfes längere Zeit gelegen, so ist es sicher weich und matsch; es gelingt dann nur schwer, grössere dünne Schnitte zu machen. Nach 24 Stunden wird die Flüssigkeit gewechselt; erscheinen die Stücke etwas weich, so verstärke ich wohl die Lösung oder ich gebe eine minimale Quantität Chromsäure (1 auf 10000, oder 15,000) hinzu. Nach 48 oder 60 Stunden schneide ich aus den Stücken das, was ich zerzupfen will, also z. B. ein Vorderhorn des Rückenmarkes heraus und bringe es für abermals 24 Stunden in eine färbende Flüssigkeit. Trotz ausserordentlich zahlreicher Versuche und trotz aller möglichen Variationen der Methoden fand ich kein Färbemittel, das für unsern Zweck dem Carmin gleichkam, geschweige denn es übertraf. Einige Anilinfarben bringen zwar schöne Färbungen hervor, erweisen sich aber sonst so wenig indifferent, dass sie den Macerationsprocess unterbrechen, so z. B. erhärten etliche die Stückchen derart, dass ein Zerzupfen unmöglich wird. So wären sie nur in dem Fall anzuwenden, dass man erst die Präparate zerzupft und dann in der feuchten Kammer färbt. Es ist aber kaum möglich, auf diese Weise gelungene Präparate zu erhalten. Einmal entbehrt man des grossen Vortheils, unter der Lupe die gefärbten Zellen beim Zerzupfen sehen und einzeln herausholen zu können; man tappt vielmehr im Dunkeln und muss auf's Gerathewohl loszupfen; dann werden bei dem nachträglichen Färben sehr viele der kleinen isolirten Elemente fortgeschwemmt, man weiss nicht was verschwunden und was geblieben ist; endlich werden solche Präparate stets sehr unrein. Für das Durchfärben ganzer macerirter Stückchen fand ich nur das gewöhnliche in Wasser lösliche Anilinblau und eine Bordeaux-Anilinfarbe tauglich. So blieb ich beim Carmin und wandte einmal die gewöhnliche Ammoniakverbindung an, in der freilich jegliches freie Ammoniak fehlen muss, und dann sehr gern carminsaures Natron¹⁾. Sehr erfolgreich erwies es sich, das Carmin in obiger Lösung von doppeltchromsaurem Ammoniak, anstatt in

1) Herr Apotheker Maschke in Breslau stellt dies in vorzüglicher Weise als trockenes Pulver dar, das man ganz nach Bedarf und Belieben in Wasser lösen, und von dem man sich nach Wunsch jede Concentration anfertigen kann. Ist schon diese Bequemlichkeit sehr angenehm, so ist andererseits auch der Erfolg der Anwendung ein besserer als bei dem gewöhnlichen Ammoniak-Carmin, zumal was die Kernfärbung angeht.

Wasser aufzulösen, da bei dieser Methode der Macerationsprocess durch die Färbung nicht unterbrochen wird. Jeglicher Versuch, irgend einen Farbstoff zu finden, welcher bei diesen Isolirungspräparaten oder bei der Behandlung der Schnitte vom erhärteten Material das nervöse Gewebe von der Neuroglia im Wesentlichen zu unterscheiden vermag, misslang. Von dem so zubereiteten Material zerzupfte ich dann sehr kleine Stückchen unter dem Präparirmikroskope von Zeiss. Man kann unter demselben sehr deutlich die Nervenzellen und die grösseren Elemente der Neuroglia erkennen und dieselben nun systematisch aus dem übrigen Gewebe herausziehen und sie von den anheftenden Partikelchen befreien. Diese Art des Isolirens, so schwierig sie auch zunächst für den Ungeübten ist, muss für das centrale Nervensystem als die einzig richtige bezeichnet werden. Auf diese Weise erkennt man schon während des Isolirens, was vorhanden ist und wie es ungefähr aussieht. So z. B. hinsichtlich des Axencylinderfortsatzes der Nervenzellen merkt man unter dem Präparirmikroskop sofort, ob man ihn abreisst oder ob er gar nicht vorhanden war; so auch ist es ausserordentlich wichtig in Betreff der Erkenntniss der letzten Enden der Ausläufer und ihrer Verbindungen unter einander, unter einer sehr starken Lupe zu zerzupfen, da man bei einiger Uebung den Zusammenhang der Elemente unter einander schon deutlich erkennen kann. Die so in Wasser zerzupften Präparate, aus denen das nicht Hineingehörige, z. B. grössere, nicht zerkleinerte Klümpehen, entfernt war, liess ich offen an der Luft liegen, bis das Wasser vollkommen verdunstet war. Dann kam Canadabalsam und Deckglas herauf. Diese Trockenmethode liefert ganz entschieden die besten Glia-Präparate und ist auch für die Nervenzellen ganz unbedingt dann am meisten zu empfehlen, wenn man die Formen derselben und die Ausläufer studiren will. Diese treten — und das betrifft ebenso die Glia- wie die Nervenzellen — bis zur alleräussersten Feinheit so klar und deutlich hervor, wie bei keiner andern Methode. Es gelingt daher auch, in den so hergestellten Präparaten die Fortsätze viel weiter zu verfolgen als es bei andern der Fall ist. Natürlich muss man zum Vergleich, und um Irrthümer zu vermeiden, die isolirten Elemente auch in Wasser und in Glycerin studiren.

Die Zupfpräparate allein geben uns zwar ein getreues Bild von dem Aussehen der einzelnen Glia-Elemente, aber für das

Studium der topographischen Anordnung derselben und ihrem Verhältniss zu den nervösen Zellen und Fasern hat man nach den verschiedensten Richtungen hin angelegte Schnitte durch das erhärtete Mark nöthig. Hinsichtlich derselben ist nun vor Allem zweierlei zu beachten, um Irrthümer zu vermeiden. Einmal darf man die feineren Untersuchungen nur an den allerdünnsten Schnitten vornehmen. So trivial und selbstverständlich dieser Satz klingt, so glaube ich doch Ursache zu haben, ihn hier ausdrücklich auszusprechen, da gewisse, allen Forschern gemeinsame Irrthümer hinsichtlich der quantitativen Verhältnisse der Neuroglia nur dadurch zu erklären sind, dass alle an zu dicken Schnitten studirt haben. Die brauchbaren müssen eben ganz ungemein fein sein, so fein, dass man sie auch bei grosser Uebung nicht in grösserer Ausdehnung z. B. durch das ganze Rückenmark anfertigen kann; es gelingt dies selbst nicht mit Hülfe der so vorzüglichen neuen Mikrotome. Daher muss man sich mit kleineren Partieen begnügen, die man aus einer grösseren Anzahl möglichst dünner Schnitte gewiss in der gewünschten äussersten Feinheit herausfindet. Besonders eignen sich die etwas ausgefranzten Randstellen eines unvollkommenen Schnittes zur näheren Betrachtung, da dieselben hier oft die allergeringste Dünne besitzen, die überhaupt zu erreichen ist. Zum Vergleich und zur Uebersicht der Verhältnisse sind auch etwas dickere Schnitte nothwendig. Dieselben lassen aber das Zwischengewebe zwischen den Nervenfasern viel stärker erscheinen, als es in Wirklichkeit ist. In Wahrheit nämlich befinden sich meist nur einzelne dünne Gliafasern zwischen den Nervenfasern. Auf einem etwas stärkeren Querschnitt aber liegen gleich eine Anzahl solcher feinen Fädchen zwischen den Nervenfaserschnitten über einander und zwar ohne sich genau zu decken. Sieht man nun von oben auf den Schnitt hinab, so scheinen sie neben einander zu liegen. Ganz besonders ist dies der Fall, wenn der Schnitt nicht genau senkrecht zur Längsaxe der Nervenfasern geführt ist. Bei der ausserordentlichen Feinheit der Gliafasern ist es nicht so leicht, durch scharfe Einstellung des Mikroskops diesen Irrthum auszuschliessen. Das Wichtigste bei der Präparation der Schnitte ist ganz ohne Frage die Erzielung einer sehr guten Färbung der Zellkörper der Stützsubstanz. Ungefärbt sind nämlich diese äusserst durchsichtigen, häufig kernlosen Gebilde vielfach vollkommen unsichtbar und entgehen dem suchenden Auge

des Forschers durchaus. Auch die faserigen Elemente der Neuroglia können erst in gefärbten Präparaten als einzelne differenzierte Gebilde erkannt werden. Nur durch diesen Umstand kann man sich erklären, wie so tüchtige Untersucher grosse Partien der Stützsubstanz übersehen konnten. Die Elemente der Stützsubstanz färben sich durchweg schwieriger als die nervösen, und zwar mit allen Tinctionsmitteln die ich versucht habe, und es ist dies eine stattliche Reihe. Auch hier erhielt ich immer noch die besten Resultate mit Carmin und zwar bei Anwendung einer combinirten Methode der Tinction mit Ammoniak-Carmin und Alaun-Carmin. Neuerdings dann aber habe ich ebenso gute, in mancher Beziehung noch viel bessere Resultate mit der neuen Heidenhain'schen¹⁾ Methode der Hämatoxylin-Färbung erzielt. Für manche Zwecke, so z. B. für die Darstellung der Glia-Scheiden der markhaltigen Nervenfasern im Rückenmark ist diese Tinction ausserordentlich zu empfehlen, wie sie überhaupt nach meiner Ansicht trotz des schlichten Aussehens der durch sie gewonnenen Präparate eine der allerbesten Färbemethoden ist, mit denen uns die letzten Jahre beschenkt haben.

Vorbereitet zum Schneiden wurden die Centralorgane durch Erhärten in einer Lösung von $1\frac{1}{2}\%$ — $2\frac{1}{2}\%$ von doppeltchromsaurem Ammoniak, das ich dem Kali-Salz vorziehe. Chromsäure wende ich neuerdings nach jahrelangem Umherprobiren fast gar nicht mehr an. Höchstens füge ich, nachdem die Gehirne einige Wochen in obiger Lösung gelegen haben, derselben $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}\%$ Chromsäure bei. Doch lasse ich sie dann höchstens noch zwei Wochen in jener Flüssigkeit. Das Material wird in Chromsäure-Lösungen gar zu leicht spröde und brüchig und färbt sich auch viel schwieriger als dasjenige, welches nur in einer Lösung des Salzes gelegen hatte. Die Ammoniakverbindung ziehe ich der sonst allgemein üblichen Kaliverbindung vor, weil sie einmal etwas energischer erhärtet und dann besonders, weil die Präparate sich besser färben. Die neuerdings von Weigert²⁾ wieder empfohlene

1) Einlegen der Präparate (ganzer Stücke oder der Schnitte) in $\frac{1}{2}\%$ -ige wässrige Lösung der Hämatoxylin-Krystalle und Nachbehandlung mit 1% -iger Lösung von Kali bichromicum. Heidenhain, Eine neue Verwendung des Hämatoxylin. Dieses Archiv. Bd. 24. Heft 3. p. 468.

2) Ueber Schnelthärtung des centralen Nervensystems zum Zweck der Säurefuchsinfärbung. Centralbl. f. d. med. Wiss. 20. Jahrg. 1882. p. 819.

Schnellhärtung im Brütöfen und durch Hinzufügen von Cuprum sulphuricum zur Lösung des chromsauren Salzes sollte nur im Nothfall, eben wenn es sich um schleunige Zubereitung des Materials handelt, angewandt werden. Die Tinctionsfähigkeit der so zubereiteten Präparate zumal hinsichtlich der Neuroglia leidet entschieden. Die sogenannte Müller'sche Flüssigkeit ist für längeres Aufbewahren des Materials von Nutzen, sie erhärtet aber dasselbe nicht genügend. Ich lasse die nervösen Centralorgane je nach der Grösse derselben, nach der Temperatur und andern Umständen sechs bis zehn Wochen in der Lösung des chromsauren Salzes, dessen Stärke ich von $1\frac{1}{2}\%$ bis zu 3% allmählich steigere. Dann bewahre ich sie in Alkohol bis zum Verarbeiten auf. Sicher ist jedoch, dass das Material im Alkohol proportional zu der darin verbrachten Zeit an Tinctionsfähigkeit einbüsst. Am besten färbt es sich mit Carmin, ohne in Berührung mit Alkohol gekommen zu sein; unmittelbar der erhärtenden Flüssigkeit entnommen und unter Wasser geschnitten. Da dies nicht so ganz einfach und leicht zu bewerkstelligen ist, thut man wenigstens gut, das Material möglichst bald nach dem Einlegen in Alkohol zu verarbeiten. Dies gilt besonders für die Elemente der Neuroglia, ebenso freilich auch für die nervösen Zellen des Gehirns, während die Nervenzellen und -Fasern des Rückenmarks sich oft noch nach jahrelangem Liegen in Alkohol sehr gut färben ¹⁾.

Neben den Präparaten vom gehärteten Material muss man aber auch mit grösster Sorgfalt Schnitte aus ganz frischen und

1) Die nervösen Centralorgane dürfen nicht in Paraffin-, Wachs- oder Harz-Mischungen eingeschmolzen werden, wenn man feinere histologische Studien anstellen will! Ich halte durchaus alle an solchen eingeschmolzenen Präparaten gemachten mikroskopischen Beobachtungen für unzuverlässig. Dagegen ist die Celloidin-Einbettung nach Schiefferdecker sehr zu empfehlen. Sie verändert nichts an der feineren Structur und erlaubt doch umfangreiche und dünne Schnitte zu machen. Handelt es sich freilich um das feinste Detail, so ziehe ich Schnitte, die ich mit einem guten Rasirmesser aus freier Hand mache, vor, da ich diese, allerdings in geringem Umfang, noch dünner anfertigen kann, als es mir mit dem Mikrotom möglich ist. Ausserdem natürlich muss man der eigenen Geschicklichkeit und Uebung die Messerführung anvertrauen, wenn man den Alkohol bei der Behandlung der Präparate vermeiden will oder wenn man frisches oder nicht genügend gehärtetes Material verarbeitet.

aus nur wenig in den Chromsalzen gehärteten Organen studiren. Ich glaube, es ist dies bisher etwas vernachlässigt worden, weil es ungemein schwer ist, feine Schnitte von dem frischen Material zu machen. Dennoch ist es nothwendig, weil die Methoden der Erhärtung ja möglicherweise Veränderungen hervorrufen, die wir erst beim Vergleich mit dem sicher unveränderten Material erkennen können. Von den ganz frischen, womöglich noch warmen Centralorganen lassen sich noch am leichtesten feine Schnittchen anfertigen. Je mehr Zeit nach dem Tode des Thieres verflossen ist, desto schwieriger wird dies.

Die nervösen Elemente der Centralorgane liegen nicht unmittelbar nebeneinander, sondern sind voneinander durch eine andere Masse getrennt, welche man mit einer ganz indifferenten Bezeichnung als Stützsubstanz des Centralnervensystems benennen kann. Sehr häufig wird dieselbe von den Autoren als Bindegewebe bezeichnet und auch wirklich hinsichtlich ihrer histologischen Bedeutung zur „reticulären Binde substanz“ gerechnet; sie wird als eine Unterart derselben hingestellt neben der cytogenen Binde substanz der Schleimhäute und vieler Drüsen und dem Gallertgewebe. Da aber, wie wir sehen werden, das Stützgewebe des centralen Nervensystems nur in Hinsicht seiner Aufgabe, seiner Function mit dem Bindegewebe zu vergleichen ist, im Uebrigen aber und ganz besonders in Hinsicht auf die Entwicklung und auf das Aussehen und das Verhalten des fertigen Gewebes sich wesentlich von ihm unterscheidet, so ist es jedenfalls wünschenswerth, es auch nicht mehr so zu benennen. Ich werde es im Folgenden, um über einen möglichst kurzen Ausdruck zu verfügen, mit der von Virchow eingeführten Bezeichnung „Neuroglia“ (gleich Nerven kitt) oder abgekürzt Glia benennen. Die Stützsubstanz der Centralorgane besteht aus zwei Bestandtheilen, aus der ungeformten und der geformten Substanz; beide müssen unter dem Namen Neuroglia zusammengefasst werden, obgleich freilich die Bezeichnung „Nerven kitt“ für die zelligen Elemente weniger gut passt als für die Grundsubstanz. Kürzen wir, wie das ja üblich ist, jenes Wort ab, so haben wir in den Bezeichnungen „Glia-Substanz“ und „Glia-Zellen“ sehr bequeme Namen, welche ich durchaus nicht wie Ranvier in der oben citirten kleinen Arbeit „détestable“ finde.

Die Neuroglia besteht aus einer ungeformten Masse, welche für die graue Substanz die Grundlage bildet, in der die übrigen

Elemente eingebettet sind, und welche daher als „Grundsubstanz“ bezeichnet werden darf und aus den geformten Elementen, welche sich überall im ganzen Centralorgan als Zellen und von diesen ausgehende Fortsätze darstellen. Andere Dinge kommen nirgends vor. Und alle anders lautenden Angaben, nach denen in der Stützsubstanz elastische Fasern, Bindegewebsfibrillen oder freie Kerne, sogenannte Körner vorkommen sollen, beruhen auf Täuschungen und zwar auf Täuschungen, die durch die ungenügende Beschaffenheit der Präparate hervorgerufen wurden. Ich komme noch weiter unten darauf zurück, wie schwer es in etwas weniger feinen Schnitten ist, die fasrigen Elemente auseinander zu halten und auf ihren Ursprung zurück zu führen. Besonders aber ist der Mangel in der Färbung Schuld an vielen der eingebürgerten Irrthümer.

Am meisten ist über die freien Kerne oder über die Körner, wie Henle und Merkel¹⁾ sie genannt haben, geschrieben und gestritten worden. Man meinte und meint auch heute noch vielfach, dass in dem Stützgewebe eine sehr grosse aber nach den Orten wechselnde Menge von runden Körpern vorkomme, die unvermittelt und ohne jede Spur von verbindenden Fortsätzen dem Zwischengewebe eingelagert wären. Die Erklärung des Vorhandenseins einer so grossen Anzahl solcher isolirter Körper im Centralnervensystem ist natürlich schwer zu geben, da an eine functionelle Bedeutung derselben beim besten Willen nicht zu denken ist, besonders da nicht, wo sie in der Körnerschichte des kleinen Gehirns in ungeheueren Massen nebeneinander aufgestapelt gedacht werden. Henle und Merkel suchen sich dadurch zu helfen, dass sie in ihnen junge unentwickelte Gebilde sehen, aus denen sich andere Formen, z. B. Nervenzellen entwickeln können.

Diese freien Körner sind nun, wie schon von Jastrowitz²⁾ und Boll³⁾ hervorgehoben wurde, durchaus nicht vorhanden. Die nach den gewöhnlichen Methoden hergestellten Präparate geben aber leicht zu ihrer Annahme Veranlassung. In Zupfpräparaten, zumal von der grauen Substanz, zeigen sie sich regelmässig in

1) Henle, Nervenlehre p. 19 u. 20, 60. Henle u. Merkel, Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. 34. p. 75.

2) Archiv f. Psychiatr. Bd. III.

3) Ebendasselbst Bd. IV p. 31.

grosser Zahl, und auf Schnitten, die mit Carmin gefärbt sind, sieht man gleichfalls gewöhnlich sehr viele anscheinend ganz freie runde Gebilde. Und doch ist dies Bild eine durch die Mängel der Präparationsmethoden bewirkte Täuschung. Je besser und sorgsamer die Präparate angefertigt und je aufmerksamer sie durchforseht werden, desto weniger freie Kerne sind zu finden und in vorzüglichen sieht man nur ausnahmsweise hier und da ein rundes, freies Gebilde. Bei der Herstellung der Zupfpräparate zunächst merkt man bald, dass das Protoplasma und die Fortsätze der gleich unten zu schildernden Zellen sehr leicht abfallen und nur die sorgsamste Behandlung sie zu conserviren vermag. Auch dann findet man stets eine Anzahl verstümmelter Zellen, die fast wie freie Kerne aussehen und sie vortäuschen könnten, wenn nicht grössere oder kleinere oft nur minimale Fetzen des Zelleibes oder gar die Fortsätze an ihnen hafteten. So weisen die besten Präparate gar keine Gebilde auf, an denen man nicht die Zellnatur oder wenigstens einen Zusammenhang mit Fasern nachweisen könnte. Freilich werden wir sehen, dass viele Neurogliazellen der grauen Substanz des Rückenmarks einer rückschreitenden Metamorphose der Art unterworfen sind, dass das Protoplasma des Zelleibes vollkommen in der Bildung von Fasern aufgegangen ist, die ein dichtes Netzwerk bilden, in dessen Knotenpunkten die grossen übrig gebliebenen Kerne liegen. Ebenso wird man um so leichter die Anwesenheit eines wenn auch geringen und zarten Zelleibes um den anscheinend freien Kern in gefärbten Schnitten constatiren können, je feiner und sorgsamer gefärbt dieselben sind und wird bei andern derartigen Körnern, denen eine Umhüllung von Protoplasma wirklich ganz fehlt, wenigstens den Zusammenhang mit den Fasern des umliegenden Flechtwerkes erkennen. In andern Gegenden des Centralnervensystems, wie in der Körnerschicht des kleinen Gehirns und des Bulbus olfactorius sind es geradezu kleine runde Nervenzellen mit sehr zarten Fortsätzen, welche für freie Kerne gehalten worden sind. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweise ich hinsichtlich dieses Punktes auf die Stellen, wo ich von der Neuroglia jener Hirntheile rede. Nun soll aber doch nicht bestritten werden, dass es hier und da im centralen Nervensystem ganz unregelmässig und durchaus zufällig runde Gebilde giebt, die mit ihrer Umgebung nicht verbunden, also frei sind. Dies sind Lymphkörperchen, Wanderzellen, die hier wie in andern Geweben

des Körpers anzutreffen sind. Doch sind ihrer unter normalen Verhältnissen natürlich so wenige, dass sie nicht in Betracht kommen und nicht zur Aufstellung der freien Körner Veranlassung gegeben haben können¹⁾. Auch sonst könnte wohl ausnahmsweise ein wirklicher freier Kern in der molekulären Substanz als einsamer Ueberrest der in der embryonalen Zeit reichlich vorhandenen rundlichen Bildungszellen vorkommen. Für die molekuläre Substanz der Rinde des grossen und kleinen Gehirns nehmen selbst solche Forscher, welche den „Körnern“ in der weissen Substanz jede Geltung absprechen, die Existenz derselben an. So behauptet z. B. Boll, dass sie an diesen Stellen in grosser aber nach dem Alter der Geschöpfe wechselnden Menge vorhanden seien. Da sie ja Ueberreste der embryonalen Bildungszellen sind, sollen sie nach der Ansicht und den Beobachtungen von Boll²⁾ und Hess³⁾ im jugendlichen Alter zahlreicher sein und mit zunehmendem Alter allmählich abnehmen. Ich will nicht bestreiten, dass hier gerade solche functionslose Reste vorkommen, ja ich finde selbst hier und da, wenigstens in der Rinde des kleinen Gehirns einiger jüngeren Thiere, solche runde Körper, die auch in den am besten gelungenen Präparaten keinerlei Zusammenhang mit andern Elementen und keinen einzigen Fortsatz erkennen lassen. Aber so zahlreich wie Boll und andere sie annehmen, sind sie durchaus nicht; im Gegentheil bilden sie auch hier, zumal bei erwachsenen Menschen und Thieren, Ausnahmen. Die grosse Menge der Gebilde aber, welche in der molekulären Substanz des kleinen Gehirns dafür gehalten werden, sind sehr kleine Nervenzellen und zum Theil

1) Jastrowitz und Boll l. c. bemerken beide, dass gerade die Gefässe von solchen Lymphoidzellen in Menge begleitet werden. Es wäre das ja nicht unmöglich, doch gestehe ich, dass mein Suchen hinsichtlich dieses Punktes in den allerverschiedensten Präparaten vom Mensch und Säugethieren durchaus nicht von Erfolg gekrönt war; ich fand neben den Gefässen nicht auffallend viel Lymphkörperchen (selbstverständlich meine ich Präparate von gesunden Centralorganen), wohl aber sind die Gefässe stets von besonders zahlreichen Gliazellen begleitet, von denen viele nur ihren rundlichen Leib und nicht die Fortsätze erkennen lassen, so dass sie in nicht genügend gefärbten Präparaten wie runde Zellen mit scharfer durch keinen abgehenden Fortsatz unterbrochenen Contour ausschauen.

2) l. c. p. 43 ff.

3) De cerebelli gyrorum textura disquisitiones microscopicae, Dorpat 1858.

vielleicht, soweit es die an der Oberfläche befindlichen betrifft, Neurogliazellen. Ich selbst habe bis in die letzte Zeit hinein jene runden Körper der molekulären Schichte für freie fortsatzlose und verkümmerte Embryonalzellen gehalten. Bessere Präparate aber und die Oelimmersionen haben mich erkennen lassen, dass entweder alle oder fast alle dieser Gebilde nicht ganz rund sind, sondern sehr verschiedene Formen und zarte Fortsätze besitzen, mittelst welcher sie dem von den Protoplasmafortsätzen der Purkynje'schen Zellen gebildeten Fibrillennetz eingeschaltet sind. Für die diesen Zellen am nächsten gelegenen ist das sehr leicht zu constatiren und auch in der That schon bekannt, aber auch für die übrigen gewähren sehr gute Präparate klare Beweise ¹⁾. Gerade für den Menschen haben mir meine Untersuchungen die Gewissheit hiervon gegeben, da das dem Hingerichteten (siehe oben) entnommene Material Präparate lieferte, welche die nervöse Natur der in der molekulären Substanz zerstreuten, aber in ziemlich grosser Anzahl vorhandenen Gebilde erkennen liess. Aber auch bei verschiedenen Thieren fand ich die Verhältnisse durchaus deutlich und ohne Zweifel so wie erwähnt. Nur sind nach meinen Beobachtungen diese kleinen Nervenzellen lange nicht so zahlreich, wie beim Menschen, wie freilich überhaupt die molekuläre Schichte bei diesem stärker als bei den Säugethieren entwickelt ist. Doch da ich weiter unten noch ausführlicher auf die Verhältnisse der Kleinhirnrinde eingehen muss, will ich hier nicht das Genauere besprechen. Auch in der molekulären Schichte des Grosshirns sind die „Körner“ wenn überhaupt vorhanden, viel seltener als gewöhnlich angenommen wird, und sind es hier die stark gefärbten Leiber einiger Gliazellen, welche zu ihrer Annahme irrthümlich führen. Wir werden am passenden Ort weiter unten sehen, dass zerstreut in dem Netzwerk der zarteren Neurogliazellen einzelne derbere, stärkere liegen, welche sich dunkler färben. Da auch hier wieder der Zelleib sich viel leichter als die Fortsätze färben, hebt er sich als rundliches Gebilde besonders deutlich hervor und ist in nicht vollkommen tingirten Präparaten ganz allein zu sehen, so einen isolirten runden Körper vortäuschend.

1) Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Herausgegeben von Max Schultze. Braunschweig 1865. p. 95 erklärt diese kleinen Zellen gleichfalls für nervöse Elemente.

Aus dem eben Gesagten das Wichtigste zusammenfassend, behaupte ich also, dass im Centralnervensystem erwachsener Geschöpfe freie runde Gebilde ohne Fortsätze, sogenannte Körner, nur zufällig, ganz ausnahmsweise und unregelmässig vorkommen. Dieselben sind einmal wandernde Lymphoidzellen, die durch den Tod des Geschöpfes an dieser Stelle festgebannt wurden, oder sie sind aus der embryonalen Zeit übrig gebliebene Bildungszellen, welche jetzt als functionslose übrigens ganz ausserordentlich seltene Gebilde in der Grundsubstanz einiger Parthien der Centralorgane eingelagert sind. Dagegen existiren die für gewöhnlich als „Körner“ oder als „freie Kerne“ beschriebenen Körper in Wirklichkeit nicht, vielmehr werden andere Gebilde irrthümlich für solche genommen, weil die ausserordentliche Schwierigkeit, vollkommene Tinctionspräparate zu erhalten, die richtige Erkenntniss der Verhältnisse hindert.

Andere, z. B. Gerlach¹⁾ finden elastisches Gewebe zwischen den nervösen Elementen. Von dem Besitz einiger zelliger Gebilde abgesehen, besteht nach ihm die Stützsubstanz nur aus elastischen Fasern.

Schwalbe, der neuerdings ganz eigene Anschauungen über die Neuroglia ausgesprochen hat²⁾, sieht zwischen den Nerven gebilden und ihnen sich anschmiegend, kleine platte Endothelzellen. Diese wurden auch schon aus der Rinde des grossen Gehirns beschrieben, wo sie die sogenannten pericellulären Räume auskleiden sollten. Endlich wird am häufigsten fibrilläres Bindegewebe als wichtiger oder geradezu hauptsächlichster Factor des Stützgewebes der Centralorgane beschrieben. Alle diese Dinge kommen nicht vor. Ich werde weiter unten hinsichtlich des fibrillären Bindegewebes im Rückenmark und der medulla oblongata sehr unwesentliche Ausnahmen zu constatiren haben. Im Uebrigen aber ist mit grösster Bestimmtheit daran festzuhalten, dass die Gerüstsubstanz des Centralnervensystems in einigen Partien, besonders der grauen Substanz, nur aus der ungeformten Grundsubstanz und aus den Neurogliazellen mit ihren langen Fortsätzen besteht, in andern, besonders in der weissen Substanz, nur aus

1) Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Leipzig 1871. p. 670.

2) Hoffmann's Anatomie. 2. Auflage. Bd. II. p. 304.

den Zellen und deren Ausläufern. Es würde diese Arbeit gar zu umfangreich machen, wollte ich die Ansichten und Angaben der Forscher über die Neuroglia hier im Einzelnen anführen. Den meisten derselben kann nur noch ein historischer Werth zugesprochen werden und erscheint es mir ein Kampf mit Windmühlen zu sein, gegen sie zu polemisiren. Ich glaube bestimmt, dass so ausgezeichnete Mikroskopiker, so scharfe Beobachter wie Henle und Gerlach heute auch schnell zu einer andern Ansicht gelangen würden, wollten sie noch einmal mit den verbesserten Methoden der heutigen Technik die Verhältnisse untersuchen. Studire ich meine Rückenmarkspräparate durch, zumal die vom Ochsen, so kann ich durchaus nicht begreifen, wie solche Figuren entstehen konnten, wie z. B. die Figur 219 B in Gerlach's Arbeit ¹⁾ und Figur 14 u. a. in Henle's und Merkel's Aufsatz ²⁾. Sie können offenbar nur nach Präparaten angefertigt sein, welche heute bei der fortgeschrittenen Technik als ungenügend angesehen werden müssen.

Auf die ungeformte Grundsubstanz ist bisher niemals und nirgends die ihr zukommende Rücksicht genommen worden. Die Litteratur bietet keine genaue Beschreibung derselben und ihrer Verhältnisse. Nur in einer Beziehung ist viel über sie geschrieben und gestritten worden, nämlich hinsichtlich der Bedeutung der kleinen Gebilde, der sogenannten Molekel, welche man in ihr zu finden glaubte. In manchen Beschreibungen des Centralnervensystems ist von einer Grundsubstanz überhaupt nicht die Rede, sondern man spricht nur von einem „granulirten Bindegewebe“, welches die Zwischenräume zwischen den nervösen Elementen ausfüllen soll. Dies Gewebe aber wird aus Zellen und deren Fortsätzen bestehend gedacht. Letztere sollen nicht scharf und glatt contouirt, sondern mit anhaftenden Körnchen versehen sein. In andern Darstellungen liest man von einer molekulären Substanz, welche unserer Grundsubstanz entspricht. Man legt ihr aber nicht die richtige Bedeutung bei, und lässt sie auf bestimmte Partien der grauen Substanz beschränkt sein, während sie in derselben überall zu finden ist ³⁾.

1) l. c. p. 670.

2) Ueber die sogenannte Binde substanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. f. rat. Med. III. Reihe. Bd. 33. Tab. IV.

3) Nachdem diese Arbeit bereits niedergeschrieben war, erschien eine

Zunächst, was die Verwendung der Grundsubstanz betrifft, so bildet sie einmal, wie wir noch näher sehen werden, mit den geformten Elementen der Glia die äusseren und inneren Umhüllungsmassen des Centralnervensystems. Hier können wir sie am besten studiren, da sie hier die grösste quantitative Entwicklung besitzt und nicht wie in der grauen Substanz durch zahlreiche feine Nervenfasern getrübt wird. Zweitens ist sie dann die Grundlage der grauen Substanz, in der die andern Elemente eingebettet sind. Wenig wird sie für den Aufbau der weissen Substanz verwandt. Zwischen den einzelnen Nervenfasern ist sie überhaupt nicht vorhanden. Doch werden in der weissen Substanz des Rückenmarks die stärkeren Balken der Stützsubstanz aus Zellnetzen und Grundsubstanz zusammengesetzt.

In der grauen Substanz ist die Grundsubstanz in sehr bedeutender quantitativer Entwicklung vorhanden. Diese ist jedoch bei den verschiedenen Säugethieren durchaus nicht gleich. So weit ich es nach dem von mir untersuchten Material beurtheilen kann, möchte ich behaupten, dass die quantitative Entwicklung der Grundsubstanz im umgekehrt proportionalen Verhältniss zur Entwicklung der nervösen Elemente steht, diese aber wieder der Höhe der Intelligenz der betreffenden Thierarten entspricht. Es gilt dies besonders für die Rindenpartieen des grossen Gehirns und lässt sich hier gut constatiren.

So ist im menschlichen Grosshirn viel weniger Grundsubstanz enthalten als in dem der höher begabten Säugethiere; bei diesen wieder weniger als in dem Centralorgane niederer Säugethiere. Ich schätze z. B. beim Igel die Menge der Grundsubstanz in den Rindenschichten des grossen Gehirns gleich dem dritten Theil der ganzen Masse der grauen Substanz, bei der Katze oder beim Hunde wird sie annähernd ein Viertel der grauen Substanz ausmachen; beim Affen finde ich die Menge schon wieder deutlich geringer, und in der Rinde des menschlichen Gehirns schätze ich

kleine Publication von Ranvier über die Neuroglia in den „Archives de Physiologie normale et pathologique.“ Brown-Sequard, Charcot et Vulpian. Er kennt offenbar auch keine Grund- oder Zwischen-Substanz im Centralnervensystem, denn er führt als Bestandtheile der grauen Substanz nur an: Die nervösen Zellen und deren Ausläufer, Nervenfasern mit und ohne Mark, die Gliazellen mit ihren Ausläufern und die Blutgefässe mit einer bindegewebigen Scheide.

sie auf etwa ein Fünftel der grauen Substanz. Gilt dies für die Hirnrinde, so gibt es andere weniger ausgedehnte Territorien, in denen die Grundsubstanz bei allen Geschöpfen eine viel grössere Menge ausmacht, gewiss die Hälfte der ganzen Masse und vielleicht noch darüber. So ist sie z. B. in der *substantia gelatinosa centralis* des Rückenmarks ungemein entwickelt; noch mehr in gewissen Glia-Anhäufungen am Boden des vierten Ventrikels.

Die Grundsubstanz ist in allen Theilen des Centralnervensystems ganz gleich beschaffen. Sie ist homogen, structurlos und durchaus durchsichtig glashell; sie ist eine weiche aber feste, nicht flüssige elastische Eiweisssubstanz, welche beim Absterben des centralen Nervensystems nicht etwa durch Gerinnen fester wird, sondern im Gegentheil etwas an Consistenz verliert.

