

XV.

Etwas über die Axencylinder der Nervenfasern.

Von Dr. Rudolf Arndt,

Professor in Greifswald.

(Hierzu Taf. VII.)

Der Axencylinder einer Nervenfaser ist, wie schon wiederholt ich¹⁾ auszuführen gesucht habe, als ein fadenförmig ausgezogener Zellenleib, beziehungsweise als eine reihenförmige Verbindung solcher Leiber anzusehen. Wesentlich ist deshalb der Axencylinder auch als ein Protoplasmafaden zu betrachten, entsprechend dem Protoplasma jedes Zellenleibes, aber natürlich bestehend aus einem Protoplasma, das bereits mannichfache Modificationen erfahren, sich nach dieser und jener Richtung differenzirt hat, gemäss der Zelle, welcher es angehört.

Zu diesen Modificationen gehört vor Allem seine Sonderung in eine Grundsubstanz und kleine Kügelchen, gewöhnlich Körnchen genannt, und die Trennung der Grundsubstanz in eine dichtere Hautschicht und eine von dieser umschlossene, weniger dichte, die Kügelchen oder Körnchen führende, sogenannte Körnerschicht.

Der Axencylinder ist somit ein Gebilde, das ursprünglich aus einer homogenen, glasig-gallertigen, zäh-elastischen Substanz besteht, die erst später, freilich aber schon sehr bald nach ihrer eigenen Bildung oder Entstehung, die gedachten Kügelchen oder Körnchen aus sich heraus schafft und bildet, als die ersten Producte der formativen Thätigkeit, welche Max Schultze als eine der Grundeigenschaften des Protoplasma überhaupt dargestellt hat. Ich nenne diese Kügelchen, welche als die ersten Spuren dieser formativen Thätigkeit in jedem Protoplasma auftreten und die Elemente

¹⁾ R. Arndt, Zur patholog. Anat. d. Centralorgane d. Nervensyst. II. Ueber varicöse Hypertrophie d. Axencylinder d. Nervenfasern. Dieses Archiv Bd. 64. S. 371. — Ueber einige bemerkenswerthe Verschiedenheiten im Hirnbau des Menschen. Dieses Archiv Bd. 72. S. 47. — Ferner: Deutsche med. Wochenschrift. 1877. No. 7.



fast aller complicirteren Bildungen derselben, welche aus dem letzteren hervorgehen, ausgenommen eine Anzahl von Zellmembranen, oder deren Aequivalente, ich nenne diese Körperchen Elementarkörperchen des Protoplasmas, oder auch mit Rücksicht auf ihre Entstehung *Corpuscula primigenia protoplasmatis*. Je nachdem unterscheide ich dann Elementarkörperchen der Axencylinder, *Corpuscula primigenia cylindris axis fibrarum nervearum*, Elementarkörper der Ganglienkörper, *Corpuscula primigenia corporum gangliorum nerveorum*, Elementarkörperchen der Muskelfasern, *Corpuscula primigenia fibrarum muscularium*, die *sarcous elements* Bowmann's und Brücke's, nicht aber Engelmann's, die etwas ganz anderes sind u. s. w. Das was ich unter Elementarkörperchen verstehe, ist somit etwas ganz anderes, als was Zimmermann seiner Zeit darunter verstanden wissen wollte. Zwar sind es wohl so ziemlich dieselben Gebilde, die darunter begriffen werden; allein Zimmermann hielt dafür, dass sie die ersten, primitivsten organischen Schöpfungen der Natur überhaupt wären, dass, wie sie da wären, sie auch aus der Bildungsstätte dieser hervorgegangen wären; während ich sie nur als Producte der Thätigkeit des Protoplasmas ansehe, die mit grösster Wahrscheinlichkeit indifferent angelegt, aber befähigt sind, auf Grund der mannichfachen Ernährung des Protoplasmas und der daraus resultirenden mannichfachen endlichen Geartung desselben alles das zu werden, was dieses aus ihnen zu machen im Stande ist. Es sind das dieselben Kügelchen, die Max Schultze als Bestandtheile fast alles weiter entwickelten Protoplasmas kennen gelehrt hat und um deretwillen er den bekannten Streit mit Reichert hatte, der sie nicht für besondere Körperchen, sondern nur für Schlingen der Fäden anerkennen wollte, aus denen nach seiner Meinung das Protoplasma bestände.

Also jedes Protoplasma producirt Elementarkörperchen; aber je nach der Natur des Protoplasmas wird aus ihnen bald dieses bald jenes. Je indifferenten das Protoplasma bleibt, um so weniger differenzirt zeigen sich auch seine Elementarkörperchen; je mehr jenes sich verändert, um so stärker tritt auch die Differenzirung dieser hervor.

Wie weit indessen auch immer die Differenzirung des Protoplasma gehen mag, seine wesentlichen Eigenschaften bleiben immer dieselben. Die Irritabilität und Contractilität, letztere im Sinne von

Max Schultze, also mit Einschluss der Expansibilität, die gehen nie verloren. Die eine Eigenschaft kann nur mehr in ihm entwickelt werden, die andere weniger zur Entwicklung kommen. Die Irritabilität kann bis zur Sensibilität gesteigert werden, während gleichzeitig die Contractilität so geringfügig wird, dass sie in ihrer Bethätigung sich unserem Wahrnehmungsvermögen entzieht. Andererseits kann wieder die Contractilität so hochgradig werden, dass das bezügliche Protoplasma nur ihr zu dienen scheint.

Zu den fundamentalsten Eigenschaften, welche die Elementarkörperchen unter allen Umständen bewahren, freilich aber auch das eine Mal mehr, das andere Mal weniger, gehört ihre Quellbarkeit, die ebenfalls wieder mit einer Art eigener Reizbarkeit oder Irritabilität in Zusammenhang steht. Denn in Folge der Einwirkung der verschiedensten Reize, der Electricität, der Kälte, der Wärme, des Druckes, der meisten Chemikalien werden die Elementarkörperchen grösser, zugleich wohl auch dem Anscheine nach dunkler oder bei veränderter Einstellung des Mikroskopes lichter glänzend; und da zu gleicher Zeit die sie einhüllende Substanz, die Grundsubstanz des jeweiligen Protoplasmas, dichter wird, sich auf einen kleineren Raum zusammenzieht, gefärbter und stärker lichtbrechend erscheint, so muss angenommen werden, dass die Veränderung der Elementarkörperchen sich auf Kosten des Flüssigkeitsgehaltes dieser letzteren gemacht habe. Die Elementarkörperchen entzogen ihr eine gewisse Flüssigkeitsmenge, wurden dadurch grösser, praller und in Folge davon scheinbar dunkler resp. glänzender, während diese, die Grundsubstanz, schrumpfte und, weil sie sich ja dabei verdichtete, gefärbter und stärker lichtbrechend wurde. Dehnt die Grundsubstanz sich wieder aus, wird sie blasser, matter, weniger lichtbrechend, so blassen auch die Elementarkörperchen ab und werden kleiner. Sie geben also wieder ab, was sie aus der Grundsubstanz aufgenommen haben und diese wird dadurch wieder weniger dicht, flüssiger, räumlich grösser. Ein übermächtiger Reiz, welcher das Protoplasma zu tödten vermag, pflegt auch eine ganz besonders starke Quellung und Vergrösserung der Elementarkörperchen resp. Zusammenziehung oder Schrumpfung seiner Grundsubstanz zur Folge zu haben. Darum denn auch nach dem Tode protoplasmatischer Gebilde, wodurch derselbe auch immer herbeigeführt worden sein mag, jene so imponierend hervortreten, dass sie für neu entstandene, erst durch den

Tod geschaffene Gebilde, Gerinnungsproducte gehalten werden können und vielfach auch dafür gehalten worden sind, und dass diese jene Starrheit und Steifigkeit erhält, welche den Rigor mortis bedingt. Todtenstarre, Wärmestarre, Kältestarre, Schrumpfung ist schliesslich darum auch wohl ein und dasselbe und blos gradweise unterschieden. Was wir Contractur nennen, kommt aber auch darauf hinaus, und nur die Stärke und die Zeit, dass sie andauert, bestimmt, ob sie oder einer von den erstgenannten Zuständen vorliegt.

Hängt die Contractur eines Protoplasmas indessen von der Quellung seiner Elementarkörperchen ab, die auf Kosten des Flüssigkeitsgehaltes seiner Grundsubstanz erfolgt, so liegt es auf der Hand, dass die Contractilität im engeren Sinne, die blosse Zusammenziehungsfähigkeit auch nur von der Quellungsfähigkeit seiner Elementarkörperchen abhängen kann. Die Contractilität im weiteren Sinne, in dem von Max Schultze gebrauchten, oder die Beweglichkeit, Motilität des Protoplasmas überhaupt, wird dagegen abhängig sein von dem Vermögen der Elementarkörperchen zu quellen, beziehungsweise zu schwellen und wieder abzuschnellen, je nachdem der einwirkende Reiz es gerade mit sich bringt und dadurch die Contraction und Expansion der Grundsubstanz veranlasst, welche durch jenes Schwellen und Abschnellen hervorgerufen wird.

