

- Fig. 3. Hyaline Capillarthrombose und im Entstehen begriffene grössere Thromben. Fall XII. Weigertfärbung.
- Fig. 4. Feinkörniges Hyalin mit wenigen grösseren Kugeln. Fall XV. Weigertfärbung.
- Fig. 5. Hyaline Kugeln und Balken in feinkörniger Masse eingebettet. Fall VIII. Combinirte Alauncarmin- und Weigertfärbung.
- Fig. 6. Rosenkranzformen und homogene Balken in feine Fäden auslaufend. Fall VIII. Weigertfärbung.
- Fig. 7. Dreischichtiger Heerd. Fall III.
-

IX.

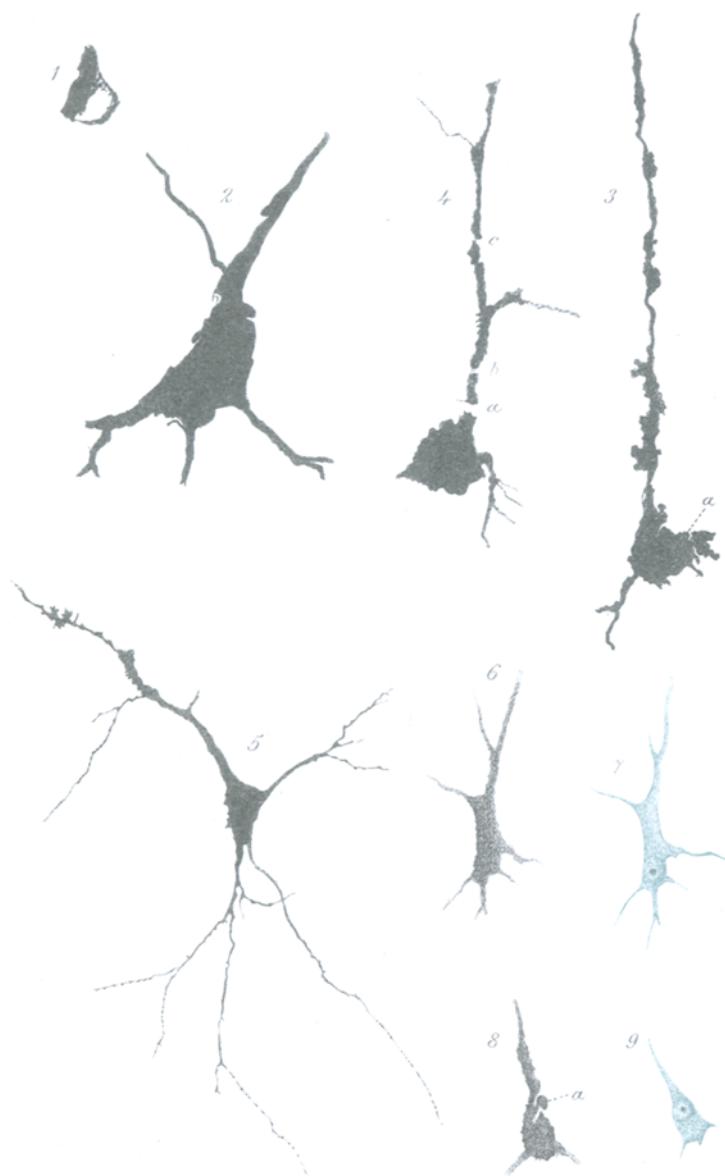
Zur Theorie der Golgi'schen Färbung.

Von Dr. Paul Kronthal zu Berlin.

(Hierzu Taf. VI.)

Bei der grossen Bedeutung, welche die Golgi'sche Methode für die Erforschung des Nervensystems gewonnen hat und bei den zahlreichen Arbeiten, die in den letzten Jahren mit dieser Methode gefertigt worden sind, ist es eine auffallende Thatsache, wie die meisten Untersuchenden einen Vorwurf erledigten, der dieser Methode gemacht ist, bezw. wie sie ihn überhaupt nicht in das Bereich ihrer Erwägungen und Schlüsse gezogen haben. Gemeint ist der Vorwurf, den zuerst Rossbach und Sehrwaldt¹⁾ erhoben, dass nehmlich im centralen Nervensystem gar nicht die nervösen Elemente gefärbt, sondern dass die Chrom-Silberverbindungen, die sie als Silberdichromat ansprechen, in den lymphführenden Bahnen und Räumen des Gehirns niedergeschlagen würden. Sie begründen diese ihre Anschauungen durch 14 Punkte, von denen folgende hier hervorgehoben seien:
 1) Die Zellen sind grösser als bei jeder anderen Methode.
 2) Ihre Form ist eine andere. 3) Nie ist ein pericellulärer Raum sichtbar. 5) Löst man durch Ammoniak die Incrustationen auf, so kommt eine kleinere Zelle zum Vorschein. 6) Sind die Incrustationen eines Ausläufers durchbrochen, so sieht man einen

¹⁾ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1888. No. 47.



feineren Faden zwischen denselben. 11) Die Launenhaftigkeit der Methode ist begründet in der geringeren oder grösseren Weite und Füllung der Lymphräume. 12) Die Lymphbahnen der anderen Organe färben sich auch nach der Methode Golgi's. 14) Der chemische Vorgang weist darauf hin, dass man es hier nicht mit einer Färbung, sondern mit einem groben farbigen Niederschlag zu thun hat.

Diesen Anschauungen habe ich mich kurze Zeit später bei Gelegenheit eines Referates¹⁾ angeschlossen, nachdem ich eine Reihe von Versuchen zum Theil nach den Angaben jener Autoren angestellt, sowie die älteren Präparate noch einmal genau auf die fraglichen Verhältnisse hin durchgesehen hatte.