Man hat in der letzten Zeit viel über kleine Einlagerungen der Grundsubstanz, die man Molekel nannte, gestritten. Fast alle Forscher fanden nämlich die Grundsubstanz nicht homogen, sondern in ihr eine unendliche Menge kleiner rundlicher oder ovaler Gebilde, der Molekel. Man sprach daher gewöhnlich nicht von einer Grundsubstanz, sondern einfach von einer molekulären Masse. Einige Forscher, besonders Rindfleisch¹⁾, legten diesen Molekeln eine fundamentale Wichtigkeit bei, indem sie annahmen, dass die feinsten aus der Verästelung der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen hervorgehenden Fibrillen in der Hirnrinde nicht ineinander übergingen und durch diese Bildung eines zusammenhängenden feinsten Fasernetzes alle Nervenzellen miteinander in Verbindung brächten, sondern dass diese Endfibrillen sich in kleinen körnigen Gebilden, eben den Molekeln auflösten. Dann wäre die molekuläre Masse nicht ein Theil der Stützsubstanz, sondern nervös und gerade als die eigentliche centrale Substanz, in der alle Nervenreize endigen resp. beginnen, von allergrösster Wichtigkeit. Andere, Gerlach²⁾ an der Spitze, läugneten diese Bedeutung der Molekeln. Ich hatte früher auch stets an eine molekuläre Structur der Grundsubstanz geglaubt und meinte, die kleinen rundlich ovalen Gebilde deutlich zu sehen. Als ich nun aber neuerdings die

1) Zur Kenntniss der Nervenendigung in der Hirnrinde. M. Schultze's Arch. f. mikr. Anatom. Bd. VII. p. 453.

2) Ueber die Structur der grauen Substanz des menschlichen Grosshirns. Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1872. p. 273.

Stützsubstanz der Centralorgane viel genauer als früher untersuchte, fand ich zu meinem Erstaunen, dass die Grundsubstanz überall gleich homogen und glashell sei, ich konnte nirgends mehr die Molekel erkennen. Die starken Oel- und Wasserimmersionen liessen sie ebenso klar und ohne Einlagerungen erscheinen, wie die schwächeren Systeme. Ich erkannte dies zuerst an dünnen Schnitten durch erhärtete Gehirne, welche nach bekannter Methode in Canadabalsam eingeschlossen waren. Da aber der Einwand möglich ist, dass die Behandlung dieser Präparate mit Alkohol und dann mit den stark lichtbrechenden Substanzen (Terpentin oder Kreosot und Canadabalsam) die Molekel auflösen oder wenigstens so durchsichtig machen könne, dass sie nicht mehr zu erkennen sind, untersuchte ich auch Gehirne, welche keiner eingreifenden Behandlung unterworfen gewesen waren. Einmal suchte ich von ganz frischen, noch warmen Organen kleine dünne Schnittchen anzufertigen, die ich in halbprocentiger Kochsalzlösung oder Augenkammerflüssigkeit studirte. Leider aber gelingt es auf diese Weise sehr schwer, so ganz feine Schnittchen zu erhalten, wie sie nöthig sind, um Irrthümer auszuschliessen; nur zufällig wird in einer grossen Reihe von Präparaten eine kleine Stelle genügend dünn. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, benutzte ich auch Gehirne, welche einige Tage in dreiprocentiger Lösung von doppeltchromsaurem Ammoniak gehärtet waren. Es ist nicht anzunehmen, dass dieses Salz in irgend einer andern Weise auf die Grundsubstanz wirkt, als dass es sie gerinnen lässt und sie zu gleicher Zeit etwas färbt. Jedenfalls können etwa vorhandene Molekel durch diese Härtung nicht verschwinden. Von diesen Gehirnen fertigte ich dann ohne Benutzung von Alkohol, das Messer nur mit Wasser befeuchtend, möglichst feine Schnitte an und studirte sie in Wasser liegend. Auch betrachtete ich vielfach Schnitte, die ich von Stückchen der Rinde anfertigte, welche in Osmiumsäure erhärtet waren. Alle Untersuchungen aber hatten dasselbe Resultat, nämlich, dass die Grundsubstanz durchaus homogen und ohne eigene geformte Elemente ist. Ich habe diesem Punkt die grösste Aufmerksamkeit gewidmet und ihn mit einem Aufwand von viel Zeit und grosser Mühe untersucht. Ich kann daher obige Behauptung mit grösster Bestimmtheit aussprechen, trotzdem dass mehrere unserer ersten Histologen die Verhältnisse anders gesehen haben. Ich habe mich gefragt, wie dieser allgemeine Irrthum möglich ist. Einmal könnte

man ja leicht annehmen, dass jene Forscher Durchschnitte von Fasern, theils von Nervenfibrillen, theils von Fortsätzen der Gliazellen für kleine Molekel gehalten haben. In der That ist derartige wohl sehr häufig vorgekommen. Ich werde noch weiter unten zeigen, wie z. B. Henle, dann aber auch Andere, die Grundsubstanz im Rückenmark „granulirt“ sahen, weil sie die zahlreichen Querschnitte der Gliafasern nicht als solche erkannten. So auch gewiss in den Rindenschichten des Gehirns. Es reicht aber dies nicht hin, um die allgemeine Täuschung zu erklären, um so weniger, als einige Forscher, wie z. B. Boll, sich geradezu gegen die Annahme verwahren, als ob sie Molekel und durchschnittenen faserige Elemente verwechselt hätten. Es kommt aber etwas Anderes hinzu. Keiner der bisherigen Untersucher hatte eine richtige Vorstellung von den Gliazellen der Rindenschichten. Zwar nahmen Einige ein Netzwerk solcher Zellen in jenen Gegenden an, Manche hatten auch einzelne Gliazellen gesehen, aber von dem dichten aus Zellen und deren Fortsätzen gebildeten Gerüst, von dem Flechtwerk, in dessen Maschen die Grundsubstanz und die nervösen Elemente eingelagert sind, hatte man keine rechte Vorstellung. Gerade in den Gegenden nun, in denen man die Molekel sieht und beschreibt, sind die Gliazellen beim Menschen und vielen Säugethieren durch ihren granulirten Zellleib ausgezeichnet. Derselbe enthält in seiner Substanz kleine rundliche oder ovale Körnchen. Da man nun die in der That sehr schwer zu erkennenden Zellen nicht sah, höchstens ihren Kern abgrenzen konnte, den Zellleib aber mit der Grundsubstanz verschmolz, so liess man eben die Granula der Zellen dieser angehören. Die Zellen sind hier, wie wir noch sehen werden, ziemlich platt und liegen also dicht übereinander. In den gewöhnlichen Schnitten daher, ja selbst in leidlich dünnen, hat man stets mehrere Zellen übereinander in verschiedenen Ebenen, so dass ein Fleckchen Grundsubstanz womöglich zwischen zwei Gliazellen oder wenigstens unter oder über einer gesehen wird. Dadurch wird die irrtümliche Vermischung dieser Elemente unter dem Mikroskop um so leichter. Uebrigens haben, wie es scheint, die meisten Forscher diese Frage an Zupfpräparaten zu studiren gesucht. Da nun die Körper dieser Gliazellen leicht zerfallen, so können in diesen Präparaten die gänzlich isolirten Granula der Zellen solche Molekel vortäuschen, oder aber man sieht Stückchen des Zelleibes; welche

sich vom Kern losgelöst haben, als kleine Partieen der Grundsubstanz mit Molekeln gefüllt an. In der That fand ich, dass man in Zupfpräparaten den Ursprung der kleinen Partikelchen nicht feststellen kann und dass sie daher für die Entscheidung unserer Frage ungeeignet sind. Ich glaube aber, dass Jeder, welcher das Netzwerk der Gliazellen und ihrer Ausläufer genau kennen gelernt hat und so die durch diese Elemente ermöglichten Irrthümer vermeiden kann, bei einem sorgsamem Studium der Grundsubstanz zu demselben Resultat kommen wird wie ich, dass sie an und für sich absolut structurlos ist und keine Molekeln enthält. Nannte ich sie oben glashell, so muss ich doch hinzusetzen, dass sie beim Erhärten sich in so fern ein klein wenig verändert als sie eine minimale kaum bemerkbare Trübung annimmt, sie gleicht dann einem sehr hellen Milchglas. Mit den allerstärksten uns zu Gebote stehenden Vergrößerungen, z. B. Zeiss Oelimmersion $\frac{1}{18}$, sieht man sie dann wie von einem ungemein feinen Staub durchsetzt, sie hat ihren Glanz verloren, doch gelingt es auch jetzt nicht, kleine Körper wirklich zu erkennen und abzugrenzen. Vergleicht man das Aussehen der Grundsubstanz in diesem Zustand mit dem im frischen Gehirn, so muss man diese leichte Trübung als eine Wirkung der erhärtenden Flüssigkeiten ansehen. Durch dieses Aussehen unterscheidet sie sich von der geronnenen Lymphe, welche auch in dem erhärteten Material vollkommen glashell und glänzend aussieht. Auch färbt sie sich schwerer als diese, die durch Carmin wenigstens hellrosa gefärbt wird. Die Grundsubstanz wird durch die gebräuchlichen Tinctionsmethoden ganz ausserordentlich schwer gefärbt. Carmin in den verschiedensten Anwendungsarten, Haematoxylin und die Anilinfarben, welche ich probirte, geben ihr kaum einen Schimmer ihrer Farbe. Osmiumsäure bräunt sie nach sehr langer Einwirkung ein wenig; ebenso müssen die Metallsalze lange wirken, ehe sie dieselbe färben.

Ich sagte oben, die Grundsubstanz sei weich aber fest und elastisch, nicht flüssig. Dass sie das erstere ist, wird Jeder gern glauben, da das ganze Centralnervensystem so weich ist wie kein anderes Organ des Körpers. Und von den Elementen desselben sind jedenfalls, wie aus der weitem Betrachtung klar werden wird, die Neurogliazellen und deren Ausläufer am festesten und widerstandsfähigsten. Die Grundsubstanz scheint doch die Nervenzellen und deren Ausläufer noch an Festigkeit zu über-

treffen und jedenfalls ist sie viel consistenter als das Nervenmark, welches ja im Leben flüssig ist. Dass die Grundsubstanz dies nicht ist, zeigt schon deutlich genug das Aussehen und Verhalten der durchschnittenen und bloßgelegten lebenden grauen Substanz des Gehirns. Ich habe sie bei ziemlich zahlreichen Exstirpationen eines Theils der Rinde von Hunden zum Zweck secundärer Degeneration genau betrachtet. Wäre ein so beträchtlicher Theil der Rindensubstanz flüssig oder auch nur zähflüssig, von Honigconsistenz, so würde sich das in dem Aussehen der Schnittfläche verrathen. Die flüssige Substanz müsste doch über das Niveau der Schnittfläche austreten, zumal da das schneidende Instrument nicht allzu scharf sein konnte, und daher einen Druck auf die Nachbarschaft der vor der Schneide befindlichen Partie ausübte. Das ist aber nicht der Fall; selbst mit der Lupe betrachtet zeigte sich die Schnittfläche eben. Ebenso glatt blieb dieselbe auch, wenn ich ein Gehirn frisch anschnitt und dann härtete, wenigstens so weit es die graue Substanz angeht, denn auf der Schnittfläche der weissen Substanz zeigen sich unendlich viele kleine Buckel, die wohl aus ausgeflossenem und geronnenem Nervenmark bestehen. Ja selbst wenn man einen leichten Druck auf das frische, durchschnitene Gehirn ausübt, quillt die Grundsubstanz nicht aus den Maschen des Flechtwerks, in denen sie gelagert ist, über die Schnittfläche hervor. Dies beweist, dass sie auch eine gewisse, nicht ganz unbedeutende Elasticität besitzt, denn eine weiche aber nicht elastische Masse würde durch einen Druck leicht hervorgepresst werden. Davon dass die Grundsubstanz im lebenden Gehirn consistenter ist als im abgestorbenen, kann man sich leicht überzeugen. Das dem eben getödteten Thier entnommene noch warme Gehirn fühlt sich viel fester und elastischer an als einige Stunden nachher. Noch besser erkennt man dies, wenn man gleich grosse Stücke eines frischen noch warmen Gehirns und eines solchen, das etwa 10 Stunden nach dem Tode des Thieres gelegen hat, auf Festigkeit und Elasticität prüft und mit einander vergleicht; der Unterschied ist ein sehr bedeutender. Es gelingt daher, wie schon erwähnt wurde, sehr viel leichter, mit dem Rasirmesser feine Schnitte von dem ganz frischen Gehirn, das noch warm ist, zu machen, als von einem, das schon einige Stunden nach dem Tode gelegen hat, und in dem eine wenn auch sehr geringe Zersetzung stattgefunden haben mag. Wenn auch

wohl bei dieser Erscheinung die Nervenzellen mit in Betracht kommen, so wird sie in der grauen Substanz doch wohl hauptsächlich durch die absterbende und ihre Elasticität verlierende Grundsubstanz verursacht. So ist es auch zu erklären, dass man bei einem Gehirn, das schon 20—30 Stunden nach dem Tode gelegen hat (je nach der Temperatur oder andern Umständen entsprechend findet die Zersetzung schneller oder langsamer statt) durch einen leichten Fingerdruck eine dauernde Impression bewirken kann, was bei dem frischen oder gar beim lebenden Gehirn unmöglich ist. Da die geformten Elemente der Stützsubstanz noch bedeutendere Elasticität besitzen als die Grundsubstanz, so kann das centrale Nervensystem sich ausdehnen und wieder verkleinern, ein Vorgang, der bei der Pulsation desselben fortwährend Statt hat.

Ich gehe zur Betrachtung der zelligen Elemente der Neuroglia über. Die für sie gebräuchlichen Benennungen sind mannigfaltig und nicht immer zweckmässig. Ich habe schon oben den Ausdruck „Zellen des Bindegewebes des Centralnervensystems“ verdammt. Besser und nur zu lang ist „Zellen der Stützsubstanz“, das einfachste ist wieder Neuroglia- oder Glia-Zellen. Da Deiters dieselben zuerst genau und gut in seinem nachgelassenen Werke¹⁾ beschrieben hat, werden sie ihm zu Ehren auch vielfach „Deiters'sche Zellen“ genannt. Aus ähnlichem Grunde findet man die Namen „Boll'sche“ und „Golgi'sche Zellen“²⁾. Jastrowitz³⁾ verglich sie mit Spinnen und nannte sie „Spinnenzellen“, ein Ausdruck, der sehr beliebt geworden ist. Diese Zellen haben eine noch allgemeinere Verbreitung im Centralnervensystem als die Grundsubstanz, da kein auch noch so kleiner Theil derselben ohne das schützende und stützende Netzwerk, welches jene mit ihren Ausläufern durch gegenseitige Verbindung bilden, vorkommt. Dass bei dieser grossen räumlichen Verbreitung und bei der Verwendung in den verschiedensten Theilen und Substanzen der

1) Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Herausgegeben von Max Schultze. Braunschweig 1865.

2) Boll beschrieb sie in der früher citirten Arbeit und Golgi in „Contribuzione alla fine Anatomia degli organi centrali del systema nervosa.“ Rivista clinica 1871.

3) l. c.

Centralorgane die Form und die besondern Verhältnisse der Gliazellen nicht überall dieselben sein können, leuchtet schon a priori ein. Und in der That bei näherem Studium findet man eine Mannigfaltigkeit des äusseren Aussehens, der Grössenverhältnisse, der Zahl und Stärke der Fortsätze, der Art ihres Ursprungs aus dem Zelleib, der Zellformen, ja der Consistenz, welche uns an die reichen Verschiedenheiten erinnert, die die Nervenzellen darbieten. Und wie eine bestimmte Form und bestimmte Verhältnisse für die nervösen Zellen der einzelnen Localitäten der Centralorgane charakteristisch sind, so entspricht auch in Hinsicht der Gliazellen ein besonderer Typus dem bestimmten Ort, wenn auch freilich hier Unregelmässigkeiten viel gewöhnlicher sind als bei den nervösen Gebilden.

Zunächst was ist allen Gliazellen gemeinsam? Am meisten charakteristisch für sie sind jedenfalls die Fortsätze. Ebenso wie im Centralnervensystem keine Nervenzellen ohne Ausläufer vorkommen, so auch sind Zellen der Stützsubstanz ohne solche nicht denkbar. Um eben an der Bildung des Gerüstes für die eingelagerten nervösen Elemente Theil nehmen zu können, müssen die Gliazellen sich mittelst Ausläufer mit andern gleichartigen Elementen verbinden. Ich kann auch auf das Bestimmteste behaupten, dass im Centralnervensystem durchaus keine Gliazellen vorkommen, die ohne Fortsätze sind, und die daher isolirt, ohne Verbindung mit dem allgemeinen Stützgerüst liegen. Hinsichtlich der Anzahl der Fortsätze ist Bestimmtes nicht anzugeben. Meistens besitzen die Zellen sehr viele, doch kommen auch solche mit ganz wenigen vor. Zellen mit einem einzigen Fortsatz sind, wenn sie überhaupt existiren, sehr selten, sie könnten vielleicht ausnahmsweise an der Oberfläche der Hirnrinden vorkommen. Bipolare Zellen kommen an bestimmten Stellen vor, besonders dort, wo lange Fäden nöthig sind. Der Zelleib kann dann hier so sehr in der Bildung der auswachsenden Fortsätze aufgehen, dass er nur noch eine geringe Anschwellung in der Mitte jener ausmacht, ja man findet an jenen Stellen Hornfäden, welche von einem Zellkörper keine Spur mehr an sich haben, aber nachweisbar in der gedachten Weise entstanden sind. Ich komme auf sie zurück. Gliazellen mit drei oder sehr wenigen nach verschiedenen Seiten abgehenden Fortsätzen kommen in allen Theilen des Centralorgans vor; doch sind sie viel seltener als die mit vielen Aus-

läufern versehenen. In Hinsicht des weiteren Verhältnisse zeigen die Fortsätze grosse Verschiedenheiten. Schon was die Verästelung derselben angeht, so herrscht grosse Mannigfaltigkeit. Im Allgemeinen kann man wohl behaupten, dass die Ausläufer der Gliazellen sich lange nicht so reichlich verästeln wie z. B. die Protoplasmafortsätze der Nervenzellen. Doch hängt hier sehr viel von der Verwendung der betreffenden Stützzellen und von der Gegend der Centralorgane ab. So bilden sie in der weissen Substanz Netze mit verhältnissmässig stärkeren und kräftigeren Fäden, der Art, dass eben die Fortsätze sich miteinander verbinden, ehe sie durch besonders reichhaltige Verästelung feiner geworden sind. In der grauen Substanz aber, welche ja die feinsten nervösen Elemente d. h. die aus den Plasmafortsätzen hervorgegangenen zarten Fibrillen enthält, ist auch das Netzwerk der Neuroglia enger, ihre Elemente feiner. Daher theilen sich im Allgemeinen die Fortsätze der in ihr gelegenen Gliazellen, welche schon von vornherein feiner angelegt sind, viel mehr und bilden endlich durch reichhaltige Verästelung ungemein zarte, kaum noch erkennbare Fäserchen. Doch muss ich, um ein Missverständniss zu vermeiden, noch ausdrücklich betonen, dass auch in der weissen Substanz reiche Verästelungen sehr gewöhnlich sind, und überall allerfeinste aus den Verästelungen hervorgegangene Gliafasern gefunden werden. Ich hebe dies deshalb noch so besonders hervor, weil zu meiner grössten Verwunderung die gründlichsten Kenner der Neuroglia durchaus entgegengesetzter Ansicht sind. Deiters ¹⁾ freilich fand seine Stützzellen mit sich theilenden Fortsätzen versehen und bildet auch eine solche ganz richtig ab. Die späteren Forscher unseres Gewebes aber bestreiten mit grösster Entschiedenheit jede Verästelung der Gliafortsätze und behaupten, dass gegentheilige Angaben auf Täuschungen beruhen. So namentlich Golgi ²⁾ und Boll. Krause ³⁾ bildet zwar seine Gliazellen mit

1) l. c. Tab. II. Fig. 10 bildet er ziemlich reiche Verästelungen einer Gliazelle ab. Dieselbe giebt überhaupt ein sehr gutes und richtiges Bild einer solchen und finde ich in der ganzen späteren Litteratur keine Abbildung, die an Naturtreue ihr gleich käme. Sie entspricht etwa meiner Fig. 6, ist jedoch reicher an Theilungen.

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

3) W. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Hannover 1876. p. 398.

einigen Verästelungen ab, gibt aber in der Beschreibung an, dass die Theilungen wahrscheinlich nur vorgetäuscht seien, indem zwei oder mehrere Fäden vom Zellkörper aus eine Strecke zusammen verliefen. Die Erklärung dieses auffallenden Irrthums liegt darin, dass, wie dies auch die Abbildungen deutlich beweisen, die Präparate nicht vollkommen genug waren, und dass auch die betreffenden Forscher die feinsten Verhältnisse der Gliazellen nur an Zupfpräparaten, nicht daneben in feinen Schnitten studirten, da in diesen doch Manches erhalten bleibt, was selbst bei der vorsichtigsten Maceration zu Grunde geht. Beim Zerpfen lösen sich die feinsten Aeste leicht ab, besonders auch deshalb, weil die grosse Mehrzahl derselben nicht frei auslaufen, sondern in der Verschmelzung mit andern Fasern aufgehen. Bei vielen Fortsätzen beginnt die Theilung erst spät, in grosser Entfernung vom Zellleib; ja sie können unter Umständen mehr als ein Fünftel Millimeter weit laufen, ehe sie den ersten Theilfaden abgeben. Da nun die feinen Gliafasern auch sehr brüchig sind, ist es in der That kein Wunder, wenn die zarten Aestchen von den stärkeren Fortsätzen abbrechen und an ihren Endverbindungen haften bleiben. So können sich dann jene als die nackten dicken Strünke darstellen, welche Golgi und Jastrowitz abbilden. Sicher sind auch von den Zellen, deren Abbildungen dieser Arbeit beigegeben sind, sehr viele feine Theilfasern bei der Präparation abgebrochen. Ich habe eine grosse Zahl von Zellen isolirt, deren Ausläufer sich viel schöner verästelten, die aber aus andern Gründen nicht abgebildet wurden. Auch findet man in Zupfpräparaten sehr häufig einzelne abgebrochene Hauptfortsätze mit den bis in das feinste Detail gehenden Verästelungen. Häufig sind dann die Endfäden noch in Verbindung mit den von andern Zellen herkommenden, mit denen zusammen sie engmaschige Geflechte bilden. Den besten Beweis aber für die reiche Verästelung der meisten Gliazellen bieten Längsschnitte durch die weisse Substanz, wenn sie in sehr gelungener Weise gefärbt sind. Figur 15 z. B., durchaus nach der Natur gezeichnet, wird hoffentlich einen Jeden überzeugen, dass die Fortsätze der Gliazellen sich reichlich verästeln können. Auch in Querschnitten kann man häufig genug Theilungen beobachten. Dass, wie schon oben hervorgehoben wurde, diese in der grauen Substanz im Allgemeinen noch zahlreicher sind, dass in der durch Verästelung der Gliafortsätze noch zarteres Faserwerk hervorgeht,

lehrt z. B. Fig. 17 a. Es ist dies eine Darstellung des überaus feinen Gliageflechtes der äussersten Schicht der Kleinhirnrinde. Freilich muss ich nun auch zugestehen, dass doch in der That viele Gliazellen gefunden werden, deren Fortsätze eine sehr geringe Neigung zur Theilung besitzen. So scheint z. B. die Zelle, welche Figur 7 darstellt, ziemlich unverletzt und vollständig zu sein; ihre zarten Ausläufer sind also durch weite Strecken hindurch zu verfolgen, ohne dass man Aeste von ihnen abgehen sähe. Aehnliches beobachtet man besonders bei Zellen, welche den Gliaanhäufungen, dann der Gliahülle des Rückenmarks u. s. w. entnommen sind. An diesen Stellen scheinen nämlich die Ausläufer der Stützzellen sich weniger durch Verschmelzung ihrer Endfäden zu verbinden, sondern dadurch, dass dieselben nach allen Richtungen durcheinanderlaufend einen dichten Filz bilden.

Der Vollständigkeit wegen sei, was sich wohl von selbst versteht, hinzugefügt, dass den Zellen eine äussere Hülle in keiner Weise zukommt, sie besitzen weder eine eigne Zellmembran, noch auch eine aus andern feinen Elementen gewebte Umhüllung.

Eine sehr wichtige Eigenthümlichkeit unserer Zellen liegt in ihrer chemischen Beschaffenheit. Das Protoplasma ihres Zellleibes und der Fortsätze, zum Theil auch ihre Kerne erfahren nach der Geburt eine Umwandlung in Keratin, sie verhornen. Die hierbei in Betracht kommenden Verhältnisse sind jedoch sehr complicirt und es wird für das Verständniss besser sein, wenn wir erst später genauer auf sie eingehen, nachdem wir zunächst das Nöthigste über Form und Grösse der Zellen besprochen haben.

Die wesentlichsten Unterschiede der äusseren Gestalt und des Aussehens werden ganz besonders durch die quantitativen Verhältnisse des Kerns und des Leibes der Zellen bedingt. Hierzu kommt dann die grössere oder geringere Entwicklung der Fortsätze derselben, zumal die Entwicklung im Verhältniss zum Zellkörper; endlich drittens der mehr oder weniger fortgeschrittene Grad der Verhornung. So finden wir, und zwar ganz besonders im verlängerten und im Rückenmark so ausserordentliche Unterschiede im Aussehen der Gliazellen, dass man sie nur sehr ungern zusammenwerfen und mit demselben Namen bezeichnen mag. Wenn wir nun zunächst beim Mark verweilen und dessen Stützzellen genau studiren — was nur durch die Combination sehr gelungener und gut gefärbter Isolirungs- und Schnitt-Präparate ge-

schehen kann —, so sehen wir zwar eine grosse Anzahl verschiedenartiger Formen, finden aber bei aufmerksamer Vergleichung, dass sich alle in zwei grosse Gruppen sondern lassen. Die Zellen nun, welche die Extreme derselben bilden, sind so ausserordentlich verschieden gestaltet, dass sie sich diametral gegenüber zu stehen scheinen, und dass man versucht ist, zwei ganz getrennte Zellarten der Stützsubstanz anzunehmen. In der That wäre man hierzu auch gezwungen, wenn nicht so mannigfache Uebergangsformen vorkämen, dass die breite und tiefe Kluft zwischen den extremen Formen vollkommen überbrückt wird. In grösster Kürze lassen sich diese beiden Zellsorten in folgender Weise characterisiren: Die erste Form besitzt stets einen verhältnissmässig sehr grossen Kern, der recht häufig ganz nackt ohne jede Umhüllung eines Zelleibes zu sein scheint, oder der doch, wenn auch ein Rest des letzteren vorhanden ist, durchaus das Wesentliche der Zellkörper ausmacht. Dieser Kern, der kugelförmig oder etwas oval gestaltet ist, färbt sich auffallend leicht mit Carmin, während der etwa vorhandene Rest eines Zelleibes gar nicht oder sehr langsam etwas von diesem Farbstoff in sich aufnimmt. Entweder an die Peripherie des Kerns sich direct anlehnend, oder aber, wenn noch etwas von einem Zelleib vorhanden ist, aus diesem sich herausbildend gehen einige, meistens nicht allzu zahlreiche Fortsätze ab. Dieselben sind stets ausserordentlich zart und besitzen die entschiedenste Neigung, sich zu theilen, so dass sie sich zuletzt in viele sehr zarte Fäserchen verästeln können. (Die Figuren 1, 2 und 3 geben Abbildungen verschiedener Formen dieser Art.) Ihnen gegenüber stehen andere Zellen von festerer und derberer Consistenz, die zum Theil einen viel grösseren Umfang besitzen, zum Theil aber auch sehr klein sind. Der auffallendste Unterschied liegt darin, dass in dem gut entwickelten Zelleib, an dem sich (wenn das Material einem erwachsenen Geschöpf entnommen war) eine weit vorgeschrittene Verhornung constatiren lässt) gar kein Kern nachzuweisen ist oder nur ganz undeutlich ein solcher im Innern als dunkle nicht scharf abgegrenzte Masse erscheint. Das gewöhnliche ammoniakalische Carmin färbt unter günstigen Umständen diesen Zelleib sehr intensiv, während er durch die guten Kernfärbemittel nicht sichtbar gemacht werden kann. In Schnittpräparaten werden daher nach der Tinction mit letzteren Farbstoffen, so z. B. mit Alaun-Carmin die vorher erwähnten Kernzellen sehr deutlich, wäh-

rend die eben besprochenen unsichtbar oder doch wenigstens undeutlich bleiben. Gute Tinction mit Ammoniak-Carmin hebt beide hervor. Aus dem Zelleib der letzteren Zellen gehen verhältnissmässig starke und sehr zahlreiche Ausläufer hervor, welche etwas geringere Neigung zur Theilung zeigen als die der vorigen; doch verästeln sie sich vielfach auch in reicher Weise. (Die Figuren 4, 5, 6 und 7 sind Proben dieser zweiten Form.)

Uebergangsformen sind in der medulla überall zu sehen und man wird bei eingehender Untersuchung immerhin eine Anzahl von Zellen finden, welche weder der einen noch der anderen Gruppe anzugehören scheinen. Im Allgemeinen aber lassen sich doch alle Stützzellen des Markes in jenen unterbringen und wenn auch das Verhältniss zwischen Kern und Zelleib etwas schwankt, so überwiegt doch entweder der erstere so sehr, dass der letztere mehr nebensächlich erscheint, besonders da er sich in diesem Falle nicht gut färbt oder es ist genau das Umgekehrte der Fall. Mit dem besser entwickelten Zelleib sind auch stets derbere und kräftigere Fortsätze verbunden.

Ich erwähnte schon kurz, dass diese geschilderten Verhältnisse mit der mehr oder minder fortgeschrittenen Verhornung im Zusammenhang stehen. Diese Umwandlung der Substanz der Stützzellen und ihrer Fortsätze in Keratin ist nun eine der wichtigsten Vorgänge in den nervösen Centralorganen. Natürlich nimmt nur der geformte Theil der Stützsubstanz an ihr Theil, die Grundsubstanz bleibt unverwandelt. Sie behält auch bei alten Individuen die zäh-weiche aber elastische Consistenz, von der oben die Rede war. Anders die Zellen. Auch sie sind im embryonalen Entwicklungsstadium aus weicher Protoplasma-Substanz gebildet, Zellkörper sowohl wie Fortsätze. Es lässt sich constatiren, dass die schon vorhandenen Ausläufer, ein ziemlich entwickeltes Netzwerk von Gliafasern, zuerst keine Hornsubstanz enthalten. Dann aber beim wachsenden Geschöpf, Mensch ebenso wie Thier, tritt die Umwandlung der Eiweisssubstanz in Keratin ein, die Zellen und ihre Ausläufer verhornen. Leider ist es aber nun nicht möglich, mit den jetzt zu Gebote stehenden Hilfsmitteln die Zeit des Beginnes dieses Processes zu erkennen. Die ersten Anfänge der Verhornung lassen sich durchaus nicht nachweisen, ebensowenig ist es leider möglich, kleine Unterschiede in der Stärke derselben zu constatiren. Der Nachweis des gebildeten Keratins beruht hauptsächlich auf

der von Kühne eingeführten Verdauungsmethode. Ewald und Kühne¹⁾ haben zuerst gefunden, dass in der grauen Substanz des Centralnervensystems, ebenso wie in der Retina und auch in dem Mark der weissen Nervenfasern eine in Form feiner Fasernetze vorkommende Substanz existirt, welche der Pepsin- und Trypsin-Verdauung widerstehen und sich gegen concentrirte Schwefelsäure und 10 procentige Natronlauge äusserst resistent zeigen. Weitere Untersuchungen haben ihnen den Nachweis geliefert, dass diese Fasernetze aus Hornsubstanz bestehen. Sie benannten es speciell als Neurokeratin. Von verhornten Zellen wussten sie nichts. Es ist nun in der That nicht allzu schwer mittels der Verdauungsmethode die gut ausgesprochene Verhornung zu erkennen; es lassen sich auch, besonders wenn man das Resultat mit demjenigen anderer Methoden, so der Behandlung mit Säuren und Alkalien und der Tinction vergleicht, gröbere quantitative Unterschiede deutlich machen. Aber die feineren, wahrscheinlich überall vorhandenen Differenzen in dem Grade der Verhornung der Elemente, sowie die schwachen ersten Anfänge derselben sind nicht nachzuweisen. Wenn ich daher im Folgenden von der stärkeren oder geringeren Verhornung rede, so bezieht sich diese Angabe nur auf gröbere und stark ausgesprochene Unterschiede, die ich durch die verschiedenen eben erwähnten Methoden zu constatiren vermochte. Ich spreche auch in der Folge mehrfach von dem mehr oder weniger stark verhornten Aussehen. Es ist dies allerdings ein Ausdruck, der mit Vorsicht und in grosser Beschränkung zu gebrauchen ist, da es besonders scharfe Kriterien des Grades der Verhornung nach dem Aussehen nicht giebt. Doch aber schärft sich, wenn man sich Jahre hindurch so intim mit einem Gewebe beschäftigt wie ich mit der Neuroglia, der Blick für wenig stark ausgesprochene Eigenthümlichkeiten, welche sich nicht mit Worten schildern lassen und welche auch gewiss von Andern nicht sofort erkannt werden würden. Bei fortschreitender Verhornung bekommen die Zellen etwas Derberes; dabei aber werden sie durchsichtiger und homogener; in den Schnittpräparaten zeigen sie sich deutlicher; ihre Contouren treten schärfer hervor. Freilich

1) Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems von A. Ewald und W. Kühne. Verhandlungen d. Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. Neue Folge. 1. Bd. 1877.

kann dies nur als allgemeine Regel gelten und möchte ich nicht jede Stützzelle, welche ein solches Aussehen nicht zeigt, durchaus von vornherein als weniger verhornt hinstellen. Im Grossen und Ganzen aber betrachte ich Gliazellen, deren Zelleib durch Einlagerung zahlreicher kleiner Granula ausgezeichnet ist, und die dadurch trüber und gegen die Umgebung weniger scharf differenzirt sind, als nicht so stark verhornt wie die glänzenden, glashellen Gebilde. Diese letzteren färben sich auch mit ammoniakalischem Carmin intensiver als die ersteren. Ich habe das überall in dem Centralnervensystem und sowohl in Schnitt- wie auch in den Isolirungs-Präparaten constatiren können. Je weiter die Verhornung fortgeschritten ist, desto besser und kräftiger die Färbung. Doch kommen Ausnahmen von dieser Regel vor, und dann hängt diese Färbung natürlich auch von der Vorbehandlung des Materials und von der Ausführung der Tinction ab.

Sehr bemerkenswerth ist nun das genauere Verhalten des Kerns bei der Verhornung vieler Stützzellen. Derselbe wird vielleicht zu gleicher Zeit mit dem Eintreten der Umwandlung des Zellprotoplasmas in Hornsubstanz allmählich immer kleiner und dürtiger, verliert seine regelmässige runde oder ovale Form und nimmt eine unregelmässig längliche Gestalt an.