Am besten von alledem kann man sich an den quergestreiften Muskeln überzeugen, bei denen man sieht, wie in der Contraction, in welcher die contractile Grundsubstanz sich verkürzt, weil verdichtet, die Elementarkörperchenquerreihen, die die Engelman'schen Zwischen- und Nebenscheiben bilden, anschwellen und grösser werden, während in der Relaxation oder Expansion, in welcher die contractile Grundsubstanz sich wieder ausdehnt, weil verdünnt, dieselben wieder abschnellen und sich verkleinern. Aber auch sonst noch findet man Gelegenheit genug, sich davon zu überzeugen, und sowohl das Protoplasma der Blatzellen von *Vallisneria spiralis*, der Wurzelhaare von *Hydrocharis morsus ranae*, der Blatthaare von *Urtica urens*, *Cucurbita Pepo*, *Borago officinalis*, der Staubfadenhaare von *Tradescantia* etc. als auch das der Myxomyceten, Amöben, Geisselschwärmer, vieler Infusorien, der Blutkörperchen mancher Evertbraten und insbesondere der Kruster, ferner der weissen Blutkörperchen der Vertebreten liefern dafür zahlreiche Beläge. Die

temporären Kernbildungen in ihnen, die man vor seinen Augen sich vollziehen und wieder lösen sieht, diese beruhen z. B. darauf und gleichzeitig auch die mannichfaltigen Formveränderungen, welche das jeweilige Organ dabei erfährt.

Wohl auf demselben Umstande beruht aber auch die zuerst von Max Schultze¹⁾ an weissen Blutkörperchen, danach aber von mir auch an anderem Protoplasma gemachte Wahrnehmung, dass ein an Elementarkörperchen armes Protoplasma sich nur sehr langsam bewegt, ein mit ihnen vollgepfropft es sich anscheinend gar nicht bewegt, eines dagegen, dass ein Mittelmaass an ihnen hat, die lebhaftesten Bewegungen macht. Verhältnissmässig wenig Elementarkörperchen vermögen ihrer Grundsubstanz nicht so viel Flüssigkeit zu entziehen, als dass erhebliche Verdichtungen resp. Verkürzungen derselben zu Stande kommen könnten. Die nach einer leichten, oberflächlichen Contraction derselben erfolgende Expansion wird darum aber auch nur wieder geringfügig sein können und beide, Contraction und Expansion, zusammen in ihren Folgen nur den Charakter des Unausgiebigen, Langsamen an sich tragen. Ist dagegen ein Protoplasma mit Elementarkörperchen überladen; liegen dieselben dicht an einander, so dass nur sehr wenig Grundsubstanz zwischen ihnen vorhanden ist, so existirt in ihm, relativ wenigstens, auch nur ein sehr geringes Maass von dem, was sich bewegen kann. Die bewegungsfähige Substanz ist zu sehr gedehnt, als dass sie irgendwo noch reichlicher angesammelt sein könnte, und in Folge dessen und wegen der Einlagerungen ist sie überall behindert sich wesentlich verdichten und damit zusammenziehen zu können. Die Folge davon muss sein, dass die etwaigen Bewegungen des Ganzen ebenfalls nur sehr oberflächliche und in ihren Folgen sehr geringfügige, träge und langsam vor sich gehende sein können. Wirken die Elementarkörperchen aber einmal energischer, so wird die Folge davon eine Contraction sein, die zuerst zu vollständiger Regungslosigkeit, dann aber auch zur Zerreissung des Ganzen führt, wofür namentlich Myxomyceten, Amöben, weisse Blutkörperchen wiederholt Beweise abgegeben haben. Ganz anders dagegen, wenn das Protoplasma nur ein mittleres Maass an Elementarkörperchen

¹⁾ Max Schultze, Ein heizbarer Objectisch. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. I. S. 12 u. ff.

und, wie auch bereits Max Schultze hervorgehoben hat, eher kleinen als grossen enthält! Da können rege Flüssigkeitsverschiebungen zwischen den Elementarkörperchen und der Grundsubstanz stattfinden, in Folge dessen leicht Contractionen und Expansionen im Ganzen mit einander abwechseln und in Folge dessen wieder jene lebhaften und energischen Formveränderungen desselben zu Stande kommen, welche zu ausgiebigen Ortsveränderungen Veranlassung geben. Der Umstand, dass auch Protoplasma, welches keine Elementarkörperchen enthält, wie gewisse amöboide Wesen, die zu den Gregarinen in Beziehung stehen, wie die kleinsten weissen Blutkörperchen von $2,0-3,0 \mu$ Durchmesser, wie nach Max Schultze¹⁾ die *Gromia Dujardinii*, das spricht nicht bloß nicht gegen diese Annahme, sondern sogar dafür. Alles scheinbar elementarkörperchenlose Protoplasma bewegt sich sehr träge und langsam, wie solches, das nur sehr wenig Elementarkörperchen besitzt. Wir brauchen bloß anzunehmen, dass in ihm die Elementarkörperchen, die sich ja oft genug bloß als noch gerade sichtbare Pünktchen oder Stippchen darstellen und sicher aus noch kleineren Partikelchen hervorgehen, dass selbige noch zu klein sind, um von uns wahrgenommen werden zu können und erklärt ist alles. Dazu kommt, dass es auch wirklich dem Anscheine nach ganz homogenes Protoplasma giebt, das, so lange man es auch beobachten mag, keine Bewegung zeigt, und dass somit in der That, wo solche wahrgenommen wird, sie auch von Elementarkörperchen abhängen dürfte. Diese letzteren können dabei allerdings eben erst angelegt und noch so klein sein, dass sie mit unsern bis jetzt vorhandenen Hilfsmitteln nicht zu erkennen sind, können aber in Anbetracht aller sonstigen Verhältnisse nicht fehlen.

Uebrigens stimmt zu dieser unserer Ansicht, dass von den Elementarkörperchen die Bewegung des Protoplasmas abhängt, sehr gut die von Hofmeister²⁾ aufgestellte Theorie der Protoplasma-bewegung, die sich z. Z. des meisten Anklanges erfreut; nur geht sie einen Schritt weiter und bestimmt die Molecüle näher, welche den Flüssigkeitsaustausch besorgen, auf den es ankommt. Die einen

¹⁾ Max Schultze, Ueber den Organismus der Polythalamien u. s. w. Leipzig 1854. S. 18.

²⁾ Hofmeister, Ueber die Mechanik der Bewegungen des Protoplasma. Flora oder allgem. botanische Zeitung 1865. S. 8 u. ff.

derselben sind die das Protoplasma überhaupt bildenden, ursprünglichen, die anderen die, welche die Elementarkörperchen zusammensetzen. Diese letzteren haben eine Veränderung erfahren, sind vor allen Dingen grösser geworden, liegen darum aber, wie Naegeli¹⁾ gelehrt hat, wo sie sich haben häufen können, dichter zusammen und bilden Molecülcomplexe, welche als Ganzes sich von dem übrigen Protoplasma abheben, indem sie dem durchgehenden Lichte einen stärkeren Widerstand entgegensetzen, es stärker brechen und darum je nachdem dunkel oder lichter glänzend erscheinen. Die sarcous elements Bowman's, die Disdiaklastengruppen Brücke's, Margo's, nicht aber der neueren Autoren, in den quergestreiften Muskeln, die Elementarkörperchen der Ganglienkörper und Axencylinder, das alles sind solche, aber daneben noch ganz besonders ausgebildete Molecülcomplexe, denen vor allem es obliegt, die Bewegung in der jeweiligen Grundsubstanz anzufachen und zu unterhalten. Dass sie daneben noch andere Thätigkeiten vermitteln müssen, ist eine Sache für sich. Ob aber weiter diese Thätigkeiten etwas so himmelweit Verschiedenes von ihrer Hauptthätigkeit sind, wie das namentlich unter gewissen Umständen erscheint, das ist fraglich; weil ja sehr wohl die — ich will sie nennen Nebenthätigkeiten — nur Resultat der verschiedenen Formen der Bewegung sein können, in denen sich diese letztere auf Grund der Verschiedenheit ihrer Erreger, der Elementarkörperchen, und der jeweiligen Grundsubstanz des Protoplasmas vollzieht.