Nur eine Arbeit habe ich finden können, die sich eingehender bemüht, die Auffassung Rossbach's und Sehrwaldt's vom Zustandekommen der Schwarzfärbung nach Golgi zu widerlegen; gemeint ist die Arbeit von Belmondo²⁾. Sein hauptsächlichstes Beweismittel ist folgendes: Wenn die Ganglienzellen nicht gefärbt sind, sondern nur der pericelluläre Raum, so muss man, falls nach Golgi gefärbte Stücke aus den Hirnwindungen parallel zur Hirnoberfläche geschnitten werden, statt des Querschnittes der dunklen Zellen dunkel gefärbte Kreise sehen. Erbettete die Stütze in Paraffin ein und schnitt in der angegebenen Richtung 5—10 μ Dicke. Die Querschnitte der Zellen sind ganz dunkel gewesen — die Arbeit hat leider keine Abbildungen —, die grösseren und kleineren schwarzen Ringe aber, die sich zeigten, wurden als Querschnitte von Gefässen angesprochen. Belmondo verhehlt sich die Schwierigkeit nicht, die es hat, ganz senkrecht auf die Längsaxe der Zelle zu schneiden und ist sich darüber klar, dass, wenn der Schnitt die Zelle nicht so trifft, man auch keinen dunklen Ring erwarten kann. Er schlägt aber diese Schwierigkeiten zu gering an. Vergegenwärtigen wir uns dieselben.

Die grossen Pyramidenzellen — und auf diese hatte Belmondo naturgemäss sein Augenmerk gerichtet — stehen zur Hirnoberfläche so, dass ihr Spitzenfortsatz etwa senkrecht auf

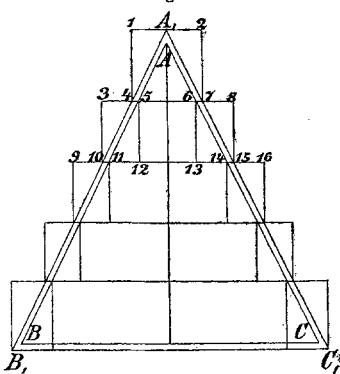
¹⁾ Neurol. Centralbl. 1888. S. 603.

²⁾ Sulla teoria della colorazione vera del Golgi. Reggio-Emilia, Stefano Calderini 1889.

diese gerichtet ist. Die Hirnoberfläche, als Ganzes betrachtet, ist gewölbt. Sie zerfällt in Windungen und jede dieser Windungen für sich ist auch wieder gewölbt. Die Richtung einer Senkrechten auf die Hirnoberfläche wird deshalb auch auf den benachbarten Punkten eine verschiedene sein. Absolut horizontale Schnitte zur Hirnoberfläche kann es nicht geben, da diese nirgends eine Ebene ist. Man wird aus diesen Gründen, wenn man so zu sagen horizontal zur Hirnoberfläche schneidet, besten Falles auch nur auf sehr wenige Zellen rechnen können, die man in einem Winkel von 90° zu ihrer Längsaxe trifft. Diese Möglichkeit wird eine noch geringere, wenn man bedenkt, dass bei der Methode nach Golgi sich stets nur sehr wenige Zellen färben. Angenommen man hätte sehr glücklich eine gefärbte Zelle senkrecht zu ihrer Längsaxe getroffen; angenommen ferner die Präparate Belmondo's wären im Durchschnitt $8\ \mu$ gewesen (er selbst hielt sie auf $5-10\ \mu$ an); angenommen schliesslich die getroffene Zelle wäre eine sehr grosse, $40\ \mu$ im Längsdurchmesser haltende Zelle gewesen, wie würde sich dann die Zelle repräsentieren, falls die Annahmen Rossbach's und Sehrwaldt's richtig sind? Es sei versucht diese Frage an der Hand des beifolgenden Schemas zu lösen.

Die Pyramidenzelle A B C, 1000 mal vergrössert, hat einen Längsdurchmesser von 40 mm, der pericellulären Raum, der durch A₁, B₁, C₁ begrenzt ist, hat einen Durchmesser von 1 mm, die Schnitte sind 8 mm dick. In der unteren Ebene des Schnittes, in dessen oberer die Spitze der Zelle ist, liegt die Ebene 3, 4, 5, 6, 7, 8. Das Präparat enthält von der Zelle bezw. von dem gefärbten pericellulären Raum, das Stück A₁, 4, 7. Da der Raum A₁, A, 4, 5 und A₁, A, 6, 7 dunkel ist, so wird man den eventuell hellen Raum A, 5, 6 nicht sehen können, sondern in dem Präparat wird eine dunkle Scheibe sein. Der zweite Schnitt wird von der Zelle das Stück 4, 10, 15, 7

Fig. 1.