Dabei betheiligt sich nun auch er an der Umwandlung in Keratin. Hierdurch verschwindet also die bisherige Differenz zwischen Kern und Zelleib, sie bestehen beide aus derselben Substanz. Es gelingt darum nicht mehr, durch Ammoniak-Carmin und ähnliche Tinctionsmittel die Kerne in den Zellkörpern hervorzuheben; die Zellen erscheinen ganz kernlos. Doch aber sind sie es nicht, denn die besten Kernfärbemittel, wie Alaun-Carmin und andere vermögen ihn doch noch als verhältnissmässig kleinen verkrüppelten Körper zu differenziren. Dann aber, wenn die Verhornung einen noch höheren Grad erreicht, geht der Kern offenbar ganz in dem Zelleib auf. Wenigstens findet man sowohl im Rückenmark wie auch im Gehirn und in der weissen sowohl wie in der grauen Substanz grosse und kleine Stützzellen, in denen man auch durch die besten Kerntinctionsmittel keinen Kern mehr sichtbar machen kann. Bei einem sorgfältigen Studium solcher Schnitte, welche mit Ammoniak-Carmin und hinterher noch mit Alaun-Carmin tingirt sind, kann man wohl alle möglichen Uebergangsstadien dieses Kern-Schwundes erkennen. Man findet viel-

leicht nebeneinander Zellen mit einem schön ausgebildeten runden Kern in einem grossen Zelleib; dann solche in denen der Kern noch deutlich aber kleiner ist; ferner solche, in denen der kleine Kern in der verschiedensten Weise undeutlich ist, so dass Zellen vorkommen, in denen er grade noch als verschwimmender, dunkler, gefärbter Fleck sich offenbart; und endlich solche Zellen, die in ganz gleichmässiger Weise gefärbt gar keinen Rest eines Kerns erkennen lassen. Nach sehr vielen Versuchen bin ich nun zu der Ueberzeugung gekommen, dass diejenigen Zellen, deren Kern verschwunden ist, eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien besitzen, als diejenigen mit einem kleinen Kern, diese aber in dieser Hinsicht noch weit die mit einem regelmässigen, grossen Kern versehenen übertreffen. Schon bei den gewöhnlichen Macerationsmethoden kann man, wenn man genau vergleicht, einen deutlichen Unterschied in der Widerstandsfähigkeit dieser Gliazellen erkennen. Lässt man z. B. Rückenmarksstückchen bei warmer Temperatur (15—20°) längere Zeit hindurch 4—10 Tage, in sehr verdünnter Lösung von Ammonium bichromicum maceriren und versucht dann von Zeit zu Zeit Zupfpräparate zu machen, so wird man zu einem Punkt gelangen, wo die weniger haltbaren Zellen nicht mehr ganz und unzerbrochen zu isoliren sind, während die besser Widerstand leistenden Zellen noch mit den Nadeln herausgezerrt werden können. Und wenn man sich dieser Untersuchungsmethode in sehr vorsichtiger und möglichst exacter Weise bedient, kann man mittelst ihrer mehrere verschiedene Grade der Widerstandsfähigkeit der Stützzellen gegen solche Macerationsmittel constatiren. Dieselben stimmen ungefähr mit den Stadien des Kernschwundes überein. Ebenso auch kann man bei äusserst vorsichtiger Behandlung gut isolirter und möglichst frischer Gliazellen mit caustischen Alkalien oder mit Säuren ähnliche Grade der Widerstandsfähigkeit gegen diese feststellen, die auch wieder den Stadien des Kernschwundes entsprechen. Dass die kleinen Kerne der grossen Gliazellen einer Rückbildung unterworfen sind, ergiebt sich meiner Ansicht nach auch daraus, dass man in ihnen selbst bei günstigen Färbungen keine Differenzirungen findet, während die grossen, schön ausgebildeten Kerne der kleinen, zarten Gliazellen in gut tingirten Präparaten die schönsten und äusserst deutlichen, aus regelmässigem Netzwerk bestehenden Kernfiguren aufweisen.

Ich erwähnte schon, dass Ewald und Kühne in ihrer Arbeit nur von verhornten Fasern sprechen, wir sahen aber soeben, dass die Zellen der Stützsubstanz, wenigstens diejenigen, welche einen verhältnissmässig grossen Zelleib besitzen, ebenfalls verhornt sind. Sie bleiben bei der Verdauung kleiner Stückchen weisser oder grauer Substanz aus allen Partien der Centralorgane durch Pepsin und Trypsin mit den Fasern zusammen übrig. Man kann sie noch tingiren und so deutlich machen. Die meisten von ihnen sind im Zusammenhang mit ihren Fortsätzen eben dem Horngerüst Ewald-Kühne's geblieben. Verschiedene Beobachtungen haben mich zu der Ansicht gebracht, dass hinsichtlich der Stärke der Verhornung zwischen den Fortsätzen und den Zellkörpern ein gewisser Unterschied besteht, dass die ersteren, besonders so lange die Umwandlung in Keratin im Zunehmen ist, etwas stärker verhornt und demgemäss etwas widerstandsfähiger sind. Der Unterschied könnte aber jedenfalls nicht gross sein, da es mir trotz mehrfachen Bemühens nicht gelungen ist, ihn wirklich nachzuweisen.

Anders ist das Verhalten der zarten Gliazellen, deren Körper fast ganz allein aus dem unverhältnissmässig grossen Kern besteht, und bei denen die feinen Ausläufer sich entweder direct an diesen anzulehnen scheinen oder aber von einem schmalen zart ausschauenden und in der That wenig widerstandsfähigen Zelleib ausgehen. Werden sie der Verdauung unterworfen, so scheint sich bei weitem in der Mehrzahl der Fälle der letztere aufzulösen, da man die Kerne isolirt in der Flüssigkeit, in dem Gewebe aber statt ihrer Löcher findet. Sucht man so behandelte Stückchen grauer Substanz zu zerzupfen, so gelingt es fast niemals, die eben erwähnten Zellen im Zusammenhang zu isoliren; man erhält nur einzelne Fortsätze und losgelöste Kerne. Ausnahmen sind selten und könnten vielleicht auf eine ungenügende Verdauung geschoben werden. Dagegen verdienen andere interessante, allerdings auch ziemlich seltene Befunde der Erwähnung. Bei sehr vorsichtigem Auseinanderbreiten kleiner Partikelchen grauer, der Verdauung unterworfenen Substanz erhält man hier und da einmal Gebilde, welche kernlose Gliazellen der letzterwähnten Form zu sein scheinen. Strahlenförmig angeordnete Fasern nämlich, welche durchaus den zarteren Gliafortsätzen gleichen, gruppiren sich, offenbar mit einander verklebt, um eine grosse rundliche Oeffnung. Manchmal erkennt man einen sehr feinen, schmalen centralen Saum, welcher

kranzartig die Strahlen verbindet. Es sieht also so aus, als ob die geringen, vielfach kaum noch oder gar nicht mehr erkennbaren Reste des Zelleibes bei dieser Form der Stützzellen nicht verhornen und daher bei der Verdauung aufgelöst werden. Die reichlich verästelten Fortsätze dagegen bestehen aus unverdaulicher Hornsubstanz, ja in einzelnen Fällen würde auch, wie aus den eben geschilderten Befunden zu schliessen ist, die äussere Partie des Zelleibes, von dem die Ausläufer abgehen, verhornen, während die den Kern umlagernde unverhornt bleibt. Die Kerne selber scheinen sich ebenfalls nicht in Keratin umzuwandeln. Der Verdauung widerstehen sie zwar, wie alle Kerne doch fand ich sie nach Behandlung mit verdünnten Alkalien gelöst. Sie würden also in dieser Hinsicht den verkrüppelten und verhornten Kernen der andern Form der Stützzellen gegenüber stehen. Ich erwähne endlich noch, dass der später noch näher zu besprechende nicht ganz seltene Befund der Kerntheilung in den zarten Gliazellen darauf hinweist, dass nicht alle Zellen dieser Art zu gleicher Zeit verhornen. Freilich ist es mir nie gelungen, Theilungen der ganzen Zelle zu finden, ich sah sie stets nur an den Kernen, so dass zwei oder drei derselben von einem gemeinsamen Strahlenkranz von Fortsätzen umgeben war. Man muss also entweder annehmen, dass sich die nicht verhornten Kerne in der verhornten Peripherie allein theilen können¹⁾, oder aber, dass sich die ganzen Zellen theilen, und erst später nach diesem Vorgang verhornen. Eine Entscheidung in dieser Frage soll hier nicht gegeben werden. Die ganze Deutung, ich muss dies hinzusetzen, der eben geschilderten Befunde und Resultate der Verdauungsmethode ist vorläufig mit Vorsicht aufzunehmen, obgleich ich nur das möglichst Sichere angeführt habe. Als histologische Untersuchungsmethode bietet die Verdauung grade für das Centralnervensystem grosse Schwierigkeiten dar. Könnte man ihr sehr feine Schnitte des in gewöhn-

1) Dass die Fortsätze allein verhornen können, während die Zellkörper andauernd aus lebendem weichem Protoplasma bestehen, beweisen die den Centralkanal umgebenden Epithelien, welche, wie wir noch näher sehen werden, ebenfalls Gliazellen sind, die für den besondern Zweck eine besondere Form angenommen haben. Sie senden in die Substanz des Markes längere oder kürzere Fortsätze, welche ohne Zweifel verhornen, während sie selber in der Mehrzahl der Fälle ihr weiches Zellprotoplasma, das an der freien Fläche zarte Flimmerhärcchen trägt, unverändert behalten.

licher Weise erhärteten Materials unterwerfen, so würde man zu sehr viel klareren und bestimmteren Resultaten gelangen. So aber muss man sich mit der Behandlung der verhältnissmässig sehr dicken Schnitte der frischen Organe begnügen. Dieselben geben auch nach der Auflösung vieler Gewebselemente durch die Verdauung nur theilweise, z. B. in der weissen Substanz, klare Uebersichtsbilder. Man muss das Detail durch Zerzupfen des Materials zu erforschen suchen und hierbei muss man naturgemäss auf die Klarstellung mancher Verhältnisse verzichten. Obige Schilderung jedoch, die mit grosser Vorsicht einer reichen Fülle von Thatsachen und Befunden entnommen wurde, ist der Hauptsache nach ohne jeden Zweifel richtig, dürfte aber auch in den einzelnen Details mit grosser Sicherheit als der Wirklichkeit entsprechend betrachtet werden. Dass es mir nicht gelang, den zeitlichen Beginn der Verhornung mittelst der Verdauungsmethode zu erkennen, erwähnte ich schon kurz. Das den Embryonen entnommene Centralnervensystem verdaut sich leicht und ganz; auch in den ersten Wochen nach der Geburt, wo die Glianetzwerke schon ganz vollkommen ausgebildet sind, kann Hornsubstanz nicht nachgewiesen werden. (Ich musste mich bei diesen Untersuchungen auf verschiedene Thierarten beschränken. Für die Erforschung der Verhältnisse beim Menschen fehlte mir das Material.) Bei Kaninchen fand ich dann schon in den ersten Monaten die durch Umwandlung in Hornsubstanz bedingte Widerstandsfähigkeit der Neuroglia gegen die verdauende Kraft des Pepsin und Trypsin. Aber ich konnte, wie schon gesagt wurde, weder bei Kaninchen noch bei anderen Thieren die Anfänge dieser Umwandlung herausfinden. Es ist doch sehr wahrscheinlich, dass die Verhornung ganz allmählich zu Stande kommt. Manche Befunde haben sogar in mir den Glauben entstehen lassen, dass z. B. beim Kaninchen die Hornbildung in der Glia um die Geburt herum beginnt und langsam fortschreitet, bis das Thier ganz erwachsen ist. Aber es fehlt mir durchaus an exacten Beweisen für diese Annahme. Doch habe ich die diesbezüglichen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen und hoffe noch zu besseren und sicheren Resultaten, zumal durch Verfeinerung der Verdauungsmethode zu gelangen.

Ewald und Kühne haben die hornige Substanz, aus welcher die Neuroglia besteht, das Neurokeratin, in grösseren Quantitäten rein dargestellt und einer weiteren chemischen Untersuchung unter-

zogen. Es betrug mindestens 15—20% vom Gewicht des trocknen mit Alkohol und Aether erschöpften Gehirnpulvers. Chemisch ist es durchaus den übrigen Hornsubstanzen des thierischen Körpers an die Seite zu stellen, hat aber doch auch wiederum seine Eigenthümlichkeiten. Da diese chemische Beschaffenheit der Stützsubstanz für das Verständniss derselben von Interesse ist, führe ich hier die näheren Angaben der erwähnten Autoren ¹⁾ an. Sie vergleichen das Neurokeratin mit dem Keratin der Epidermis und sagen: „Uebereinstimmung herrscht hinsichtlich der Unverdaulichkeit, der Unlöslichkeit in kalter Schwefelsäure und Kalilauge, im hohen Schwefelgehalte, sowie in der Beimengung schwefelhaltiger, leicht zersetzbarer Substanzen, auch in den für Eiweissstoffe gemeinsamen Reactionen. Das Neurokeratin ist aber viel schwerer löslich in kochender, starker Kalilauge, als in gleicher Weise extrahirtes und ausgedautes geraspeltes Rinderhorn und es giebt selbst bei 150° nur sehr wenig an Eisessig ab. Ferner giebt die Lösung in heissem Aetzkali viel mehr Neutralisationsfällung als die des Horns.“

„Nach 5stündigem Kochen von 1 Th. Neurokeratin mit 10 Th. verdünnter SH_2O_4 (1 Th. Säure auf 1,5 Th. H_2O) bleibt etwa $\frac{1}{5}$ ungelöst, während Horn dabei ganz zergeht. Das Gelöste liefert aber, wie beim Horn, beträchtlich mehr Tyrosin und weniger Leucin, als die Eiweissstoffe. Unter Behandlungen, welche aus Chitin Zucker bilden, wird aus Neurokeratin kein reducirender Körper erhalten.“

„Unsere Substanz verbreitet erhitzt den Geruch nach angebranntem Horn, schmilzt, brennt mit leuchtender Flamme, hinterlässt 1,6% Asche, enthält Stickstoff und 2,93% Schwefel.“

Bleiben wir nun vorläufig noch bei der Stützsubstanz des Rückenmarks und des verlängerten Markes stehen und sehen uns die oben in Bezug auf ihre Form und ihre sonstigen Verhältnisse nur ganz kurz skizzirten Zellen etwas näher an. Haben wir sie gut verstanden, so kann es uns nicht schwer werden, auch die Glia-Verhältnisse des Gehirns zu verstehen. Wir müssen an dem oben betonten Unterschied der Zellen festhalten und die beiden Formen, zwischen denen es allerdings viele Uebergänge giebt, besonders betrachten. Zunächst also sprachen wir von zarteren

1) l. c. p. 463 ff.

Gliazellen mit grossen rundlichen Kernen und feinen sich reichlich verästelnden Fortsätzen. In der Mehrzahl der Fälle ist der Kern wirklich eine regelmässige, schöne Kugel, häufig aber auch ist er oval gestaltet. Krause¹⁾ behauptet, die Kerne der Gliazellen seien stets oval und nur auf dem optischen Querschnitt rund erscheinend. Dass dies für unsere Zellen unrichtig ist, erkennt man leicht an den gänzlich isolirten und der Fortsätze beraubten Kernen, welche in Flüssigkeiten schwimmend sich nach allen Richtungen drehen und wenden können, ohne die runde Gestalt einzubüssen. Unter günstigen Umständen kann man in den Kernen sehr zierliche Netze mit verdickten Knotenpunkten erkennen. Die Kernkörperchen sind regelmässig vorhanden und sehr gross. Auffallend ist die grosse Widerstandsfähigkeit der Kerne gegen mechanische und chemische Eingriffe. Sie übertreffen in dieser Hinsicht nicht allein die Kerne der Nervenzellen sehr bedeutend, sondern auch die meisten Kerne anderer Gewebe, mit denen ich sie hierauf verglich. So z. B. lösten sie sich bei lang andauernder Behandlung mit den gewöhnlich angewandten Macerationsflüssigkeiten viel schwerer auf als die meisten andern Gewebelemente des centralen Nervensystems und sind bei dem endlichen Zerfall derselben diejenigen Gebilde, welche man noch am längsten unversehrt erhalten kann. Ebenso überdauern sie bei solcher Maceration die Kerne des reticulären Bindegewebes, z. B. aus der Milz oder den Lymphdrüsen, diejenigen der glatten Muskelfasern u. s. w. Auch gegen die Einwirkung von Säuren und Alkalien leisten sie länger Widerstand als die meisten andern Kerne. Dass sie mechanischen Eingriffen besonders schwer erliegen, schliesse ich daraus, dass es bei sehr intensivem Zerzupfen mit feinsten Nadeln fast niemals gelingt, einen zu zerreißen, während man oft die Kerne der Nervenzellen zerstört. Auch kann man durch starken Druck des Deckglases sie viel schwerer zerdrücken als andere Gewebelemente. In dieser Hinsicht auf die Widerstandsfähigkeit gegen chemische und mechanische Eingriffe kommen ihnen nur die derberen und ganz verhornten Gliazellen gleich, die sie in mancher Beziehung sogar übertreffen. Merkwürdig ist die grosse Verwandtschaft dieser Kerne zu ammoniakalischem Carmin, das ja sonst nicht zu den Kernfärbemitteln gehört. Sie ziehen, zumal in sehr verdünnten

1) l. c. p. 399.

Lösungen des Farbstoffes, denselben mit grösster Gier an sich und färben sich schneller mit ihm als alle andern Elemente des Centralnervensystems, auch als die Kerne der Nervenzellen. Grade durch diesen Umstand sind sie so vielfach in den Verdacht gekommen, freie, isolirte und mit nichts Anderm in Verbindung stehende Gebilde zu sein. Sie, intensiv gefärbt, heben sich überall in den Schnitten leuchtend hervor, während die zu ihnen gehörigen zarten und ungefärbten Fortsätze nicht erkannt werden. In dieser hervorragenden Tinctionsfähigkeit mit Ammoniak-Carmin beruht ein sehr wesentlicher Gegensatz gegen die mehr oder minder verkrüppelten Kerne der andern Form der Gliazellen, da sie sich nur sehr schwer mit diesem Farbstoff tingiren und jedenfalls nicht stärker als der umgebende Zelleib. Ich komme hierauf noch einmal zurück.

Vielfach sind nun diese Kerne von einem zarten an Masse geringfügigen Zelleib umgeben, andere aber, und ihre Zahl ist vielleicht grösser, besitzen einen solchen nicht. Aber auch, wenn vorhanden, erscheint der Zelleib unbedeutend und gering dem Kern gegenüber, selbst wenn er, was nicht häufig ist, ihn an Grösse übertreffen sollte. Er hat eben etwas ungemein Zartes und Unscheinbares, ist vollkommen durchsichtig, enthält selten kleine Gewebe und färbt sich ausserordentlich schwer mit Carmin und andern Tinctionsmitteln. Es ist gleichgültig, ob man Schnitte durch das erhärtete Mark oder isolirte Zellen der Tinction mit Ammoniak-Carmin unterwirft, diese Zellkörper bleiben entweder ganz ungefärbt oder nehmen höchstens einen blass-rosa Schein an, während die von ihnen umhüllten Kerne intensiv roth gefärbt sind. Offenbar hat der Zelleib eine sehr geringe Widerstandskraft gegen Reagentien, da er sehr schnell zerfällt und schon lange aufgelöst ist, wenn der Kern sich noch gar nicht verändert zeigt. Dass diese Umhüllungen des Kerns nicht oder wenigstens in ihrem grössten Theil nicht verhornen, habe ich schon erwähnt.

Ist der Zelleib etwas stärker entwickelt, so liegt der Kern gewöhnlich nicht in der Mitte, sondern in einer Ecke wie in Fig. 2. Andererseits bei einer starken Reduction des Zelleibes kann derselbe wie ein kleiner Anhang an dem Kern kleben. Natürlich gehen die Fortsätze dann allein von diesem Anhang ab. In andern Fällen aber wieder umgibt der ungemein stark geschwundene Zelleib den Kern in ganz regelmässiger Weise und in gleich dicker

Schicht; er bildet also eine diesen umschliessende Hohlkugel, von der dann die Fortsätze nach allen Seiten hin in gleich starker Weise ausgehen. Die Wandung dieser Hohlkugel kann so dünn sein, dass man ihr Vorhandensein nur im optischen Querschnitt an der doppelten Contour des Kerns erkennt. Dann aber, sobald nur eine Spur eines Zelleibes vorhanden ist, pflegen die Ausläufer mit einer kleinen dreieckigen Basis zu beginnen; sie entstehen nicht plötzlich aus dem Zelleib, sondern dieser geht in sie sich allmählich verschmälernd über, wie das so schön bei den Nervenzellen zu sehen ist. Ganz anders natürlich ist dies Verhältniss, wenn gar kein erkennbarer Zelleib mehr vorhanden ist. Dann müssen die Fortsätze ganz unvermittelt und ohne jeden Uebergang entstehen; sie lehnen sich so direct an den Kern an, dass es aussieht, sie kämen aus ihm heraus. Die in den Figuren 1 und 3 einerseits und in der Figur 2 andererseits abgebildeten Zellen machen diesen Unterschied wohl ohne Weiteres klar.

Die Fortsätze dieser ersten Form der Gliazellen sind hinsichtlich der Zahl, der Stärke, der Länge und der Gestalt sehr verschieden, stets aber sind sie verhältnissmässig feine Fäden von ausserordentlicher Länge, welche eine grosse Neigung zur Theilung zeigen. Was zunächst die Zahl angeht, so isolirt man Kerne mit sehr wenigen Ausläufern, vielleicht 3 oder 4. Doch wird man in diesen Fällen bedenken müssen, dass immerhin einige bei der Präparation verloren gegangen sein können. Doch lassen auch die Schnittpräparate vermuthen, dass von manchen Kernen, die gewöhnlich auch recht klein sind, nur 2—4 Fortsätze ausgehen. Diese sind dann sehr zarte und feine Fädchen von kaum messbarer Dicke (Fig. 1 b). Andererseits können die Ausläufer sehr zahlreich werden, ohne freilich die bei der andern Form der Gliazellen mögliche Zahl zu erreichen. Ich zählte bei den stattlichsten hierher gehörigen Zellen etwa 25 derselben. Ebenso verschieden wie die Anzahl der Fortsätze ist auch ihre Länge, da einige sich bald nach ihrem Entstehen verästeln und mit den von Nachbarzellen abstammenden Fasern verbinden, andere zuvor eine weite Strecke hindurch laufen, ehe sie sich in die Endäste auflösen. Zwar erreichen sie niemals die bedeutende Länge, welche die Ausläufer der andern Zellform der Stützsubstanz auszeichnen können, aber doch sind es häufig sehr lange Fasern. Ja, wenn man diese Gliazellen bisher nur in Schnittpräparaten studirt hatte

und nun die gut isolirten Zellen anschaut, muss man ausserordentlich über die Länge ihrer Fortsätze erstaunt sein, da bei dem dichten Aneinanderliegen der Zellen im Schnitt zur Verbindung unter einander und zur Bildung eines Netzwerkes nur kurze Ausläufer nöthig erscheinen. Die Zellen aber senden ihre Fortsätze nicht immer gleich zur nächst gelegenen Nachbarin, sondern häufig weit über diese hinaus in eine fernere Gegend, damit sie sich dort erst verästeln und mit andern Fasern verbinden. Die Stärke der Ausläufer hängt zum Theil von ihrer Länge ab, indem die längeren gewöhnlich — aber durchaus nicht immer — auch die stärkeren sind, zum Theil von der Grösse des Kerns — alle aber sind im Vergleich mit den Fortsätzen der anderen Form sehr schmal und zart. Sie sind auch, wie der etwa vorhandene Zellleib durchsichtig und klar, enthalten keine Körnchen oder Granula im Innern, keine Varicositäten, Knoten oder Verdickungen aussen. Wo das letztere behauptet wird, wie z. B. bei Krause¹⁾, da ist dieser Irrthum wohl durch die Präparation entstanden, da sich leicht kleine Partikelchen aussen an die Fasern anlegen und Verdickungen vortäuschen können.

Ueber die Theilung der Fortsätze wurde schon früher ausführlich gesprochen. Grade die Ausläufer dieser Form pflegen sich auf das Reichhaltigste zu verästeln und so zur Bildung der allerfeinsten, nicht mehr messbaren Fäserchen Veranlassung zu geben. Wie aber schon weiter oben hervorgehoben wurde, ist es nicht gut möglich eine solche Zelle mit allen ihren feinsten Ausläufern vollständig zu isoliren, da die zarten Enden um so eher abreißen oder abbrechen, da sie nicht nur mit den stärkeren Ausläufern dieser Zelle, sondern auch mit denen anderer benachbarter Zellen verbunden sind. Ein Bild, wie die Figur 1a uns bietet, gehört zu den grössten Seltenheiten und ist auch nicht einer vollkommen isolirten Zelle entnommen, sondern aus einem grösseren

1) l. c. p. 398. In den Zupfpräparaten findet man häufig kleine Detrituspartikelchen den Fortsätzen anliegen und in den Schnitten kommt dadurch ein ähnliches Bild zu Stande, dass unmittelbar neben den horizontal im Bilde verlaufenden Fasern, und ihnen innig angeschmiegt, nach andern Richtungen laufende Fortsätze gelagert sind. Sie zeigen sich natürlich im Querschnitt als Punkte und können den im Schnitt längs verlaufenden Fasern so dicht anliegen, dass sie wohl für Varicositäten derselben gehalten werden können.

Zusammenhang herausgeschnitten, da die feineren Fortsätze mehrfach in das allgemeine Netzwerk der Stützsubstanz übergehen, in dem sie dann nicht weiter zu verfolgen sind. Wir erkennen hieraus die Art und Weise, wie die Ausläufer dieser Gliazellen meistens endigen. Die letzten Endreiser verbinden sich, ohne dass sich eine Grenze finden liesse, mit eben solchen aus ähnlichen Zellen hervorgegangenen Fäserchen. Ob sie sich zuweilen nur aneinander legen und so mit einander verkleben, ist schwer zu entscheiden. Jedenfalls würde diese Art der Endigung und der Bildung des Stützgeflechtes die seltenere, die erstere die bei Weitem gewöhnlichere sein. In dieser Weise entsteht ein feines Netzwerk mit den Kernen in den Knotenpunkten. Die Lücken werden, wie ich noch später näher schildern will, von den nervösen Elementen oder auch einfach durch Grundsubstanz ausgefüllt. In den Schnitten, auch in den feinsten, ist es sehr schwer, das Netzwerk in grösserer Ausdehnung deutlich zu machen, während dies an einzelnen besonders günstigen Stellen recht gut gelingt. In Isolationspräparaten aber erhält man wohl hier und da einmal, freilich mehr zufällig als durch besondere Manipulationen feine Fasernetze mit sehr engen Maschen und mit den runden oder ovalen Kernen in den Knotenpunkten. Hier gelingt es dann nicht mehr, die Grenzen der einzelnen Zellen festzustellen; man kann durchaus nicht erkennen, ob bestimmte Fasern diesem oder jenem Kern zugehören. Dieser fällt auch wohl, zumal wenn gar keine Spur eines Zelleibes ihn mit den Fortsätzen verbindet, aus dem Netzwerk aus, ein rundliches Loch in ihm zurücklassend, und liegt nun isolirt als „freies Korn“ im Präparat herum.

In der Zelle Fig. 3 liegen drei Kerne dichtgedrängt nebeneinander, und gehen die Fortsätze von ihnen als gemeinsamem Mittelpunkt gleichmässig nach allen Richtungen hin. Es entspricht dies Bild durchaus einem häufigen Vorkommniss. Man findet nicht nur bei ganz jungen Individuen, sondern auch bei Erwachsenen sehr häufig Gliazellen der beschriebenen Art, welche Theilungsvorgänge in den allerverschiedensten Stadien zeigen. Zellen mit zwei Kernen sieht man gar nicht selten, auch mit dreien, ja hier und da kommen noch vier Kerne vereint vor. Dabei lassen sich die verschiedensten Momente der Trennung beobachten, von der leichten Einschnürung bis zur vollständigsten Loslösung. Das Verhalten der Kernfiguren habe ich bei dieser Theilung nicht

besonders untersucht; bei niedern Wirbelthieren, z. B. bei Hai-fischen wird man bei Anwendung geeigneter Methoden gewiss nach dieser Hinsicht schöne Bilder erhalten, da bei ihnen die Kerne der Gliazellen sehr scharf gezeichnete Figuren aufweisen. Sagte ich eben, dass diese Theilungsvorgänge bei Geschöpfen von verschiedenem Alter zu beobachten sind, so muss ich nun doch hinzufügen, dass sie ganz besonders bei wachsenden und bei jungen Individuen, später aber etwas weniger gefunden werden.

Was die locale Verbreitung dieser Zellen und ihre Verwendung betrifft, so will ich hier nur kurz andeuten — es wird später genauer von diesen Dingen die Rede sein — dass sie ganz besonders in der grauen Substanz und viel weniger in der weissen vorkommen. Denken wir an die extremen Formen, bei denen von einem Zelleib gar nichts mehr zu sehen ist, so müssen wir diese in der That auf die graue Substanz beschränken, da zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz nur Uebergangsformen vorkommen. Jene sind nun aber durchaus nicht die einzigen Gliazellen in den grauen Massen, sondern sie haben sich, wie wir das noch näher sehen werden, in der Aufgabe, ein Stützgerüst für die nervösen Elemente zu bilden, mit den anders gestalteten Gliazellen zu theilen. Ich werde weiter unten zeigen, dass sie besonders für die Umscheidung der Nervenzellen und ihrer Fortsätze, für die Bildung von Hüllen, diese zu umschliessen, verwandt werden.

Isolirt man nun aus der weissen Substanz der medulla spinalis oder oblongata, dann auch aus der Umhüllungsmasse des Ventrikels oder Centralkanals, oder aus der unter der Pia liegenden Hülle des ganzen Markes¹⁾ Gliazellen und sucht sich solche aus, wie in der Figur 5 eine dargestellt ist, so wird man beim Vergleich mit der eben beschriebenen Zellform leicht die Unterschiede erkennen, welche oben kurz zusammengestellt wurden. Der ungemein stark entwickelte Zelleib, das Fehlen des Kerns gibt der Zelle in Figur 5 ein ganz anderes Aussehen als den in den Figuren 2 und 3 dargestellten. Es ist aber wohl dabei zu

1) Ich werde nachher noch zu zeigen haben, dass diese zweite Form der Gliazellen auch in der grauen Substanz ein regelmässiges Gerüst bilden und werde auf das Verhältniss der beiden Sorten in derselben näher eingehen. Ganz besonders charakteristische und sehr schön ausgebildete grosse Stützzellen dieser kernarmen Form sind in bestimmten bisher wenig bekannten Glia-Anhäufungen in der medulla oblongata, am Boden des 4. Ventrikels zu finden.

bemerken, dass hier eine möglichst von der vorigen Form verschiedene Zelle gewählt wurde und dass es zwischen diesen Extremen Uebergänge aller Art in dem Rückenmark und der medulla oblongata gibt, so dass man zuweilen Zellen isolirt, von denen schwer zu sagen ist, welcher Form sie eigentlich zugerechnet werden sollen. Ferner hat man zu bedenken, dass diese Zelle einem mit Carmin-Ammoniak gefärbten Präparat entnommen wurde. Würde sie mit einem richtigen Kernfärbemittel, wie z. B. Alaun-Carmin tingirt sein, so könnte sich vielleicht im Innern des grossen Zelleibes ein nicht allzu bedeutender Kern differenzirt haben. Handelt es sich jedoch um ein von älteren Geschöpfen herstammendes Material, so wird man sehr häufig Gliazellen finden, in denen auch die Behandlung mit den energischsten Kernfärbemitteln einen Kern nicht deutlich machen könnte. Niemals aber, wenn ein solcher vorhanden ist, bildet er so sehr die Hauptmasse und die Hauptsache der Zelle wie in der vorher beschriebenen Form. Er tritt in den mit ammoniakalischem Carmin gefärbten Präparaten mehr oder minder zurück gegen die Substanz des Zelleibes, da er einmal hinsichtlich der Grösse im Verhältniss zu jenem nicht sonderlich auffällt, und dann auch besonders, weil er sich mit dem genannten Farbstoff nicht sehr intensiv und zumal nicht intensiver als der Zelleib färbt. Seine Verwandtschaft zu Ammoniak-Carmin ist ausserordentlich viel geringer als die der grossen Kerne der andern Gliazellform, ja auch viel geringer als der Kerne der Nervenzellen, während der Zelleib den Farbstoff bedeutend leichter aufnimmt als die geringen Reste eines Zelleibes, welche etwa den eben erwähnten grossen Kernen der Stützsubstanz anhaften. Eine bestimmte typische Form kommt den verkrüppelten Kernen unserer Zellen nicht zu, sie können die verschiedensten Formen besitzen und sind oft recht unregelmässig gestaltet, wie man das sonst bei Kernen nicht leicht wieder sieht. Kernkörperchen findet man selten in ihnen enthalten. Es soll aber hier doch noch einmal ausdrücklich hervorgehoben werden, dass man alle diese Verhältnisse bei den hierher gehörigen Zellen in einer graduell sehr verschiedenen Weise ausgesprochen findet, so dass, wie schon erwähnt wurde, ganz allmähliche Uebergänge zu der vorigen Form genugsam vorkommen. Je jünger auch das Thier ist, dem man das Material entnimmt, um so weniger ist die Verkrüppelung der Kerne zu beobachten. In Bezug auf den Zelleib wurde schon

die Möglichkeit, ihn mit Ammoniak-Carmin zu färben, betont; doch muss hinzugefügt werden, dass derselbe durchaus nicht etwa dem Protoplasma der Nervenzellen oder gar deren Kernen hinsichtlich der Fähigkeit, sich mit Carmin zu tingiren, gleicht, sondern recht sehr hinter ihnen zurücksteht. Das macerirte, zu zerpufende Material ebenso wie die Schnitte müssen viel länger in der Carminlösung bleiben, um die Gliazellen zu färben, als zur Tinction der Nervenzellen. Genügt zu dem letzteren Zweck ein vierundzwanzigstündiges Verweilen der Schnitte in der ganz blass rosa-rothen Flüssigkeit, so muss man sie mindestens 48 Stunden oder gar 3 Tage hindurch in der gleichen Lösung lassen, um die Gliazellen der weissen Substanz zu färben. Und es scheint nur die allmähliche Einwirkung der ungemein verdünnten Lösung ein günstiges Resultat zu ergeben, während eine stärkere, dunklere Carminflüssigkeit nur in seltenen Fällen gute Färbungen jener Zellen erzielt. Alaun-Carmin und die meisten Anilinfarben, zumal alle Kernfärbemittel, Haematoxylin, Goldchlorid und Osmiumsäure wirken alle zusammen nicht auf diese Zellsubstanz. Etliche Anilinfarben aber, wie Saffranin Bordeaux, Anilinblau und einige andere tingiren sie, keine jedoch so intensiv, wie sie in gleicher Stärke und bei gleicher Dauer auf die meisten andern Gewebe einwirken. Gewöhnlich und besonders in den Schnitten von erhärtetem Material zeigt sich der Zelleib glashell, ganz durchsichtig und homogen; keine Einlagerungen, Körnchen oder dergleichen trüben ihn. Zuweilen aber erscheint derselbe fein granulirt. Findet dies in Zellen statt, welche nach einer der gewöhnlichen Macerationsmethoden isolirt worden sind (wie es z. B. bei der Zelle in Figur 5 der Fall ist), so könnte man die feine Trübung wohl auf die Präparation, bei welcher der Zelleib offenbar etwas aufquillt, schieben. Man sieht aber das Gleiche auch wohl in guten Schnittpräparaten, so dass man annehmen muss, dass den Zellen unter besondern nicht näher bekannten Umständen solche feine Körnelung zukommt, während sie für gewöhnlich durchaus homogen und glashell sind. Im Uebrigen soll noch wiederholt werden, dass sie sehr widerstandsfähig gegen chemische und mechanische Einwirkungen sind. Ebenso muss man ihnen eine grosse Elastizität zuschreiben, obschon man dieselbe nicht direct beweisen kann. Da aber die weisse Substanz in grösseren Parteen eine sehr bemerkbare Elasticität besitzt, den markhaltigen Nervenfasern jedoch offenbar

jede Spur davon abgeht, so muss man sie auf Rechnung der Gliazellen und deren Ausläufer setzen. Diese letzteren nun gleichen in Hinsicht auf ihre Substanz vollkommen den Zellkörpern, von denen sie ausgehen. Es gehen diese ja auch vielfach ohne Grenze in jene über, indem sie an einer Stelle eine dreieckige Partie bilden, welche sich allmählich mehr und mehr zu einer Faser verjüngt. Andere Fortsätze freilich entspringen ohne eine solche Vermittelung ganz plötzlich. (Die Zelle in Figur 5 gibt eine Illustration beider Fälle.) Sie sind also auch homogen, ohne jede Einlagerung, ganz glashell und zeigen genau dieselben Eigenthümlichkeiten hinsichtlich der Tinction und des chemischen und mechanischen Verhaltens wie jene. Sie sind ganz scharf, glatt und ohne jede Varicosität.