Die Elementarkörperchen, zumal die grösseren, pflegen ganz gewöhnlich von einem Hofe umgeben zu sein, der licht erscheint, wenn sie selbst dunkel aussehen, und dunkel sich zeigt, wenn sie licht erglänzen. Dieser Hof kann nicht auf blosse Lichtbrechungsvorgänge bezogen werden, wozu man von vornherein wohl Neigung haben dürfte, sondern scheint vielmehr mit einer Substanz in Zusammenhang gebracht werden zu müssen, welche die Molecularcomplexe, die die Elementarkörperchen darstellen, als Ganzes umhüllt.

Wie ich anderen Orts²⁾ schon gezeigt habe, erscheint diese fragliche Substanz in hohem Grade unveränderlich, mögen auch die

¹⁾ Naegeli u. Cramer, Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zürich 1858. Heft 2. Naegeli, Die Stärkekörner. S. 347 u. ff.

²⁾ R. Arndt, Berliner klinische Wochenschrift. 1876. No. 19. Deutsche med. Wochenschr. 1876. No. 48.

verschiedensten Einflüsse auf sie eingewirkt haben, welche sie treffen können. Sie erscheint deshalb auch unter den mannichfaltigsten Verhältnissen so ziemlich in derselben Weise, und dennoch wieder scheint sie nicht immer dieselbe zu sein. Was ist diese Substanz? Sie ist am mächtigsten entwickelt an den grössern Körperchen; den kleinern und kleinsten scheint sie vielfach zu fehlen. Steht sie vielleicht mit der Quellungsfähigkeit der Elementarkörperchen in Zusammenhang und stellt sie einen Theil der Flüssigkeit dar, welche die Molecüle der Elementarkörperchen, erregt aus der bezüglichen Grundsubstanz an sich gezogen haben und nicht bloß jedes einzelne für sich und darum alle zusammen zwischen sich, sondern auch um sich gebunden halten? Für viele Fälle möchte ich das mit einem unzweifelhaften Ja beantworten, für andere Fälle dagegen möchte ich annehmen, dass ihr doch noch etwas anderes zu Grunde liegt, und zwar eine festere Masse, die zu einer selbständigeren Hülle oder Kapsel geworden ist und die Elementarkörperchen zu Bläschen stempelt, an denen man eben eine Hülle oder Kapsel und einen davon differenten Inhalt zu unterscheiden vermag. Namentlich gilt das wieder für die grösseren und darum wahrscheinlich älteren Elementarkörperchen und ist vielleicht damit zu erklären, dass in Folge der wiederholten Flüssigkeitsansammlungen um sie herum und einer längeren Dauer derselben sich schliesslich um sie festere Massen bildeten oder auch bloß niederschlugen, die je länger je mehr räumlich zunahmen und zu dickeren oder dünneren Schalen, Hüllen oder Kapseln wurden, welche den eigentlichen Molecül-complex einschlossen.

Wie das Protoplasma überhaupt verschieden die ihm innewohnenden Kräfte ausbildet, dabei aber keine ganz aufgibt oder verliert, so auch seine Producte, die Elementarkörperchen. Dieselben sind vielfacher Modificationen fähig. Sie können sich in die anscheinend verschiedenartigsten Körper umwandeln, bei den Pflanzen in Chlorophyll, Xanthophyll, Erythophyll, Amylum, Oelbläschen, bei den Thieren in Farbstoffbläschen, in die Bowman-Brücke'schen sarcous elements, in die Dotterkörperchen u. dgl. m. Ihre Quellungsfähigkeit erleidet dabei die mannichfaltigsten Abänderungen und kann ausserordentlich vermindert werden, wie bei den meisten Farbstoffbläschen, kann aber auch eine ganz besondere Steigerung erfahren, wie z. B. bei den Bowman-Brücke'schen sarcous elements.

Zu den Elementarkörperchen, welche eine ganz besondere Quellungsfähigkeit besitzen, gehören offenbar die der Nervenzellen und damit denn auch die der Ganglienkörper und Axencylinder. Was das indessen bedingt, ist wieder eine ganz besondere Sache, hängt aber unzweifelhaft mit den Atomveränderungen zusammen, welche in den Moleculen der Elementarkörperchen stattfinden, wenn dieselben von einem entsprechenden, d. i. adäquaten Reize getroffen werden und die dem sogenannten Stoffwechsel, der dabei immer vor sich geht, zu Grunde liegen.

Der bezüglichliche Vorgang würde dabei etwa der sein: Ein Reiz, nach unserer heutigen Auffassung zuletzt doch immer auf Atombewegung zurückzuführen, trifft bestimmte, vielleicht, ja sogar wahrscheinlich erst in Folge seiner wiederholten oder länger dauernden Einwirkung specifisch gewordene Molecüle des Protoplasma und ruft in ihnen eine Bewegung der sie zusammensetzenden Atome hervor. Hierdurch muss natürlich eine Veränderung der Molecüle selbst erfolgen und diese wieder zu einer weitergehenden Bewegung, einer sogenannten Molecularbewegung Veranlassung geben. Die letztere hat zunächst die besprochene Flüssigkeitsverschiebung zur Folge, d. i. eine Anhäufung von Flüssigkeit um die in sich bewegten Molecüle und damit eine scheinbare Quellung dieser oder auch eine wirkliche ihrer Complexe. Indem diese Bewegung sich fortpflanzt und häuft, wird sie, wie die Atombewegung zur Molecularbewegung wurde, zur Massenbewegung und kommt auf Grund umfangreicherer Contractionen als mechanische Arbeit zur Wahrnehmung. Lässt die Atombewegung nach, indem die alten Beziehungen sich wieder hergestellt oder neue sich ausgebildet haben, so hört auch die davon abhängige Molecularbewegung auf, und lassen die in ihren Atomen bewegten Molecüle die angezogenen Flüssigkeitsmassen fahren, schwellen sie und namentlich ihre Complexe ab, so wird gerade der vom bisherigen entgegengesetzte Molecularprozess und damit denn auch der von ihm etwa abhängige Massenvorgang herbeigeführt. Es erfolgt auf Grund von Expansion mechanische Arbeit, die vollwerthig der durch Contraction herbeigeführten ist, aber im umgekehrten Sinne.

Es liegt auf der Hand, dass wie die fraglichen Molecularerregungen, die davon abhängigen Quellungen der Elementarkörperchen und Contractionen der jeweiligen Grundsubstanz nur so lange dauern können, als die Atombewegung in den bezüglichlichen Moleculen dauert,

diese auch nur so lange anhalten kann, als die Möglichkeit zu ihrem Unterhalt gegeben ist. Diese beruht aber wie alle Atombewegung auf dem Princip der Anziehung und Abstossung, der Synthese und Analyse. Unter der Einwirkung des bezüglichen Reizes wird die bestehende Synthese der Molecüle der Elementarkörperchen gelöst und neue Synthesen bilden sich aus, die natürlich, weil sie unter den gegebenen Bedingungen entstanden sind, nicht wieder gelöst werden können. So lange nun Synthesen in den Elementarkörperchen und ihren Molecülen vorhanden sind, die unter den obwaltenden Umständen eine Analyse erfahren können, so lange dauert die entsprechende Atombewegung an. Sie hört auf, sowie keine Analysen mehr stattfinden können, mögen auch noch so viele und noch so starke Reize einwirken und sie immer wieder von Neuem anzufachen suchen. Erst wenn wieder geeignete Synthesen sich gebildet haben, dadurch dass die gelösten von der Grundsubstanz, als Bildungssubstanz, aus ersetzt werden, was durch Neubildung von Elementarkörperchen-Molecülen geschieht, erst dann ist eine neue Atombewegung in der alten Weise möglich, wenn durch einen entsprechenden Reiz, also eine adäquate Atombewegung, der Anstoss dazu gegeben wird.

Die nach Analyse der vorhandenen Synthesen, d. h. der gegebenen Molecüle der Elementarkörperchen, neu entstandenen Synthesen, so weit sie löslich sind, werden mit der Flüssigkeit, welche von den abschwellenden Elementarkörperchen wieder in die Grundsubstanz des Protoplasmas zurücktritt, in diese übergeführt, die nicht löslichen bleiben zwischen den Molecülen liegen oder schlagen sich um dieselben herum nieder, die festeren Hüllen oder Kapseln der Elementarkörperchen bildend, welche wir als im höchsten Grade wahrscheinlich um die älteren Körperchen herum angenommen haben.

Jedes Protoplasma steht mit seiner Umgebung in steter Wechselwirkung. Es bezieht aus ihr, was es zu seiner Ernährung, seinem Aufbau nöthig hat, und giebt an sie ab, was von ihm verbraucht wurde. Aus ihm gelangen auch die besprochenen löslichen Synthesen von Seiten der Elementarkörperchen hinaus in's Freie. Da bei allen Functionen des Protoplasmas auch in der Grundsubstanz Analysen und neue Synthesen sich ausbilden müssen, so findet natürlich auch in ihr das statt, was wir eben erst von den Ele-

mentarkörperchen gesagt haben. Die löslichen der neugebildeten Synthesen werden nach aussen abgeschieden, die unlöslichen bleiben in ihr liegen. Doch werden sie allmählich an die Peripherie geschafft und da in Form einer festeren Hülle, Haut oder Kapsel abgelagert.