abschneiden. Der Raum 4, 5, 10, 11 und 6, 7, 14, 15 ist dunkel. Da wir nun bei dem dünnen durchsichtigen Präparat sämmtliche nicht durchsichtigen, d. h. hier dunklen Stellen auf ein Mal sehen, so werden wir einen Ring haben von der Breite 3—5. Bei jedem weiteren Schnitt wird der centrale helle Kreis grösser werden, der umgebende schwarze Ring dieselbe Breite haben. Solche Bilder hat Belmondo unzweifelhaft gesehen, doch hält er sie für Durchschnitte von Gefässen. Es dürfte wohl aber sehr schwierig sein, mit Sicherheit zu erklären, wenn man einen schwarzen Ring sieht, ob dies der Durchschnitt eines Gefässes oder ein pericellulärer Raum ist. Mit aller Sicherheit spricht Belmondo die schwarzen Scheiben, die er beobachtet hat, als Durchschnitte von Ganglienzellen an, weil er von ihnen hat Nervenfortsätze ausgehen sehen. Dagegen wäre zu bemerken, dass die Golgi'sche Methode nicht gestattet, die gleichmässig schwarz gefärbten Nervenfasern und Bindegewebszellen von einander zu unterscheiden und wenn Jemand behauptet, dass die schwarzen Platten Schrägschnitte durch Gefässe und die Fasern die von ihnen ausgingen, Ausläufer einer Spinnenzelle sind, so würde es nicht gut angehen, ihn zu widerlegen. Ist es doch nicht zu zweifeln, dass die Fortsätze der Deiters'schen Zellen vielfach an die Gefäße heran gehen und sie umspinnen. Um eine Faser in einem Golgi'schen Präparat als nervös oder bindegewebig anzusprechen, muss man in der Lage sein, ihren unzweifelhaften Zusammenhang mit einer Ganglienzelle oder einer Spinnenzelle nachzuweisen. Belmondo geht den umgekehrten Weg. Er schliesst so: die schwarze Scheibe ist der Querschnitt einer Ganglienzelle, folglich sind die Fasern, die zu ihr gehören, Nervenfasern, folglich ist der schwarze Körper sicher eine Ganglienzelle. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, dass wenn wirklich die Zelle in toto gefärbt wäre, das Bild mit ihr zusammenhängender Fasern bei Horizontalschnitten nur ein sehr seltes sein kann. Die Ausläufer der endständigen Fortsätze und des Axencylinderfortsatzes können auf Horizontalschnitten zur Hirnoberfläche nie mit ihr zusammenhängend gesehen werden und die sonstigen Fortsätze sind nicht sehr zahlreich und gehen nur selten grade horizontal von der Zelle ab.

Abbildung 1 ist ein Gebilde, das in einem horizontal zur

Hirnoberfläche geschnittenen Präparat gefunden wurde. Unter der Voraussetzung, dass die pericellulären Räume nur gefärbt würden, könnte man es für den Querschnitt einer Ganglienzelle ansprechen, einer Zelle etwa von der Configuration der Zelle Abbildung 2, wenn man annimmt, dass der Schnitt noch einen Theil des dicken linken Fortsatzes in seinem perifibrillären Raum mitgetroffen hat. (Die Betrachtungen, die hier über die Zellen angestellt wurden, gelten natürlich auch für die Fasern.) Wenn nun aber behauptet wird, Figur 1 sei die Abbildung eines Gefäßes, indem das helle, schmal dunkel umrandete Gebilde den Querschnitt eines solchen, die dunkle dicke Partie den Längsschnitt eines Astes darstellt, so bin ich nicht im Stande, das Gegentheil zu beweisen.

Die Zelle, die als erstes Beispiel gewählt wurde, war nach jeder Richtung hin hervorragend günstig, um ringförmige Bildungen zu erhalten. Sie war bei ihrer Länge verhältnismässig sehr breit, wurde genau senkrecht zu ihrer Längsaxe vom Schnitt getroffen, der pericelluläre Raum war sehr schmal. Wird die Zelle im Verhältniss zu ihrer Länge etwas schmäler, oder der sie umgebende Raum etwas breiter angenommen, dabei aber die Voraussetzung festgehalten, dass sie durch den Schnitt senkrecht zu ihrer Längsaxe getroffen sei, so wird das Präparat einen sehr kleinen hellen Raum zeigen, eingefasst von einem sehr breiten dunklen Bande. Nun ist aber der pericelluläre Raum doch nie ein im mathematischen Sinne der Zelle ähnliches Gebilde eben so wenig wie die Grenzen der Zelle ja ganz gerade Linien zeigen. Der pericelluläre Raum ist gewöhnlich an den Zellecken eng, während er sich an den Seiten der Zelle erweitert. Die untere Grenze der Pyramidenzellen ist fast stets etwas nach innen gebogen. Veranschaulichen wir uns also die Verhältnisse an einem Schema, das der Natur etwas näher kommt, immer noch unter der Voraussetzung, dass die Schnittrichtung senkrecht zur Längsaxe der Zelle ist.

ABC ist die Zelle, A₁B₁C₁ der pericelluläre Raum. Die Zelle ist bei 1000facher Vergrösserung 40 mm hoch. Sie ist in 5 Schnitte von 8 μ Dicke zerlegt worden, die so glücklich gefallen sind, dass der oberste in seiner Oberfläche gerade die Spitze der Zelle enthält. Der erste Schnitt wird die Zelle nur

als dunkle Scheibe enthalten, der zweite 1, 4, 5, 10 einen ganz breiten Ring mit einem kleinen hellen Innenraum. Der Innenraum des breiten Ringes, beim dritten und vierten Präparat wird etwas grösser sein, beim fünften wird man, da BCB_1C_1 schwarz ist, wieder nur eine dunkle Scheibe erhalten.

Bei dieser also möglichst glücklich configurirten und getroffenen Zelle wird man nur 3 Präparate erhalten, die einen Ring mit einem hellen Innenraum zeigen. Und, wie gesagt, wie soll denn bewiesen werden, dass dies Durchschnitte einer Zelle und nicht eines Gefässes sind. Ist es selbst möglich in der Serie genau dieselben Punkte zu verfolgen, kann nicht das Gefäss, wo die ganz dunklen Querschnitte sich finden, eine Biegung machen?