Ueber die Verästelung der Fortsätze wurde schon oben im Allgemeinen gesprochen und verweise ich auf das dort Gesagte. Hinzuzufügen ist, dass im Grossen und Ganzen die Ausläufer dieser Gliazellen sich nicht in so reichhaltiger Weise verästeln wie diejenigen der vorher beschriebenen Form. Im Einzelnen aber hängt der Grad ihrer Verzweigung und die Art derselben ganz von den lokalen Verhältnissen und dem Zweck, den sie zu erfüllen haben, ab. In der weissen Substanz werden zur Umscheidung der markhaltigen Nervenfasern durch häufige Theilung sehr feine Reiserchen gebildet (wie z. B. Fig. 15 deutlich demonstrirt), während in den Gliamassen am Boden des vierten Ventrikels und um den Centralcanal herum, ebenso in der Umhüllung des ganzen Markes die Fortsätze der Gliazellen sich nicht so reichhaltig verästeln. Die durch Maceriren und Zerzupfen isolirten Zellen können uns kein ganz richtiges Bild von der wirklich vorhandenen Verzweigung geben, da ganz unzweifelhaft, wie das ja oben schon erwähnt wurde, viele oder gar die meisten feinen Reiser abbrechen müssen, wenn wir die Zelle aus ihrer Umgebung herausreissen und von ihren Verbindungen isoliren; denn diese feinen Fäden sind es ja, welche sie mit den gleichen Elementen der Nachbarschaft zusammenheften. An einer Stelle müssen sie durchreissen, um ihrer Zelle die Freiheit zu geben und diese Stelle scheint ganz besonders häufig ihr Ausgangspunkt von den stärkeren Fortsätzen zu sein. Bei der Betrachtung der abgebildeten Zellen Fig. 4, 5 und 6 hat man sich gewiss eine Anzahl der Ausläufer mit zahlreichen feineren sich weiter verästelnden Zweigen besetzt, vorzustellen, um das der Wirklichkeit entsprechende Bild

derselben zu erhalten. Ich sage einer Anzahl der Ausläufer. Denn viele verlaufen ganz sicher ohne besondere Verästelung, ja oftmals ohne sich ein einziges Mal zu theilen, eine kürzere oder längere Strecke, um sich dann mit einer andern Faser zu verbinden oder sich direct in eine andere Zelle einzusenken. Solche Fortsätze verzweigen sich wenig oder gar nicht, sondern enden in der Stärke, in welcher sie aus ihrer Zelle entsprungen. So werden gewiss die meisten Ausläufer der in Fig. 7 dargestellten Zelle, welche der *substantia gelatinosa Rolandi* entnommen wurde und die für eine Sorte der dort vorkommenden Gliazellen geradezu typisch geworden ist, wenig verletzt sein und werden im Zusammenhang mit den benachbarten Elementen nicht viel mehr Theilfasern besessen haben. Sehr ähnlich sehen auch die Fortsätze der Zellen der äusseren Glia-Umhüllung des Rückenmarks aus, wie auch diese Zellen im Ganzen der dargestellten so ähnlich sind, dass dieselbe geradezu als Muster für sie gelten kann. Aber auch eine Anzahl der Ausläufer der grossen Zelle in Fig. 5 ist gewiss unverletzt und hat in der dargestellten Form ohne weitere Theiläste abzugeben, ihr Ende gefunden. Eine ganz besondere Art sich nicht theilender Fortsätze kommt nur einigen Zellen zu, und zwar, wenn auch nicht ausschliesslich, solchen, die in der weissen Substanz in longitudinalen parallel mit der Längsaxe des Markes angeordneten Reihen liegen. Es soll weiter unten über die Anordnung und Bedeutung dieser höchst eigenthümlichen Fasern gesprochen werden. Hier genüge Folgendes: Man findet in Isolationspräparaten hier und da Zellen, welche ausser den gewöhnlichen eben beschriebenen Ausläufern einem ungemein starken Fortsatz Ursprung geben, welcher ohne sich je zu theilen, in wellenförmigen oder gar spiraligen Windungen eine verhältnissmässig nicht sehr lange Strecke verläuft, um dann wie abgerissen zu enden. Er sieht besonders durchsichtig und glasartig, dabei sehr fest und derb aus. Besonders glückliche Zufälle beim Zerzupfen, dann aber Schnittpräparate zeigen, dass diese Fortsätze direct von einem Zelleib zu einem andern benachbarten laufen, um sich in diesen einzusenken. So wird zwischen zwei nahe beieinander liegenden Zellen eine ganz besonders innige und feste Verbindung geschaffen. Da diese Fortsätze in situ entweder, nur ganz leichte oder gewöhnlich gar keine Windungen, im isolirten Zustand aber und an dem einen Ende durch Abreissen von der einen Zelle befreit, ziemlich

auffallende zeigen so wird man wohl Recht haben, wenn man annimmt, dass sie in situ und besonders im Leben einer gewissen Spannung und Dehnung unterworfen sind. In der Fig. 15 sind einige derartige Verbindungen der Gliazellen in der weissen Substanz dargestellt; sie kommen aber auch in den grösseren Anhäufungen der Stützsubstanz vor. So fand ich sie besonders noch in der starken Gliaschicht am Boden des vierten Ventrikels.

Die Stärke und Länge der Fortsätze ist ungemein verschiedenen. Im Allgemeinen aber sind sie viel stärker und länger als jene der zarten, kernversehenen Gliazellen. Genauer ist das Verhältniss so, dass die letzteren niemals eine solche Dicke oder Länge erreichen wie die der jetzt besprochenen Zellen; diese aber besitzen Fortsätze von jedem Caliber, von den allerfeinsten bis zu sehr starken; ebenso ist es auch mit der Länge. Die eben erwähnten starken, gewundenen Verbindungsfäden zweier Zellen sind gewöhnlich kurz und manchmal sehr kurz. Die andern können kürzer oder länger sein; viele erreichen eine Länge, die im Verhältniss zur Grösse des Zellkörpers ausserordentlich genannt werden muss. In den Figuren 5 und 7 sind zwar schon ziemlich lange Fortsätze dargestellt, aber einmal wurden sie, um Platz zu sparen, von dem Zeichner etwas verkürzt und dann sind aus demselben Grunde durchaus nicht die Zellen für die Zeichnung ausgewählt, welche die längsten Fortsätze hatten. Ich habe aber vom Schaf solche Zellen mit Ausläufern von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Millimeter Länge isolirt. Beim Menschen kommen ziemlich eben so grosse vor. Wenn ein Zellleib mit dem Durchmesser von 0,015 bis 0,025 mm Fortsätze von 0,8 mm besitzt, so ist das schon sehr auffallend. Einige Male habe ich sogar Fortsätze von mehr als 1 mm Länge constatiren können. Da diese Ausläufer ja nach allen Richtungen hin laufen, so kann unter Umständen eine solche Zelle einen Raum von 2 Cubikmillimeter beherrschen. Freilich muss man einen solchen Fall wohl mehr als Ausnahme ansehen, da die Dimensionen meistens viel geringere sind.

Eine bestimmte typische Form kommt diesen Gliazellen nicht zu. Sie sind je nach der Oertlichkeit und nach der Art der Verwendung verschieden gestaltet. Eine sehr gewöhnliche Form in der weissen Substanz ist die dreieckige; die Zelle bildet eine Pyramide, die bald breit und niedrig, dann aber auch häufig schlank und hoch und deren Basis gern concav ausgeschweift ist.

Besonders zwischen den markhaltigen Nervenfasern und zum Zweck der Scheidenbildung für dieselben sind so geformte Gliazellen sehr häufig und werde ich weiter unten genauer auf die Verhältnisse dieser eingehen, aber auch in der grauen Substanz und in den Gliamassen um die centralen Hohlräume herum sind sie häufig anzutreffen. Während im Allgemeinen die Zellen der Stützsubstanz nach allen Dimensionen hin entwickelt sind, kann man häufig bei diesen pyramidenförmigen eine mehr oder minder starke Abplattung constatiren, so dass zwei parallel mit einander angeordnete Seitenflächen, drei Kanten und drei Ecken vorhanden sind. Selten jedoch ist der Dickendurchmesser ein sehr geringer, die Abplattung ist also meistens nicht bedeutend. Von solchen Zellen gehen dann die Fortsätze gern in den Ecken ab und zwar treten bei den ganz typischen Formen wirklich nur drei starke Ausläufer, welche sich bald büschelförmig theilen, oder drei Bündel von Fasern aus den drei Ecken heraus. Diese Form wird etwas unregelmässiger, wenn auch von den Kanten Fasern ausgehen. In der Figur 4 ist z. B. eine solche Gliazelle aus der weissen Substanz dargestellt; sie zeigt die geschilderten Verhältnisse sehr schön. Ausser den starken, bald sich verästelnden, aus den Ecken hervorgehenden Fortsätzen a, b und c tritt bei d noch ein kleines Faserbündel aus der Kante hervor. Unter besondern Umständen können die Fortsätze dieser pyramidenförmigen Zellen so angeordnet sein, dass man denselben den Namen Pinselzellen, den Boll zuerst aufgebracht hat, beilegen kann. Derartige Gebilde aber, wie er als Pinselzellen aus dem Rückenmark des Schafes abbildet¹⁾, habe ich niemals gefunden, trotzdem dass ich gewiss mehrere tausend Isolationspräparate durchmustert habe. Bei niedern Säugethieren und dann ganz besonders bei Amphibien und Fischen sind pinselförmige Pyramidenzellen häufiger im Rückenmark. So isolirte ich z. B. aus dem Mark des Igels derartige dreieckige Zellen, von denen an der einen Ecke ein sehr starker und langer sich erst spät verästelnder Fortsatz ausging, während an der dieser Spitze gegenüberliegenden Basis verschiedene feinere und schnell sich verästelnde Ausläufer entsprangen. Aber auch diese Zellgebilde unterscheiden sich sehr wesentlich von den Boll'schen Zeichnungen. In manchen Fällen treten in dem voluminösen Leib unserer Glia-

1) l. c. Tab. I Fig. 3 u. 4.

zellen mehr oder minder starke Einschnürungen auf, welche allerselbst seltsame Gestaltungen bewirken. Derartige Gebilde (Fig. 5 ist ein hübsches Beispiel) haben Jastrowitz veranlasst, sie und diese Gliazellen überhaupt als „Spinnenzellen“ zu bezeichnen. In vielen Fällen in der That dürfte diese Benennung nicht unpassend erscheinen, wenn man auch wohl noch niemals Spinnen mit so vielen Beinen gesehen hat wie die Zellen Fortsätze haben.

Wenn ein Bündel von Ausläufern sehr dicht neben einander aus einer Zelle hervorgeht, besonders in dem Fall, dass aus den Ecken der pyramidenförmigen Zellen einige wenig von einander divergirende Fasern herauslaufen, findet man wohl hier und da eine helle durchsichtige Substanz, welche mit dem Zelleib in continuirlichem Zusammenhang steht, um sie herum oder auch nur zwischen ihnen. Oft umhüllt dieselbe sie ganz — Ranvier sagt wie ein Aermel —, diese scheinen aber durch, da sie derber und fester sind und sich stärker tingirt haben. Diese Anhangsmasse des Zelleibes ist auch heller und zarter aussehend als jener. In der Fig. 6 a ist ein Beispiel für dies im Ganzen nicht sehr häufige Vorkommniss gegeben. Eine ähnliche Bedeutung scheint es zu haben, wenn sich starke Fortsätze in die Substanz des Zelleibes hinein als distincte Fasern verfolgen lassen, oder wenn sie sogar durch diesen hindurch verlaufend an einer andern Stelle wieder austreten. Es kann also eine Faser durch die ganze Masse des Zelleibes hindurch gehen, um sich an beiden ausserhalb desselben gelegenen Enden zu verästeln. Nicht ganz eben so aussehend, im Princip aber doch offenbar durchaus den erwähnten Gebilden entsprechend sind Zellen, denen eine — viel seltener mehrere — starke, bogenförmig gekrümmte Faser anliegt. Ich fand diese Bildung hier und da einmal in der weissen Substanz, zwischen den Nervenfasern, dann aber häufiger, wenn auch nicht oft, am Boden des vierten Ventrikels, in den hier mächtigen Anhäufungen von Stützsubstanz, welche überhaupt zum Studium der verschiedenen Eigenthümlichkeiten der kernarmen Gliazellen die beste Gelegenheit gewähren. Besonders kann man eine solche ungewöhnliche Gestaltung an grossen dreieckigen Pyramidenzellen¹⁾ finden, von denen an den drei Ecken in früher beschriebener Weise Fortsatzbündel (oder auch wohl an Stelle dieser ein einziger bald

1) Nur an Isolirungspräparaten, durchaus nicht in Schnitten.

sich theilender Fortsatz) ausgehen. Zwischen zwei dieser Bündel und sich innen dicht an sie anschmiegend läuft eine sehr starke, bogenförmig sich krümmende Faser. Die beiden peripherischen Enden derselben verästeln sich ganz so wie die andern Fortsätze, denen sie überhaupt vollkommen gleichen, centralwärts aber senken sie sich nicht wie diese in den Zelleib ein, sondern verbinden sich mit einander durch ein gemeinsames schlingenförmiges Mittelstück, so dass eben eine einzige Faser entsteht. Diese bogenförmige Schlinge ist nun der concav eingebogenen Zellkante oder Zellfläche zwischen den Eck-Ausläufern derartig genau angepasst und so innig angeschmiegt, dass sie ein Theil des Zelleibes zu sein scheint. Die Figur 6 a wird dies besser als die Beschreibung klar machen. Offenbar haben wir also hier dasselbe wie in dem früher erwähnten Fall, wo Ausläufer scheinbar durch die ganze Masse des Zelleibes verlaufen, um sich an beiden peripherischen Enden zu verästeln. Hier nun in dem letztbesprochenen Fall hält der mittlere oder centrale Theil der Fasser so genau die Kante des Zelleibes ein, dass er ihm nur anzuliegen scheint.

Ich machte schon in der erwähnten früheren kleinen Publication¹⁾ auf einige dieser Verhältnisse aufmerksam. Gleich darauf hat hat dann Ranvier²⁾ dieselben mit besonders lebhafter Betonung hervorgehoben. Er spricht sowohl von der Umhüllung der Fortsatzbündel — sie werden nach ihm von dem Protoplasma, wie von einem „manchon“ umgeben — als auch von dem Eindringen von Fasern in das Innere des Zelleibes. Andere scheinen diese Vorkommnisse nicht beobachtet zu haben. Ranvier legt ihnen nun eine sehr grosse und meiner Ansicht nach viel zu grosse Bedeutung bei. Zunächst ist es entschieden unrichtig, wenn er diese Bildungen als durchaus gewöhnlich, ja als fast regelmässig hinstellt. Das sind sie durchaus nicht. Im Gegentheil, sie müssen selbst bei älteren Geschöpfen als mehr ausnahmsweise vorkommende Bildungen angesehen werden, die zwar an gewissen Stellen nicht ganz selten zu finden sind, immerhin aber doch mehr die Ausnahme als die Regel ausmachen. Es muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass diese Anordnung der fortsatzartigen Fasern eine im Laufe der

1) Breslauer ärztliche Zeitschrift 1882. Nr. 14 ff.

2) De la Neuroglie in den Archives d. Physiol. normal. et path. 1883.

Jahre auftretende Erscheinung ist. Im jugendlichen Mark konnte ich sie durchaus nicht finden, und bei älteren Thieren sind sie jedenfalls viel häufiger als bei jüngeren. Ich habe mich z. B. vergeblich bemüht sie in den Centralorganen eines 10 Wochen alten Lammes und eines Kalbes von 6 Wochen zu finden. Ich benutzte ferner die sich mir bietende günstige Gelegenheit¹⁾, in dieser Hinsicht die nervöse Stützsubstanz von einjährigen und älteren (ungefähr 4—6jährigen) Schafen und ebenso von einer etwa achtzehn Monate alten jungen Kuh und von vierjährigen resp. siebenjährigen Rindern zu vergleichen. Das Resultat war, dass bei den ein- bis zweijährigen Thieren, bei denen die Gliazellen jedenfalls schon verhornt waren, die geschilderten Bildungen entweder gar nicht oder wenigstens nur in ziemlich undeutlicher Weise, vielleicht beginnend vorkommen. Manche Zellen schienen Andeutungen einer Differenzirung ihrer Substanz zu zeigen und schien es mir, als könnte ich Fortsätze in das Innere verfolgen. Immer aber gehörte zu diesem Erkennen etwas guter Wille, während nun bei den älteren Thieren die Verhältnisse, wie ich sie oben schilderte, in mehrfachen Befunden sehr deutlich waren. Halte ich diese Thatsache mit dem Aussehen dieser Zellen und dem eigenthümlichen Verhalten ihrer Fortsätze zusammen, so glaube ich schliessen zu können, dass die beschriebenen Fasern an und in den Zellkörpern durch Differenzirung der Substanz derselben bei der fortschreitenden Verhornung entstanden sind. Chemisch sind ja die beiden Theile der Gliazellen, Fortsätze und Körper, nicht besonders verschieden von einander, doch hatte ich schon weiter oben die Ansicht ausgesprochen, dass die Fortsätze etwas stärker verhornen und dadurch gegen mechanische und chemische Eingriffe widerstandsfähiger werden als die Zellkörper. Die eben besprochenen eigenthümlichen Stützzellen müssen nun diesen Glauben bedeutend verstärken, nur schreitet hier die stärkere Verhornung centralwärts fort und ergreift Streifen des Zellkörpers, welche zwei der peripherischen Ausläufer mit einander verbinden. Aus dem Zelleib bilden sich ja bei allen Gliazellen die Fortsätze,

1) Da ich die Ferien gewöhnlich auf einem Gut verbringe, das grosse Schafheerden und einen sehr starken Bestand an Rindvieh besitzt, so erhielt ich im Lauf der letzten Jahre hinreichendes Material von Thieren, deren Alter sich genau feststellen liess.

ihre Substanz wandelt sich in die der auswachsenden Fasern um. In einigen seltenen Fällen nun differenzieren sich an den Ecken zwei oder mehrere faserartige Streifen in der Substanz des Zellkörpers; sie gehen eine wahrscheinlich äusserst geringfügige chemische Veränderung ein, welche sie befähigt, sich von der umgebenden nicht veränderten Zellsubstanz als deutlich begrenzte Fasern abzuheben und sich mit Ammoniak-Carmin stärker als jene zu färben. Ebendasselbe ist es, wenn in andern Zellen an einer Kante oder ganz im Innern des Zelleibes solche Fasern durch eine geringe chemische Umwandlung feiner Streifen der Zellsubstanz entstehen. Warum nun aber diese Bildung bei einigen Zellen bei der fortschreitenden Verhornung eintritt und bei der Mehrzahl nicht, das vermag ich nicht zu sagen. Jedenfalls wird sie durch Umstände bedingt, die sich nicht allzu oft wiederholen, denn ich muss hier noch einmal im graden Gegensatz zu Ranvier betonen, dass die so gebildeten Zellen nur Ausnahmen sind, welche an bestimmten Stellen der nervösen Centralorgane etwas häufiger gefunden werden als in den übrigen Theilen. Auf keinen Fall darf man annehmen, wozu die vorstehende Schilderung vielleicht verleiten könnte, dass die kernarmen Gliazellen im höheren Alter der Thiere zum grossen Theil oder vielleicht gar alle solche Fasern in sich differenzieren. Ein durchaus hinreichend grosses Material und eine genügende Reihe von hierauf bezüglichen Untersuchungen hat mir die Gewissheit verschafft, dass auch bei alten Thieren diese Bildungen nur Ausnahmen bilden. Ranvier möchte sie zur Regel machen und legt ihnen eine grosse theoretische Bedeutung bei, welche mir etwas gesucht erscheint und von der jedenfalls nach meiner Ansicht gar nicht die Rede sein kann. Er sieht nämlich in dieser Bildung von Fasern innerhalb der Zellsubstanz ein Analogon der fibrillären Structur der Nervenzellen. Und da er, wie ja auch ich, behauptet, dass die Stützzellen und die Nervenzellen entwicklungsgeschichtlich nahe verwandt sind, so benutzt er diese Analogie als einen Beweis für die Verwandtschaft. Ich muss doch gestehen, dass es mir nicht verständlich ist, wie dieser ausgezeichnete französische Histologe die erwähnten beiden Bildungen mit einander vergleichen kann. Hier einige sehr wenige starke wie zufällig in dem Zelleib sich abscheidende Fasern und dort die ganze Zellsubstanz in ungeheuer zahlreiche feinste Fibrillen zerfallend, welche von den Fortsätzen her in jene eindringen.

Altersveränderungen sind nun aber auch noch in anderer Weise zu beobachten. Denn wie wir so vielfach im Körper in den aus Zellen und deren Ausläufern bestehenden Netzgeflechten einen mehr oder minder stark ausgeprägten Schwund der ersteren finden, so können wir auch bei der Untersuchung der Stützsubstanz Zellen finden, deren kleiner, gering und verkrüppelt aussehender Zelleib gar nicht im Verhältniss zu stehen scheint zu den mächtig entwickelten massenhaften, dicken und langen Fortsätzen (Figur 6). Eine wenig centrale Masse hält diese letzteren zusammen. Diese ist nicht, wie wir dies bei der andern Form der Gliazellen als häufiges Vorkommniss fanden, der übriggebliebene Zellkern, sondern ein Rest des Zelleibes, in dem von einem Kern durch kein Tinctionsmittel etwas nachzuweisen ist. Der Schwund des Zellkörpers kann noch weiter fortschreiten als in der Figur 6, ja es können einige Fortsätze eine scheinbare Selbstständigkeit erreichen, indem sie dem Rest des Zelleibes nur noch anliegen. An dieser Stelle ist der letztere eben vollkommen zur Bildung der ersteren verwandt worden.

Es ist natürlich möglich, dass so zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz des Rückenmarks, wo man diese Gebilde ebenso wie an andern Stellen antrifft, einzelne isolirte und selbstständige Fasern der Stützsubstanz entstehen, welche dann aber gruppenweise von einem gemeinsamen Centrum ausgehen müssten. Jedenfalls könnten derartige Stützfasern nach meinen Untersuchungen selbst bei alten Geschöpfen nur in sehr geringer Menge vorhanden sein und durchaus könnten wir in ihnen nicht die elastischen Fasern der Stützsubstanz erblicken, von denen manche Forscher wie Gerlach¹⁾ und Schwalbe²⁾ sprechen. Mit Sicherheit zu beweisen ist das Vorkommen von einzelnen isolirten Fäden überhaupt nicht, denn wenn man sie in Zupfpräparaten antrifft, können sie selbstverständlich von irgend einer Zelle abgebrochen sein; und in Schnittpräparaten können ebenso die etwa vorhandenen einzelnen Fasern Fortsätze von Zellen sein, die in anderen Schnittebenen liegen.

Ich will hier hinzufügen, dass verhornte selbstständige Gliafasern an bestimmten Stellen, im Rückenmarke z. B. in dem mittleren

1) l. c. p. 670.

2) l. c. p. 304.

Commissurenthail — ich komme weiter unten hierauf zurück — dadurch entstehen, dass bipolare Zellen ganz in der Bildung ihrer Fortsätze aufgehen. Zuerst ist noch eine mittlere Verdickung der Fasern zu erkennen, dann aber schwindet auch diese.

Ich habe in dem Vorhergehenden mehrfach darauf hingewiesen, dass die Verschiedenheiten der Gliazellen zum Theil Altersunterschiede sind. Ihre Form, ihre Grösse, die Anordnung ihrer Fortsätze und manches Andere wird durch die Art ihrer Verwendung und durch locale Verhältnisse bedingt, einige der auffallendsten Verschiedenheiten aber sind mit dem zunehmenden Alter entstanden. Und untersuchen¹⁾ wir das Rückenmark von jüngeren Embryonen, so werden wir die früher beschriebenen Unterschiede überhaupt nicht finden. Die Gliazellen sind untereinander alle gleich. Ja gehen wir weit genug zurück, so finden wir sogar überhaupt keinen Unterschied zwischen den zelligen Elementen der Markanlage. Rundliche Bildungszellen liegen dicht neben einander gedrängt, kein Merkmal stempelt sie zu Nerven- oder Glia-Zellen. Erst allmählig gelingt es wenigstens an einigen Stellen durch bestimmte charakteristische Eigenthümlichkeiten die beiden Formen auseinander zu halten. Selbst in der weissen Substanz sind zuerst gleichartige Zellen angelegt, welche sich bald in abwechselnden Streifen angeordnet in zwei sehr verschiedenartige Elemente umwandeln, in die rundlich polygonalen Stützzellen und in längliche Gebilde, welche noch richtige Zellen, mehr und mehr zu Fasern auswachsen. Haben die Gliazellen Ausläufer bekommen, so sind sie von den Nervenzellen zu unterscheiden, unter einander aber sind sie gleichartig, und von den späteren Verschiedenheiten ist noch nichts zu sehen. Indem ich hier die Einzelheiten der ersten Entwicklung übergehe, bemerke ich nur, dass die Stütz- und Nerven-

1) Ich gehe auf die entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse der Stützsubstanz in dieser Abhandlung nicht allzu genau ein, da dieselbe dadurch gar zu umfangreich werden würde, und da in dieser Hinsicht meine Untersuchungen noch nicht ganz abgeschlossen sind. Die bei diesem Thema in Betracht kommenden Fragen sind zum Theil ungemein schwierig und durchaus nicht so ohne Weiteres zu beantworten. Zur besseren Lösung der Aufgabe habe ich daher Embryonen niederer Wirbelthiere, besonders von Fischen mit in die Betrachtung gezogen. Doch kann ich des mangelnden Raumes wegen hier unmöglich genauer auf diese Verhältnisse eingehen, auch habe ich diese Untersuchungen noch nicht ganz zum Abschluss bringen können.

Zellen nicht nur das gleiche Aussehen haben, sondern sich auch aus derselben Anlage hervorbilden. Aus den Bildungszellen des Ectoderms scheidet sich eine Gruppe ab, um die erste Anlage des centralen Nervensystems aufzubauen. Und diese Zellen bilden sich theils zu Nerven- theils zu Stütz-Zellen um. Mit Bestimmtheit ist die Ansicht abzuweisen, dass letztere von aussen mit den Gefässen oder auf andere Weise in die Anlage des Centralorgans hineinwuchern. Zellen wachsen von aussen durchaus nicht in irgend einen Theil des Centralnervensystems hinein; und an Fasern kommen nur die wenigen Bindegewebsfibrillen, welche im Rückenmark eine äussere lockere Adventitia der Blutgefässe bilden, in die Substanz desselben hinein. (Auf die eigenthümlichen Verhältnisse der bindegewebigen Piafortsätze in den Longitudinalfissuren des Rückenmarks und ihre scheinbaren Einstrahlungen in dasselbe komme ich weiter unten zurück.) Nur diese Fasern gehören im Centralnervensystem dem echten Bindegewebe an, nur sie sind leimgebendes Gewebe. Die Elemente aber der eigentlichen Stützsubstanz in den nervösen Centralorganen, sowohl die ungeformte Grundsubstanz wie die Zellen mit ihren Ausläufern nehmen eine ganz andere histologische Stellung ein. Ich protestirte ja schon gegen die noch immer allgemein gebräuchliche Bezeichnung derselben als „Bindegewebe des Centralnervensystems“. Wir sahen dann, wie sehr die Gliazellen und die mit ihnen zusammenhängenden Fasern dem collagenen Bindegewebe durch die Keratinbildung gegenüber steht. Nun müssen wir auch als schwerwiegenden Unterschied hervorheben, dass die Neuroglia sich aus dem Ectoderm entwickelt, während das Bindegewebe dem Mesoderm entstammt.

Es ist schon von anderer Seite darauf hingewiesen worden, dass die Neuroglia den Stützfasern der Retina gleichwerthig sei¹⁾. Dies ist durchaus richtig; sie gehören in jeder Hinsicht zusammen. Und wie bei der Entwicklung des Sinnesorgans die dicht neben einander liegenden und längere Zeit hindurch scheinbar ganz gleichen Zellen zu einer functionell so überaus verschiedenartigen Ausbildung gelangen, so auch in den Centralorganen. Diese aus zar- testem Protoplasma bestehenden Nervenzellen, die auf allen Seiten

1) So z. B. von Schwalbe im oben citirten Werk. — Die Herkunft der Neuroglia von dem Ectoderm ist ebenfalls schon von Schwalbe und Anderen behauptet worden.

von Blut umspült, dem lebhaftesten Stoffwechsel unterworfen sind, und denen zum Theil eine so überaus reiche und wunderbare Function zukommt, dass unserm Vorstellungsvermögen der causale Zusammenhang zwischen ihnen, den stofflichen Gebilden und dem Product ihrer physiologischen Thätigkeit, dem Geist geradezu unfassbar ist. Auf der andern Seite die mehr oder minder verhornten Zellen der Stützsubstanz, die sich mit einem minimalen Stoffwechsel begnügen können, da ihre ganze Aufgabe darin besteht, mit ihrer elastischen Substanz die zarteren und weicheren nervösen Elemente zu schützen und einzuhüllen. So verschieden aber diese beiden Elemente in ihrer Function und zum grössten Theil auch in ihrer äusseren Beschaffenheit sind, so bilden sie sich doch aus den gleichen embryonalen Zellen des Ectoderms. Bedenkt man, dass sich ausser diesen Gewebstheilen des centralen Nervensystems auch die Sinnesepithelien und ihre Stützgebilde und ebenso die ganze äussere Zellbekleidung des Körpers, die Epidermis herausbildet, so wird man die Stützsubstanz der Centralorgane für ein epitheliales Gewebe erklären müssen. Seine Elemente freilich nehmen zur Lösung der ihnen gestellten Aufgabe, für die nervösen Gewebstheilechen Hüllen oder Scheiden im Ganzen und im Einzelnen zu bilden, ganz andere Form an als den Epidermiszellen zukommen, aber man findet in den verwandten Stütz- und Deckzellen der Sinnesepithelien mannigfache Uebergänge zu jenen. Nur einige verhältnissmässig wenige Zellen der Stützsubstanz des Centralnervensystems nehmen eine derartige Form und Anordnung an und werden in solcher Weise für die soeben erwähnte Aufgabe verwendet, dass sie auch in dieser Hinsicht den Epithelien gleichen und auch schon seit langer Zeit von einer naiveren Anschauung als Epithelzellen bezeichnet wurden. Es sind dies diejenigen Gliazellen, welche das Stützgewebe nach innen gegen die centralen Hohlräume des Gehirns und Rückenmarks abschliessen. In der letzteren Parthie habe ich die Entwicklung dieser inneren Gegend am genauesten untersucht und kann grade sie zum Studium der feineren Verhältnisse der Entwicklung des Gliagewebes empfehlen. Da ich aber, wie schon oben erwähnt wurde, diese entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen, welche ich möglichst auch auf niedere Wirbelthiere ausgedehnt habe, noch nicht beenden konnte, bemerke ich an dieser Stelle nur¹⁾: Die Epithelschichte um den Centralcanal

1) Ich kann übrigens in Hinsicht auf die Entwicklungsgeschichte des

des Rückenmarkes ist bei Kaninchenembryonen bis über die Hälfte der embryonalen Entwicklung hinaus sehr mächtig und besteht aus vielen Schichten länglicher elliptischer oder spindelförmiger Zellen, welche in regelmässiger Anordnung um den Centralcanal herum gelagert sind. Vor und hinter demselben stehen sie mit ihrem langen Durchmesser sagittal, seitlich frontal. Das peripherische Ende dieser Zellen verjüngt sich und geht in einen Fortsatz über, welcher in der Längsrichtung der Zellen weiter verläuft und durch die graue und weisse Substanz hindurch bis zum Rand des Markes zu verfolgen ist. Im weitem Verlauf der Entwicklung verwandeln sich die äusseren Zellen dieser mächtigen Schichte mehr und mehr. Einmal gehen deutlich Ganglienzellen, dann auch eben so deutlich multipolare Neurogliazellen aus ihnen hervor. Je mehr die Entwicklung fortschreitet, desto mehr verschmälert sich die Schichte, indem die Verwandlung der Zellen von aussen nach innen hin vorgeht, bis zuletzt nur noch eine einzige Lage derselben übrig bleibt; es bildet diese das bekannte Epithel des Centralcanals. Was aus den Ausläufern der seitlichen sich umwandelnden Zellen wird, habe ich bisher noch nicht ermitteln können. Dass sie hier und da in dauernder Weise an der Bildung der Balken der weissen Substanz, welche ohne Frage der Hauptsache nach aus richtigen Gliazellen und deren Fortsätzen zusammengesetzt werden, sich theiligen können, ist ja an und für sich nicht unmöglich, doch nicht leicht zu beweisen, da sie sich nicht so recht von jenen unterscheiden.

Die übrig bleibenden seitlichen Epithelzellen besitzen ebenfalls derartige Ausläufer, die sich nach kürzerem oder längerem Verlauf mit den Fasern des Gliageflechts der substantia gelatinosa centralis oder durch diese hindurch dringend mit jenen der grauen Substanz verbinden. Die Epithelzellen vor und hinter dem

Markes auf die ausgezeichnete Behandlung dieses Themas in Kölliker's „Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere.“ 2. Aufl. Leipzig 1879. p. 584 verweisen. Ich schliesse mich seiner Darstellung im Grossen und Ganzen an. Nur in Bezug auf die Entstehung der Neuroglia muss ich von seiner Auffassung abweichen, da er sie von aussen mit den Gefässen hinein wuchern lässt. — Wenig dagegen kann ich mich mit den Ausführungen Löwe's (Dr. Ludwig Löwe: „Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Nervensystems.“ Bd. II. Lief. I. Leipzig 1883) einverstanden erklären.

Centralcanal senden ihre Ausläufer in sagittaler Richtung nach vorn respect. nach hinten zwischen den symmetrischen Hälften des Marks zur bindegewebigen Hülle desselben, um sich mit dieser zu verbinden. Auch hier bleiben bei der späteren Entwicklung Fortsätze als selbständige Fibrillen bestehen, wenn ihre Zellen sich umgewandelt haben, andere behalten ihren Zusammenhang mit solchen Zellen, welche zu multipolaren Gliazellen der substantia gelatinosa werden. Zu diesen Fibrillen kommen die Ausläufer der bleibenden Epithelzellen vor oder hinter dem Centralcanal und bilden zusammen mit ihnen ziemlich starke aber ungemein verschiedene und nicht sehr regelmässig entwickelte Bündel, welche bei der weiteren Ausbildung des Markes speciell bei der Bildung der hintern und vordern Stränge und der Longitudinalfissuren zwischen den ersteren und zur Ausfüllung der letzteren bestehen bleiben. Sie gehen oft bis zur Pia und verbinden sich innig mit ihr, indem von ihr Bindegewebsfibrillen gewöhnlich in der Begleitung der Blutgefässe ausgehen und parallel mit den eben beschriebenen Fasern bis zu dem Commissurentheil des Markes verlaufen können. Doch treten sie, wie es scheint, nur ausnahmsweise und nur eine lockere äussere Adventitia der Gefässe bildend in die Marksubstanz ein. So sind die sogenannten „Pia-Fortsätze“, welche die Longitudinalfissuren ausfüllen, zum Theil Bindegewebsbündel, zum Theil aber verhornte Gliafasern, welche entweder Fortsätze der nächststehenden Epithelzellen des Centralcanals oder selbständig gewordene Fäden sind. Die Menge dieser sehr verschiedenartigen Elemente ist jedenfalls ungemein wechselnd und offenbar nicht constant. Im Allgemeinen aber scheinen die Piafortsätze und besonders ihre inneren Theile ganz hauptsächlich von den verhornten Stützfasern gebildet zu werden.