Es leuchtet jedoch ein, dass der Ersatz der verbrauchten Moleküle der Elementarkörperchen durch die Grundsubstanz nur so lange stattfinden kann, als diese dazu die Elemente besitzt. Daher nach anstrengender oder anhaltender Thätigkeit ohne gleichzeitige Nahrungszufuhr Aufhören der Leistungsfähigkeit, Erschlaffung, Erschöpfung, Erlahmung. Auch ist jedenfalls Zeit nothwendig die besagten Moleküle zu ersetzen: daher die erneute Leistungsfähigkeit nach einiger Ruhe auch ohne Zufuhr von Ernährungsmaterial. Das Protoplasma nimmt, wie es scheint, so lange wie es kann, aus sich selbst, was es zur Bildung der Moleküle der Elementarkörperchen nöthig hat und erst, wenn es nichts mehr davon besitzt, hört es mit Bildung dieser letzteren auf. So dieselben durch festere Hüllen nicht unvergänglich gemacht worden sind, verschwinden sie darum auch aus einem Protoplasma, das abgenutzt oder überhaupt mangelhaft ernährt ist und legen damit ein sehr gültiges Zeugniß für den dürftigen Zustand ab, in welchem es sich befindet. Andererseits ist ein Reichthum an Elementarkörperchen ein Beweis nicht blos für die gute und selbst üppige Ernährung des Protoplasmas, sondern auch für die Steigerung seiner Plasticität, seiner formativen Thätigkeit.

Sind die viel beredten Synthesen im Protoplasma auch die nothwendige Bedingung zum Zustandekommen seiner motorischen Thätigkeit, so kann man doch wieder nicht sagen, dass blos von ihnen und ihrer Analyse allein diese letztere abhängt, etwa in der Art, dass lediglich aus ihrem Entstehen und Vorgehen, zuletzt also blos aus der Ernährung des Protoplasma und der Art und Weise, wie diese sich macht, jene entspringen. Es muss vielmehr zu der motorischen Thätigkeit das Protoplasma erst, wie es scheint, ein Anstoss von aussen gegeben werden. Die Atome der Synthesen müssen erst selbst in Bewegung gesetzt werden, bevor sie für sich im Stande sind, eine Bewegung des übrigen Protoplasma zu veranlassen. Ohne diesen Anstoss von aussen, wodurch er auch immer gegeben werden mag, verharren die fraglichen Synthesen unverändert

und das Protoplasma liegt ruhig da, ohne eine Spur auch bloß von Bewegungsfähigkeit zu verrathen. In geeigneter Weise aber zur Lösung gebracht, explodiren sie unter Umständen und eine gewaltige Zuckung ist die Folge. Anstatt also selbst Beweger zu sein, erscheinen unsere Synthesen vielmehr als bloße Vermittler von Bewegungen, welche von aussen her auf das Protoplasma übergreifen, um in ihm zu verlaufen, bis sie wieder nach aussen zu treten vermögen. Das Protoplasma an sich, ganz abgesehen von seinen Synthesen vermittelt dabei nur die Form der Bewegung und das von der Form abhängige Resultat derselben.

Kehren wir nach diesem Excurse über die Elementarkörperchen überhaupt und denen der Axencylinder im Besonderen zu diesen letzteren zurück, so ergibt sich, dass dieselben als homogenes Protoplasma, Protoplasma im eigentlichsten Sinne des Wortes, als eine nur aus Plasson Edouard van Beneden's¹⁾ bestehende Masse angelegt werden, dass in ihnen aber sehr bald Elementarkörperchen gebildet werden und ihre Substanz als Ganzes sich damit umwandelt in das sogenannte Metaplasma Hanstein's²⁾. Man kann von jetzt ab in jedem Axencylinder eine Grundsubstanz und eine dieselbe durchsetzende Anzahl von Elementarkörperchen unterscheiden, welche in ihrer Grösse vom eben sichtbar Werden bis zu ungefähr $0,5\ \mu$ schwanken.

In allen etwas stärkeren d. i. dickeren Axencylindern sondert sich danach die Grundsubstanz in eine etwas festere, von Elementarkörperchen freie, periphere und eine etwas weichere elementarkörperchenführende centrale Masse oder Schicht, also in Pringsheim's³⁾ Haut- und Körnerschicht. Jene bildet die jetzt bereits mehrfach beschriebene Axencylinderscheide, diese den Axencylinderinhalt, die Hautschicht imprägnirt sich nach und nach mit unlöslichen Umsatzproducten der Grundsubstanz und an stärkeren Axencylindern wenigstens tritt dieselbe darum gelegentlich als festere

¹⁾ Edouard van Beneden, Recherches sur l'évolution des Grégaires. Bulletins de l'académie royale des sciences et des lettres et des beaux-arts de Belgique. 1871. 2me série. T. XXXI. p. 346.

²⁾ J. Hanstein, Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Botan. Zeitung 1868. No. 43. S. 710.

³⁾ Pringsheim, Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854. S. 8 u. ff.

Hülle oder Membran in die Erscheinung. Unter den in gewöhnlichen Verhältnissen unlöslichen Umsatzproducten spielt nach Kühne's¹⁾ Entdeckung das Neurokeratin eine Hauptrolle. Die festere Axencylinderscheide oder *Membrana cylindris axis propria*, die namentlich neuerdings wieder öfter beschrieben und unter anderen von Kuhnt²⁾ als ein für sich darstellbares Gebilde von 0,1—0,15 μ Dicke erkannt worden ist, diese verdankt eben ihre Darstellbarkeit, wie es scheint, lediglich ihrem reichen Gehalt an Neurokeratin.

In atrophischen Nerven, wie sie sich in Amputationsstümpfen finden, tritt diese Scheide mitunter als ein vom Axencylinderinhalt vollständig isolirtes Gebilde in die Erscheinung (Fig. 3). Es ist indessen schwer zu entscheiden, ob in der That eine Isolirung zwischen beiden Körpern stattgefunden hat und dann wohl, weil der Axencylinderinhalt geschrumpft ist und sich von der ihn umschliessenden Membran zurückgezogen hat, oder ob blos zwischen dem mittleren Theile des Axencylinderinhaltes und seiner Scheide sich ein durchsichtigeres Protoplasma befindet, weil in Folge der Atrophie in ihm die Elementarkörperchen geschwunden sind. In den Präparaten, in denen ich die bezüglichen Bilder zu sehen bekam, und die aus dem N. ischiadicus eines Amputationsstumpfes stammten, waren die betreffenden Axencylinderscheiden ziemlich blass, kaum dunkler als der centrale Antheil des Axencylinderinhaltes. Die Axencylinder ragten vollständig frei von Mark aus den zerrissenen Schwann'schen Scheiden hervor und gestatteten eine recht gute Beurtheilung des einschlägigen Sachverhaltes.

Anders dagegen verhielten sich die Axencylinderscheiden einer Anzahl von marklos gewordenen Fasern in dem entzündeten Rückenmarke eines 35 jährigen Mannes, der unter den Erscheinungen einer Poliomyelitis anterior erkrankt, schliesslich aber unter denen einer ausgebreiteten Myelitis gestorben war. Hier umschlossen sie die bald mehr bald weniger activ geschwollenen Axencylinder ganz knapp und waren stark lichtbrechend geworden. Sehr auf-

¹⁾ Ewald u. Kühne, Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. Verhandlungen d. naturhistor.-medicin. Vereins zu Heidelberg. Neue Folge. Bd. I. Hft. 5.

²⁾ Kuhnt, Die peripherische marklose Nervenfasern. Arch. f. mikrosk. Anatom. Bd. XIII. S. 451 u. f.

fallend war, dass ihr dunkles oder licht glänzendes Aussehen sie nicht auf längere Strecken zeigten, sondern in mehreren Unterbrechungen bald hier, bald da (Fig. 1). Hin und wieder schien die Axencylinderscheide zerbrochen zu sein und dann ragten die fraglichen Bruchenden wie zerschissen in die Umgebung hinaus, während der Axencylinderinhalt als blasser, fein punctirter Faden die Bruchstücke selbst noch mehr oder weniger zusammenhielt. Der Axencylinder sah in solchen Fällen wie ein Faden aus, der durch eine Anzahl längerer oder kürzerer Röhrchen gezogen ist, die an ihren Enden eingebrochen sind (Fig. 2).