Es dürfte geradezu als eine grosse Seltenheit bezeichnet werden, wenn man von den wenigen gefärbten Zellen eine genau senkrecht zu ihrer Längsaxe trifft. Ist dies aber nicht der Fall, so wird bereits eine Abweichung von nur wenigen Grad der Schnittebene von der senkrechten Ebene zur Längsaxe der Zelle uns sehr merkwürdige Ringe zeigen. Dieselben werden nehmlich auf der einen Seite sehr breit sein, während sie sich nach der anderen bedeutend verschmälern.

Nehmen wir z. B. wieder unsere erste sehr grosse Zelle von 40 mm (1000fach vergrössert) und zerlegen sie in 5 Schnitte, deren Ebene jedoch nicht senkrecht zur Längsaxe der Zelle steht, sondern nur um etwa 25° von der senkrechten Ebene abweicht, so erhalten wir in dem zweiten Schnitt einen Ring, dessen eine Seite 3—4 und dessen andere

Fig. 2.

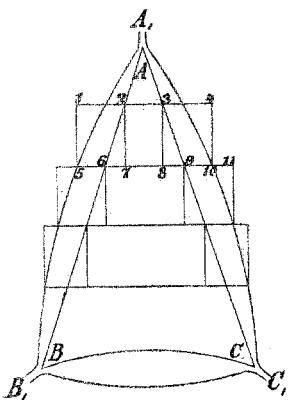
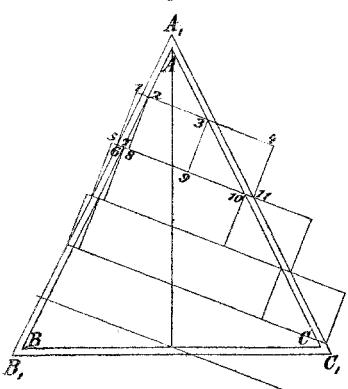


Fig. 3.

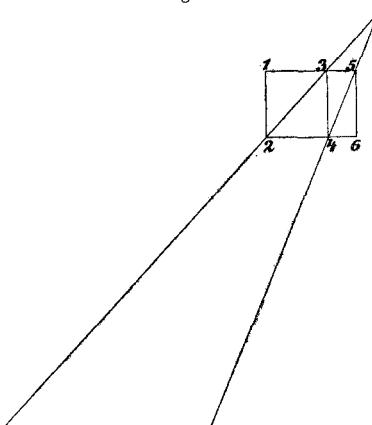


senkrechten Ebene abweicht, so erhalten wir in dem zweiten Schnitt einen Ring, dessen eine Seite 3—4 und dessen andere

1—2 breit ist, ähnlich wird sich der dritte und vierte Schnitt zeigen, während auf den fünften als letzter Theil der Zelle nur noch ein dunkler Fleck kommt.

Ist denn aber je eine Ganglienzelle mathematisch so genau construiert, wie wir sie bisher angenommen haben? Uebergehen wir alle die Möglichkeiten, wie die Zelle zur Schnittebene stehen kann und betrachten wir nur die Combination, bei welcher Schnitte durch die Zelle unter der Voraussetzung, dass die Zelle als solche selbst nicht gefärbt ist, doch als vollständig schwarze Scheibe erscheinen. Wir können schon sehen, dass dies in dem Falle eintreten wird, wenn der Schnittpunkt der einen Zellseite mit einer Schnittebene senkrecht ober- oder unterhalb des Schnittpunktes der anderen Zellseite mit der nächsten Ebene stehen wird. Der Schnitt 1, 2, 5, 6 durch beifolgende Zelle wird vollkommen dunkel erscheinen, weil 2, 3 und 5, 4 schwarz sind.

Fig. 4.



Beim vorliegenden Thema, auf die Frage der Existenz der pericellulären bzw. perifibrillären Räume einzugehen, dürfte gar keine Veranlassung vorliegen. Denn, ob dieselben künstlich oder natürlich sind, thut nichts zur Sache, wenn es sich darum handelt, ob in ihnen Niederschläge sind. Sie existiren in den vorliegenden Präparaten, denn diese sind mit Kal. bichromicum behandelt und da sind sie immer zu sehen.

Es ist glaube ich einerseits, Belmondo der Nachweis nicht gelungen, dass die Bildungen, die man in den Präparaten nach Golgi sieht, nur gefärbte körperliche Elemente sind; andererseits bin ich nicht im Stande zu behaupten, die körperlichen Elemente seien nicht gefärbt; aber ich hoffe zu beweisen, dass Lymph- und Spalträume, seien sie natürlich oder künstlich, durch in ihnen enthaltene Niederschläge sichtbar gemacht werden. Ob

die in diesen gefärbten Räumen enthaltenen Körper auch gefärbt sind, wird sich nicht beweisen lassen, wie andererseits der Beweis ziemlich schwer fallen dürfte, dass in diesen Räumen auch überall ein Körper, in diesem Falle Nervenzelle oder -Faser, vorhanden ist.