Die zunächst ausserhalb der bleibenden Epithelien liegenden embryonalen Zellen wandeln sich dadurch, dass ausser dem einen erwähnten Ausläufer noch andere Fortsätze aus dem Zellkörper herauswachsen, in multipolare Stützzellen um, und zwar hier nur in solche, während sich die mehr aussen gelegenen zum Theil in diese, zum Theil aber in Ganglienzellen umbilden. Es entstehen also die Gliazellen der substantia gelatinosa centralis aus den erwähnten spindelförmigen Embryonalzellen. In welcher Weise nun aber bildet sich das zweite, das formlose Element dieser Substanz, die structurlose Grundsubstanz? Grade diese Stelle ist durchaus

die günstigste, um diese Frage zu lösen, da sie nur aus diesen Gewebstheilchen der Stützsubstanz zusammengesetzt ist, und keine eingelagerten nervösen Bestandtheile die Verhältnisse compliciren. Und dennoch bin ich nicht zu einer vollkommen sicheren Anschauung gekommen, ob sich die homogene, formlose Substanz allein durch Zerfall und Umwandlung der embryonalen Zellen oder durch eine Abscheidung der Gliazellen, oder endlich in beiderlei Art bilde. Im ersten Fall wäre sie also als eine echte Grundsubstanz, im zweiten als Zwischen- oder Kittsubstanz zu bezeichnen. Ich glaube allerdings nach meinen bisherigen Untersuchungen schliessen zu müssen, dass ganz hauptsächlich Grundsubstanz durch allmähliche Umwandlung des Zellkörpers entsteht. Man findet in den Schnitten eines Markes vom Kaninchenembryo in der dritten Woche seiner Entwicklung nicht selten Zellen in jener oben beschriebenen Gegend, welche die verschiedensten Zustände eines Zerfallens und einer gänzlichen Auflösung so deutlich demonstrieren; dass man kaum an dem häufigen Untergang dieser embryonalen Zellen zweifeln kann. Sie verschwinden allerdings nicht, sondern verlieren nur ihre Zellnatur und überhaupt ihr distinctes Wesen als gesonderte Gebilde und verschmelzen mit andern gleichartigen Massen zu einer gemeinsamen keine Grenzen und Theile darbietenden Substanz. Dabei liegt die Frage nahe, ob das Zellprotoplasma allein oder auch die Kerne die Grundsubstanz bilden. Diejenigen, welche glauben, dass ungemein zahlreiche freie, hüllen- und fortsatzlose Kerne in den erwachsenen Centralorganen vorkommen, müssen annehmen, dass diese bei dem Entstehen der Grundsubstanz übrig gebliebenen Zellkerne jene späteren nutzlosen und functionslosen Gebilde sind ¹⁾. Wir sahen aber schon früher, dass dieselben in Wirklichkeit sehr wenig zahlreich sind und dass die ganz ungeheure Mehrzahl der freien Kerne der Autoren nichts weiter als die Kerne von Glia- oder gar von Nervenzellen sind, deren Leib und deren Fortsätze durch die Schwäche der Präparationsmethoden unsichtbar bleiben. In der That scheinen auch

1) In der That giebt Boll l. c. p. 43, der für die weisse Substanz das Vorkommen freier Körner leugnet und für die graue dasselbe Henle gegenüber sehr einschränkt, diese Erklärung für die Entstehung jener nackten und fortsatzlosen Kerne an, welche nach seiner Ansicht in der Rinde des grossen und kleinen Gehirns nicht ganz selten gefunden werden.

die embryonalen Zellen, welche sich zu einer homogenen Grundsubstanz umwandeln, ganz zu zerfallen, sodass die Kerne, wenn sie auch etwas länger übrig bleiben, zuletzt doch auch ihre Umgrenzung einbüßen und in der gleichmässigen Substanz verschwinden. Damit soll aber freilich nicht geläugnet werden, dass hier und da einmal ein solcher Kern sich conserviren und im ausgebildeten Mark als Andenken an seine Entwicklung bestehen bleiben kann. Ausnahmen bestätigen ja nur die Regel. Während ich nun glaube, dass die erste Anlage der Grundsubstanz hauptsächlich in der geschilderten Weise zu Stande kommt, scheint es mir doch ebenso wahrscheinlich, dass sich dieselbe bei den gebornen Individuen der Hauptsache nach durch Abscheidung aus den Gliazellen vermehrt. Die Grundsubstanz nimmt ja ebenso wie alle andern Elemente des Centralnervensystems während des Wachstums des ganzen Körpers an Masse zu ¹⁾. Dies scheint mir eben zum grössten Theil und an den meisten Stellen sicher ganz durch Ausscheidung aus den noch nicht verhornten Körpern der Gliazellen Statt zu finden. Denn natürlich wenn die Umwandlung in Hornsubstanz vollständig geworden ist, kann von ihnen schwerlich noch etwas abgeschieden werden. Dass an einzelnen Stellen der Centralorgane auch nach der Geburt, ja selbst im ausgewachsenen Körper ein allmählicher Zerfall der Gliazellen vorkommen kann, scheint nach den Bildern, welche die Rinde des grossen Gehirns, besonders vom Menschen, darbietet, nicht unmöglich. Ich komme weiter unten, eben bei der Betrachtung der Verhältnisse dieser Parthie, auf diesen Punkt zurück.

So entstehen die Elemente der Stützsubstanz in dem Kern des embryonalen Markes. Um diesen herum, d. h. um die sogenannte embryonale Epithelschicht entwickelt sich noch eine bedeutende Lage grauer Substanz, die besonders im spätern Stadium der Entwicklung mehr und mehr zunimmt und die erstere auf das bleibende Epithel und die geringe substantia gelatinosa centralis reducirt. Hier nun stehe ich schon wieder vor einer Frage, die mir bisher klar und sicher zu beantworten nicht gelungen ist,

1) Ueber die Wachstumsverhältnisse der histologischen Elemente der nervösen Centralorgane ist bisher gar wenig bekannt. Ich werde in Kurzem in der Lage sein, meine diesbezüglichen nicht uninteressanten Untersuchungen zu veröffentlichen.

und die ich mit Zuhülfenahme entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen an Fischen lösen zu können hoffe. Es scheint mir nämlich durchaus als fände bei der weiteren Entwicklung der grauen Substanz eine Durchmischung der Elemente in der Weise statt, dass ganz allmählich einige von den sehr zahlreichen Gliazellen der innern besprochenen Schicht in die weiter aussen sich bildende Lage grauer Substanz gerathen. Ich möchte dies sogar als fast sicher hinstellen. Ob nun aber die sich so etwas verschiebenden Zellen genügen, den Vorrath der grauen Substanz zu decken — sie theilen sich ziemlich lebhaft — oder ob auch hier überall neue Stützzellen neben den Nervenzellen sich bilden, indem sich die rundlichen oder länglichen Embryonalzellen durch Auswachsen von Ausläufern in sie umwandeln, kann ich vorläufig noch nicht mit absoluter Sicherheit behaupten. Es scheint mir aber das Letztere der Fall zu sein. Auch in der weissen Substanz sind zuerst nur Zellen angelegt, die dann aber schon sehr früh (beim Hühnchen am vierten Tage) in die Länge wachsen, um Nervenfasern zu werden. Boll¹⁾ sieht nun ausserdem etliche oder seinen Zeichnungen nach sogar sehr viele (nach der Figur 24 wäre es entschieden die Mehrzahl) Zellen eckig werden. Sie sollen in regelmässiger Weise so angeordnet sein, dass sich immer Streifen von entstehenden Fasern und solchen Zellen abwechseln. Diese letzteren würden dann zu Stützzellen der weissen Substanz. Ich habe die Verhältnisse bisher so trotz darauf verwandter Mühe nicht gesehen. Auch haben andere Autoren bis jetzt Boll's Beobachtungen nicht bestätigt. Aber ich gebe sehr gern zu, dass die Untersuchung der feineren, histologischen Verhältnisse der ersten Anlagen der Centralorgane zu den allerschwierigsten gehört, welche die Entwicklungsgeschichte uns überhaupt bietet. Und daher wage ich nicht eher ein Urtheil in dieser Angelegenheit zu fällen als bis ich sie noch einmal mit einem neuen und zwar vorzüglichsten Material durchgearbeitet habe. Jetzt erkenne ich zellige Elemente zwischen den deutlich gebildeten Nervenfasern erst in einer etwas späteren Zeit. Dagegen sehe ich schon früh rings um die weisse Substanz herum einen schmalen Ring von rundlichen Zellen, welche nicht zur Pia gehören. Sie heben sich gegen die Umgebung nicht so scharf ab wie es wohl wünschenswerth wäre und

1) l. c. p. 120 m. Tafel II Fig. 24 bis 29.

sind deshalb noch niemals, so viel ich mich erinnere, aufgeführt worden. Sie sind den innern sogenannten Epithelzellen als äussere epidermoidale Lage gegenüberzusetzen und sind ihnen an Bedeutung gleich, denn aus ihnen geht zum mindesten ein grosser Theil der Stützzellen der weissen Substanz, möglicherweise alle hervor. Wenn die Blutgefässe aus der Pia in das Mark hineinwachsen, stülpen sie diese äussere Zellhülle des embryonalen Markes nach innen ein und erhalten beim weitem Wachsthum aus den mitwuchernden Zellen derselben eine Scheide. So entstehen die trichterförmigen Einsenkungen der Rückenmarksperipherie (Fig. 16) und so die gefässtragenden Balken der weissen Substanz. Es scheint mir, als ob von den Zellen in der Umgebung der Blutgefässe Sprossen zwischen die Nervenfasern wuchern und so bei fortgesetzter Theilung der Zellen die Elemente des Gliaflechtwerks der weissen Substanz gebildet werden. Dies aber mit Sicherheit zu behaupten, ist mir bisher unmöglich. Die Verhältnisse sind äusserst schwer zu untersuchen und man ist gar zu leicht Täuschungen ausgesetzt. Es wäre sehr wohl möglich, dass neben diesen in die weisse Substanz hineinwachsenden Stützzellen auch noch andere an Ort und Stelle entstanden, wie Boll das will, nur macht die grosse Menge der von ihm abgebildeten embryonalen Gliazellen mich etwas stutzig, da man an den deutlich gebildeten Stützzellen in der spätern embryonalen Zeit lebhaftere Theilungen beobachten kann und so bei der starken von Boll gewollten Anlage ihre endliche Zahl eine ungeheure und den wirklichen Verhältnissen nicht entsprechende werden müsste. Bei der grossen Schwierigkeit der Untersuchung ist es vorläufig noch ganz unmöglich, die Behauptung zu widerlegen, dass Stützzellen aus ausgetretenen Blutzellen, aus Wanderzellen sich bilden. Dass die sehr grosse Mehrzahl derselben nicht aus Wanderzellen sich umwandelt, ist durchaus sicher, ob aber hier und da einzelne so entstehen, kann durch das Mikroskop in keiner Weise entschieden werden. Doch scheint es mir höchst unwahrscheinlich, dass sich die ganz gleichartigen, durch nichts unterschiedenen Elemente ein und desselben Gewebes in verschiedener Weise entwickeln sollten. So glaube ich, kann man diese Behauptung — oder besser gesagt, diese Vermuthung, denn auf irgend welchen andern Thatsachen, als dass plötzlich viele solche Zellen in der weissen Substanz auftauchen, gründet sie sich nicht — als unrichtig abweisen.

Wir sehen also, dass das Stützgewebe sich aus dem äussern Keimblatt entwickelt und zwar zum grossen Theil, vielleicht ganz aus der äussern oder oberflächlichen Schicht desselben, welche in den seitlichen Fortsetzungen die Hornplatten bildet. Wir können uns daher nicht wundern, dass seine zelligen Elemente eine grosse Neigung zur Verhornung zeigen. Diese aber wie überhaupt die weitere Ausbildung der Zellen ist ungleichartig und bewirkt die später zu constatirenden und im Obigen genau beschriebenen Verschiedenheiten derselben. Im embryonalen Zustand gleichen sich die Gliazellen noch ganz. Man findet bei allen einen deutlichen Kern in einem gut entwickelten Protoplasmaleib, der einige wenige ziemlich starke Fortsätze aussendet. Die eine grosse Verschiedenheit entsteht nun dadurch, dass bei etlichen Zellen sich der Leib in der Bildung der Fortsätze mehr oder minder erschöpft, während die andern zwar ebenfalls fortwährend Material an dieselben abgeben aber doch diesen Verlust mehr ergänzen, so dass ihr Leib nicht kleiner wird, vielmehr an Masse bedeutend zunehmen kann. Diese Zellen entwickeln sogar im Allgemeinen stärkere und längere Fortsätze als jene, welche kleiner werden, so dass man ihnen eine grössere Lebensenergie zuschreiben muss. Sie nehmen während ihres Wachstums und während des Auswachsens ihrer Fortsätze mehr Bildungsmaterial von aussen auf als jene.

In Bezug auf die Bildung der Fortsätze ist dem Gesagten noch hinzuzufügen, dass anfänglich meistens nur einige wenige derselben angelegt sind. Diese aber sind verhältnissmässig sehr stark und besitzen in ihrem Ursprungstheil so ganz den Charakter und das Aussehen des Zellkörpers, gegen den sie auch in keiner Weise abgegrenzt sind, dass man deutlich erkennt, dieser wächst aus und bildet sich verjüngend die letzteren. Die dicken Fortsätze können dann durch Spaltung in feinere Fasern zerfallen, derart, dass, wie wir oben sahen, noch eine Verbindungsmasse zwischen ihnen bleibt, oder indem sie sich in ihrem Verlauf gänzlich von einander lösen; ja sie können sogar mit der Zeit mehr und mehr auseinander rücken. Gehen, wie das z. B. bei allen pyramidenförmigen Zellen der Fall ist, Bündel von Fasern von einer Stelle, hier also von den Ecken ab, so sind dieselben sicher durch Längsspaltung aus einem gemeinsamen starken Fortsatz hervorgegangen.

So erklären sich die verschiedenen Bilder, welche die Prä-

parate uns darbieten; es erklären sich die bedeutenden Differenzen in dem Aussehen der Stützsubstanz je nach dem Alter der Geschöpfe; es klären sich die Widersprüche auf, die bei näherer Betrachtung der Neuroglia so mannigfach dem Untersucher entgegenreten. So wird es verständlich, dass zwei so verschiedenartig aussehende Zellsorten, zwischen denen andererseits wieder allerhand Uebergangsformen zu finden sind, für denselben Zweck verwandt werden.

In dem Bisherigen ist nur von den Stützzellen des Rückenmarkes und des verlängerten Markes die Rede gewesen. Aus den ausführlich geschilderten Verhältnissen derselben können wir aber einen Rückschlag auf die Gliazellen des ganzen Centralnervensystems machen. Im Prinzip haben wir, wie sich das eigentlich für denjenigen, welcher an die Entwicklung der Centralorgane denkt, von selbst versteht, überall die gleichen Verhältnisse. Im Einzelnen aber hinsichtlich der Form und in Bezug auf das besondere Verhalten finden wir sehr mannigfache Unterschiede welche für die betreffenden Stellen, in denen sie vorkommen, typisch sind. Da wir aber weiter unten die Anordnung der Neuroglia-Elemente in den einzelnen Organen des Centralnervensystems besprechen werden, so würde es nur zu Wiederholungen führen, wollte ich hier alle Abweichungen der Stützsubstanz des Gehirns von denen des Rückenmarks hervorheben.

Die Elemente der Neuroglia sind überall die gleichen. Die Grundsubstanz verhält sich im Gehirn genau so wie im Rückenmark. Die stets mit Fortsätzen versehenen Zellen lassen sich zwar nicht so deutlich in zwei Hauptgruppen theilen; doch finden wir überall im ganzen Centralnervensystem offenbare Unterschiede in der Verhornung, besonders bei jüngeren Geschöpfen. Die Umwandlung des Protoplasmas in Keratinsubstanz stellt sich bei allen Gliazellen ein, aber zu sehr verschiedenen Zeiten. Ebenso ist die Theilnahme der einzelnen Elemente an der Verhornung eine ungleiche, und verschieden verhalten sich die Zellkörper und die Kerne bei dem Auswachsen der Fortsätze. Die Kerne der Gliazellen im Gehirn zeigen nicht gerade ein Verhalten, das zur förmlichen Aufstellung zweier Gruppen, der Kern-Zellen und der kern-armen Zellen verlocken könnte, aber doch finden wir diesen Unterschied überall und sogar sehr häufig dicht nebeneinander. Bei zahlreichen Zellen schwinden eben die differenzirenden Eigenschaften des Zelleibes

und des Kernes und es ist nicht mehr möglich, den letzteren im ersteren nachzuweisen. Wie im Rückenmark sind alle möglichen Uebergänge vorhanden, in denen sich das allmähliche Aufgehen des Kernes im Zellkörper constatiren lässt. Andererseits schwindet auch der Zelleib bei vielen Gliazellen des Gehirns mehr oder minder stark bei der Bildung der Fortsätze. Solche Bildungen jedoch, wie sie in der grauen Substanz des Rückenmarks so häufig sind, Kerne ohne eine Spur des Körperrestes, so dass die Fortsätze direct an jene angeklebt sind, kommen im Gehirn kaum vor. Vielmehr sieht man stets die Ausläufer von einer Umhüllungsmasse des Kernes ausgehen, die allerdings sehr schmal sein kann. Diese Reste des Zellkörpers sind nun aber, und dies ist ein weiterer Unterschied den Kern-Zellen des Rückenmarks gegenüber, stets derb und sehr widerstandsfähig gegen alle Eingriffe; sie sind, wie man nachweisen kann, verhornt.

Es kommen im Gehirn noch andere Altersumwandlungen der Gliazellen vor, von denen ich gleich hier das Folgende mittheilen will, obschon ich später noch einmal auf diese Verhältnisse kurz eingehen muss: Die Zellen können, während die Kerne gänzlich verschwinden, so sehr in der Bildung der Fortsätze aufgehen, dass sie in dem so entstehenden Horngerüst des nervösen Organs nur kleine aber noch die Zellform verrathende Anschwellungen in den Knotenpunkten bilden. So ist es z. B. in der äussersten, in der sogenannten „molekulären“ Schicht des kleinen Gehirns, wenigstens des Menschen. Wir sehen nämlich auch hier, was ich öfter zu beobachten Gelegenheit hatte, dass die Stützsubstanz im Vergleich zu dem nervösen Gewebe etwas bei ihm mehr zurücktritt als bei den Säugethieren, zumal den niedern, und dass ihre Zellkörper kleiner gestaltet sind. Freilich könnte man dies durch den Umstand erklären, dass für solche Untersuchungen gewöhnlich die Gehirne älterer menschlicher Individuen, ja häufig genug sehr alter verwandt werden, während die Thiere, deren Gehirne man durchforscht, wohl sehr selten ein höheres Alter erreicht haben. Sicher ist dies von dem in meinen Untersuchungen viel verwandten Schlachtvieh; den Rindern und Schafen. Aber auch andere Hausthiere und die wild lebenden Geschöpfe, wie die vielfach von mir verwandten Igel, kommen wohl selten zu einem beträchtlichen Alter. Höchstens wäre dies bei den Hunden und Katzen zu erwarten. Man könnte nun die erwähnten geringeren Grössenver-

hältnisse jener Gliazellen allein für eine weiter fortgeschrittene Altersumwandlung zu halten geneigt sein, die man in dem Maasse bei den Säugethieren zu beobachten nicht genügende Gelegenheit hat. Zum Theil ist dies ja auch natürlich richtig. Aber meine Untersuchungen ergeben doch, dass auch unabhängig von den Altersunterschieden quantitative Differenzen der Stützelemente in der angegebenen Weise stattfinden. In der Rinde des kleinen Gehirns ist dies sogar in auffallender Weise zu beobachten. Denn während das Stützgerüst der äussersten, der sogenannten „molekulären“ Lage der Kleinhirnrinde beim Igel, dessen Körper überhaupt ausserordentlich grosse und deutliche Gewebeelemente besitzt, recht deutliche, wenn auch immerhin zarte und nicht sehr grosse Zellen aufweist, sehen wir diese schon bei den höchststehenden Säugethieren sehr viel feiner und von entschieden kleineren Dimensionen gebildet. Ja, es ist bei der dichtgedrängten Zusammenfügung des Glianetzes an dieser Stelle und dem mächtig entwickelten nervösen Fibrillennetz in den Lücken desselben ganz ungemein schwer, das erstere und besonders seine zelligen Elemente in den Präparaten deutlich zu machen. Und der Litteratur nach zu urtheilen ist dies offenbar den Forschern bisher überhaupt nicht gelungen. Mir ist es bei einigen wenigen Präparaten, so z. B. vom Katzensgehirn geglückt. Das zierliche enggeflochtene Netzwerk mit den kleinen Zellen in den Knotenpunkten würde uns, wenn wir es nicht sonst schon wüssten, recht klar machen, wie man zu der Benennung „molekuläre“ Schicht und zu der Annahme kleiner Molekel in ihr gekommen ist. Die Knotenpunkte, zum Theil auch nur die glänzenden punktförmigen Durchschnitte der Fasern dieses Gliagerüstes, geben jener Hirnpartie ein granulirtes oder eben molekeläres Aussehen. Gelang mir nun aber bei einem Raubsäugethier die Darstellung der Gliazellen und des von ihnen gebildeten Netzes in der äussersten Rinde des Cerebellums, so konnte ich dies trotz aller angewandten Mühe beim Affen oder gar beim Menschen nicht fertig bringen. Ich erkannte deutlich genug in den verschiedensten Präparaten, dass die Anordnung die gleiche ist. Die Gliazellen waren aber offenbar so klein und besonders so zart, dass die Tinction sie nicht deutlich genug zwischen den andern Gewebeelementen hervorhob.

Wieder sehr abweichend von den soeben geschilderten sind die Formen, welche die Gliazellen in der grauen Rinde des Gross-

hirns, zumal der äussersten Schichten annehmen. Sie verlieren zum Theil in der bekannten Weise ihre Kerne bei dem Process der Verhornung, so dass man auch hier unmittelbar nebeneinander Zellen mit schönen grossen Kernen und solche, in denen diese undeutlich oder ganz verschwunden sind, beobachten kann. Doch werden die Kerne hierbei nicht kleiner und kleiner, wie wir es bei dem analogen Process im Rückenmark sahen, wo sie ordentlich verkrüppeln, ehe sie verschwinden, sondern sie behalten ihre bedeutende Grösse bei, verlieren aber allmählich mehr und mehr die Schärfe ihrer Contour; ihre Grenzen sind nicht mehr so deutlich zu erkennen; sie machen im gefärbten Präparat nicht mehr den Eindruck eines eignen stark differenzirten Zelltheiles, sondern scheinen nur eine verdichtete Centralmasse des Zelleibes, ein dunkler Fleck in der helleren Peripherie zu sein. Man trifft dann wieder, wie ich das vom Rückenmark schon beschrieb, Stadien, in denen die Tinction mit Ammoniak-Carmin gar keinen Kern mehr in der Zelle hervorhebt, während die besseren Kernfärbemittel ihn noch als matten Fleck kenntlich machen; endlich daneben Zellen, in denen auch die letzteren keine Spur des Kernes mehr hervorzaubern können. Alle diese Momente des fortschreitenden Verhornungsprocesses sind, von ganz jungen und ganz alten Individuen abgesehen, dicht nebeneinander zu constatiren. Haben wir nun aber in diesem Kern-Schwund das überall im Centralnervensystem beobachtete Princip nur in besonderer Form, so bemerken wir doch an den Stützzellen der äussern Lagen der Grosshirnrinde noch etwas Anderes. Der Zelleib nämlich und ebenso der Kern, wenn er in jenem aufzugehen beginnt, bekommen ein sehr stark gekörntes Aussehen; sie werden granulirt. Während wir im Allgemeinen sahen, dass die Stützzellen durch die Verhornung recht homogen, glashell durchsichtig werden, zeigt sich hier das Gegentheil. Ich bin der Ansicht, dass diese kleinen Körnchen der optische Ausdruck eines sehr feinen Netzwerkes sind, doch gelang es mir leider bisher noch nicht dies zu erkennen oder gar durch die Tinction darzustellen. Da ich später bei Gelegenheit der Betrachtung der Stützsubstanz des grossen Gehirns noch einmal auf diese Zellen zurückkommen muss, so kann ich mich hier mit dem Gesagten begnügen. (Fig. 19 a (s. Thl. II) giebt ein naturgetreues, bei sehr starker Vergrösserung gezeichnetes Bild einiger solcher Zellen aus der äussersten Lage der grauen Hirnrinde des Schafes.)

Die in der beschriebenen Weise zusammengesetzte Stützsubstanz bildet nun das Gerüst, in welchem die nervösen Elemente eingelagert und durch welches sie gegen die Umgebung geschützt sind. Ueberall im Centralnervensystem finden wir die Stützsubstanz vor, kein noch so kleines Fleckchen ist zu finden, das derselben entbehrte. Und die Art und Weise der Verwendung ist der Hauptsache nach überall dieselbe, wenn auch in Bezug auf die Einzelheiten die Verschiedenheiten gross genug sind. Stets bilden die Neurogliazellen und ihre Ausläufer Netze, in deren Lücken entweder die Grundsubstanz allein eingelagert ist oder zusammen mit den nervösen Elementen, oder in denen drittens auch die letzteren allein, ohne Grundsubstanz liegen können. Die Zellnetze hängen durch das ganze Centralnervensystem mit einander zusammen. Nirgends ist ein Abschluss des Gerüstes im Innern zu finden und die Ausläufer der aus den verschiedenartigsten Gliazellen zusammengesetzten Netze gehen in einander über. Die starken, grossen, verhornten Zellen verbinden sich mit den zarten, kleinen, weichen; die mit verkümmertem Kern anastomosiren mit jenen, welche fast nur aus einem Kern bestehen; die Netze der weissen Substanz hängen mit denen der grauen, die eines Hirnthells mit jenen der andern zusammen. Zunächst wird überall eine Hülle aus Stützsubstanz gewebt, welche das ganze Centralorgan aussen umgiebt und die innere Substanz von der pia mater scheidet. Ich nenne diese äussere eigne Bedeckung des Centralnervensystems, welche im Gegensatz zu den bindegewebigen Schutzhäuten steht, **Gliahülle**. Sie ist in ihrem regelmässigen Vorhandensein und in ihrer allgemeinen Ausbreitung über das ganze Organ bisher nicht erkannt und gewürdigt worden, wenn man sie auch da, wo sie am dicksten und deutlichsten ist, nämlich am Rückenmark, unter verschiedenen Namen beschrieben oder wenigstens angeführt hat. In der medulla oblongata wird diese Gliahülle etwas unregelmässig, indem sie an verschiedenen Stellen in einer später noch genauer zu beschreibenden Weise von den Nervenfasern des stratum zonale Arnoldi unterbrochen und auseinander gerissen wird, während diese die Oberfläche einnehmen. Im Uebrigen aber ist die Gliahülle ohne Unterbrechung und ist ohne Ausnahme da zu finden, wo die Pia die Oberfläche bedeckt. Ihre Dicke freilich, die Form und Grösse ihrer Zellen und vieles Andere ist in den verschiedenen Theilen des Centralnervensystems

sehr abweichend und muss in der Folge in den einzelnen Abschnitten genauer geschildert werden.

Die Aufgabe der Gliahülle ist eine doppelte. Einmal dient sie zur Herstellung der höchst eigenthümlichen Verbindung der Oberfläche des nervösen Organs und der Pia und zur Bildung des überall zwischen beiden vorhandenen schmalen Lymphraumes, — Verhältnisse, auf die ich an dieser Stelle nicht weiter eingehe, da ich sie später genau besprechen werde. Ferner dient die Gliahülle offenbar als schützende Bedeckung für die inneren Parthien und als einer der Hauptstützpunkte für das Flechtwerk der Neuroglia. Mit ihr verknüpfen sich die Ausläufer der benachbarten Stützzellen, von ihr aber gehen auch stärkere Fasern und Balken weit in das Innere des Centralorgans hinein, um in grösserer Entfernung vom Beginn mit der dortigen Neuroglia sich verbindend zu enden. Die Art, wie diese gröberen Balken des Stützgeflechtes gebildet werden, ist sehr verschieden. Der Zweck derselben ist aber der gleiche: sie sollen den Parthien, die sie durchziehen, eine grössere Festigkeit und Elasticität gewähren; zum Theil dienen daneben die zusammengesetzten Balken als Träger der Blutgefässe. Von der Beschaffenheit der Gliahülle selbst hängt auch die Form der von ihr in das Innere ziehenden Fortsätze ab. Da ich weiter unten auf diese Verhältnisse genauer eingehen muss, kann ich mich hier mit einer kurzen Andeutung begnügen. Wenn, wie dies im Rückenmark und in der medulla oblongata der Fall ist, die Gliahülle aus unendlich vielen mit einander geflechtartig verbundenen Zellen, denen Grundsubstanz zwischengelagert ist, besteht, so gehen auch ebenso zusammengesetzte stärkere und feinere Balken, die meistens ein Blutgefäss umschliessen, in das Innere. Daneben zweigen sich auch sehr häufig aussergewöhnlich lange Ausläufer der Gliazellen der Hülle ab, treten zu mehr oder weniger eng verbundenen Gruppen zusammen und laufen, ohne dass sich ihnen neue Gliazellen anschliessen, eine Strecke in das Innere, um allmählich auseinanderzustrahlen und nach einiger Verästelung oder auch ohne diese mit dem eignen Gliagerüst des betreffenden Ortes sich zu verbinden. Natürlich bleiben diese Stützbalken stets viel kürzer als die ersterwähnten. Sie sind besonders häufig im verlängerten Mark. Besteht nun aber die Gliahülle nur aus einzelnen grossen und stark verhornten Zellen, womöglich ohne Einlagerung von Grundsubstanz, so gehen

auch nur einzelne, aber sehr kräftig entwickelte Zellfortsätze in das Innere des Centralorgans, um der gewöhnlich ziemlich zart gebildeten Gerüstsubstanz der nächstinneren Parthieen einen grösseren Halt zu geben. Meine vergleichenden Untersuchungen lehren mir, dass im Allgemeinen die Gliahülle und die von ihr ausgehenden Fortsätze bei niedern Wirbelthieren stärker entwickelt sind als bei den höheren¹⁾. Die von jenen Fortsätzen im Innern sich abzweigenden Theilfasern haben an vielen Stellen ein bedeutendes Uebergewicht über die den einzelnen Parthien besonders zukommenden und in ihnen aus Zellen entstehenden Gliafasern; ja sie können dieselben sogar ersetzen. So findet man z. B. in der weissen Substanz mancher Reptilien, Amphibien und Fische viel weniger Gliazellen als bei den Säugethieren, und das durchaus nicht gering entwickelte Faserwerk der Gerüstsubstanz, welches die einzelnen Nervenfasern von einander trennt, nimmt seinen Ursprung hauptsächlich aus der Gliahülle und den mit dieser zusammenhängenden Stützbalken. Ein höchst interessantes Beispiel für diese Einrichtung gewährt das Rückenmark des Hechtes. Schon die Zupfpräparate machen uns auf die ausserordentlich grossen Stützzellen aufmerksam, welche man aus den peripherischen Theilen des Rückenmarkes dieses Fisches isoliren kann. Feine Querschnitte gewähren uns nun einen deutlichen Ueberblick über die Verhältnisse der Neuroglia. In der Fig. 10 ist ein Segment eines solchen Schnittes ganz naturgetreu dargestellt, nur wurden der Einfachheit halber die Querschnitte der Nervenfasern nicht eingezeichnet. Die unmittelbar innerhalb der pia mater (Fig. 10 a) liegende Gliahülle wird aus sehr grossen gewaltigen Zellen und deren langen Ausläufern gebildet. Die Zellen liegen in kleinen Gruppen (Fig. 9) eng beisammen. Im Querschnitt findet man zwei bis vier, kaum mehr zu einer Gruppe vereinigt; auch in der Längsrichtung, d. h. parallel mit der Längsaxe des Markes zählt man ungefähr drei Zellen in einer Gruppe nebeneinander geordnet, so dass eine solche also in Wirklichkeit aus ungefähr zehn Zellen besteht. Diese, welche, wie schon oben erwähnt, sehr stark verhornt aussehen und mit Ammoniak-Carmin behandelt niemals, mit Alaun-Carmin gefärbt selten und dann nur undeutlich und verwaschen einen Kern

1) Eine Ausnahme macht aber die Gliahülle des grossen Gehirns, welche beim Menschen ausserordentlich viel stärker ist als bei den Thieren.

aufweisen, sind durch zwischen ihnen eingelagerte Grundsubstanz so innig vereint, dass man nur mit Mühe und bei stärkerer Vergrößerung ihre Grenzen gegen einander erkennen kann. Sie senden einige lange und starke Ausläufer parallel mit der Oberfläche des Markes und zwar ganz hauptsächlich in der Richtung des Querschnittes, weniger nach der Längsrichtung hin und schräg; doch kommen auch solche vor zur Verbindung der in verschiedenen Längsebenen liegenden Zellgruppen. Die quer verlaufenden verbinden die in gewissen, ziemlich regelmässigen Abständen liegenden Zellgruppen derselben Längsebene. So besteht hier die Gliahülle aus kleinen knotenartigen aus Zellen bestehenden Anschwellungen und einer meistens sehr dünnen Faserhaut zwischen diesen. Nach innen, nach der weissen Substanz hin verjüngen sich die grossen Zellen der Gliahülle etwas und gehen an der Spitze in einige wenige starke Fortsätze über, welche geradeaus durch die weisse Substanz hindurch nach der grauen hin laufen. Dabei legen sich alle Spitzenfortsätze der verschiedenen Zellen einer Gruppe so innig an einander, dass man bei flüchtiger Beobachtung glaubt, sie wären mit einander verschmolzen. Dies ist aber nicht der Fall, sie lassen sich durch die Isolirnadeln auseinanderzerren; auch sieht man bei Anwendung starker Vergrößerungen minimale Zwischenräume zwischen den dicht aneinander gedrängten Fasern. (In Fig. 9 ist eine Gruppe solcher Zellen bei stärkerer Vergrößerung gezeichnet, b sind die Basalfortsätze, welche die Gliahülle vervollständigen und bei a sieht man die Spitzenfortsätze, die hier durch die Präparation leicht auseinander gezogen sind, zu einem Balken vereinigt. Die topographische Anordnung wird aus Fig. 10 ohne Weiteres klar. In den Querschnitten erscheinen die Zellen meistens dreieckig, man muss aber bedenken, dass sie auch in der Längsaxe des Markes einen nicht unbedeutenden Umfang besitzen und dass ihre Gestalt dadurch wesentlich modificirt werden kann. Die ganz isolirte Zelle, welche die Fig. 8 darstellt, wird wohl in situ eine ähnliche Anordnung gehabt haben, wie die rechte Zelle der Fig. 9, so dass sie an dem einen Pol Fortsätze der Gliahülle, an dem andern die in das Innere führenden abgiebt.) Von den starken aus der Gliahülle entstehenden Balken zweigen sich nun in der weissen Substanz fortwährend Fasern ab, um die Scheiden der Nervenfasern bilden zu helfen. Sie werden dabei von überall zerstreuten sehr kleinen spindelförmigen Gliazellen

und deren sparsamen Ausläufern unterstützt. Verhältnissmässig noch sehr stark gelangen die Balken zur grauen Substanz, in der sie dann auseinander strahlen, um die Grundlage ihres Stützgerüsts zu bilden. Auch hier kommt dann noch ein zarteres Flechtwerk durch die eignen kleinen Gliazellen der grauen Substanz zu Stande.

Ich habe mich länger bei dieser Anordnung der Glia im Rückenmark des Hechtes aufgehalten, obgleich ich ja sonst möglichst wenig auf die Verschiedenheiten derselben bei den verschiedenen Wirbelthieren eingehen wollte, um diese Arbeit nicht ins Endlose auszudehnen. Diese abweichende Art aber, das Gerüst des Centralorgans zu bilden, erscheint mir sehr interessant und zwar um so mehr, als die oben erwähnten Spuren dieses Systems auch bei höheren Thieren vorkommen. Höchst auffallend ist die ausserordentliche Entfernung, bis zu welcher die Gliazellen mittelst ihrer Ausläufer an dem Aufbau der Gerüstsubstanz theilnehmen können. Die Länge der Fortsätze dieser grossen Zellen der Gliahülle beim Hecht beträgt oft mehr als die Hälfte des Durchmessers des Rückenmarkes¹⁾.