Es ergibt sich hieraus, dass die Axencylinderscheide, wie das schon ihre physiologische Entwicklung mit sich bringt, nicht immer gleich ist, sondern dass sie, je nach den Einflüssen, unter denen sie sich gebildet und weiter befunden hat, recht verschieden sein kann. Sie wechselt in ihrem Aussehen von einem ausserordentlich dünnen, zarten, dazu weichen Ueberzuge des Axencylinderinhaltes, der von diesem selbst nicht gesondert erscheint, und einer dickeren, derberen Hülle, die deutlich von demselben abgesetzt, bisweilen sogar durch einen verhältnissmässig breiten Raum getrennt und dazu so spröde und brüchig geworden ist, dass sie in ihrer Continuität leicht Defecte erleidet. Kuhnt¹⁾ will die Axencylinderscheide längsstreifig gesehen haben und zwar in Folge von Faltungen auf Grund von Reagenswirkung. Mir ist etwas dem Entsprechendes bis jetzt nicht zu Gesicht gekommen; aber ich habe keinen Grund es irgendwie zu bezweifeln. Nur möchten es nicht gerade ältere, sondern jüngere, weichere Scheiden sein, welche zur Längsfaltenbildung auf Grund von Reagenswirkung hinneigen.

Uebrigens fragt es sich, ob der Ausdruck Axencylinderscheide in dem bisher und soeben auch von uns noch gebrauchten Sinne zur Bezeichnung eines besonderen Gebildes wird beibehalten werden dürfen. Nach den neueren Untersuchungen, insbesondere von Kühne und seiner Schule, wird nicht blos der Axencylinder von einer hornartigen Scheide umschlossen, sondern auch das ihn umbüllende Mark. Dieses, als Körper für sich betrachtet, liegt sonach in dem Zwischenraum zwischen zwei in einander gesteckten Röhren aus Neurokeratin, die anscheinend öfters noch durch feine

¹⁾ Kuhnt, l. c. S. 451.

Plättchen mit einander verbunden sind, und von denen die innere den Axencylinder eng umschliesst. Nach dem, was wir über diese letztere bereits erfahren haben, fragt es sich: wo kommt jene, die erstere, her?

Die äussere Neurokeratinscheide steht offenbar zu der inneren in einem ganz nahen Verhältniss und das lässt schon vermuthen, dass sie wie diese ebenfalls von dem Axencylinder gebildet worden sei; zumal nach unseren heutigen histogenetischen Anschauungen sie nur von einem zum epidermoidalen oder epithelialen Keimblatte gehörigen Körper, nicht aber vom Gefässblatte her gebildet und Abkömmling der Binde-substanzen sein kann. Nun habe ich aber bereits vor längerer Zeit¹⁾ gefunden, dass aller Wahrscheinlichkeit nach die Markscheiden aus dem Axencylinder hervorgehen, und das dürfte jetzt nicht blos dafür, dass die äussere Neurokeratinscheide ebenfalls aus dem Axencylinder hervorgehe, ein Beweis mehr sein, sondern auch dafür, dass meine Beobachtungen der Entstehung der Markscheiden aus dem Axencylinder überhaupt richtig waren. Denn wenn die beiden Neurokeratinscheiden aus dem Axencylinder gebildet werden, kann die zwischenliegende Substanz nicht gut wo anders herkommen, und wenn es wahr ist, dass diese mit der inneren Neurokeratinscheide vom Axencylinder abstammt, so liegt es nahe, dass die äussere Neurokeratinscheide auch daher stammen muss, ganz abgesehen von dem, was sonst schon darüber gesagt worden ist.

Die Markscheiden würden danach aber, wie die Axencylinderscheiden an sich, als Zellmembranen zu betrachten und die letzteren ihnen kurzweg zuzuzählen sein. Natürlich muss dann aber dasselbe auch mit den äusseren Neurokeratinscheiden geschehen und die fraglichen Zellmembranen müssen als vorzugsweise aus sogenanntem Myelin gebildete Massen, die mit einer dünnen Lage von Neurokeratin an den äusseren und inneren Oberflächen versehen sind, betrachtet werden.

Im Falle das geschieht, würde die Markscheidenentwicklung aber wieder blos als eine besondere Form der fraglichen Zellmembranbildung überhaupt aufgefasst werden dürfen, da bekannt-

¹⁾ R. Arndt, Ueber die Bedeutung der Markscheiden der Nervenfasern. Dieses Archiv Bd. 67. S. 41.

lich nicht alle Axencylinder mit Markscheiden umgeben sind. Wir hätten uns zu denken, dass nur bei besonders kräftiger, formativer Thätigkeit von Seiten der Axencylinder sie zum Dasein gebracht würden, sonst aber ausblieben. Wir hätten uns dabei aber weiter zu denken, dass zunächst nur Neurokeratinscheiden angelegt würden, dass danach erst unter begünstigenden Umständen, die in ihren Folgen freilich vererbt und darum angeboren werden könnten, die Myelinscheiden entstünden, wodurch gleichzeitig die ersteren vom Axencylinder weggedrängt würden, und dass erst danach endlich auch die inneren Neurokeratinscheiden zur Ausbildung kämen, die als eigene Axencylinderscheiden in die Erscheinung träten. Wer die Entwicklung des Netzkorpels kennt, wird das begreiflich finden und wem die Virchow'sche Beobachtung¹⁾ von dem Markhaltigwerden der marklosen Retinafasern in Folge entzündlicher Prozesse gegenwärtig ist, der wird darin nur einen Beweis erblicken. Nach Allem aber würden damit die Axencylinderscheiden den Markscheiden schlechtweg zuzuzählen und als die innerste Lage der Zellmembranen anzusehen sein, welche diese darstellen, und von denen die äusseren Neurokeratinscheiden nur die äusserste Lage sind.

Wenden wir uns nunmehr zum Inhalt der Axencylinder, so fällt vor Allem die eigene Anordnung auf, welche derselbe in seinen Bestandtheilen zeigt. Die Elementarkörperchen liegen in Längsreihen, die zwar nicht von einem Ende des Axencylinders bis zum andern reichen, sondern bald hier, bald da anheben und ebenso bald hier, bald da endigen, deshalb auch bald länger, bald kürzer sind, die aber doch unter sich im grossen Ganzen parallel verlaufend die Grundsubstanz in eine Anzahl von Abtheilungen zerspalten, welche im optischen Quer- oder Längsschnitt ein streifen-, band- oder fadenförmiges Aussehen haben und zu der bekannten Annahme vom fibrillären Baue des Axencylinders geführt haben (Fig. 4). Dass der Axencylinder kein Fibrillenbündel sei, wie auf die Autorität Max Schultze's gestützt, noch immer vielfach gelehrt wird, das haben auch von Fleischl²⁾ und Kuhnt³⁾ be-

¹⁾ Virchow, Zur patholog. Anat. der Netzhaut u. d. Sehnerven. Dieses Archiv Bd. 10. S. 190.

²⁾ E. Fleischl, Ueber die Beschaffenheit des Axencylinders in den Beiträgen zur Anat. u. Physiol. als Festgabe an Carl Ludwig. Leipzig 1874. S. 51 u. ff.

³⁾ Kuhnt, l. c. S. 453.

hauptet. Jener hat ihn vielmehr für eine Flüssigkeitsskule sui generis erklärt, wie ihres Gleichen oder auch nur etwas Ähnliches im Körper nicht mehr vorkomme; dieser hat ihn eine homogene, fest-weiche, ziemlich elastische, bald fein, bald grob granulirte Masse genannt, die sich durch keinerlei Behandlung oder Präparation in Fibrillen zerspalten lasse. Die etwaigen Strichelchen in ihr seien nur Ausdruck von Schrumpfungen.

Auch H. D. Schmidt¹⁾, obgleich er selbst Fibrillen im Axencylinder annimmt, ist zu ähnlichen Resultaten gekommen. Denn nach ihm bestehen die fraglichen Fibrillen aus lauter Körnchen von $\frac{1}{2000}$ Mm., d. i. $0,5 \mu$ Durchmesser, die er nervous elements nennt und werden durch eine interfibrilläre homogene Substanz zusammengehalten. Nun stellt aber gerade diese Substanz nach Max Schultze und seinen Nachfolgern die eigentliche Fibrillenmasse dar und jene Körnchen, neuestens sogar für Myelin ausgegeben, sind nur mehr die einzelnen Fibrillen isolirende Körper, welche in ihrem Verein die sogenannten interfibrillären Körnchenreihen bilden. Wenn man das festhält, so ergibt sich, dass H. D. Schmidt den Axencylinder eigentlich in derselben Weise, wie ich ansieht, als einen aus homogener Grundsubstanz bestehenden Faden, in den Körnchenreihen eingelassen sind, in dem von Fibrillen aber nichts existirt. Nur um den dogmatischen Fibrillen gerecht zu werden, die er sonst nicht finden konnte, nennt H. D. Schmidt die Körnchenreihen selbst Fibrillen und überträgt somit auf sie einen Namen, den bis dahin kein anderer Forscher, am wenigsten aber der Entdecker der vermeintlichen Fibrillen ihnen hat zukommen lassen. Eine homogene Substanz aber von dem Charakter der Grundsubstanz des Axencylinders mit eingestreuten grösseren oder kleineren Körnchen, wie dieselben auch immer gelagert sein mögen, ist Protoplasma. Auch nach H. D. Schmidt's Darstellung des Axencylinders muss derselbe darum als ein Protoplasmafaden angesehen werden, und vollends muss es geschehen nach der Darstellung desselben durch Kuhnt und von Fleischl, mag letzterer auch immerhin der Meinung sein, dass etwas dem Axencylinder Ähnliches sich sonst nicht mehr im Körper finde.