Fick¹⁾) beschäftigte sich genauer mit der Theorie der Golgi'schen Färbung. Nachdem er dargelegt hat, dass die Färbung durch einen Niederschlag von theilweise reducirten Silberchromaten bzw. Dichromaten zu Stande kommt, geht er genauer auf den Ort des Niederschlages ein. Er nimmt an, es werde nur da und überall da Silberdichromat erzeugt, wo vorher Kaliumdichromat gewesen ist. Da nun die letztere die Gewebe nicht ächt färbe, d. h. keine chemische Verbindung mit ihnen eingeht, was bei der leichten Auswaschbarkeit des Kaliumdichromats aus den Geweben sehr wahrscheinlich sei, sondern nur in die Molecularinterstitien eindringt, so entstehe auch der Niederschlag nur in den Interstitien; innerhalb der Zellen könnte er aber erst secundär eine Verbindung mit dem Protoplasma eingehen. Da, wie betont, gar nicht die Absicht vorliegt, zu beweisen, dass die körperlichen Elemente nicht gefärbt werden, sondern diese Frage in suspenso gelassen wird und nur der Nachweis, dass die Räume gefärbt sind, versucht werden soll, finden wir in den vorher mitgetheilten Anschauungen Fick's eine starke Stütze. Ist die Annahme, es könne ein Niederschlag nur dort sein, wo vorher Chromlösung war, richtig, und es wird sich kaum etwas dagegen einwenden lassen, so müssen naturgemäß eher die Hohlräume in der Substanz als die in den Hohlräumen gelegenen Körper gefärbt werden. Dieses „eher“ gilt sowohl im Sinne von früher als von leichter. Es kann eine Flüssigkeit den in einem Hohlraum gelegenen Körper erst durchtränken, nachdem sie den Hohlraum angefüllt hat; wird der Flüssigkeit dann die Möglichkeit gegeben, mit einer anderen eine chemische Verbindung einzugehen, so wird diese Reaction auch in dem den Körper umgebenden Raume früher eintreten, als in dem Körper, weil wiederum die Flüssigkeit früher in dem Raume sein wird und leichter, weil das Reagens die erste Substanz frei, d. h. ohne

¹⁾ Zeitschrift f. wissensch. Mikrosk. Bd. VIII. Hft. 2.

mechanische Behinderung vorfindet, während in der Zelle das Protoplasma derselben eine solche darstellt. Zugegeben also, die körperlichen Elemente seien bei der Tinction nach Golgi gefärbt, so müssen noch um vieles sicherer die Räume gefärbt sein.

Auch Kölliker ist der vorliegenden Frage an zwei Stellen näher getreten. Er schreibt¹⁾: „Ferner beachte man, dass die Silberniederschläge, welche alle diese Elemente deutlich machen, ungemein wandelbare Bildungen sind und bald stärker, bald schwächer auftreten. Im Allgemeinen habe ich nur Elemente mit den zertesten, aber noch zusammenhängenden Niederschlägen als naturgemäss angesehen, alle anderen bis zu einem gewissen Grade als Abweichungen. Anders ausgedrückt habe ich bei allen Zellen und Fasern, die gut und zusammenhängend gefärbt waren, nur diejenigen mit den geringsten gefundenen Durchmessern als den natürlichen Bildungen entsprechend aufgefasst. Ferner wurden Varicositäten, unregelmässige Anschwellungen u. s. w. im Allgemeinen nicht beachtet.“ An anderer Stelle²⁾ sagt er: „Mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der durch Silber gefärbten Elemente bemerke ich, dass die marklosen Nervenfasern fast ohne Ausnahme von untadeliger Zartheit und vollkommen glattrandig sind, so dass nicht daran zu denken ist, dass dieselben Auflagerungen von Silber ihre Färbung verdanken.“ „Die Nervenzellen sind seltener rein gefärbt, zeigen vielmehr sehr häufig Unregelmässigkeiten, die von äusseren Auflagerungen herrühren und noch mehr gilt dies von den Zellen der Neuroglia.“ Nach diesen Aussprüchen zu schliessen, nimmt der verehrte Anatom sowohl eine Färbung der körperlichen Elemente als auch Niederschläge in den Räumen an. Sind die Contouren scharf und glatt, so ist der Körper gefärbt, sind sie ungleich, so handelt es sich um Niederschläge. Diese Anschauung ist für die Beurtheilung der mit der Golgi'schen Methode gewonnenen Resultate sehr gefährlich, indem sie es dem subjectiven Ermessen des Untersuchenden überlässt, ein gefärbtes Gebilde als etwas Körperlches oder nur als einen Raum zu halten. Bei einem so erfahrenen Untersucher wie Kölliker dürfte dies keine Gefahren haben; wo aber ist die Grenze der Richtigkeit bezw. des Irr-

¹⁾ Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 49. S. 668.

²⁾ Ebenda. Bd. 51. S. 11.

thums bei den Resultaten anderer Forscher, die nicht so erfahren sind? Wie würden Rossbach und Sehrwaldt schliessen? Sie würden glatte Contouren als Beweis ansehen, dass der Raum scharf begrenzt ist; und ist das Gebilde sehr zart, so würden sie von einem sehr kleinen Raume sprechen.

Raymon y Cajal erwähnt in seinen vielen Arbeiten, die er mit der Methode Golgi's gemacht hat, nur ein Mal nach der Arbeit Rossbach's und Sehrwaldt's in einer Anmerkung die Theorie der Färbung¹⁾). Nachdem er die Ansichten Rossbach's und Sehrwaldt's aus einander gesetzt hat, fährt er fort: „Nous ignorons, si ces espaces lymphatiques existent, car il pourrait se faire comme l'a supposé Frommann, qu'ils fussent des produits artificiels; mais en ce qui concerne l'endroit où se dépose le chromate d'argent, le doute est impossible: c'est dans l'épaisseur même du protoplasma nerveux et ses nombreuses expansions. Ce qui le prouve c'est que lorsque la réaction est très fine, le volume des éléments nerveux n'est pas sensiblement augmenté, comme l'on peut en juger par comparaison avec ceux préparés par dissociation. Cette comparaison est très facile pour les cellules bipolaires, les cônes et les batonnets de la rétine, les grains du cervelet etc., éléments dans lesquels on observe aussi avec la plus grande évidence, que le dépôt d'argent imprègne tout l'épaisseur du protoplasma, épargnant seulement le noyau, qui apparaît teint en brune, parce qu'on le voit à travers d'une mince couche protoplasmique colorée. En outre on n'obtient jamais des imprégna-tions dans les espaces lymphatiques de la cornée, vaisseaux lymphatiques, lacunes conjonctives etc. Ce n'est pas à dire que la réaction de Golgi soit spécifique du protoplasma nerveux, car nous avons réussi à imprégner un grand nombre des cellules telles que les corpuscules conjonctifs, les épithéliales, les cartilagineux, les musculaires striés, les zoospores jeunes, et, enfin jusqu'à quelques matières intercellulaire, comme l'intérieur des capillaires biliaires adultes et embryonnaires, celui des conduits salivaires, les faisceaux du tissu conjonctif, les fibres élastiques, la matière fondamentale des os, les ciments épitheliaux et nerveux etc. Cela démontre que le chro-