Die Stützsubstanz findet eben so wie nach aussen in der Gliahülle nach innen in der Umhüllung der centralen Höhlen einen Abschluss. Bekanntlich sind die Centralorgane des Nervensystems im Innern von einem zusammenhängenden System von Hohlräumen, den verschiedenen Ventrikeln und dem Centralcanal durchzogen. Diese nun sind in ihrer ganzen Ausdehnung von dicken Lagen unvermischter Neuroglia vollkommen umschlossen; eine Lücke ist nirgends zu finden. Ueberall besteht diese Auskleidung der centralen Hohlräume aus dichten Netzen von Gliazellen, in deren Lücken nur die Grundsubstanz eingelagert ist. Nervöse Elemente verlieren sich höchstens ausnahmsweise in diese Schichte hinein. Für gewöhnlich finden wir den eben erwähnten einfachen Bau derselben, der nur dadurch etwas weniger klar wird, dass die Ausläufer der Zellen oft eine sehr grosse Länge besitzen und sich nicht mit den benachbarten, sondern mit weiter entfernt liegenden verbinden. Dabei laufen sie natürlich nicht in einer Ebene, sondern nach allen Richtungen. So findet man in den Schnitten durch diese Parthieen ausser den Zellnetzen und der Grundsub-

1) Noch klarer liegen die Verhältnisse bei Haifischen und Rochen.

stanz zahlreiche punktförmige Querschnitte von Ausläufern, welche die Reinheit der Grundsubstanz trüben, ganz besonders gern aber dicht an den Zellen und an den im Schnitt horizontal verlaufenden Fortsätzen liegen. Sie sind es, welche manche Forscher verleitet haben, von dem „granulirten Gewebe“ der substantia gelatinosa centralis des Rückenmarks und ähnlicher Parthieen zu sprechen¹⁾. Nach innen findet dies Stützgewebe seinen Abschluss gegen den Hohlraum des Ventrikels durch eine Lage epithelartig angeordneter Zellen, welche mit dem Netzwerk durch Fortsätze in Verbindung stehen. Die Form dieser Epithelzellen ist, wie bekannt, nach den Oertlichkeiten verschieden. Es giebt da im Rückenmark die schönsten Flimmerbesatz tragenden Cylinderzellen, es giebt in den Gehirnventrikeln viel flachere Zellen, die keine Flimmerhärchen haben und zu den Pflasterepithelien gerechnet werden müssen. Ich brauche auf diese Verhältnisse hier nicht näher einzugehen. Alle diese Epithelzellen aber, welche Form sie auch immer haben mögen, stehen durch ihre basalen Ausläufer mit den Gliazellen der äusseren Schichten in inniger Verbindung. Auch sind sie ja, wie wir früher bei der Betrachtung der Entwicklung dieser Elemente sahen, nichts anderes als metamorphisirte Gliazellen. Ihre Fortsätze können schon in der nächsten Lage ihr Ende finden, indem sie sich meistens verästeln und dann mit den Fäden des dortigen Stützgeflechtes verbinden. Sie können aber auch, — und wir werden hierauf bei der Besprechung der einzelnen Gegenden noch zurückkommen — eine lange Strecke ungetheilt verlaufen, ehe sie sich mit den Gliaelementen weit von den Zellen gelegener Theile verbinden. Ganz besondere Verhältnisse werden wir in dem Commissurentheil des Rückenmarkes finden. Zwischen den sich verjüngenden basalen Enden der Ventrikel — Epithelzellen sind sehr zahlreiche kleine rundliche Zellen eingefügt. Sie haben ganz verschiedene Grössen, sind aber stets kleiner als die Hauptzellen, zwischen denen sie liegen. Sind sie sehr klein, so haben sie auch eine ganz rundliche Gestalt, werden sie grösser, so suchen sie die Form der Epithelien anzunehmen, zwischen denen sie liegen. Nach aussen hin senden die ein wenig

1) Besonders sind es Henle und Merkel in der oben citirten Arbeit, und Henle in seinem Handbuch der Anatomie des Menschen.

ansehnlicheren auch schon Fortsätze, welche sich wie die der benachbarten Epithelien verhalten. Wir haben es hier mit Ersatzzellen zu thun, auf die man wenig aufmerksam geworden ist und die doch überall im ganzen Ventrikel epithel des Centralnervensystems häufig genug zu finden sind. Das eben nicht seltene Vorkommen dieser Ersatzzellen weist darauf hin, dass die Epithelien hier und da zu Grunde gehen und durch neue ersetzt werden können. In der That beweisen uns dies die Befunde bei Mensch und Thier, besonders bei ersterem. Einmal finden sich im Centralcanal, wohin endlich auch die im Liquor suspendirten kleinen Theilchen der übrigen Ventrikel hinabbefördert werden, allerhand abgestossene Zellen und Zellreste. Ja diese können so massenhaft vorhanden sein, dass sie nach dem Tode in dem geronnenen Liquor eingebettet ein Gewebe vortäuschen und den Hohlraum sogar ganz verstopfen können. Doch soll hiermit nicht behauptet werden, dass nicht auch wirkliche Wucherungen vorkommen können, welche den Centralcanal des Rückenmarks unwegsam machen. Diese, bei älteren Menschen und manchen Thieren nicht selten, gehen entweder von dem Epithel selbst, viel häufiger aber von dem um dieses herumlagernden Gliagewebe aus, wobei dann die Epithelien einfach bei Seite geschoben werden und degeneriren.

Ich habe oben darauf aufmerksam gemacht, dass von der äusseren Gliahülle verschiedene stärkere Fortsätze zusammengesetzter oder einfacher Art ausgehen, um sich an der Bildung der Gerüstsubstanz der benachbarten inneren Gegenden zu betheiligen. Auch von der centralen Auskleidung der Ventrikel entwickeln sich stellenweise Balken oder starke Fortsätze, welche nach aussen laufen. Im Rückenmark habe ich derartiges nicht beobachten können. Zwar gehen auch hier zahlreiche Fortsätze aus der centralen Gerüstsubstanz in die Umgebung, aber sie fügen sich nicht zu stärkeren Balken aneinander. Viel mehr ist dies schon in der medulla oblongata der Fall. Auffallender aber finde ich diese Erscheinung in der Umgebung der Hirnventrikel ausgebildet. Ich konnte sie des Genaueren am besten in dem mächtig entwickelten bulbus olfactorius des Igels studiren. Man sieht hier den Ventrikel von einer ganz ausserordentlich starken Lage Gerüstsubstanz umgeben. Die sehr grossen Zellen derselben senden ihre Fortsätze zum Theil in der gewöhnlichen Weise zu andern benachbarten, um sich mit ihnen zu verbinden, zum Theil aber schicken sie die-

selben in radiärer Richtung nach aussen. Von diesen gleich von vorneherein gut entwickelten Ausläufern legen sich sehr bald eine gewisse Zahl, etwa drei bis zwanzig dicht aneinander, um eine sehr starke Faser zu bilden. Diese läuft nun in radiärer Richtung weiter nach aussen in die benachbarte Schicht, welche aus weisser Substanz besteht, hinein; manche enden in ihr, andere durchkreuzen sie, ohne sich zu theilen und erreichen die nächstfolgende Körnerschicht. In der ersteren oder in der letzteren Gegend nun zerfasert sich der starke Faden ganz plötzlich und zerfällt wieder in eine Anzahl Einzelfäden, welche divergirend auseinanderstrahlen, um nach längerem oder kürzerem Einzelverlauf sich mit den Gliazellen oder dem Netzwerk ihrer Ausläufer in dieser Gegend zu verbinden. Ob hierbei noch secundäre Theilungen vorkommen d. h. ob nach dem Auseinanderstrahlen in einzelne Fasern diese sich noch weiter verästeln können, habe ich nicht mit Sicherheit entscheiden können. Ebenso wenig vermochte ich festzustellen, ob die Zahl der Endfasern mit der Anzahl der in der centralen Stützsubstanz zusammentretenden Fäden übereinstimmt. Ja es gelang mir trotz grosser, auf diesen Punkt verwandter Mühe nicht zu erforschen, ob die zu einem Balken zusammentretenden Ausläufer der Gliazellen mit einander verschmelzen oder sich nur sehr fest und innig an einander legen. Ich möchte an das Erstere, an eine Verschmelzung glauben, da ich niemals auch nur die leiseste Spur einer Zusammensetzung fand; nie zeigte sich die Andeutung einer fibrillären Structur; die starken Fäden hatten ein durchaus glashelles, structurloses Aussehen, ganz genau so, wie die einzelnen Gliafortsätze. Auch konnte ich trotz vieler Versuche die isolirten starken Fäden nicht mit den Nadeln zerfasern; sie brachen stets in der Quere, niemals spalteten sie sich der Länge nach, was doch wohl hier und da geschehen wäre, wenn sie nicht zu einem untrennbaren Ganzen verschmolzen wären. Dennoch will ich dies mit absoluter Gewissheit nicht behaupten. Die Stärke ebenso wie die Länge der Balken wechselt sehr, die erstere beträgt durchschnittlich etwa 0,01—0,015 mm, die letztere kann 0,3 mm erreichen. Ihre Zahl ist in dem bulbus olfactorius des Igels eine ganz ungeheuer grosse. Sie geben der Innenparthie desselben ein eigenthümliches Aussehen und erregen sofort die Aufmerksamkeit des Beschauers. In den Innenparthieen des übrigen Gehirns um die Ventrikel herum sind diese Bildungen bei dem gleichen Geschöpf

ebenfalls deutlich genug entwickelt haben aber nirgends eine ähnliche Entwicklung wie an dem erwähnten Ort. So habe ich auch bei den übrigen Säugethieren, die ich darauf hin untersuchte, ähnliche zusammengesetzte Stützfasern gefunden, welche aus der centralen Auskleidung der Ventrikel sich hervorbildeten und nach aussen in die benachbarten Parthieen ausstrahlten; doch sah ich sie nirgends wieder in so auffallender Menge wie an der erwähnten Stelle.

Ausserhalb der eigentlichen überall in ziemlich regelmässiger Weise ausgebildeten Auskleidung der centralen Hohlräume befinden sich noch andere, sehr verschieden entwickelte Anhäufungen von Neuroglia, die theilweise eine verhältnissmässig gewaltige Entwicklung erreichen und auch sehr schön ausgebildete Elemente besitzen. Besonders am Boden des vierten Ventrikels kommen solche Massen von Stützsubstanz ohne nervöse Elemente vor. In ihnen findet man die grössten und schönsten kernarmen Gliazellen. Fig. 5 z. B. stellt eine ihnen entnommene Zelle dar.

Zwischen den geschilderten Anhäufungen der Neuroglia, der äusseren Gliahülle und der inneren Auskleidung des centralen Höhlensystems und endlich dem gröberen Balkenwerk der innern Stützsubstanz ist das feinere Geflecht derselben ausgebreitet. Nicht aber liegt dies etwa locker und unverbunden innerhalb jener, sondern es ist auf das Innigste und überall mit ihnen verbunden.

Sie ist natürlich hinsichtlich der Form und der Anordnung der Elemente sehr verschieden, je nachdem sie das Gerüst der grauen oder der weissen Substanz bildet. Aber auch in der ersteren sind die Verhältnisse in den verschiedenen Theilen des Centralorgans so von einander abweichend, dass hier eine gemeinsame und allgemeine Beschreibung nicht am Platz sein würde. Ich muss weiter unten genauer auf die Besonderheiten der Stützsubstanz in den einzelnen grauen Parthieen des Centralnervensystems eingehen und kann hier nur kurz erwähnen, dass überall die Gliazellen ein dichtes Netzwerk bilden, indem ihre nach allen Seiten hin strebenden Ausläufer sich mit einander verbinden. Die Grösse und Consistenz der Zellen sind den Eigenthümlichkeiten jeder Gegend entsprechend, doch ist im Allgemeinen zu behaupten, dass die Festigkeit der Gliazellen im umgekehrten Verhältniss zu der der Nervenzellen steht.

Denn diese sind durchaus nicht gleich consistent und nicht

in gleicher Weise widerstandsfähig gegen mechanische und chemische Angriffe. Was den Nervenzellen abgeht, ersetzen die zu ihrem Schutz angelegten Gliazellen. Um Beispiele anzuführen: sehr zart und leicht zu zerstören sind z. B. die Nervenzellen der Körnerschichte des Kleinhirns und ebenso gewisse Nervenzellen der Grosshirnrinde, darunter die grossen dichtgedrängten des Ammonshorns. Es ist schwer, sie mit den bekannten Hilfsmitteln unversehrt zu isoliren. Nicht nur lösen sich ihre Fortsätze ungewöhnlich leicht ab, sondern auch die Zelleiber fallen viel eher auseinander als bei andern Nervenzellen, so dass man von einigen derselben immer nur die Kerne bei der Isolation erhält. Sehr deutlich erkennt man auch in gefärbten Durchschnitten des gehärteten Centralnervensystems, dass diese nervösen Zellen sehr weich, zart und leicht zerstörbar, jene viel fester, derber und widerstandsfähiger sind. Die Art und Weise, wie sie beim Erhärten schrumpfen und Retractionslücken bilden, der Höhegrad dieses Vorgangs, die Art sich zu färben, ja am meisten einfach das Aussehen, welches das Zellprotoplasma bei stärkerer Vergrösserung gewährt, sind neben manchen andern charakteristischen Erscheinungen die Kennzeichen, welche zur Prüfung der Consistenz des Zellprotoplasmas dienen können. Wie gross in dieser Hinsicht der Unterschied zwischen den verschiedenen Nervenzellen ist, zeigen uns z. B. gute Schnittpräparate eines Gehirns, das erst längere Zeit, vielleicht 24 Stunden nach dem Tode in die erhärtende Flüssigkeit gelegt wurde, da hier die zarteren Nervenzellen bis auf den Kern ganz zerfallen sein können; ein feinkörniger Detritus, welcher den angewandten Farbstoff gar nicht aufgenommen hat, lagert um den gut erhaltenen Kern herum: während die derberen Nervenzellen in schöner Färbung und gut erhalten sich präsentiren. Es ist hier nicht der Ort genauer auf diese Verhältnisse einzugehen. Sie sind interessant genug, aber nicht so ganz einfach; schon deshalb nicht, weil offenbar die Nervenzellen je nach ihrem Functionszustand ihre Consistenz etwas wechseln. Es sollten hier diese That-sachen, die ja bisher so gut wie gar nicht von den Forschern berücksichtigt wurden, nur in so weit beleuchtet werden, als sie für das Verständniss der Gliaverhältnisse von Wichtigkeit sind¹⁾.

1) Ich hatte schon früher Gelegenheit, auf diese ungemein verschiedenartige Consistenz der Nervenzellen hinzuweisen. (In dem im Anfang

Wie schon oben erwähnt wurde, werden die zarteren Nervenzellen von derberen Gliazellen umschlossen und umgekehrt. So z. B. sind die Stützzellen, welche das die verhältnissmässig sehr festen Nervenzellen des Rückenmarks umspinnende Flechtwerk bilden, durchweg zu den feineren gehörig. Wir finden hier zum Theil die als eigne Form beschriebenen Gliazellen, welche nur aus einem grossen Kern und sehr zarten Fortsätzen bestehen oder wenigstens einen im Verhältniss zum Kern verschwindenden Zellleib besitzen. Und betrachten wir dagegen die Elemente des Neurogliageflechtes, welches z. B. die Nervenzellen der sogenannten Körnerschicht des kleinen Gehirns (Fig. 21) oder gewisse nervöse Zellen des Ammonshorns (Fig. 20) umgiebt, so sehen wir derbe, grosse, mit kräftigen Ausläufern versehene Gliazellen, in denen Kerne entweder gar nicht oder mit Mühe als unbedeutende und nicht sonderlich scharf contourirte Gebilde nachgewiesen werden können. Das charakteristische, glashelle Aussehen des Zellleibes lässt auf eine fortgeschrittene Verhornung schliessen, wofür auch die grössere Widerstandsfähigkeit dieser Zellen spricht.

Auch die Dichte des Gliageflechtes, welches die Nervenzellen schützend umgiebt, scheint an verschiedenen Punkten des Centralorgans sehr verschieden zu sein. Allerdings kann ich hier höchstens sagen: „Es scheint.“ Denn, da man die Verhältnisse nach möglichst dünnen Schnitten, in denen die Zellen nicht in ihrem ganzen Umfang, sondern nur feine von ihnen abgetragene Scheiben enthalten sind, beurtheilen muss, kann man auch aus den geringen im Präparat sich zeigenden Bruchstücken des Gliageflechtes nur einen zweifelhaften Schluss ziehen. Am günstigsten gestaltet sich das Bild, wenn der Schnitt eine grössere Nervenzelle so getroffen hat, dass ein umfangreicher von Glia umsponnener Theil der Oberfläche sichtbar wird. Um das einhüllende Geflecht der grossen Nervenzellen herzustellen, vereinigen sich eine gewisse Anzahl von Gliazellen und bilden vermittelt eines Theiles ihrer Ausläufer ein korbartiges, die Nervenzelle genau umschliessendes Gerüst, während ihre übrigen Fortsätze die Verbindung mit dem Glianetz der Umgebung bewirken. Die kleineren Nervenzellen dagegen liegen einfach in den Maschen der gleichmässig ausgebildeten Ge-

dieser Arbeit erwähnten Vortrag.) Ich werde bald in einer andern Arbeit genauer auf sie eingehen können.

rüstsubstanz, ohne dass eigne, ihnen besonders angehörige Gliazellen sie umschliessen. So kommt es häufig genug vor — die Körnerschichten an verschiedenen Stellen des Gehirns sind die besten Beispiele hiefür — dass in einer Parthie mehr Nervenals Gliazellen zu finden sind. Das in Figur 21 dargestellte Stützgerüst der Kleinhirnrinde des Igels macht diess Verhältnisse klar; freilich muss man bei der Betrachtung stets im Auge behalten, dass die Zeichnung nach einem ungemein feinen Schnitt gefertigt ist, welcher nur eine einzige Ebene darstellt. In der Lage b sind die Fragmente von drei Körben vorhanden, welche je eine Purkinj'sche Zelle umschloss. Den ganzen Korb hat man sich etwa aus drei bis höchstens fünf Gliazellen mit den dazu gehörigen Ausläufern bestehend zu denken. Die Lage c ist ein Theil des Gerüstes der Körnerschicht. Die Maschen hat man sich zum grossen Theil durch dichtgedrängte kleine Nervenzellen ausgefüllt vorzustellen. Es leuchtet ein, dass sehr viele von diesen nur von Gliafasern umspinnen sein können, ohne mit den Körpern der zugehörigen Stützzellen in Berührung zu kommen.

Um nun aber zu verstehen, wie die Nervenzellen trotzdem sie zuweilen, wie z. B. in den erwähnten Körnerschichten, so ausserordentlich dicht gedrängt angeordnet sind, durch die Neuroglia von einander getrennt werden, muss man sich klar machen, dass diese letztere ja nicht aus den Zellen mit ihrem faserigen Anhang allein besteht, sondern auch aus der structurlosen Grundsubstanz. Dieser letzteren kommt ein überaus wichtiger Antheil an dem Aufbau der grauen Substanz des ganzen centralen Nervensystems zu. Wenn auch nicht überall in gleicher quantitativer Entwicklung, vorhanden ist sie überall da, wo dem frischen, unbehandelten Centralorgan eine gewisse graue oder grau-röthliche Färbung zukommt. Ihre Menge hängt von der Entwicklung der übrigen Elemente ab und steht im umgekehrten Verhältniss zu derselben. Je dichter besonders die Nervenzellen liegen, desto weniger Grundsubstanz muss vorhanden sein. An manchen Stellen drängen sich die ersteren derartig aneinander, dass scheinbar nichts als einige sehr zarte Gliafasern zwischen ihnen liegen, dennoch ist hier wie überall zwischen den Zellen etwas von der ganz durchsichtigen, gleichartigen Masse ausgebreitet. Denn sie füllt stets die Maschen des Glianetzes aus, so weit dasselbe nicht von den nervösen Elementen z. B. den Fortsätzen der Nervenzellen eingenommen wird.

So erst wird diese zusammengesetzte Zwischenmasse der nervösen Elemente zu einer vollständigen, durch nichts unterbrochenen Umhüllung derselben. Die Nervenzellen und ihre mannichfach und auf das Reichste verästelten Fortsätze werden stets, so nahe aneinander gedrängt sie auch liegen mögen, durch ein mit Grundsubstanz ganz ausgefülltes Flechtwerk auf das vollkommenste von einander getrennt und gegen die gleichartigen Nachbarelemente isolirt. Nie und an keiner Stelle des ganzen centralen Nervensystems — ich betone dies hier noch einmal ausdrücklich — berühren sich nebeneinander liegende nervöse Theilchen; immer sind sie durch Neuroglia d. h. durch eine physiologisch ausserordentlich verschiedenartige Substanz von einander getrennt.

Das soeben betonte Gesetz hat dieselbe Geltung für die marklosen Nervenfasern, welche bis zu ungeheurer kaum noch erkennbarer Feinheit herunter in der grauen Substanz vorkommen und sogar an verschiedenen Stellen einen Haupttheil derselben ausmachen. Auch sie sind, mögen sie zu den allerzartesten Fasern unseres Körpers überhaupt gehören, oder mögen sie jene oft ziemlich derben Fäden sein, welche als sogenannte Axencylinderfortsätze zu den Nervenzellen treten, um in ihnen zu enden, absolut isolirt. Aber ein wichtiger Unterschied ist den Zellen gegenüber zu constatiren. Die umhüllende und trennende Masse der Nervenfibrillen kann nur Grundsubstanz sein, es ist durchaus nicht erforderlich, dass die faserigen Elemente der Neuroglia das Gerüst der Hülle bilden, wie wir es bei den Zellen sehen, ja dies Verhalten muss sogar als ein ausnahmsweises und nur hier und da stärkeren marklosen Nervenfasern zukommendes angesehen werden. Im Allgemeinen bilden zarte Gliazellen und deren feinverzweigte Ausläufer für die Stellen, in denen die Nervenfibrillen sich befinden, ein Stützgerüst, ein Netzwerk, dessen Maschen nicht direct von diesen Fibrillen, sondern zunächst von Grundsubstanz erfüllt sind. In dieser dann eingebettet und von ihr rings umgeben verlaufen die Nervenfasern. Vergleicht man dies Verhalten mit dem der markhaltigen Nervenfasern, wie ich es weiter unten genauer beschreiben werde, so muss man sagen, dass hier die Grundsubstanz die Markhülle der weissen Nervenfasern vertritt. Ich meine dies nicht nur äusserlich als mechanische Umhüllungsmasse, sondern auch in functioneller Beziehung. Demnach würde die Hauptaufgabe des formlosen Theils der Neuroglia in Beziehung auf die

marklosen Nervenfasern die Ernährung derselben sein; den Ersatz zu liefern für das, was sie während ihrer Thätigkeit an Stoff einbüßen. Die Blutcapillaren reichen, trotzdem sie ein engmaschiges Netz in der grauen Substanz bilden, nicht aus, um die feinen wegen ihrer lebhaften Function einem regen Stoffwechsel unterworfenen Nervenfibrillen direct zu ernähren. Es tritt daher die Grundsubstanz als Vermittlerin ein. Man könnte nun versucht sein, eine gleiche Function derselben auch hinsichtlich der Nervenzellen anzunehmen, die ja doch auch von ihr umgeben sind. Ein genauer Blick auf die thatsächlichen Verhältnisse belehrt uns jedoch, dass sich hier die Dinge anders verhalten müssen. Jede Nervenzelle, mag sie auch noch so klein sein, wird wenigstens eine Capillarschlinge in unmittelbarer Nachbarschaft haben, umfangreichere Zellen aber werden von einem dichten Geflecht feinsten Blutgefässe vollkommen umringt. — Dass diese sich stets an die die Zelle umhüllende Neuroglia halten und in ihr eine gewisse Stütze finden, sei hier nebenbei erwähnt. — Es ist also natürlich, dass die Nervenzellen ihr Ernährungsmaterial aus den Capillaren direct beziehen. Hierfür spricht auch der Umstand, dass die Nervenzellen die Umhüllung aus Neuroglia meistens an Masse weit übertreffen. Ausserordentlich wichtig ist für die Zellen sowohl wie auch für die graue Substanz im Allgemeinen die Bildung der Räume und Canäle für den Abfluss der Lymphe. Dieselben sind direct in der Grundsubstanz eingegraben. Sie bilden ein complicirtes quantitativ ungemein reich ausgebildetes System, auf das ich weiter unten genauer eingehen werde.

Ich schilderte soeben das Verhältniss der marklosen Nervenfasern zu der Neuroglia. Das Bild ändert sich jedoch sofort, sobald eine markhaltige Nervenfaser in die graue Substanz eintritt. An manchen Stellen derselben ist dies bekanntlich ein ziemlich häufiges Vorkommniss und sieht man z. B. in der grauen Substanz des Rückenmarks eine grosse Zahl weisser Nervenfasern nach allen Richtungen hin verlaufen. Diese haben nun stets eine eigne aus den geformten Elementen der Glia gewebte Umhüllung, grade so wie wir es gleich für die Nervenfasern der weissen Substanz kennen lernen werden. Diese Scheide baut sich einmal aus Fasern auf, welche von dem allgemeinen Stützgerüst der Nachbarschaft abstammen, dann aber auch aus eignen Gliazellen und deren Fortsätzen. Ja diese letzteren sind offenbar ausserordentlich zahlreich

und bilden den grösseren Theil der Elemente dieser Hüllen, da man fast an jedem Querschnitt einer stärkeren in der grauen Substanz gelegenen markhaltigen Nervenfasern auch den Körper einer Gliazelle, deren Grösse dem Durchmesser der Faser entspricht, findet. Dieselbe schmiegt sich mit einer concaven Einbuchtung innig der Nervenfasern an und umhüllt so einen nicht unbeträchtlichen Theil des Querschnitts derselben. Die von ihr ausgehenden Fortsätze nehmen, indem sie sich mit andern Gliafasern netzförmig verbinden, ebenfalls Theil an der Bildung der Scheide.

Insoweit konnte ich die Neuroglia der grauen Substanzen gemeinsam schildern. Es wird sich später zeigen, dass den einzelnen Gegenden noch manche Eigenthümlichkeiten zukommen. Ehe ich aber auf die Schilderung derselben eingehe, möchte ich zunächst die Verhältnisse der Neuroglia in der weissen Substanz klar zu machen suchen. Das Verhalten der Stützsubstanz ist in dieser viel gleichmässiger als in der grauen, obschon auch hier im Einzelnen kleine Abweichungen in den verschiedenen Parthien der Centralorgane vorkommen. Der grösste Unterschied, welcher mir auffiel, war von dem Caliber der Nervenfasern abhängig. Die Verhältnisse gestalten sich anders und sind, wie ich sofort hier hinzufügen will, ungleich schwerer zu erforschen, wenn die weisse Substanz nur aus ganz feinen Nervenfasern besteht, als wenn sie aus stärkeren oder wie es gewöhnlich der Fall ist, aus gemischten Fasern zusammengesetzt ist. Ein gewisser Unterschied wird auch durch die mehr oder minder starke Entwicklung grösserer, aus Neuroglia aufgebauter Balken bedingt. Dieselben erreichen in dem Gehirn nirgends die hohe Bedeutung, welche ihnen im Rückenmark und, wenn auch schon in etwas geringerem Grade, in dem verlängerten Mark zukommt.

Das Hauptprinzip in der Anordnung der Neurogliaelemente der weissen Substanz besteht darin, dass aus ihnen für jede einzelne markhaltige Nervenfasern — und zwar ohne jede Ausnahme — eine eigne Scheide gewebt wird, welche, obgleich die Gliaelemente sich nur zu einem netzförmigen Gewebe, nicht aber zu continuirlichen Häuten vereinen, dieselben vollkommen von einander isoliren. Die einzelnen Nervenfasern sind durch eine möglichst geringe Stützmasse umhüllt. Wir finden zwischen ihnen nur grade so viel davon als zu ihrer vollkommenen Trennung und zu einer ziemlich spärlichen Zu- und Abfuhr des Ernährungsmaterials nothwendig

ist. Doch werden, theils um dem Ganzen eine grössere Festigkeit, einen gewissen Halt zu geben, theils um den Blutgefässen, soweit sie nicht Capillaren sind, als Träger zu dienen¹⁾, besondere Balken von ausserordentlich verschiedenartiger Stärke aufgebaut. Diese zusammen mit der oben beschriebenen Gliahülle oder in manchen Hirntheilen mit der centralen Auskleidung der Ventrikel bilden das Hauptgerüst der weissen Substanz, an das sich das feinere zwischen den Nervenfasern selber ausgebreitete Netzwerk der Glia anlehnt. Für die Herstellung dieses letzteren sind ganz hauptsächlich die Zellen der Stützsubstanz und ihre Ausläufer verwandt, während die Grundsubstanz nur in geringstem Maasse und nur an bestimmten Stellen für den Aufbau benutzt ist. Von den erwähnten Balken aber ist der bei weitem grösste Theil, wie die Gliahülle, mit der sie überhaupt grosse Aehnlichkeit aufweisen, aus Grundsubstanz und Zellennetzwerk zusammengesetzt.

Wollen wir nun die soeben angedeuteten Verhältnisse der Glia in der weissen Substanz näher studiren, so thun wir gut, uns zunächst nur das Rückenmark darauf hin anzusehen, denn hier ist die Anordnung eine besonders klare und auch besonders typische. Leicht ist es, nach Erkennung der dortigen Verhältnisse diejenigen in der weissen Substanz der übrigen Gegenden der Centralorgane zu begreifen. Nachdem wir ja schon früher die Gliazellen der weissen Substanz durch sorgfältige Isolation im Einzelnen dargestellt und nach allen Richtungen hin studirt haben, erübrigt nun noch zur Erkennung der topographischen Anordnung der Gerüstsubstanz Schnitte durch das erhärtete Mark zu machen und dieselben mit Carmin gefärbt²⁾ in bekannter Weise der mikroskopischen Durchforschung zugänglich zu machen. Die vornehmste Belehrung schöpfen wir aus dem Studium der so genau wie nur

1) Auf das nicht ganz einfache Verhältniss der Neuroglia zu dem Gefässsystem muss ich weiter unten des Genaueren eingehen.

2) Die besten und in jeder Hinsicht deutlichsten Präparate erhielt ich immer durch eine sehr vorsichtige Tinction mit Ammoniak-Carmin mit leichter Nachfärbung in Alaun-Carmin, um die Kerne noch hervorzuheben. Mit Bismarckbraun gefärbte Präparate können auch recht deutlich sein. Neuerdings aber habe ich das Glia-Netzwerk, Zellen sowohl wie die Fasern bis in ihre feinsten Verästelungen hinein sehr klar und deutlich durch die Heidenhain'sche Hämatoxylinfärbung erhalten. Besonders eignen sich Längsschnitte sehr für dieselbe.

irgend möglich senkrecht zur Längsaxe angelegten Querschnitte¹⁾. Doch sind dann Längsschnitte und zwar sowohl in sagittaler wie auch in frontaler Richtung angefertigte, ebenfalls durchaus nothwendig für das Verständniss. Auch sie müssen möglichst mathematisch genau parallel mit der Längsaxe des Markes geführt werden. Deutlich von der horizontalen oder senkrechten Richtung abweichende Schrägschnitte können wohl zum Vergleich und für das Studium ganz besonderer Verhältnisse benutzt werden — immer aber mit grösster Vorsicht, da sie zu allerhand Täuschungen Veranlassung geben können. Ich wiederhole, was ich schon im Beginn dieser Arbeit betonte, nur die allerfeinsten Schnitte, Schnitte von einer Dünne, wie ich sie offen gestanden in andern Sammlungen nie gesehen habe, vermögen uns die Anordnung der Stützsubstanz im richtigen Licht darzustellen. Dickere Schnitte täuschen zu leicht. Es ist ja nicht nothwendig, Segmente, welche den ganzen Umfang des Rückenmarks-Querschnittes umfassen, zu benutzen; kleinere Fragmente, deren topographische Einordnung in das Ganze allerdings genau bekannt sein müssen, genügen vollkommen. Fertigt man nach diesen Grundsätzen Präparate an, womöglich von einem grossen Wiederkäuer, also am besten vom Ochsen — nicht aber vom Kalb, da bei sehr jungen Thieren die Verhältnisse nicht so gut ausgeprägt sind, wie bei älteren, — so wird man das, was ich im Folgenden mittheilen werde, leicht bestätigen können. Bei Wiederkäuern sind die Verhältnisse der Neuroglia klarer und deutlicher zu übersehen als z. B. beim Menschen und besonders als bei Raubthieren. Es hängt dies wohl von der leichteren Tingirbarkeit der Elemente, vielleicht auch noch von andern Gründen ab. Beim Rückenmark des Ochsen ist die ausserordentliche Grössenentwicklung der Nervenfasern sowohl wie auch der Gliaelemente von sehr grossem Vortheil.

Wie unzählige Male ist es unternommen worden, die feineren mikroskopischen Verhältnisse der weissen Substanz des Rückenmarks bildlich darzustellen, aber welches ein Werk ich auch meinen Bücherspinden entnehme, sei es ein Handbuch der Histologie, eine Beschreibung der feineren Verhältnisse des Centralnervensystems oder gar eine monographische Darstellung des Rückenmarks:

1) Schräge Querschnitte geben sehr leicht zu Täuschungen Veranlassung. Die Verhältnisse erscheinen verzerrt.

nirgends finde ich eine wirklich naturgetreue Abbildung der feineren Verhältnisse der weissen Substanz des Markes. Freilich, um gerecht zu sein, muss ich hinzusetzen, dass es sich mit der grauen Substanz genau ebenso verhält. Fast alle die vielen Holzschnitte und Lithographien, welche ich kenne, geben die Verhältnisse, wie Quer- oder Längsschnitte sie darbieten, in durchaus schematischer Weise wieder. Die photographischen Bilder, denen man Naturtreue wohl nicht absprechen kann, geben doch nicht die Details wieder, auf die es hier ankommt¹⁾. Macht aber einmal ein Autor den Versuch, ein Stück von einem Quer- oder Längsschnitt des Markes genau und naturgetreu abzubilden, so misslingt dies Bestreben erst recht. So entsprechen die Bilder der weissen Substanz des Rückenmarks, welche Boll²⁾ in der mehrfach erwähnten Arbeit giebt, so wenig der Wirklichkeit, dass ich mir oft Mühe gegeben habe, zu enträthseln, wie dieser sonst so scharfsinnige Forscher zu so groben Irrthümern hat gelangen können. Man kann fast sagen, es sei unmöglich, die Verhältnisse noch falscher abzubilden als Boll gethan hat. Ich gab schon früher an, wie wenig naturgetreu Henle und Merkel's, ebenso Gerlach's Bilder seien. Ich könnte auch die fast aller übrigen Autoren hinzufügen. Die dieser Abhandlung beigegebenen Abbildungen der weissen Substanz des Rückenmarks sind vollkommen naturgetreu. Sie wurden mit dem Prisma angefertigt und entsprechen in jeder Zelle und in jeder Faser bis zur feinsten herab ganz genau dem mikroskopischen Bild. Nur die Figur 16 ist insofern etwas schematisch gehalten, als sie, um das Nöthige möglichst deutlich zu zeigen, aus den Bildern zweier Präparate zusammengesetzt ist. Sie soll einen Ueberblick über die Verhältnisse der Gliahülle, der Balken in der weissen Substanz und über die Beziehungen dieser letztern zu den Blutgefässen gewähren. Die Figuren 11, 12, 13 und 14 stellen bei stärkerer Vergrösserung gezeichnete Fragmente von Querschnitten, Fig. 15 ein Bruchstück eines Längsschnittes dar. In den verschiedenen für diese Abbildungen benutzten Präparaten

1) Freilich nur deshalb nicht, weil man nicht die allerfeinsten Schnitte, welche möglich sind, und ungenügend gefärbte für die Aufnahme benutzte.