¹⁾ H. D. Schmidt, On the construction of the dark or double bordered nerve fibre. Monthly microsc. Journ. XI. Mai 1. p. 200 u. ff.

Es findet sich ihm Aehnliches noch recht Vieles, wenn auch in anderer Art und Weise.

Sehr auffallend also ist, dass der Haupttheil des Axencylinders, sein Inhalt, einen häufig ganz merkwürdig ausgeprägten fibrillären Charakter zeigt, und dass dieser dadurch bedingt ist, dass die Elementarkörperchen in ihm in längeren oder kürzeren parallelen Längsreihen, die durch breitere oder schmalere Züge von Grundsubstanz getrennt sind, zusammenliegen.

So unzweifelhaft diese reihenartige Anordnung der Elementarkörperchen und das dadurch verursachte fibrilläre Aussehen des Axencylinderinhaltes auch ist, wie, ganz abgesehen von den vielen Bildern aus entsprechend präparirten Nerven, insbesondere die in situ befindlichen Nerven lebender Insecten, und von diesen wieder namentlich die zierlichen Larven von *Chironomus*, *Corethra*, *Ceratopogon* etc. lehren, so ist es nichtsdestoweniger doch in Frage gezogen und immer wieder bezweifelt worden und das blos, weil nicht alle Beobachter es an allen Axencyclindern vorfanden. Die Sache indessen liegt, soweit ich sie bis jetzt übersehe, so: Es sind nur gut entwickelte, gesunde Axencyclinder, welche die reihenartige Anordnung der Elementarkörperchen ihres Inhaltes zeigen. Weniger gut entwickelte oder kranke lassen davon auch nicht die Spur erkennen. Die Ursache ist, dass in den meisten Axencyclindern die Elementarkörperchen ganz zerstreut entstehen und danach erst zu Reihen zusammentreten, und dass in Krankheitszuständen, vornehmlich entzündlicher Art, die betreffenden Reihen sich leicht wieder lösen und die sie bildenden Elementarkörperchen sich regellos durch einander schieben. Die reihenartige Anordnung der Elementarkörperchen in dem Axencyclinderinhalt scheint darum aber vor Allem Resultat der Thätigkeit des Axencylinders, beziehungsweise ihrer selbst zu sein, und zwar einer Thätigkeit d. i. Bewegung von ganz bestimmter Form, die darum aber auch wieder, wenn sie aufhört, zur Folge hat, dass die von ihr abhängige Lagerung der Elementarkörperchen selbst aufhört und eine der veränderten Thätigkeits- resp. Bewegungsform entsprechende wird. Der Umstand, dass etwas ganz Gleiches bei den quergestreiften Muskeln vorkommt, kann als ein, wenn auch nicht vollgültiger, so doch immerhin nicht zu unterschätzender Beweis angesehen werden. Bekanntlich hat

Margo¹⁾ von den Bivalven- und Montgomery²⁾ von den Insectenmuskeln berichtet, dass die Querstreifung derselben vielfach erst mit dem Eintritte der Contraction zur Ausbildung käme und dass sie wieder verschwinde, wenn diese nachliesse und der Muskel erschlaffte. Beide, Margo wie Montgomery geben dabei an, dass die Querstreifung der beobachteten Muskeln dadurch entstand, dass in ihnen zerstreute dunkle Körnchen, angeblich die sarcous elements zu Querreihen zusammentraten und dass sie, die Querstreifung verschwand, wenn diese Körnchen wieder ihre alte Lage einnahmen und sich in den Muskel zerstreuten. Ich kann die Angaben Margo's für *Mytilus edulis*, *Anodonta anatina*, *Unio pictorum*, die Angaben Montgomery's für die Larven von *Tipula*, *Chironomus*, *Corethra* bestätigen und ausserdem hinzufügen, dass ich das entsprechende Phänomen auch bei Strudelwürmern aus der Familie der Rhabdo-coelen, bei Infusorien an dem zur Familie der Vorticellen gehörigen *Ophrydium versatile* und bei Protisten an der *Gregarina lumbrici terrestris* dem *Proteus tenax* Dyd. der *Monocystis agilis* Stein beobachtet habe. Bezieht sich der letzten Angabe kann ich mich dabei noch auf Ray Lankester³⁾ berufen, der ganz den nehmlichen Vorgang ebenfalls bei Gregarinen wahrgenommen haben will.

Wie indessen viele Muskeln gewissermaassen gleich quergestreift angelegt werden, indem in dem Maasse, als sie sich ausbilden, die Querstreifung in ihnen vom Rande her auftritt, so dass schon lange, bevor sie in Action treten, sie in vollendeter Querstreifung erscheinen und verharren, so werden auch manche Axencylinder anscheinend von vornherein längsstreifig angelegt. Ich habe so etwas in dem Rückenmarke des Hühnchens beobachtet, kann aber darin ebenso wenig wie für die Muskeln etwas dem Principe Entgegengesetztes erkennen, dass die bezügliche Streifung von der jeweiligen Thätigkeit abhängt, sondern sehe darin nur den Ausdruck des Prinzipes der abgekürzten Vererbung, nach welchem gewisse Qualitäten, die von den Vorfahren durch lange Uebung und Gewöhnung

¹⁾ Margo, Ueber die Muskelfasern der Mollusken. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. XXXIX. S. 566.

²⁾ Montgomery, Zur Frage über d. Structur u. Contraction quergestreifter Muskelfaser. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1870. S. 163.

³⁾ Ray Lankester, Notes of the Gregarinida. Transact. of the microsc. Society of London. 1865.

allmählich erworben wurden, den Nachkommen kurzweg vererbt werden.

Auch bei den Ganglienkörpern kommt das vor. Die bestausgebildeten zeigen bekanntlich ein eigenartiges, ebenfalls fibrilläres Aussehen auf Grund einer eigenartigen Anordnung ihrer Elementarkörperchen. Dieses ihr Aussehen gewinnen die meisten aber erst nach und nach, oft erst lange nach der Geburt des betreffenden Individuums oder sogar erst in seinem späteren Leben. Ab und zu trifft man jedoch bei ganz jungen Thieren, Kälbern, Lämmern in den Stammtheilen des Centralnervensystems auf Ganglienkörper, die schon in unzweifelhafter Weise das besagte fibrilläre Aussehen an den Tag legen. Woher? Sollte sich das auch bei Menschen finden, so möchte es wohl einen Fingerzeig abgeben, wie die angeborenen, beziehungsweise vererbten Fähigkeiten anderen, erst mühsam zu erwerbenden gegenüber zu Stande kommen oder doch wenigstens zu erklären sind. Die Träger derselben werden von vornherein so angelegt, wie sie in den Vorfahren auf Grund vielen Mühens und Strebens, bewusst oder unbewusst, sich erst allmählich ausbildeten. Andererseits ist ersichtlich, wie gewisse Fähigkeiten in den Enkeln verloren gehen können, verloren gehen müssen, wenn die Träger derselben nicht die Ausbildung erlangen, welche sie in den Ahnen hatten, sondern aus Mangel an Kraft, sich zu entwickeln, auf einem niederen, dem embryonalen Zustande näheren stehen blieben. Wenn dieser Mangel an Kraft sich zu entwickeln, sich vererbt, was ja die tägliche Erfahrung lehrt, so entsteht schliesslich daraus eine *Dégénérescence de l'espèce humaine*, wie sie seit Morel vielfach zum Schiboleth geworden ist.

Ist die scheinbare Längsstreifung des Axencylinders als das Resultat von Bewegungen anzusehen, die sich in ihm in ganz bestimmter Weise vollzogen haben, so ist das mit der hin und wieder auftauchenden Querstreifung, die in ihm zu erkennen ist, in noch höherem Grade der Fall. Diese Querstreifung ist zuerst von Frommann¹⁾ an Axencylindern, die mit Argent. nitric. behandelt waren, beobachtet worden. Danach hat sie Grandry²⁾ gesehen,

1) C. Frommann, Zur Silberfärbung des Axencylinders. Dieses Archiv Bd. 31. S. 151.