¹⁾) Anat. Anzeiger. 1890.

mate d'argent est attiré par quelques principe immediat un peu étendu partout, mais spécialement accumulé dans la bile et dans le protoplasma de cellules nerveuses et neurogliales.“

Es schien nothwendig, diese Anschauungen originaliter wiederzugeben. Nehmen wir sie Punkt für Punkt durch. Ob die Räume, in denen sich Niederschläge befinden sollen, künstlich oder natürlich sind, ist, wie bereits betont, für die Frage, die hier erörtert werden soll, ganz gleichgültig. Nach Härtung in Kal. bichromicum existiren solche Räume, folglich können in ihnen Niederschläge sein. Ob man berechtigt ist umgekehrt aus diesen Niederschlägen auf normaliter existirende Räume zu schliessen, wie es Rossbach und Sehrwaldt gethan haben, bleibe hier unerörtert. Raymon y Cajal behauptet dann weiter, dass, wenn die Reaction fein ist, die Elemente nicht grösser als normaler Weise sind, wovon man sich durch Dissoziiren überzeugen könne. Aus diesem Satze geht klar hervor, wie auch er bei der Golgi'schen Methode zwei Reactionen unterscheidet, eine feine und eine nicht feine. Bei der feinen sind nur die Elemente gefärbt und bei der nicht feinen — das sagt er nicht. Was ist aber fein und was nicht fein? Bei der nicht feinen müssen doch wohl nach seiner Ansicht die Elemente jedenfalls gefärbt sein, aber es muss noch ein + dazu kommen. Woher kommt dieses +? Da dürfte man zuerst an den Raum denken, der erfahrungsgemäss nach Härtung in Kal. bichromicum die Körper im centralen Nervensystem umgibt. Wie aber soll es erklärt werden, dass das eine Mal sich der Körper + dem Raume färbt, das andere Mal nur der Körper. Hat etwa nur ein Theil der Körper nach Härtung in Kal. bichromicum Räume um sich, und der andere Theil nicht? Es dürfte schwer sein, diese Annahme als gerechtfertigt zu behaupten. Das Volumen der Nervenelemente ist bei der feinen Reaction „pas sensiblement augmenté“. Raymon y Cajal sagt mit keinem Worte, wodurch er das bewiesen hat. Die Grösse der Nervenelemente ist aber eine ungemein verschiedene, und wenn ich nicht im Stande bin, eine und dieselbe Zelle vor und nach der Färbung zu messen, so wird es nicht möglich sein, ein sicheres Urtheil darüber zu fällen, ob meine Methode die Elemente in ihrer Grösse unbeeinflusst lässt. Ausserdem lässt doch das „pas sensiblement“

die Auffassung zu, dass der Untersucher auch bei der feinen Reaction eine gewisse Vergrösserung der Elemente vollständig zu negiren sich nicht im Stande sieht. Was die Untersuchung nach Dissociation betrifft, so dürfte sie nicht sehr beweiskräftig sein. Es liegt mir fern zu behaupten, die körperlichen Elemente seien nicht gefärbt. Nimmt man aber an, dass die Räume um sie auch gefärbt sind, so kann beim Zerzupfen des Gewebes zweierlei eintreten. Die Niederschläge im Raume können mit denen im Körper ein fest zusammenhängendes Ganzes bilden und das isolirte Element stellt dann Raum + Körper dar oder die Niederschläge im Raum und die im Körper können verschieden dicht sein, dann wird der Abdruck des Raumes schalenförmig den Körper umgeben und beim Isoliren leicht sich ersterer vom letzteren lösen.

Sind diese Erwägungen richtig, so ist man beim isolirten Nervengebilde aus einem Golgi'schen Präparat nicht im Stande zu beurtheilen, ob es ein Körper allein oder ein Körper + einem gefärbten Raum ist. Dass das Silber das ganze Protoplasma des Körpers durchdringt, thut zur vorliegenden Frage gar nichts, dass der Kern frei bleibt, eben so wenig. Man würde ihn natürlich auch als helleren Punkt sehen, wenn der die Zelle umgebende Raum gefärbt ist, da er ja auch in der ungefärbten Zelle heller als das Protoplasma ist. Auch die weitere Beweisführung Raymon y Cajal's ist nicht überzeugend. Er folgert so: In den Lymphräumen der Cornea, in den Lymphgefassen erhält man nie eine Reaction nach Golgi, folglich kann sie auch in den pericellulären und fibrillären Räumen im centralen Nervensystem nicht existiren. Dann erzählt er von Gewebelementen, die sich ausser den Nervenzellen nach Golgi färben, sowie von matières intercellulaires, wie das Innere der Gallencapillaren, der Speichelgänge u. s. w., die auch die Golgi'sche Reaction geben. Wenn nun die Behauptung aufgestellt wird, die Lymphräume der Cornea und die Lymphgefässe im Allgemeinen stehen unter physikalischen Verhältnissen, die denen der pericellulären Räume im Gehirn unähnlich, während die der Gallencapillaren ihnen ähnlicher sind, so dürfte diese Behauptung nicht ganz von der Hand zu weisen sein. Die chemische Identität des Inhalts der Lymphräume und der pericellulären Räume im Gehirn ist