2) l. c. Figg. 6, 7, 8 auf Tafel I. Ich wundere mich um so mehr über Boll's Zeichnungen, als sie gleichfalls nach Präparaten aus dem Rückenmark des Ochsen und des Schafes und offenbar nach sehr dünnen Schnitten gefertigt wurden.

waren die Gliazellen sammt ihren Ausläufern ausserordentlich gut gefärbt und hoben sich bis in das Einzelne deutlich hervor¹⁾. Doch ist zu bemerken, dass sich bei der Carminfärbung, welche um allgemein gute Effecte zu erzielen nothwendig ist, manche Kerne nicht färben, welche sich bei der Tinction mit den richtigen Kernfärbemitteln noch färben würden.

Es ist allgemein bekannt, dass in der weissen Substanz des Rückenmarks Nervenfasern von sehr verschiedenem Durchmesser vereinigt sind. Wir finden die allerstärksten, die überhaupt im Körper vorkommen und ganz ungemein feine. Bei vielen dieser letzteren ist besonders die Markhülle so gering entwickelt, dass man sie nur bei starken Vergrösserungen und genauester Betrachtung erkennt. Häufig genug scheinen die Querschnitte der feinsten Nervenfasern ganz des umgebenden Markringes zu entbehren. Starke Immersionssysteme lassen ihn jedoch stets entdecken und man findet, dass so viele allerfeinsten Nervenfasern mit minimalster Markumkleidung versehen auch in der weissen Substanz des Rückenmarks vorkommen, dennoch keine ganz marklosen in derselben existiren. Es müssten denn grade in der Nähe der grauen Substanz sich einige verirrte Fibrillen dieser Art zwischen die weissen Nervenfasern mischen²⁾. Man könnte nun freilich meinen, dass die Querschnitte der feinsten marklosen Axencylinder von denen der Stützfasern nicht zu unterscheiden wären, und dass man daher die Frage nach dem Vorkommen markloser Nervenfasern in der weissen Substanz nicht entscheiden könne. In der That sehen die kleinen Pünktchen, welche die Nervenfibrillen und Gliafasern im Querschnitt repräsentiren, bei schwacher und mittlerer

1) In der Zeichnung sind durchaus noch nicht die feinsten Endreiser der Gliafasern gezeichnet, einmal weil sie bei der Vergrösserung, bei welcher die Abbildung gefertigt wurde, nicht sichtbar waren und dann auch weil die Zeichnung zu wirr und undeutlich durch die zahlreichen feinen Fibrillen geworden wäre. Man ist zuerst äusserst erstaunt, wenn man in einem sehr gut gefärbten Längsschnitt der weissen Substanz ein so reichlich entwickeltes, dicht gefügtes Gewebe vor sich hat, von dem man bisher in den vielleicht vielen tausend Präparaten des Rückenmarks, welche man angesehen hat, nur rundliche Gebilde, d. h. die Kerne oder unvollkommen gefärbte Zellkörper erblickte.

2) Weigert's neue Färbemethoden, welche allein einen Theil der Markscheide färben, lassen das Gesagte ebenfalls deutlich erkennen.

Vergrößerung ziemlich gleichartig aus; mit Anwendung stärkerer Systeme aber und besonders der Oelimmersion wird der einiger-massen geübte Forscher niemals im Zweifel sein, mit welcher von beiden er es zu thun hat. Die viel intensivere Färbung (bei Anwendung von Carmin) ist ebenso characteristisch für den Axencylinder, wie der eigenthümliche nicht zu verkennende hornige Glanz für die Stützfaser; auch ist das Lichtbrechungsvermögen beider ein durchaus verschiedenes. Im Allgemeinen findet man die Nervenfasern ihrem Durchmesser entsprechend topographisch zusammengestellt, so dass die stärkeren sich zu den sogenannten Vordersträngen, die feineren zu den Hintersträngen zusammenordnen. In den Seitensträngen sind in den inneren, der grauen Substanz benachbarten Parthien dünnere, in den äusseren dickere Fasern vereinigt. Doch würde man sehr irren, wenn man annähme, dass in einer Gegend nur solche Fasern von ähnlichem Durchmesser zu finden seien. Im Gegentheil, man sieht überall in Hinsicht auf das Caliber sehr verschiedenartige durcheinander gemischt und nur die Majorität einer Sorte ist für eine bestimmte Parthie der weissen Rückenmarkssubstanz characteristisch. Und grade die oben erwähnten ganz feinen markhaltigen Fibrillen von kaum messbarem Durchmesser sind ausnahmslos in der ganzen weissen Substanz zu finden. Sie liegen meistens in geringer Zahl zu Gruppen vereinigt zwischen den stärkeren Nervenfasern. Da diese kleinen Anhäufungen nach verschiedenen Richtungen hin mit den gleichartig zusammengesetzten Gruppen in Verbindung treten, entstehen netzartig durch die weisse Substanz sich hinziehende Balken und Bälkchen, welche bei genauer Betrachtung ganz aus diesen so markarmen feinen Fibrillen zusammengesetzt sind. Im carmingefärbten Querschnitt unterscheiden sie sich deshalb so auffallend von den umliegenden stärkeren Nervenfasern, weil bei diesen letzteren das ganz ungefärbt bleibende Mark an Masse bei weitem die intensiv roth gefärbten Axencylinder übertrifft, während bei den ersteren umgekehrt das Mark kaum in Frage kommt, die Axencylinderquerschnitte vielmehr die Hauptmasse derselben ausmacht. Der Erfolg ist natürlich, dass die Anhäufungen dieser Fibrillen rothgefärbte Balken zwischen den hell und klar aussehenden stärkeren Fasern bilden und sich dadurch fremdartig gegen diese abheben. Ich betone deshalb diese Thatsache so ausdrücklich, weil ohne Frage diese starkgefärbten Zwischenbälkchen sehr

häufig für einen Theil der Stützsubstanz gehalten worden sind. Und in der That kommt man bei oberflächlicherer Betrachtung der Präparate leicht zu dieser Annahme, die dann aber der genaueren Durchforschung weichen muss. Es dienen nun diese feinen Fasern in ihren kleinen Anhäufungen, zuweilen auch mehr oder minder vereinzelt dazu, um gemeinsam mit der Neuroglia die Lücken zwischen den stärkeren Fasern auszufüllen. Sie haben also für das Verständniss der topographischen Anordnung der Elemente in der weissen Substanz des Rückenmarks eine sehr wesentliche Bedeutung und dürfen durchaus nicht übersehen werden. Ihr häufiges Vorkommen erklärt auch, dass die Gerüstsubstanz, welche die Nervenfasern trennt, im Rückenmarks-Querschnitt vielfach mächtiger entwickelt erscheint, als es in der That der Fall ist. Man hat eben diese Nervenfibrillen von der Zwischensubstanz zu subtrahiren, um die Neuroglia zu erhalten.

Die Zellen der Neuroglia der weissen Rückenmarkssubstanz sind oben so ausführlich besprochen worden, dass nichts mehr hinzuzufügen ist. Diese Zellen nun mit ihren ungemein langen und verästelten Ausläufern bilden die Scheiden der Nervenfasern. Der meistens schön und kräftig entwickelte Zelleib selber nimmt innigen Antheil an dem Aufbau derselben. Zu diesem Zweck schmiegen sie sich mit ihrem Körper dem Mark der Nervenfaser fest an; es entsteht eine concave Fläche, eine Einbuchtung des Zelleibes, welche genau der Wölbung der ersteren entspricht und einen mehr oder minder grossen Theil des Umfanges derselben umgreift. Ich habe niemals gesehen, dass mehr als die Hälfte desselben von dem Leib einer einzigen Gliazelle umfasst wurde. Bei feineren Nervenfasern kommt es wohl, wenn auch selten, vor, dass sie von zwei Zelleibern vollkommen eingeschlossen werden, so dass ein dicker, scheinbar continuirlicher Ring den Querschnitt derselben umschliesst¹⁾. Das ist aber mehr Ausnahme, denn im Allgemeinen findet man ein Sechstel bis ein Drittel des Umfanges — oft genug aber noch weniger — von dem Körper einer einzelnen Gliazelle umgeben. Doch laufen dann die starken Fortsätze

1) Eine noch viel seltenere, aber doch beobachtete Ausnahme ist es, wenn eine einzige Gliazelle mit ihrem sehr stark gebogenen schmalen Leib einen Theil einer schwächeren Nervenfaser umgiebt, während die ihn fortsetzenden Ausläufer die übrige Oberfläche derselben vollkommen einschliessen.

derselben um einen weiteren Theil der Nervenfaser herum bis sie abbiegen und sich an der Oberfläche anderer zu verästeln und deren Scheide bilden zu helfen. Sehr häufig schmiegen sich zwei oder mehrere Zellkörper in derselben Ebene einer Nervenfaser an, so dass man selbst im dünnsten Querschnitt die Scheide einer starken Faser aus drei, ja aus fünf Gliazellen zusammengesetzt finden kann. Andererseits aber leuchtet es ein, dass eine Zelle der Gerüstsubstanz, zumal, wenn sie einen kräftig entwickelten Körper besitzt, nicht nur einer Nervenfaser anliegen, sondern mehrere berühren muss. Sie drängt sich ja in den kleinen Raum, welchen die gewölbten Flächen der möglichst dicht neben einander angeordneten Nervenfasern nothwendiger Weise zwischen sich lassen müssen und füllt ihn ganz oder wenigstens zum grossen Theil aus. Allen Fasern also, welche diesen Raum begrenzen, wird sich die ihn ausfüllende Gliazelle mit Theilen ihrer Oberfläche anlegen. So habe ich Zellen gefunden, welche in einem Querschnitt an der Bildung der Scheiden von fünf, ja von sieben starken Nervenfasern mit ihren Körpern Theil nahmen. Die Figur 12 ist ein hübsches, durch die regelmässige Form der Zelle und ihrer strahlenförmig abgehenden Fortsätze ausgezeichnetes Beispiel dieser Anordnung. Haben wir aber in demselben ein complicirtes Verhältniss kennen gelernt, so zeigt uns Figur 11 eine weit einfachere, übrigens auch viel gewöhnlichere Lagerung der Theile. Die Gliazelle c_1 zeigt die Gestalt, in welcher sich durchaus die meisten zwischen den stärkeren Nervenfasern gelegenen Stützzellen im Querschnitt darstellen¹⁾. Sie sind dreieckig; ihre drei Seiten legen sich an ebenso viele Nervenfasern an, während von den Ecken lange Fortsätze ausgehen, welche theils dieselben, theils benachbarte Fasern umschlingen. Je inniger sich die Seiten den gewölbten Flächen der Nervenfasern anschliessen, um so stärker concav sind sie. Sehr häufig finden wir auch Gliazellen, welche im Querschnitt vierseitig sind und welche sich also an vier grössere Nervenfasern anschliessen. In der Figur 14 sind mehrere Beispiele dieser Form und die Zelle c in Figur 11 zeigt deutlich, wie leicht diese Gestalt aus der vorigen hervorgehen kann. Es spaltet

1) Wie ich bei der Besprechung der einzelnen Gliazellen der weissen Substanz betonte, kann man auch an der Mehrzahl der isolirten Gebilde dieser Art die gleiche Gestalt constatiren.

sich einfach der eine Spitzenfortsatz gleich an der Basis und zwischen den divergirenden Schenkeln wird eine Nervenfasern eingeschoben, die also noch mit dem Zelleib in Berührung tritt. Sind die vier begrenzenden Fasern gleich stark, so hat die Zelle einen regelmässigen quadratischen Querschnitt; nur sind die Ecken mehr oder minder ausgezogen, indem sie sich in die Fortsätze verlängern. Es leuchtet nun aber wohl ein, dass häufig genug ein Theil der Oberfläche des Zelleibes durch die ganz feinen Nervenfibrillen, welche an ihr keine Einbuchtungen hervorzubringen vermögen, oder aber auch durch die fasrigen Elemente des Gerüsts, durch horizontal im Querschnitt oder senkrecht verlaufende Gliafasern von dem Mark der stärkeren Nervenfasern abgedrängt werden. Ja, dies kann mit der ganzen Oberfläche geschehen, so dass der Leib der Gliazellen nirgends mit Nervenfasern in Berührung tritt. Man sieht, wie mannigfaltig die Möglichkeiten der Anordnung und demgemäss auch der Form der Gliazellen sind. Wie viel verschiedene Abweichungen aber von den geschilderten Haupttypen; wie viele Unterarten derselben vorkommen können, wird man bei einem etwas eingehenderen Studium der Abbildungen, zumal der Figuren 13 und 14 leicht erkennen. Stets jedoch muss man im Auge behalten, und ich betonte dies in der obigen Schilderung auch fortwährend, dass die Abbildungen und die soeben aufgeführten Formen nur die Querschnitte der Stützzellen darstellen. Ihre Gestalt würde in Wirklichkeit nur dann der bildlichen und schriftlichen Darstellung ganz entsprechen, wenn sie stark in der Längsrichtung abgeplattet wären, so dass ihre wirklichen oberen und unteren Flächen dem senkrecht zur Längsaxe angelegten Querschnitt parallel liegen und mit demselben hinsichtlich der Form übereinstimmen. Dies ist aber, wie sofort ein Blick auf einen guten Längsschnitt lehrt (siehe Fig. 15), nicht der Fall. Die Stützzellen haben sehr oft einen nicht unbeträchtlichen Längsdurchmesser, der häufig genug den queren übertrifft; freilich kommen auch häufig genug, ebenso wie sehr lange, sehr kurze und dann abgeplattete Zellen vor. Wäre die Form der länglichen Stützzellen nun cylindrisch, so würden sie in den verschiedenen Querschnitten dieselbe Gestalt darbieten und im gleichen Verhältniss zu den benachbarten Gebilden, also vor allen Dingen zu den Nervenfasern stehen. Sie sind es aber durchaus nicht, sondern wechseln in Bezug auf die Grösse des Querdurchmessers nicht un-

bedeutend. Ein Blick auf Fig. 15 lehrt dies besser als jede Beschreibung. Ist nun aber die Gliazelle in dem einen Querschnitt viel weniger umfangreich als in dem unmittelbar darüber oder darunter liegenden, so muss ein Defect entstehen, welcher durch irgend eine andere Substanz, ganz besonders aber durch die Gliafortsätze, dann auch wohl durch sehr feine Nervenfibrillen, welche im Längsverlauf ihre Richtung und damit ihre Lage etwas ändern können, ausgefüllt wird. Von solchen Ungleichheiten absehend, wird man annehmen müssen, dass die Gliazellen in ihrer Längsausdehnung und zwar je nach ihrer Gestalt, in grösserer oder geringerer Länge den Nervenfasern anliegen; oder besser sich ihnen umschmiegen, wie wir es im Querschnitt sahen. Die Körper der Zellen müssen demgemäss den Nervenfasern entsprechende breite Rinnen besitzen, von deren stark vorstehenden Begrenzungskanten in der ganzen Längsausdehnung Fortsätze abgehen. So auch werden wir uns die in Fig. 12 abgebildete, im Querschnitt sich darstellende Gliazelle in Wirklichkeit nicht mehr als einen Stern, sondern als einen Cylinder mit sechs der Länge nach herabverlaufenden breiten Rillen vorstellen; von den begrenzenden, etwas hervorstehenden Kanten derselben werden in geringen Längsabständen von einander Fortsätze in die Lücken zwischen die anliegenden Nervenfasern abgegangen sein.

Neben den Körpern der Gliazellen nehmen noch ihre Fortsätze einen höchst wichtigen Antheil an der Bildung der Nervenfaserscheiden. Obgleich das quantitative Verhältniss beider nach den Gegenden schwankt, kann doch ohne Weiteres behauptet werden, dass die Fortsätze den bei Weitem grösseren Theil der Oberfläche der Nervenfasern einscheidet. Man schätzt wohl noch eher zu niedrig ab als zu hoch, wenn man den Antheil der faserigen Elemente an der Scheidenbildung auf vier Fünftel, den der Zellkörper auf ein Fünftel angiebt. Ich wiederhole hier übrigens, was ich schon früher mit Nachdruck betont habe, dass nämlich alle faserigen Elemente der Stützsubstanz Fortsätze von Gliazellen sind. Andere Fäden, als elastische oder Bindegewebsfibrillen sind durchaus zwischen den Nervenfasern nicht zu finden. Was nun die Form, das Aussehen, die Verästelung und die Längenverhältnisse der Fortsätze betrifft, so habe ich dem früher über die isolirten Zellen Gesagten nichts hinzuzufügen und muss auf dasselbe verweisen. Es erübrigt nur auf die Anordnung der Fortsätze und ihr

Verhältniss zu den Nervenfasern einzugehen. Zunächst fallen uns in Längsschnitten vielfach jene sehr starken, besonders fest und elastisch erscheinenden Ausläufer auf, welche früher gleichfalls genau besprochen wurden. Wir erkennen hier folgendes Verhalten derselben. Wenn einige Gliazellen senkrecht ziemlich genau übereinander, aber in kleinen Zwischenräumen angeordnet sind, so verbinden sie sich durch solche kräftigen Ausläufer mit einander. Von den einander zugekehrten, vielfach etwas verjüngten Enden laufen dieselben ganz direct zur nächst höher oder tiefer gelegenen Zelle, um sich in sie einzusenken. Theilungen findet man bei ihnen nicht. Die so kräftige Faser, welche direct von Zelleib zu Zelleib läuft, legt sich im isolirten Zustand und abgerissen von einer der Zellen, in starke Windungen, nicht selten spiraliger Natur. In den Schnitten verlaufen diese Fortsätze entweder ganz gerade oder nur mit sehr leichten Windungen. (Fig. 15 zeigt uns alle diese Verhältnisse ganz deutlich.) Es ist anzunehmen, dass im lebenden Mark diese Verbindungsausläufer gar keine Umwege und Windungen irgend welcher Art machen, sondern im Gegentheil etwas ausgedehnt und angespannt sind. Nach dem Tode sich entspannend nehmen sie schon in situ einige ganz unbedeutende Wellenlinien an, während sie aus der Umgebung und der Verbindung mit den Nachbarzellen herausgerissen sich in starken spiralförmigen oder wellenförmigen Windungen anordnen. Es ist noch ausdrücklich zu betonen, dass diese eigenthümlichen Fortsätze nur solchen in senkrechten Reihen übereinander geordneten Gliazellen zukommen, welche einzeln liegen und durch Zwischenräume von einander getrennt sind, häufen sie sich nach irgend einer Richtung hin zu Gruppen an, so fehlt diese directe Verbindung der Zellen. Wir werden schwerlich irre gehen, wenn wir in diesen starken, etwas gespannten Verbindungsfasern ein Mittel erblicken, um die Festigkeit der Gerüstsubstanz zu erhöhen.

Im Uebrigen sind die von den Gliazellen der weissen Substanz ausgehenden Fortsätze sehr zahlreich und wenn auch vielleicht von dem Zelleib nur einige starke Ausläufer abgehen, so zerfallen dieselben doch durch vielfache Verästelung bis ins Ausserordentliche. Ein gelungener Längsschnitt, wie ihn die Fig. 15 darstellt, zeigt dies besser als jede Beschreibung. Manche Fortsätze jedoch laufen über weite Strecken hin ganz ungetheilt zwischen den Nervenfasern dahin, um sich erst in grosser Entfernung

vom Ursprung in die Endäste aufzulösen. Dabei nehmen sie an der Scheidenbildung einer jeden Nervenfasern, an der sie vorüberziehen und die sie berühren, Theil. Ich sah in dieser Weise starke Gliafortsätze, welche an fünf bis zehn der dicksten Nervenfasern vorüber zogen, ohne unterwegs, wie es schien, Aeste abzugeben. Andere Fortsätze, und deren Zahl, ist wie die Isolirungspräparate beweisen, eine sehr grosse, kommen überhaupt nicht zu einer Verästelung, indem sie sich entweder ganz ungetheilt oder nach einmaliger, vielleicht zweimaliger Gabelung mit einer entgegen kommenden gleichartigen Faser verbinden und mit ihr verschmelzen. Auch hier kann der Weg, welchen sie bis zu dieser Begegnung zurücklegen müssen, ein ganz bedeutender sein. Unterwegs nehmen sie dabei Theil an der Bildung der Scheiden jener Nervenfasern, an denen sie vorüberziehen, indem sie ein Stück derselben bedecken. Zuletzt aber bilden sie bei der Verschmelzung mit andern Fasern gewöhnlich geschlossene Ringe um die Nervenfasern und zwar Ringe, welche sie ganz genau im rechten Winkel ihrer Längsaxe umschliessen. Der einfachste und nicht selten vorkommende Fall ist der, dass sich zwei durch gablige Theilung eines Fortsatzes entstandene Fasern um eine Nervenfasern herumlegen und mit einem auf ähnliche Weise in zwei Aeste sich theilenden Fortsatz verbinden. Sehr häufig aber ist die Anordnung eine complicirtere, indem mehrere von verschiedenen Zellen abstammende Ausläufer mit einander verschmelzen. In der Fig. 11 ist ein solcher Ring als Theil der Scheide der schwächeren der abgebildeten grossen Nervenfasern (a) dargestellt. Von der Gliazelle c gehen zwei Ausläufer um die Nervenfasern a herum, etwa die Hälfte ihres Umfangs umschliessend; bei e e treffen beide auf je zwei andere Gliafasern, welche von ferner gelegenen, nicht abgebildeten Zellen abstammen und verschmelzen mit ihnen. Sie gehen dabei vollkommen glatt in einander über, bilden keine Anschwellungen und gewähren keinerlei Andeutung der Begegnung, so dass man durchaus nicht die Grenze der einzelnen Fasern erkennen könnte, wenn hier nicht die Complication vorläge, dass sechs Fasern sich mit einander verbinden, von denen zwei von der Seite kommen, so dass sie einen Winkel mit den andern bilden. Bei d laufen die beiden aus verschiedener Richtung stammenden Fortsätze übereinander fort, ohne zu verschmelzen. Der Umstand, dass bei d zwei Fasern übereinander liegen, bewirkt naturgemäss

den Anschein der Verdickung im mikroskopischen Bilde. Durch solche einfachen Kreuzungen der Gliafasern werden nun ebenso wie durch die Verschmelzungen derselben Ringe um die Nervenfasern herum gebildet. Und zwar scheint es mir sicher zu sein, dass sie nur übereinander liegen und nicht etwa durch irgend einen Kitt mit einander verlöthet sind, da sie sich ja bei dem Zerzupfen des Markes so leicht von einander lösen und man in den Isolationspräparaten kaum je sich kreuzende Fortsätze findet, welche das Ansehen fester Verlöthung darböten. In derselben Fig. 11 wird die stärkere Nervenfasern *a* von einem Ringe umschlossen, welcher zum kleinern Theil aus den Körpern zweier Gliazellen, zum grösseren aus vier in der Ebene des Querschnittes verlaufenden Fortsätzen derselben gebildet ist. Letztere kreuzen sich bei der Begegnung, ziehen ohne intimere Verbindung über einander hinweg und biegen sich von der Oberfläche der Nervenfasern ab, um andere Wege einzuschlagen. Zu bemerken ist, dass die Körper der Gliazellen *c*, *c*₁, da sie doch höchst wahrscheinlich eine gewisse Längsausdehnung besessen haben, Antheil an der Bildung mehrerer über einander gelegener Ringe derselben Nervenfasern gehabt haben werden. Von den gleichen Kanten derselben concaven, die Nervenfasern innig umgreifenden Fläche sind — wie man fast mit Sicherheit aus dem gewöhnlichen Verhalten der Gliazellen schliessen kann — ähnliche Fortsätze hervorgegangen, die in gleicher Weise wie hier den Ring vervollständigt haben, oder die auch vielleicht in einander ohne Grenze übergingen. Solche Ringe nun, die hier aus starken, dort aus feinen Fasern gebildet sind, umschliessen die Nervenfasern in dicht übereinander liegenden Ebenen, da man wenigstens die stärkeren derselben öfter mit ihnen sieht als ohne sie. Ganz ohne eine Berührung mit einem horizontal verlaufenden Gliafortsatz findet man wohl niemals den Querschnitt der Nervenfasern. Ist kein geschlossener Ring vorhanden, so wird doch wenigstens ein grösserer oder kleinerer Theil der Oberfläche des Nervenfaserschnittes von einem oder mehreren Gliafasern bedeckt; vielfach wird ja auch eine Parthie desselben von dem Leib einer Gliazelle umfasst. Was dann aber von demselben noch übrig bleibt, ist durchaus nicht nackt, nicht ohne jede Scheide und steht nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Querschnitt der benachbarten Nervenfasern, sondern es werden solche der stärkeren Scheide entbehrenden Theile der Oberfläche von kleinen,

feinen, stark lichtbrechenden Pünktchen umgeben. Dies sind die Querschnitte der längsverlaufenden aus der Verästelung der Zellfortsätze hervorgegangenen Stützfäserchen. Sie ziehen in grosser Zahl parallel mit den Nervenfasern und helfen unter steter Weiterverästelung mit die Scheide derselben bilden. Dabei liegen sie also theilweise dem Mark jener unmittelbar an, zum Theil werden sie durch die geschlossenen Ringe oder durch Fragmente derselben von demselben abgedrängt und laufen nun aussen von den horizontalen Fasern. Ich fand niemals die Elemente so geordnet, dass bei Anwesenheit von horizontalen Fasern die längsverlaufenden zwischen diesen und den Nervenfasern lagen, sondern das Verhältniss war stets das umgekehrte. Für die Bildung der Nervenfaserscheiden werden aber nur feinere längsverlaufende Stützfasern verwandt; die stärkeren, welche überhaupt viel weniger häufig sind als die dickeren horizontalen, laufen in den zahlreichen kleinen Lücken zwischen den Nervenfasern, gewöhnlich zusammen mit feinsten nervösen Fibrillen. Sie halten selten die senkrechte Richtung ein — ich sehe hier natürlich von den oben ausführlich besprochenen Verbindungsfasern, welche eine andere Bedeutung haben, ab — sondern laufen schräg und wenden sich früher oder später gern zum horizontalen Lauf. Jedenfalls geben sie nach allen Richtungen hin feine, quer verlaufende und an der Bildung der Nervenfaserscheiden Theil nehmende Aestchen ab.

Blicken wir auf die gemachten Beobachtungen zurück, so können wir kurz zusammenfassend sagen: Die Nervenfasern sind von sehr eigenthümlichen, netzförmig aus den Elementen der Stützsubstanz gewebten Scheiden eingehüllt. Die Maschen derselben sind ungemein eng. Die Knoten des Flechtwerks werden von den Gliazellen, die Fäden von deren Fortsätzen gebildet, Erstere sind in unregelmässigen Abständen von einander als Anschwellungen dem Geflecht eingefügt. Die Hauptfäden desselben sind dann horizontale oder schräge Ringe, welche in unbestimmten, ganz unregelmässigen, aber kleinen Entfernungen über einander angeordnet sind. In den Zwischenräumen zwischen ihnen sind zum Theil horizontale Fasern, welche nur einen kleineren oder grösseren Bruchtheil der Peripherie einnehmen, zu finden, zum Theil senkrechte, vielleicht auch etwas schräge, welche entweder nur von einem horizontalen Faden zum nächsten gehen, dieselben untereinander verbindend, oder aber über eine Anzahl derselben

hinweglaufen. Die faserigen Elemente des Geflechts liegen zum Theil einfach aneinander, zum Theil gehen sie in einander über, dadurch die Festigkeit des Ganzen erhöhend. Die horizontalen Fasern sind im Allgemeinen stärker als die senkrechten, unterscheiden sich aber untereinander ausserordentlich durch ihr Caliber. Wie gross aber auch die Differenz sein mag, eins steht überall in gleicher Weise fest: Die horizontalen Ringe oder Ringfragmente bestehen in der Dicke nur aus einer einzigen Faser. In ein und derselben Ebene verschmelzen niemals zwei oder mehrere Fäden mit einander. Um nicht missverstanden zu werden, will ich doch noch ausdrücklich hervorheben, dass wohl möglicher Weise mehrere Gliafortsätze in einer Ebene zwischen zwei Nervenfasern liegen können, aber nur je eine von diesen gehört zu den beiden Scheiden jener, die dritte oder die andern laufen, ohne sich mit den Scheiden näher zu verbinden, in andere Gegenden, um dort erst an der Bildung von Nervenfasern Theil zu nehmen. Dagegen können wohl hier und da, wenn der Unterschied in dem Caliber der horizontalen und senkrechten Fasern gar zu gross ist, letztere in mehrfacher Anordnung neben einander liegen; doch bilden diese feinsten Fäserchen nicht ordentliche Schichten, sondern liegen ziemlich regellos neben einander. Natürlich sind nun diese Nervenfaserscheiden durch viele tausende Verbindungen mit den benachbarten verknüpft; unmöglich wäre es, eine derselben aus der Nachbarschaft loszulösen, sie zu isoliren. Ja ebenso wie wir oben ein und dieselbe Gliazelle mit ihrem Leib Antheil nehmen sahen an der Bildung mehrerer Scheiden, so ist auch der gleiche Fortsatz sehr gewöhnlich in den Scheiden zweier benachbarter Nervenfasern verwebt und werden dieselben also stellenweise nur von einer einzigen Gliafaser getrennt. Ja es muss dies ja überall da Statt haben, wo eine Gliafaser, welche genau in die Lücke zwischen einigen Nervenfasern eingezwängt ist, ihre Ausläufer zwischen diesen hindurch schickt. Fig. 12 macht dies ohne Weiteres klar.

Ich habe im Vorhergehenden allein von der Stützsubstanz gesprochen, so weit sie die Scheide der Nervenfasern bildet, und habe sie so behandelt, als ob alle faserigen Elemente der Glia von den zwischen den Nervenfasern liegenden Zellen abgingen. Es geschah dies, um die Verhältnisse zunächst möglichst einfach und verständlich darstellen zu können. Sie sind nun aber nur in

einigen Parthieen derartig; in allen Gegenden aber, welche der Gliahülle, der grauen Substanz und den von diesen beiden Geweben aus durch die weisse Substanz ziehenden Gliabalken und Bälkchen anliegen, ist das System der zwischen den Nervenfasern befindlichen Stützfasern kräftiger entwickelt, indem fortwährend von den Gliaanhäufungen Zellfortsätze zwischen die Nervenfasern treten. Sie legen zwischen ihnen einen kürzeren oder weiteren Weg zurück, um in der gleichen Weise, wie es oben beschrieben wurde, an der Bildung irgend welcher Nervenfaserscheiden Theil zu nehmen. In ihrer letzten Verwendung ist durchaus kein Unterschied zwischen ihnen und den von den einzelnen zerstreuten Zellen ausgehenden Ausläufern zu bemerken. Sie treten ganz besonders aus der Gliahülle, aber auch aus den stärkeren Balken und der grauen Substanz in kleinen Gruppen hervor, die sich früher oder später in ihre Einzelfäden auflösen. So werden die Nervenfasern in diesen Gegenden vielfach stärker auseinander gedrängt, als in andern. Zwar ihre eigentlichen Scheiden werden dadurch nicht stärker, aber zwischen diesen können mehrere und dabei recht dicke Stützfasern liegen, so dass das mikroskopische Bild ein ganz anderes wird. Ich machte schon früher darauf aufmerksam, dass die Masse der von der Gliahülle ins Innere ziehenden Stützfasern durchaus nicht gleichmässig bei den verschiedenen Thieren entwickelt, und dass sie besonders bei einigen Reptilien und Fischen ausserordentlich gross sei. Mehr vereinzelt und nicht in so grosser Menge entwickeln sich die Stützfasern aus den inneren Balken der weissen und aus der grauen Substanz. Wirft man bei schwacher Vergrösserung einen Blick auf den Rückenmarksquerschnitt, so glaubt man allerdings, dass sich aus dem Neurogliageflecht der grauen Substanz zahlreiche Fortsätze entwickeln, welche in nahe Beziehungen zu dem Stützgerüst der weissen Substanz treten. Auch Abbildungen und Beschreibungen der Bücher sprechen sich derartig aus. Doch ist dies durchaus unrichtig. Die Untersuchung bei starker Vergrösserung lässt erkennen, dass nur einzelne isolirte Gliafasern aus der grauen Substanz in die weisse treten, dass aber die starken balkenartigen Gebilde, welche bei der schwachen Vergrösserung allein sichtbar sind, entweder die radiären gefässtragenden Gliabalken der weissen Substanz sind, welche vielfach bis zur Grenze der grauen Substanz reichen, sich mit ihrem Glianetz durch Fortsätze verbinden; oder

aber Züge feiner Nervenfasern, markhaltiger und markloser, welche nach kürzerem oder längerem Verlauf zwischen den längsziehenden Nervenfasern endlich umbiegen, um ebenfalls die Längsrichtung einzuschlagen ¹⁾).

Ueberall an der Innenfläche der Gliahülle und an den Gliabalken der weissen Substanz laufen Nervenfasern, und sehr häufig bilden jene einen Theil ihrer Scheide. Dabei drängen sich natürlich die Nervenfasern mehr oder minder in die Gliaanhäufungen hinein, sind von ihnen in einem Theil der Oberfläche, vielleicht in einem Viertel oder zur Hälfte umgeben. Ja eine gar nicht so geringe Zahl von ihnen verlaufen ganz in den stärkeren Balken und in der Gliahülle, sind ganz von den Elementen derselben umgeben, welche in der gewöhnlichen Weise eine Scheide für sie bilden. Es ist aber ausdrücklich hervorzuheben, dass nur die Gliazellen und ihre Fortsätze, nie die hier in Masse vorhandene Grundsubstanz den Nervenfasern direct anliegen. Das allgemeine Gesetz, dass markhaltige Nervenfasern niemals unmittelbar in der Grundsubstanz eingelagert, vielmehr stets in ihr durch die geformten Elemente der Stützsubstanz getrennt sind, scheint ohne jede Ausnahme zu sein.