2) Grandry, Recherches sur la structure intime du cylindre de l'axe etc. Bulletin de l'académie royale de science etc. de Belgique. 2me série. T. XXV.

dann H. D. Schmidt¹⁾, Kuhnt²⁾ u. A. Mit Ausnahme von H. D. Schmidt hat indessen keiner eine Erklärung für das Zustandekommen dieser Querstreifung gegeben, sondern alle haben sich mit blosser Registrirung der Thatsache begnügt oder auch geradezu erklärt, dass ihnen das Verständniss derselben fehle. H. D. Schmidt indessen erklärt sie wie die Querstreifung der Muskeln aus einer gleichmässigen Lagerung der Bestandtheile seiner Fibrillen. Die Körnchen derselben, seine nervous elements liegen in den benachbarten Fibrillen in gleicher Höhe und daraus resultire denn vollständig eine Art von Querstreifung. — Ich muss diese Erklärung von H. D. Schmidt durchaus acceptiren, zumal auch die Frommann'schen Beobachtungen³⁾ dafür sprechen; natürlich kann ich das aber nur mit einer Modification seiner Grundanschauungen thun. Ich habe die Querstreifung der Axencylinder ziemlich häufig gefunden, wenn auch nicht gerade immer über weite Strecken derselben verbreitet. Gewöhnlich war sie vielmehr nur auf einen engen Raum beschränkt und wies nicht mehr als 2—3—4 Körnchenreihen auf, die dicht hinter einander quer den Axencylinder durchzogen. Bisweilen sah ich jedoch auch eine grössere Anzahl von solchen Reihen und dann, wie Frommann das beschreibt und abbildet, nicht in gleicher Entfernung von einander, sondern die einen dichter an einander gedrängt, die anderen mehr von einander entfernt, an den varicosen Stellen fehlend (Fig. 5). Wo sie vorhanden ist, findet sich die Querstreifung in einem und demselben Axencylinder mehrmals, so dass in ihm kurze Strecken Querstreifung mit längeren Strecken Längsstreifung oder auch blos unregelmässiger Körnung abwechseln. Uebrigens findet sich die Querstreifung in Axencylindern, welche in der verschiedensten Weise behandelt worden sind, so dass sie ganz unabhängig von der Präparationsmethode ist. Ich habe sie in Silber-, Gold-, Palladium- und Osmiumpräparaten gesehen, nach blossen Tinctionen mit Carminammoniak erkannt, ja selbst nach alleiniger Anwendung einer einfachen Lösung von 1 pCt. Ammon. chromic. noch wahrzunehmen vermocht.

p. 307 u. ff.; ferner: De la structure intime du cylindre de l'axe etc. Journ. d'anat. et de physiolog. 1869. No. 3. p. 293 u. ff.

¹⁾ H. D. Schmidt, l. c.

²⁾ Kuhnt, l. c. S. 454.

³⁾ C. Frommann, l. c. S. 152.

Wo der Axencylinder quergestreift erschien, waren seine Elementarkörperchen grösser und anscheinend dunkler; seine Grundsubstanz war stärker lichtbrechend und wenn mit Färbemitteln behandelt, stärker gefärbt. Die Elementarkörperchen waren also vergrössert, gequollen oder auch geschwollen und die Grundsubstanz verdichtet, Dinge, die übrigens auch schon Frommann geschildert hat, ohne sich doch gerade in demselben Sinne gefasst zu haben. Was folgt daraus? Mit Rücksicht auf das, was uns sonst das Protoplasma gelehrt hat, dass in den Elementarkörperchen Erregungszustände stattgefunden haben, die zu ihrer Vergrösserung führten, und dass gleichzeitig mit dieser eine Verdichtung der Grundsubstanz des Axencylinderinhaltes eintrat. Und was folgt weiter daraus? Dass Bewegungsvorgänge im Axencylinder stattgefunden haben, die zu einer Contraction seines Inhaltes führten und dass dabei die Bestandtheile desselben eine ganz eigene Anordnung erfuhren, ähnlich der im Inhalte quergestreifter Muskeln, wenn diese sich contractiren. Der Axencylinder ist darum für ein contractiles Gebilde anzusehen, wenn immer auch seine Contraktionen nicht so ausgiebig sind, um zu einer wesentlichen Verkürzung des ganzen Körpers zu führen. Die Contraktionen, weil sie immer nur auf kurze Strecken beschränkt gefunden werden, dürften vielmehr nur ganz flüchtige sein und wie sie entstehen auch wieder vergehen; aber dessenungeachtet dürfte auf ihnen doch die Fortleitung der Erregung beruhen, zu welcher der Axencylinder ja unzweifelhaft das Vermögen besitzt und zwar in einem Grade, wie sonst kein Theil des thierischen Körpers. Ist das aber der Fall, so hätten wir uns den der Nervenleitung zu Grunde liegenden Vorgang etwa folgendermaassen zu denken:

Ein Reiz trifft den Axencylinder und seine Elementarkörperchen. In Folge dessen tritt in letzteren eine Veränderung ihrer Molecüle ein, die zur Folge hat, dass sie selbst anschwellen, indem sie Flüssigkeit aus der sie umgebenden Grundsubstanz anziehen und damit bewirken, dass diese dichter wird und sich zusammenzieht. In Folge der reihenartigen Lagerung der Elementarkörperchen zieht sich vornehmlich der Theil der Grundsubstanz zusammen, der zwischen den Reihen der letzteren liegt. Die einzelnen scheinbaren Streifen aus Grundsubstanz verschmälern sich, die Elementarkörperchen der sie trennenden Reihen rücken näher an einander und die

in gleicher Höhe gelagerten erscheinen nunmehr als ein Ganzes, als eine Art Querstreif, welcher den Axencylinder durchsetzt. Aus einer Reihe solcher Querstreifen, getrennt durch bald schmalere bald breitere Streifen von Grundsubstanz entsteht dann der eigenthümliche Zustand, dessen Bild insbesondere Frommann so eingehend und treffend gezeichnet hat. Kaum ist das aber geschehen, so werden auch schon die benachbarten Elementarkörperchen erregt, wie? wodurch? ist fraglich, aber ähnlich wie im Muskel. Dieselben schwellen wieder an, indem sie der Grundsubstanz Flüssigkeit entziehen und diese wird dadurch wieder zum Zusammenziehen gebracht. Die Erregung der Elementarkörperchen hält indessen nicht lange an. Vielleicht hängt das mit ihrer Kleinheit zusammen und dem dadurch bedingten rascheren Zerfall oder Umsatz der Summe ihrer Moleculi. In Folge dessen schwellen sie auch sehr bald wieder ab und die Grundsubstanz, die von ihnen losgelassene Flüssigkeit wieder aufnehmend, expandirt sich. Die Elementarkörperchen der Querreihen treten aus einander zum Theil in verschiedene Höhen und von dem eben noch vorhandenen Bilde ist an derselben Stelle nichts mehr zu sehen. Dafür erscheint es aber an einer anderen Stelle, freilich auch nur, um bald wieder zu vergehen, allein doch immer, um auch danach wieder neu zu entstehen und so den Axencylinder zu durchheilen mit der bekannten Geschwindigkeit von durchschnittlich 30—33 Mtr. in der Secunde und dies von der Stelle an, wo der Reiz ihn traf, bis wohin die Kraft dazu ausreicht. Eine Contractionswelle wäre es somit, welche nach einer entsprechenden Reizung den Axencylinder durchheilte und die Fortleitung des Reizes selbst vermittelte, ganz wie im Muskel, nur ungleich rascher und nicht so nachhaltig; woran aber wieder die Kleinheit der Elementarkörperchen des Axencylinders gegenüber den grossen Bowmann-Brücke'schen sarcois elements nicht ohne Schuld sein mag.

Wie viel zu einer Erleichterung der Fortleitung eines Nervenreizes in dieser Art die Einrichtung beitragen mag, dass die Elementarkörperchen in Reihen liegen und zwischen sich blosse Grundsubstanz haben, lässt sich unschwer denken. Der in der letzteren entstehenden Contractionswelle, mag sie auch immer erst durch die nächstgelegenen Elementarkörperchen erzeugt worden sein, wird für ihren ungestörten Fortgang kein Hinderniss entgegengesetzt.