doch auch noch nicht erwiesen. Im Gegentheil, man kann behaupten, dass „Lymphe“ überhaupt nicht ein einheitlicher chemischer Begriff ist. Jedes Organ hat seine ihm eigenthümliche Lymphe. So lange man nur von einer Reaction weiss, dass sie in gewissen Geweben in Räumen, in anderen in Körpern vor sich geht, weder aber die physikalischen noch die chemischen Verhältnisse, unter denen das eine oder andere eintritt, genau kennt, kann man doch nicht ein Gewebe, in welchem sich eventuell Räume färben können, wenn in ihm die Reaction eintritt, ohne weiteres zu den Geweben rechnen, deren körperliche Gebilde gefärbt werden. Der Schlussatz Raymon y Cajal's sagt weiter nichts, als dass die Reaction eben überall eintreten kann.

In einem vortrefflichen Referat, das Waldeyer jüngst über neuere Forschungen im Gebiete der Anatomie des Centralnervensystems erstattet hat, ist auch die vorliegende Frage kurz berührt¹⁾). Er meint, dass Niederschläge in den pericellulären und perifibrillären Lymphräumen unzweifelhaft vorkommen, namentlich an den Nervenzellen, an deren Protoplasmafortsätzen und an den Gliazellen; bei den nackten Axencylindern der marklosen embryonalen Fasern jedoch schien ihm eine unmittelbare Färbung der Axencylindersubstanz vorzuliegen. Der erfahrene For- scher drückt sich sehr zurückhaltend aus und giebt, indem er „scheint“ sagt, statt objectiv eine Thatsache subjectiv eine Empfindung. Es ist ja auch nicht ganz leicht anzunehmen, dass in demselben Organ dieselbe Methode einmal die Körper und einmal die Räume darstellt. Die Räume in dem embryonalen Marke als natürliche anzunehmen, liegt kein Grund vor. Bilden sich bei der Härtung mit Kalium bichromicum um die eine oder die andere der marklosen embryonalen Fasern herum Räume — eine Vermuthung, die nichts Unwahrscheinliches an sich hat —, so werden in diesen die Niederschläge sich ablagern. Damit wird auch ganz gut erklärt, weshalb stets sich nur einige wenige Gebilde tingirt zeigen. Spricht die Feinheit der Gebilde gegen eine Tinction der Räume? Dazu fehlt eigentlich der Nachweis, dass diese Räume nicht so fein sein können. Die Golgi'sche Methode färbt, wie Waldeyer zugiebt, die pericellulären und

¹⁾ Deutsche med. Wochenschr. 1891. S. 1217.

perifibrillären Räume der Körper im Gehirn der Erwachsenen. Wenn nun das embryonale Rückenmark auf die gleiche Färbung reagirt, kann man nicht da annehmen, dass die Reaction durch gleiche physikalische und chemische Vorgänge zu Stande kommt, wie im Hirn des Erwachsenen?

Die Ansicht, dass in der That im Hirn die körperlichen Elemente als solche nicht gefärbt werden, sondern nur die sie umgebenden Räume, mögen die folgenden Abbildungen und ein Versuch stützen.

Fig. 2, 3, 4 sind Zellen aus der Mitte der vorderen Centralwindung des Menschen. Mit welcher anderen Methode präsentiren sich diese Zellen je so? Man müsste, wollte man aus diesen Bildern die Histologie der Ganglienzelle darzustellen versuchen, eine von den sonstigen sehr abweichende Beschreibung geben. Das starre Aussehen, die zerklüfteten Ränder, das An- und Abschwellen der Fortsätze, die traubigen Gebilde an ihnen, das ist Alles sonst nicht gesehen worden. Diese Sachen sind eben alle nur zu erklären, wenn man hier mehr als nur die Ganglienzelle als gefärbt annimmt. Dieses könnte anstossendes Gewebe oder ein Raum sein. Dagegen, dass es anstossendes Gewebe ist, spricht unsere Kenntniß von der Existenz pericellulärer und fibrillärer Räume nach Härtung mit Kalium bichromicum. Diese müssten also zunächst gefärbt sein. Zu der kühnen Annahme, ausser ihnen sei noch an sie grenzendes Gewebe gefärbt, liegt kein Grund vor. Ich habe betont, dass ich nicht in der Lage bin, mich endgültig darüber auszusprechen, ob in dem gefärbten Raum auch jedesmal ein Körper gefärbt ist. Bilder wie der tiefe Einschnitt der Zelle 3 bei a lassen sich schwer erklären, wenn die Zelle selbst gefärbt wäre. Der Spaltenfortsatz der Zelle 4 zeigt bei a, b und c Unterbrechungen. Bei a sieht man gar nichts, bei b und c zwischen den Enden 2 ganz feine Strichelchen. Diese könnten die Contouren des eigentlichen Fortsatzes sein. Ich habe sehr lange nach diesen Bildern, wie sie Rossbach und Sehrwaldt als etwas Gewöhnliches beschrieben haben, gesucht, aber sie nur äusserst spärlich gefunden. Man kann aus ihnen, wie auch aus der Unterbrechung bei a nicht mit Sicherheit schliessen, dass der Körper überhaupt nicht gefärbt sei. Durch dieselben Zufälligkeiten,

durch die an diesen Stellen der Raum nicht tingirt ist, kann auch der Körper nicht tingirt sein. Die Bilder der Golgi'schen Methode sind sehr verlockend und die Untersucher werden leicht verleitet viel aus ihnen zu schliessen. Rossbach und Sehrwaldt gingen zu weit, indem sie alle Räume, die sie sahen, als natürliche ansprachen und die Wirkung des Kalium bichromicum ausser Acht liessen. Die Forscher der anderen Partei nehmen Alles für Körper oder, soweit sie eine gewisse Färbung der Räume zugaben, glaubten sie in diesen Räumen müssten auch Körper sein. Das muss aber erst bewiesen werden.