Mehrfach schon wurde der Gliabalken in der weissen Substanz gedacht, es muss hier genauer über sie gesprochen werden. Sie kommen wohl durch das ganze Centralnervensystem hindurch in der weissen Substanz vor, sind aber hinsichtlich der Form, der quantitativen Entwicklung und der Anordnung wenig gleichartig. Am besten sind sie im Rückenmark entwickelt und will ich diese als Beispiel hier ausführlicher beschreiben, dabei freilich Einiges der spätern Darstellung der Stützsubstanz des Rückenmarks überlassend. Es bestehen diese Balken grade so wie die Gliahülle, der sie in der Zusammensetzung vollkommen entsprechen; aus Gliazellen und Grundsubstanz. Doch füllen, wie wir eben sehen, zuweilen Nervenfasern anstatt der letzteren die Lücken des Flechtwerks aus. Die Grösse der Gliazellen ist im Allgemeinen ziemlich gleichmässig, sie gehören meistens der grösseren oder wenigstens der mittleren Sorte an. Doch kommen auch kleine und ganz kleine vor, besonders können an bestimmten Stellen und zu be-

¹⁾ Ich spreche hier nur von Säugethieren. Bei Reptilien und Fischen sind die Verhältnisse ganz andere.

stimmten Zwecken sehr kleine Elemente verwandt werden. Sehr abweichend ist der Durchmesser der Balken selber. Wir finden neben ganz feinen, welche sich kaum von dem umgebenden Stützwerk abheben, sehr starke, welche ganz beträchtliche Blutgefässe in sich einschliessen. Betrachten wir solche Balken genauer! Wir sehen z. B. in einem Querschnitt, wie sich nach einer bestimmten Richtung, gewöhnlich nach der radiären hin, Stützzelle an Stützzelle legt, um eine fortlaufende Reihe zu bilden. Sie unterscheiden sich noch sehr wenig von den einzelnen zerstreut in der Nachbarschaft liegenden. Einmal aber liegt ihr Längsdurchmesser fast immer in der Richtung der Reihe und nicht wie sonst parallel mit der Längsaxe des Markes, dann auch bilden sie nur nach den Seiten hin in gewöhnlicher Weise Scheiden für die Nervenfasern und schmiegen sich diesen an. In der Richtung der Längsreihe verbinden sich ihre Ausläufer zu einem engeren Netzwerk, welches im gewöhnlichen Fall Grundsubstanz und nur mehr ausnahmsweise, wenn die Zwischenräume zwischen den Zellkörpern noch grösser sind, Nervenfasern in den Lücken enthält. Legen sich nun aber seitlich an diese erste Reihe andere gleiche Zellen zu einer zweiten Reihe an, so bilden die einander zugekehrten Zellflächen und die von ihnen ausgehenden Fortsätze sowohl in querer wie in radiärer Richtung ein zusammenhängendes Netzwerk, welches ganz hauptsächlich Grundsubstanz in den Maschen enthält. So bleibt es denn auch, wenn sich die Zellen noch mehr in der horizontalen Richtung häufen. Doch verlieren sie dann die regelmässige Anordnung in Reihen, liegen vielmehr in unregelmässigen kleinen Abständen neben einander. Nach den Seiten hin laufen dann immer in alter Weise Fortsätze, welche durch Bildung von Nervenfaserscheiden die Verbindung mit der übrigen Gerüstsubstanz herstellen. Die stärkste Breite eines solchen Balken in der Querschnittsebene entspricht wohl dem Breitendurchmesser von vier bis fünf Gliazellen, selten mehr. Wie nun aber in radiärer und in querer Richtung, so können sich solche Stützzellen auch in der Längsrichtung aneinander reihen. Einmal kann in gleicher Weise, wie ich es für die radiäre Richtung des horizontalen Rückenmarkquerschnitts beschrieb, sich eine Zellreihe oder deren zwei in der Länge über einander ordnen. Ja, wenn wir an jene oben erwähnten senkrecht über einander liegenden und durch starke, elastische und unverästelte Fortsätze direct ver-

bundenen Gliazellen denken, so müssen wir in ihnen schon Andeutung solcher Längsbalken sehen. Grundsubstanz freilich ist zwischen diesen Zellen noch nicht zu finden, sondern lagert sich erst zwischen sie und ihre Fortsätze, wenn jene nahe aneinander rücken und ihre von den Längspolen ausgehenden Ausläufer sich verästeln und durch Verbindungen ein Geflecht mit einander bilden, in dessen Lücken für die Grundsubstanz Platz ist. Auch hier treten die vielfach nach den Seiten ablaufenden Fasern in die bekannten intimen Beziehungen zu den Nervenfasern. Solche schmalen senkrechten Zellreihen sind besonders in dem verlängerten Mark und den darüber gelegenen Hirntheilen sehr häufig, fehlen aber auch dem Rückenmark durchaus nicht. Dann kommen auch stärkere senkrechte Balken vor und endlich können auch die radiär verlaufenden Fortsätze sich in senkrechter Richtung verlängern, so dass die Balken sich dann in Scheidewände umwandeln, welche ganz umfangreiche Gebiete weisser Substanz von einander scheiden können.

Die stärkeren dieser Gliabalken sind stets die Träger der Blutgefässe und entsprechen in ihrer quantitativen Entwicklung gewöhnlich dem Caliber derselben. Freilich kommt es auch oft genug vor, dass ziemlich starke Gefässe von wenig Gliazellen umgeben sind, während andererseits feinere in dicken Balken verlaufen. Im Allgemeinen aber ist ein gewisses proportionales Verhältniss hinsichtlich der Gefässe und der sie umgebenden Balken unverkennbar. Auch die Septa scheiden nicht in regelmässiger Weise bestimmte, etwa functionell verschiedene Nervenfasermassen voneinander, sondern sie sind die Träger einer grösseren Zahl von Gefässen, welche in verschiedenen Querschnittsebenen parallel mit einander nach derselben Richtung hin und in ziemlich geringen Abständen senkrecht über einander geordnet, verlaufen. Sind diese Abstände etwas bedeutender, so findet man über einander eine Anzahl von Balken, jeden mit seinem Gefäss. Rücken diese aber näher an einander, so verschwinden die Zwischenräume zwischen den Balken und dieselben verbinden sich durch ihre Zellausläufer auf das Innigste mit einander, so dass eine zusammenhängende Gliamasse, eben jene Scheidewände oder Septa entstehen.

Nicht alle Blutgefässe der weissen Substanz werden so von Gliabalken getragen; die feinsten, so besonders die Capillaren laufen einfach zwischen den Nervenfasern oder besser zwischen

deren Scheiden. Sie lehnen sich an die Elemente der Neuroglia an, sind auch wohl von den Fortsätzen der Gliazellen umspinnen, aber dieselben sind ihretwegen durchaus nicht stärker entwickelt; es sind keine eignen Stützelemente angelegt, um sie zu befestigen, vielmehr genügen hierzu die in der gewöhnlichen Weise angeordneten Zellen und Zellfortsätze. So wird bewirkt, dass die Capillaren den Nervenfasern so nahe wie möglich anliegen und nur durch deren Scheide von dem Mark getrennt werden.

Die Neuroglia der Balken umgiebt die Gefässe ringsum, hüllt sie vollkommen ein, aber ihre Elemente treten niemals in directe Verbindung mit der bindegewebigen Wandung derselben, welche häufig noch durch eine besondere, aus der Pia herstammende fibrilläre Adventitia verstärkt wird, sondern wird von ihr stets durch eine feine Zellhaut getrennt. Diese eine Fortsetzung der die Innenfläche der Pia bedeckenden Endothelmembran umgiebt im Leben ganz eng die bindegewebige Gefäss-Adventitia und an ihr setzen sich die Fortsätze oder auch wohl die Körper selber der Gliazellen an. Und zwar sehr gewöhnlich in der Weise, dass in unmittelbarer Umgebung der Gefässwandung oder besser der Endothelmembran die Grundsubstanz zwischen den Zellen und ihren Ausläufern fortbleibt. So entsteht ein schmaler von Zellkörpern und Fasern vielfach durchzogener, das Blutgefäss vollkommen umgebender Raum, der als Sammelcanal für die Lymphe dient, welche aus der Umgebung in feinen, den stärkeren Fortsätzen der Gliazellen entsprechenden Substanzstücken herbei fliesst. Diese perivascularen Räume haben nun nach innen gegen das Gefäss hin eine bestimmte abgeschlossene Wandung, die Endothelmembran; nach aussen bildet das Balkenmaterial, besonders die Grundsubstanz eine unregelmässige und fortwährend von den Einmündungsstellen unterbrochene Wand. Der in der Fig. 23 dargestellte Querschnitt eines solchen perivascularen Lymphraums aus dem Gehirn unterscheidet sich von den besprochenen nur durch die äussere Wand, welche bei ihm durch die Hirnsubstanz direct anstatt durch die reine Glia substanz des Balkens gebildet wird. Die Weite dieser Räume in den Balken der weissen Substanz des Markes ist ungleich verschieden und entspricht gewöhnlich dem Caliber der Gefässe. Beträchtlich ist sie nie und übersteigt in der weissen Substanz des Rückenmarks wohl nicht die Breite, welche dem halben Durchmesser des Gefässes entspricht. Im Leben füllt nun das Gefäss

den von der Endothelmembran gebildeten Hohlraum vollkommen aus, im Tode aber, wenn es sich entleert, zieht es sich zusammen. Hierbei kann es sich von der ersteren glatt ablösen, so dass diese durch die Befestigung an dem Gliabalken zurückgehalten wird, und ein klaffender Spalt zwischen Gefässwandung und Endothelrohr entsteht. In andern Fällen aber muss zwischen beiden eine innigere Verbindung existiren, sie haften aneinander und beim Zusammenklappen des Gefässes reisst die Endothelmembran von den Anheftungspunkten der Gliaelemente ab. Auch so entsteht ein Spalt, er aber befindet sich zwischen der Membran und den zerrissenen Elementen des Stützbalkens, welche den Lymphraum durchziehen. Im ersteren Fall ist also der äussere Rand des Spaltes haarscharf, im letzteren unregelmässig gezackt. Das quer durchschnittene Gefäss ebenso wohl wie das der Länge getroffene kann aus einem feinen Schnitt herausfallen, wenn sich so mit oder ohne das Endothelhäutchen von der Balkensubstanz zurückgezogen hat. Dann entsteht eine Lücke, die ohne Weiteres gar nicht erkennen lässt, was sie im unversehrten Organ barg. Solche Lücken in den Balken der weissen Substanz des Rückenmarkes sind in den Querschnitten desselben sehr häufig anzutreffen. Sie entsprechen also stets einem herausgefallenen Blutgefäss. Ich muss übrigens später noch einmal im Zusammenhang auf die Verhältnisse der Lymphräume zu den Gefässen eingehen und begnüge mich daher mit den gemachten Andeutungen. Es ist häufig ausgesprochen, dass solche Spalten in der weissen Substanz des Markes dadurch entstehen, dass das Gewebe selbst beim Absterben oder Erhärten schrumpfe und sich daher von den Gefässen zurückziehe, dass also sogenannte Retractionslücken sich bilden. Dies ist aber unrichtig. Die nervösen Elemente freilich schrumpfen nicht unbeträchtlich und zwar in sehr verschiedenem Grade. Die Zellen verkleinern sich mehr als die Fasern und auch die ersteren zeigen in dieser Hinsicht Unterschiede je nach ihrer Consistenz, welche zum Theil wenigstens von ihrem Functionszustand abhängt. Die Stützsubstanz aber schrumpft beim Absterben eben so wenig als beim Erhärten in Lösungen von chromsauren Salzen. So entstehen wohl viele, unendlich viele Retractionslücken in dem Stützgerüst, dies selber aber behält durchaus seine Grösse und Form. In Hinsicht auf die geformten Elemente wird man dies leicht verstehen, wenn man an ihren verhornten, elastisch widerstandsfähigen

Zustand denkt. Weniger leicht einzusehen ist es aber in Bezug auf die Grundsubstanz, doch scheint die Elasticität, die ihr jedenfalls in hohem Grade zu eigen ist, sie vor der Schrumpfung zu schützen. Sicher wenigstens ist einmal, dass Gehirn und Rückenmark ihren Umfang im Ganzen beim Absterben oder Erhärten nicht verändern. Die genauesten Messungen ergaben mir z. B., dass nach der Entleerung des Centralcanals und der Blutgefässe der Umfang des Rückenmarks beim vorsichtigen Erhärten in Müller'scher Flüssigkeit oder in einer zweiprocentigen Lösung von doppelt chromsaurem Ammoniak (oder Kali) nicht mehr abnimmt. Bei der mikroskopischen Untersuchung findet man dann wohl die Nervenzellen von spaltförmigen Räumen rings umgeben, aber die Grundsubstanz füllt ihre Maschen vollkommen aus; zwischen ihr und den Gliafasern resp. Gliazellen ist kein Spalt zu finden.

Fragen wir uns nun, ob die quantitative Entwicklung der Neuroglia in der weissen Substanz des Rückenmarks überall gleich sei, so müssen wir mit einem „Nein“ antworten. Vor allen Dingen sind in dieser Hinsicht ohne Zweifel grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Thierarten zu constatiren. Es fehlt mir bisher an genügendem Material, um hier allgemeine Behauptungen aufstellen zu können, doch scheint mir nach meinen bis jetzt gemachten Beobachtungen sicher, dass niedere Wirbelthiere eine viel grössere Entwicklung der Stützsubstanz zwischen den Nervenfasern besitzen als die Säugethiere. Ganz besonders stark fand ich die Glia in der weissen Rückenmarkssubstanz der Riesenschildkröte. Ein wenig geringer entwickelt zeigte sie sich bei den von mir daraufhin untersuchten Fischen, noch weniger wieder beim Frosch. Unter den Säugethiern scheinen die Raubthiere sich durch stärker ausgebildete Stützsubstanz von den Pflanzenfressern zu unterscheiden. Der Mensch nähert sich in dieser Beziehung mehr den Raubthieren. Doch wie gesagt, bin ich nicht im Stande, mit Bestimmtheit allgemeine Gesetze aufzustellen, da ich noch zu wenig Thierarten, und von jeder Art zu wenig Individuen untersucht habe¹⁾. Jedenfalls gewährt das Rückenmark des Ochsen, des Schafes und selbst des Kaninchens mit zum Theil

1) Die individuellen quantitativen Unterschiede sind jedenfalls auch ziemlich beträchtlich.

deshalb so günstige und klare Präparate, weil die geringere Quantität der Stützsubstanz leicht übersehbare Verhältnisse schafft.

Ferner sahen wir schon oben, dass in der Nähe der Balken und der Gliahülle eben so auch neben der grauen Substanz mehr Stützfasern zwischen den Nervenfasern verlaufen als an andern Stellen. Wichtiger aber ist, dass die Elemente der zwischen den Nervenfasern sich befindenden Neuroglia hinsichtlich der Grösse der Stärke jener entsprechen. Die Mächtigkeit der Scheiden der Nervenfasern ist durchaus von dem Caliber dieser abhängig und während dieselben bei den grösseren Fasern sehr deutlich und schön entwickelt sind, können sie bei den allerfeinsten markhaltigen Nervenfasern selbst bei starker Vergrösserung nicht mehr genau nachgewiesen werden. Die sie zusammensetzenden Fasern sind zum Theil so fein, dass man sie durchaus nicht mehr erkennen kann. Und dennoch wird man annehmen müssen, dass auch diese feinsten Nervenfibrillen, so lange sie überhaupt noch eine Markscheide und mag dieselbe auch noch so geringfügig sein, besitzen, von Gliafäserchen eingescheidet sind. In der That findet man auch in den Zupfpräparaten ungemein feine, nur eben noch erkennbare Stützfasern, welche unter günstigen Verhältnissen noch im Zusammenhang mit ihren Zellen stehen, oder auch von ihnen abgebrochen isolirt in der Flüssigkeit umherschwimmen. Man sieht diese Fäserchen sich noch mehr verästeln, kann aber die so entstehenden Endfädchen nur unter ganz besonders glücklichen Bedingungen weiter verfolgen. Man sieht leicht ein, dass diese so ungemein feinen Fäserchen (weiter oben gab ich an, dass die zartesten derselben noch nicht ein zehntel Mikromillimeter messen) in den Schnittpräparaten nicht mehr erkannt werden können, mögen dieselben durchsichtig gemacht, oder in Wasser angesehen werden.

Entspricht also die quantitative Entwicklung der Stützzellen, sowohl in Hinsicht auf ihre Anzahl als auf ihre Grösse, dem Caliber der Nervenfasern, zwischen denen sie gelagert sind, so wird naturgemäss in den Vordersträngen die Glia reichlicher entwickelt sein als in den Hintersträngen. In der That wird man im Allgemeinen in den ersteren zahlreichere und grössere Gliazellen antreffen als in den Hintersträngen. Durch stärkere Verästelung der Ausläufer der einzeln gelegenen Zellen, dann auch durch grössere Beihülfe von Fasern, welche aus der Gliahülle, der grauen Sub-

stanz oder den innern Stützbalken abstammen, erhält die Neuroglia zwischen den feineren Nervenfasern eine genügende Menge von fasrigen Elementen, um für jene die Nervenscheiden zu bilden und sie in derselben vollkommenen Weise, wie es bei den stärkeren Fasern geschieht, von einander zu trennen. Ich habe in einigen Schnittpräparaten die Nervenfasern und Gliazellen gezählt, welche in genau gleich grossen Quadratflächen eingelagert waren. Bei dem Resultat dieser Zählungen ist aber zu bemerken, dass, obgleich ich selbstverständlich die für diesen Zweck am besten geeigneten Präparate herausuchte, manche Stützzellen auch in den gut gefärbten Schnitten den Farbstoff nicht aufgenommen haben und in Folge dessen nicht leicht zu erkennen sind. Je kleiner aber diese Zellen sind, desto schwieriger sind sie zu erkennen. Man wird daher zu jeder der folgenden Summen von Gliazellen einige hinzuzählen müssen, und zwar zu den aus den Hintersträngen entnommenen mehr als zu denen aus den Vordersträngen. Im Grossen und Ganzen kommen aber diese Zahlen der Wahrheit gewiss sehr nahe. Die Schnitte übrigens waren möglichst fein, in dickeren wird man selbstverständlich mehr Zellen finden.

Ich zählte in feinsten Querschnitten des Hunderückenmarks:

Vorderstränge:	Hinterstränge:
Präp. 1. 44 starke Nervenfasern, 13 grosse Gliazellen.	135 feinere Nervenfasern, 11 kleine Gliazellen,
Präp. 2. 48 starke Nervenfasern, 14 grosse Gliazellen.	103 feinere Nervenfasern, 10 feinere Gliazellen.

Ebenso in Querschnitten des Ochsenrückenmarks, indem ich die Grösse der Fläche verdoppelte.

Präp. 1. Entfernt von d. Gliahülle, d. grauen Substanz und nur von einem feinen Balken durchzogen 55 starke Nervenfasern, 17 grosse Gliazellen.	134 feinere Nervenfasern, 15 kleine Gliazellen,
Präp. 2. 61 starke Nervenfasern, 29 grosse Gliazellen (auffallend zahlreich).	145 feinere Nervenfasern, 13 kleine Gliazellen.
Präp. 3. Unmittelbar an der Gliahülle	

- 43 sehr starke Nervenf.,
 - 11 grosse Gliazellen.
- Präp. 4. Zu beiden Seiten eines
sehr starken Gliabalkens
- 58 starke Nervenfasern,
 - 13 grosse Gliazellen zwischen d. Nervenfasern,
 - 23 grössere u. kleinere Gliazellen in dem betreffenden Abschnitt des Balkens.

Beim Hund hatten die Körper der als gross bezeichneten Gliazellen einen Durchmesser von 0,006 bis 0,015 Mikra, die kleinen 0,002 bis 0,008 Mikra. Beim Ochsen die ersteren einen Durchmesser von 0,015 bis 0,048 und darüber, die kleinen 0,003 bis 0,01 Mikra. Die Nervenfasern im Rückenmark des Ochsen zeigten im Vorderstrang durchschnittlich einen Durchmesser von 0,012 Mikra. Der grösste gemessene Durchmesser betrug 0,031 Mikra, mit einem Axencylinder von 0,008 (die überall in Menge gelagerten ganz feinen Nervenfibrillen wurden natürlich weder mitgezählt noch hier bei der Berechnung des Durchschnitts mitgerechnet). In den Hintersträngen betrug (gleichfalls von den feinsten Fibrillen abgesehen) der durchschnittliche Durchmesser 0,0037.

Im Princip sind nun die Verhältnisse des Stützgewebes der weissen Substanz in den übrigen Theilen des centralen Nervensystems den geschilderten ganz gleich. So verschieden auch auf den ersten Blick hin das Aussehen ist, wir finden überall die Nervenfasern von feinen Scheiden, welche aus den Glia-Elementen gewebt sind, eingeschlossen. Der grösste Unterschied aber im Aussehen wird zunächst durch den Mangel der Glia-Balken des Rückenmarks und der medulla oblongata in den übrigen Gegenden bewirkt. Hierdurch fällt die örtliche quantitative Verschiedenheit der Neuroglia zwischen den Nervenfasern fort. Dieselbe ist überall gleichmässig entwickelt. Zellen und Fasern bilden nach der ausführlich beschriebenen Anordnung die Hüllen der Nervenfasern. Sie und etwa vorkommende Gefässe, mit den sie begleitenden Gliazellen, welche aber im Gehirn keine dicken Balken bilden wie im Mark — ich komme auf diesen Punkt zurück — sind die einzigen Elemente zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz.

Es giebt weder — von einzelnen wenigen Stellen abgesehen — zu andern Zwecken verwandtes Stützgewebe noch etwa andere Gewebselemente zwischen ihnen. Ich besitze einige Schnitte vom Kleinhirn der Katze nach der Heidenhain'schen Hämatoxylin-Methode tingirt, in denen sich durch einen mir unbekannten Zufall an einer Stelle nur das Gliagerüst in der weissen Substanz, nicht die Nervenfasern gefärbt haben. In diesen Präparaten, welche die weisse Substanz theilweise im Längs-, theilweise im Querschnitt enthalten, sieht man auf das Klarste die oben geschilderte Anordnung. Gliazellen sind in sehr grosser Zahl und in einem reicheren Verhältniss als oben vom Rückenmark angegeben wurde, vertreten. Möglicherweise beruht dies nur auf der besseren Färbung. Die Stellen weisser Gehirnssubstanz, welche ich vorher ausnahm, weil sie zwischen den Scheiden der Nervenfasern noch Gliaelemente enthielten, sind die an der Auskleidung der Ventrikel oder unter der Hülle der Oberfläche gelegenen Parthien. Hier nämlich laufen zwischen den Nervenfasern und ihren Scheiden noch die mehr oder minder starken Fortsätze jener Anhäufungen der Stützsubstanz, theils einzelne Fasern, theils zusammengesetzte Balken bildend, welche eine längere Strecke in gedachter Weise hinziehend sich erst in weiter entfernten Punkten verästeln und mit dem dortigen Gliageflecht verbinden. Hierdurch erhalten diese Parthien einen andern Character und ein verschiedenes Aussehen der übrigen weissen Substanz des Gehirns gegenüber. Hinsichtlich der Gliazellen ist zu betonen, dass die Kerne trotz der offenbar starken Verhornung jener nicht so sehr geschwunden sind, wie wir das von der weissen Substanz des Rückenmarks constatiren mussten. Auch in jener der verschiedenen Theile des Gehirns sieht man häufig Zellen, in denen Ammoniak-Carmin keinen Kern mehr deutlich macht, ja auch solche, welche selbst nach Behandlung mit den besten Kernfärbemitteln einen solchen nicht mehr aufweisen. Aber sie sind viel seltener als im Rückenmark und umgekehrt sieht man sehr zahlreiche Gliazellen mit schönem runden Kern. Den meisten Abbildungen und vielen Präparaten entsprechend müsste man annehmen, dass sehr viele grosse kernartige Gebilde ohne Zellleib und ohne Fortsätze in den weissen Lagen des Gehirns vorkommen. Ich constatirte aber schon früher, dass dies nur eine Folge der ungenügenden Tinction sei. Ich behaupte mit Bestimmtheit, dass hier ebenso wie im Rückenmark

freie Kerne nur ganz ausnahmsweise einmal vorkommen können. Alle jene als nackt gezeichneten Kerne haben in Wirklichkeit einen grösseren oder kleineren Zellkörper als Umhüllung gehabt, von dem zahlreiche Ausläufer abgingen. Ebenso muss ich mich gegen die von Boll in seiner früher citirten Arbeit¹⁾ ausgesprochene Ansicht, dass sich die Zellen der weissen Substanz des Gehirns von denjenigen des Rückenmarkes wesentlich unterscheiden, deshalb wenden, weil dieselbe viele Anhänger gefunden hat. Im Uebrigen kann ich mich nicht darauf einlassen, Boll's und verschiedener anderer Autoren Angaben über das Stützgewebe der weissen Substanz zu widerlegen. Ein Blick auf die betreffenden Abbildungen von Boll und ein zweiter auf die meinigen zeigt, dass die Gegensätze beider Darstellungen so gewaltig sind, dass die Kluft in keiner Weise überbrückt werden kann. Es ist für mich vollkommen unmöglich, auch nur annähernd die Boll'schen Bilder mit den Präparaten in Einklang zu bringen. Wenn er nun für die Gliazellen der weissen Gehirn-Substanz einen stärker entwickelten Zelleib denjenigen des Rückenmarks gegenüber als ersten Unterschied aufstellt, so kommt dieser genau dem umgekehrten Verhältniss entsprechende Irrthum daher, dass Boll die letzteren niemals gesehen hat. Ferner behauptet er, die Gliazellen der weissen Hirnsubstanz hätten kürzere und weniger Fortsätze als die entsprechenden Gebilde des Rückenmarks, sie seien oft sehr reich, zart, platt, bandartig. Diese ganze Schilderung ist unrichtig. Noch mehr aber beweisen die Abbildungen, dass Boll die in Rede stehenden Gliazellen durchaus nicht erkannt hat. Die in den Schnitten von Thalamus opticus (seine Figuren 9 u. 10) gezeichneten Gebilde entsprechen nur solchen Zellen, welche ganz ungenügend gefärbt waren. Ich machte schon früher darauf aufmerksam, dass die Fortsätze und die Randparthien der Gliazellen, aus denen jene hervorgehen, sich etwas schwerer färben als die Innenmasse; am leichtesten tritt natürlich der Kern hervor. Die unregelmässig eckigen oder rundlichen Gebilde, welche Boll darstellt, sind so zu Stande gekommen. Ebenso sind die in seinen Figuren 11 und 12 gezeichneten Klümpchen, welche isolirte Gliazellen der weissen Substanz des Thalamus opticus vorstellen sollen, nichts als durchaus verstümmelte, durch die Präparation ihrer

1) l. c. p. 29 ff.

Fortsätze beraubte Zell-Fragmente. Ich kann auch keineswegs zugeben, dass die Zellen der Stützsubstanz in diesen Gegenden die in der Figur 10 angedeutete Anordnung haben, so dass immer Gruppen von ihnen eine Anzahl von Nervenfasern einschliessen. Allerdings findet man sie sehr häufig in Reihen angeordnet, welche parallel mit dem Längsverlauf der zu schützenden Nervenfasern stehen, aber dieselben sind durchaus unregelmässig, liegen in sehr verschiedenen Entfernungen von einander, sind bald lang, bald kurz und werden durch viele einzelne ihnen vollkommen gleichende Zellen mit einander verbunden. Dass übrigens Boll auch schön erhaltene Gliazellen aus der weissen Hirn-Substanz isolirt und gesehen hat, scheint mir aus seiner Darstellung mit Sicherheit hervorzugehen. Nur konnte er sich offenbar nicht vorstellen, dass diese schönen Gebilde (die er leider nur beschreibt, aber nicht abbildet) Stützzellen seien. Daher erklärt er sie für Ganglienzellen der weissen Substanz und giebt sogar an, Axencylinderfortsätze gesehen zu haben. Trotz dieser letzteren Behauptung muss ich ganz entschieden versichern, dass diese Gebilde Gliazellen waren, auf die auch seine Beschreibung, von dem eben erwähnten Fortsatz abgesehen, vollkommen passt. Nervenzellen kommen in der von Boll behaupteten Weise nirgends in der weissen Substanz vor.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XX und XXI.

Die Zeichnungen sind, wenn sie nicht ausdrücklich als schematisch bezeichnet sind, ganz streng naturgetreu nach den Präparaten angefertigt. Die meisten, besonders auch die isolirten Zellen sind mit dem Prisma gezeichnet.

Die Nummer des angewandten Oculars wird im Folgenden durch eine römische, jene des verwendeten Objectives durch eine arabische Ziffer bezeichnet, und zwar beziehen sich die Angaben zum grössten Theil auf ein Hartnack'sches Mikroskop, zum kleineren Theil auf ein solches von Zeiss. Bei dem letzteren sind die Objective durch Buchstaben gekennzeichnet.

Die Figuren sind von verschiedenen Zeichnern angefertigt. Die ein-

zelenen Zellen sind zum Theil von dem Autor, zum Theil von Herrn Zeichner Assmann gezeichnet. Von letzterem rühren ausserdem die Figuren 8 bis 16, 20, 21 und 23 her. 18a und 22 sind von Herrn Dr. Rosenstein, 17, 17a und 17b, 19 und 19a von Herrn cand. med. Born gefertigt.

Die meisten Präparate, nach denen die Zeichnungen angefertigt wurden, waren mit Carmin-Ammoniak tingirt, einzelne noch ausserdem mit Carmin-Alaun, um die Kerne deutlich zu machen. Fig. 19 ist nach einem mit Bismarckbraun, Fig. 19a nach einem durch die neue Heidenhain'sche Hämatoxylinfärbung tingirten Präparat gezeichnet. Manche Gliazellen, welche jetzt kernlos erscheinen, würden einen undeutlichen und verhältnissmässig kleinen Kern zeigen, wenn sie mit den besten Kernfärbemitteln behandelt worden wären.

Tafel XX.

Die isolirten in Fig. 1 bis 8 gezeichneten Zellen sind alle dem Centralnervensystem erwachsener Schafe entnommen.

- Fig. 1a. Eine Gliazelle (Kernzelle der Stützsubstanz) aus der grauen Substanz des Rückenmarkes. Bei a hat sich als seltenes Vorkommniss eine kleine Partie des zarten Glianetzes erhalten, welches die sich verästelnden feinen Fortsätze der Zellen bilden. VI/7 450 $\times$ Hartn.
- Fig. 1b u. c. Zwei Gliazellen ohne Spur eines Zelleibes. Allerzarteste Fortsätze, die vorkommen. Aus der grauen Substanz (Vorderhörner des Rückenmarkes). IV/7 450 $\times$ Hartn.
- Fig. 2. Gliazelle aus der grauen Substanz des Rückenmarkes. Einen Uebergang bildend zwischen den richtigen Kernzellen und den kernarmen resp. kernlosen Zellen. Ein zarter Zelleib bei a, aus dem sich die Fortsätze entwickeln. Der Kern im Verhältniss zur Stärke der Fortsätze nicht mehr so gross und schön (auch nicht mehr so regelmässig rund oder oval gestaltet) wie in den echten Kernzellen. IV/7 450 $\times$ Hartn.
- Fig. 3. Echte Kernzelle der Stützsubstanz mit 3 Kernen. Zwischen den Kernen noch Restspuren des Zelleibes. Graue Substanz der medulla oblongata. IV/7 450 $\times$ Hartn.
- Fig. 4. Gliazelle mit undeutlichem Kern (Ammoniak-Carminfärbung) aus den weissen Substanz des Rückenmarkes. Der Kern bildete nur einer undeutlich begrenzten Fleck im Innern des Leibes. Fortsätze bei a und b abgebrochen. IV/7 450 $\times$ Hartn.
- Fig. 5. Grosse Stützzelle ohne Andeutung eines Kernes (Ammoniak-Carminfärbung) aus der Gliaanhäufung am Boden des 4. Ventrikels (Calamus scriptorius). IV/7 450 $\times$ Hartn.
- Fig. 6. Gliazelle ebendaher. Ohne Kern. Auch der Zelleib fast ganz in der Bildung der Fortsätze aufgegangen.
- Fig. 6a. Aus zwei ziemlich gleich gestalteten Gliazellen derselben Gegend zusammengesetzt. In der einen Zelle waren die beiden Fortsatz-

bündel a a von einer zarten homogenen Masse umhüllt, die blasser als der Zelleib und weniger als er gefärbt war. In der zweiten fehlte diesen Ausläufern die verbindende Masse, innen aber von ihnen zeichnet sich die starke den concaven scharf begrenzten Rand des Zelleibes bildende Faser aus. IV/7 450 $\times$ Hartn.

- Fig. 7. Kernlose Gliazelle aus der Substantia gelatinosa Rolandi des Rückenmarkes. IV/7 450 $\times$ Hartn.

Tafel XXI.

- Fig. 8. Grosse Gliazelle aus der Randzone der Stützsubstanz des Rückenmarkes des Hechtes. Ammoniak-Carminfärbung. Kerne sind in diesen Zellen nicht zu erkennen. III/6 Hartn. 240 $\times$.
- Fig. 9. Eine Gruppe solcher Zellen, wie sie in Fig. 10 bei b in situ liegen. Homogene Kittsubstanz hielt die Zellen zusammen. a Spitzenfortsätze der Zellen in einem starken Bündel zur grauen Substanz verlaufend. Die einzelnen Fasern des Bündels sind durch die Präparation etwas mehr voneinander getrennt als in ihrer natürlichen Lage. b und c Fortsätze, welche die oberflächliche Glialage zwischen den Zellgruppen vervollständigen. III/6 Hartn. 240 $\times$.
- Fig. 10. Segment eines Horizontalschnittes des Hecht-Rückenmarkes. In der grauen A und der weissen B Substanz sind die Details nicht ausgeführt. a Pia mater. b Gliahülle aus den Zellgruppen und den sie verbindenden Fortsätzen bestehend. c centrale Fortsatzbündel jener Glia-Zellgruppen, deren Fasern sich so innig aneinander schmiegen, dass sie wie homogene Balken aussehen. d Querschnitte von Nervenfasern in der grauen Substanz. III/5 Hartn. 160 $\times$.
- Fig. 11. Ein Segment der weissen Substanz des Ochsenrückenmarkes. Sehr dünner Querschnitt zweier starker Nervenfasern a und a₁ und ihrer Gliahülle, bestehend aus den Gliazellen c und c₁ und ihren sowie anderer nicht gezeichneter Zellenausläufer. IV/7 Hartn. 300 $\times$.
- Fig. 12. Aus der weissen Substanz des Ochsenrückenmarkes. Querschnitt einer Gliazelle mit dem Anfang ihrer Fortsätze, welche einen Theil der Peripherie von 8 Nervenfasern umfassen. III/6 Hartn. 240 $\times$.
- Fig. 13. Segment aus einem Querschnitt des Hunderückenmarkes (Seitenstrang). Stärkere und feinere Nervenfasern, dazwischen Gliazellen. Bei a ein Gliabalken. II/4 Hartn. 70 $\times$.
- Fig. 14. Segment aus dem Vorderstrang des Ochsenrückenmarkes. Bei a ein Gliabalken. II/6 Hartn. 180 $\times$.
- Fig. 15. Längsschnitt des Vorderstranges des Ochsenrückenmarkes. Die stärkeren und feineren Längslinien sind Axencylinder, die weisse Substanz zwischen ihnen ist das Nervenmark. Das feine Netzwerk ist das Gliageflecht, in dessen Knotenpunkten die Zellen liegen. Bei a a a starke, glashelle und ungetheilte Fortsätze, welche einige Gliazellen der Länge nach verbinden. II/6 Hartn. 180 $\times$.

Fig. 16. Ein hinteres Viertel des Rückenmarkquerschnittes (vom Hund) zum Theil ein wenig schematisch gehalten. Von dem Hinterhorn a geht bei e ein Fortsatz von Glia substanz bis zum Rand. h hintere Wurzel. c Gliahülle. b Pia mater aus 2 Schichten bestehend. Der perimedulläre Lymphraum zwischen b und c ist hier kaum zu erkennen, da er ungewöhnlich gering entwickelt ist. g g aus der Pia in die weisse Substanz eintretende Blutgefässe mit Gliabalken als Scheiden. d d Gliabalken ohne Gefässe; doch haben sie zum Theil gewiss zu abgeschnittenen Gefässen Beziehungen gehabt. V grosse Längsvene neben dem Centralkanal. h Hintere oder graue Commissur. 1/2 Hartn. 25 ×.

Ueber die Eigenschaften und den Ursprung der Schleimfäden des Seestichlingnestes.

Von

Prof. **K. Möbius** in Kiel.

Hierzu Tafel XXII.

Der merkwürdige Instinkt des Seestichlings (*Spinachia vulgaris* Flem.), für seine Eier und Jungen ein Nest zu bauen, wurde durch David Milne¹⁾ zuerst wissenschaftlich bekannt. Nachher machten darüber noch mehrere andere britische Beobachter Mittheilungen. 1840 wurde in *Annals and Mag. of natural history*, Vol. V, p. 148 eine Notiz: „On the nidification of the fifteen spined Stickleback or *Gasterosteus Spinachia* L.“, unterzeichnet „G. J.“ aus den *Transactions of the Berwickshire Naturalists Club* abgedruckt, in welcher von den Spinnfäden des Nestes Folgendes gesagt wird: „The thread is of great length, as fine as ordinary silk, tough and somewhat elastic, whitish and formed of some albuminous secretion.“

¹⁾ The Edinburgh new philos. Journ. March 1829, p. 398.