Die Zelle 5 stammt aus dem parietalen Hirn des Menschen. Sie ist bei sehr starker Vergrösserung gezeichnet, um die eigenthümlichen Bildungen an den feinsten Fortsätzen zu zeigen. Man sieht da neben, auf und um einen feinen strichförmigen Körper Punkte, Häckchen und Strichelchen. Sie eröffnen der Combination ein weites Feld. In unserem Sinne würden wir sie als Erweiterung des perifibrillären Raumes deuten.

Die Zelle 6 und 7 einerseits und die Zelle 8 und 9 anderseits ist dieselbe Zelle nach verschiedener Färbung. 6 und 8 sind nach Golgi, 7 und 9 mit Methylenblau tingirt. Man sieht, wie die Zellen, mit Methylenblau gefärbt, als gleichmässig scharf contourirte Gebilde erscheinen, die vollständig den Bildern gleichen, die uns sonstige Methoden von den Ganglienzellen geben, während dieselbe Zelle nach Golgi gefärbt theilweise ganz merkwürdige Bildungen aufweist wie z. B. bei a in Zelle 8, im Uebrigen nirgends, wie wir zu sehen gewöhnt sind, glatte scharfe Grenzen darbietet. Als hauptsächlicher Unterschied fällt auf, dass dieselbe Zelle nach Golgi'scher Färbung grösser ist als nach Tinction mit Methylenblau. Die Gründe für diese Erscheinungen sind im Vorhergehenden auseinandergesetzt.

Es erübrigt noch die Methode anzugeben, nach welcher es gelingt, dieselbe Zelle nach Golgi und mit Methylenblau zu färben. Man spüle einen Schnitt aus einem nach Golgi gefärbten Stück in Wasser aus und suche sich dann die Zelle, die man mit Methylenblau färben will, ohne dass man das Präparat mit einem Deckglas versehen hat. Nun lege man 2 Deckgläschchen so auf die rechte und linke Seite des Schnittes, dass sie zur Hälfte auf dem Schnitt, zur Hälfte auf dem Objectträger lie-

gen und die betreffende Zelle nicht bedecken; sie muss also noch in der Mitte des Präparates gelegen sein. Die Zelle fixire man sich scharf in der Scala eines Mikrometeroculars, welches man in seiner Stellung im Mikroskop lässt. Jetzt lege man 2 keilförmige 8—12 cm lange Streifen Filtrirpapier mit ihren schmalen Enden auf den Objectträger zu jeder Seite des Statives einen mit der Richtung auf den Untersucher. Sie haften mit einer Spur Flüssigkeit auf dem Objectträger fest. Das Mikroskop ist so zu stellen, dass der Objecttisch zum Untersucher hin abfällt. Darauf bringe man jenseits des Präparates einige Tropfen Liquor Ammonii caustici. Dasselbe fliesst durch den Schnitt in das Filtrirpapier und entfärbt die Zelle. Nun vor das Präparat 1 bis mehrere Tropfen einer $\frac{1}{2}$ prozentigen wässrigen Methylenblaulösung. Man sieht wie die Zelle sich färbt. Vorsichtig mit Wasser auswaschen, indem man Tropfen für Tropfen vor das Präparat bringt. Ist das Bild nicht klar, so verwende man Alcohol absolut wie vorher das Wasser, eventuell noch Oleum Lavandulae. Bei der ganzen Procedur, die man genau unter dem Mikroskop verfolge, achte man darauf, nie zu viel Flüssigkeiten auf einmal auf den Objecttisch zu haben. Ist das Filtrirpapier ganz nass, so ist an das Ende desselben ein Streifen anzuhängen. Etwaige kleine Verschiebungen der Zelle im Gesichtsfelde corrigirte man sofort mit dem Centrirapparate.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI.

- Fig. 1. Gebilde aus einem Schnitt parallel zur Hirnoberfläche. Mensch. Vordere Centralwindung. Methode Golgi's. Zeiss Obj. C, Oc. 2.
- Fig. 2, 3, 4. Ganglienzellen aus der vorderen Centralwindung. Methode Golgi's. Zeiss Apochromat 4 mm. Arbeits-Ocular 6.
- Fig. 5. Ganglienzelle aus dem Gyrus angularis. Methode Golgi's. Zeiss Apochromat 4 mm. Arbeits-Ocular 4.
- Fig. 6. Ganglienzelle aus der vorderen Centralwindung. Methode Golgi's. Zeiss Obj. C, Oc. 2.
- Fig. 7. Dieselbe Zelle wie Fig. 6, mit Methylenblau gefärbt.
- Fig. 8. Ganglienzelle aus der vorderen Centralwindung. Methode Golgi's. Zeiss Obj. C, Oc. 2.
- Fig. 9. Dieselbe Zelle wie Fig. 8, mit Methylenblau gefärbt.