Ihr ist freie Bahn gegeben, um in möglichst gleicher Stärke und Form sich fortpflanzen zu können und so möglichst unverändert den Effect weiter zu befördern, den sie selbst repräsentirt. Wenn anders, so entstehen für den Fortgang der Welle zahlreiche Hindernisse und diese, indem sie die Kraft der Welle brechen und ihre Form verändern, müssen nothwendig auch den Effect stören, den sie in gleichmässiger Weise fortschreitend ausübt. Ein grosser Theil von lebendiger Kraft wird gebunden und in Spannkraft umgewandelt werden und, wenn dieselbe auch nicht verloren geht, so wird damit doch der nächstliegende Effect abgeschwächt werden, jeder folgende aber leicht der ruhigen, stetigen Entwicklung entbehren und eventuell etwas Plötzliches, Unerwartetes, Krampfhaftes an sich haben. Zu einer möglichst unbehinderten, gleichmässigen und stetigen Fortleitung einer bestimmt geformten Contractionswelle scheint somit in der That ein Axencylinder zu gehören, dessen Bestandtheile eine Anordnung erfahren haben, wie wohl entwickelte Axencylinder sie zeigen: breitere Züge von Grundsubstanz, frei von allen Elementarkörperchen, weil diese sich zu Seiten dieser Züge reihenartig angeordnet haben, im Gegensatz zu minder gut entwickelten Axencylindern, in denen die Grundsubstanz regellos von Elementarkörperchen durchsetzt wird, weil es bei ihnen noch zu keiner reihenartigen Anordnung gekommen ist.

Und dasselbe gilt auch für die Ganglienkörper! Damit die Contractionswellen, welche aus den Axencylindern in sie eintreten und bei ihrem Durchheilen die specifische Ganglienkörperleistung im Gefolge haben, nicht zu sehr aufgehalten werden und dadurch an lebendiger Kraft verlieren, was dieselben Uebelstände nach sich ziehen würde, wie in den Axencylindern, so haben sich in den best oder höchst entwickelten Ganglienkörpern auch ganz bestimmte Züge blosser Grundsubstanz ausgebildet, indem die Elementarkörperchen sich in entsprechende Reihen oder Gruppen stellten, die zu beiden Seiten jene Züge begrenzen. Die ganze Einrichtung in den Axencylindern und Ganglienkörpern kommt darum hinaus auf ein „Bahn frei!“ was ja auch mit der Erfahrung, dass einmal erregte Nervenbahnen immer leichter erregbar, weil gewissermassen ausgeschliffen werden, in vollständigem Einklang steht. Dass aber Contractionen in den Ganglienkörpern wirklich vorkommen, das lehren die grösseren oder kleineren Ansammlungen von Elementar-

körperchen in Partien dichter Grundsubstanz, wie sie zumal in den grossen Körpern der Spinalganglien, der Ganglien des N. sympathicus, der Ganglien der Arthropoden und Gastropoden vorkommen.

Ich habe auf die durch solche Verdichtungen entstehende, eigenthümliche Gliederung der Ganglienkörpersubstanz schon vor längerer Zeit¹⁾ aufmerksam gemacht ohne aber im Stande gewesen zu sein, ihr irgend eine besondere Bedeutung beizulegen. Nach sehr umfangreichen, seit langer Zeit angestellten Untersuchungen über die Bewegungen des Protoplasmas bin ich zu der Ansicht gelangt, weil überall ich eine solche oder analoge Gliederung desselben eintreten sah, wo es sich contrahirte, dass sie auch überall, wo sie vorkommen, das Product von Contractionen sind. Die bezüglichlichen Beobachtungen an den Strängen von Myxomyceten, an Amöben, Flagellaten, Foraminiferen, an Blutkörperchen der Evertibraten, an weissen Blutkörperchen und ihren Aequivalenten der Vertebraten, also z. B. an Eiterkörperchen, Speichelkörperchen, an gewissen embryonalen Bindegewebskörperchen, namentlich denen des perivascularischen und Schleimgewebes, an Eiern von Medusen, an dem Protoplasma der Blattzellen von *Vallisneria spiralis*, der Wurzelhaare von *Hydrocharis morsus ranae*, der Staubfadenhaare von *Tradescantia* etc., selbst an Spirochäten, sind leicht zu machen. Die kleineren Partien, in welche, wie G. Weiss²⁾ sich ausdrückt, das Protoplasma der Pflanzenzellen oftmals ganz normaler Weise zerfällt, und die man vielfach als blosse Kunstproducte angesehen hat, sind solche durch partielle Contractionen entstandene Gebilde. Man findet sie in allen Zellen mit wenig beweglichem, scheinbar unbeweglichem Protoplasma, in den Zellen aller jungen, in Entwicklung begriffenen Theile, der Kartoffelkeime, der Blatt- und Blüthenknospen, der sich bildenden Fruchtkörper der Myxomyceten, aber auch in dem zusammengeflossenen Protoplasma, das die Grundsubstanz des centralen Nervensystems aller entwickelteren Thiere ausmacht, in der sogenannten moleculären Masse, der Punktmasse oder Punktsubstanz Leydig's bei den Evertibraten, in der von mir körnig oder körnig-faserig genannten Substanz bei den Vertebraten.

Ist in der That die besprochene Einrichtung der Axencylinder

¹⁾ R. Arndt, Untersuchungen über d. Ganglienkörper d. Spinalganglien. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XI. S. 158 u. ff.

²⁾ G. Weiss, Allgemeine Botanik. Wien 1878. Bd. I. S. 78.

und Ganglienkörper von Bedeutung für ihre Function, so ist es natürlich, dass jede Störung dieser Einrichtung auch Störungen der Function der Axencylinder und Ganglienkörper zur Folge hat, und dass diese letzteren um so stärker sein werden, je stärker jene sind.

Eine sehr häufige Störung, welche sich in dem Bau der Axencylinder zu erkennen giebt, ist der Verlust der im Ganzen sehr gleichmässigen Dicke, welche sie normaler Weise besitzen. Sie erscheinen vielmehr über längere oder kürzere Strecken geschwollen, bald mehr spindelförmig, bald mehr kolben- oder keulenförmig verdickt. Die Ursache davon kann sein, dass sie einfach aufgequollen sind, in Folge blosser Imbibition mit Flüssigkeit aus ihrer Umgebung oder auch, dass sie an Masse wirklich zugenommen haben und hypertrophisch geworden sind. Ersteres geschieht, wenn sie schlecht genährt, krank und widerstandlos geworden sind und kann reine Leichenerscheinung sein, ein Artefact, das erst post mortem und vielleicht gar erst bei der Präparation zu Stande kam. Auffallend bleibt nur, dass ich entsprechende Axencylinder (Fig. 6, 7) vorzugsweise in dem ödematösen Gehirn und Rückenmarke heruntergekomener, marantischer Individuen gefunden habe, und am charakteristischsten im Bereiche von Erweichungsheerden, apoplectischen Cysten und Narben. Zudem fanden sie sich ganz gewöhnlich in Verbindung mit tubulös entarteten Markscheiden¹⁾, sei es, dass sie in ihnen steckten und an dem einen oder dem anderen Ende aus ihnen herausragten (Fig. 7), sei es, dass nur benachbarte Nervenfasern sie aufwiesen. Wie immer aber auch diese Entartung der Markscheiden zu Stande kommen mag, es gehört stets eine Prädisposition derselben dazu und diese beruht ebenfalls auf einer mangelhaften Ernährung und dadurch verminderten Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen von Flüssigkeiten in sie. Letzteres hingegen, die Hypertrophie der Axencylinder, ist Folge einer Irritation, die sie erfahren haben und in den meisten Fällen sogar Product einer Entzündung, welche in ihnen Platz gegriffen hatte.

Bei der einfachen Quellung der Axencylinder sind die Bestandtheile derselben im Ganzen geblieben wie sie waren. Vor Allem hat die Masse der Elementarkörperchen keine Zunahme erfahren

¹⁾ R. Arndt, Aphorismen zur pathologischen Anatomie der Centralorgane des Nervensystems. Dieses Archiv Bd. 61. S. 509 und Ueber die Bedeutung der Markscheiden der Nervenfasern. Dieses Archiv Bd. 67. S. 37.

und scheinen sie selbst darum nur ganz spärlich und zerstreut in den geschwollenen oder auch gequollenen Abschnitten vorhanden zu sein. Sodann sind die letzteren selbst ganz ausserordentlich blass und matt und haben oft ein nur recht wenig scharf umrissenes Aussehen (Fig. 7). Die hypertrophischen Axencylinder sind dagegen viel reicher an Elementarkörperchen als die normalen, und einzelne ihrer Abschnitte sind von ihnen sogar dicht erfüllt. Dazu sind ihre Elementarkörperchen immer grösser geworden und haben z. Th. selbst bläschenartigen Charakter angenommen, indem sie eine Art heller Hülle oder Membran und einen dunklen Inhalt unterscheiden lassen. Zugleich pflegt ihre Grundsubstanz glänzender geworden zu sein und bisweilen so zugenommen zu haben, dass die Elementarkörperchenreihen weit auseinander gedrängt sind und an einzelnen Stellen nicht mehr geradlinig verlaufende Fibrillen zu bilden scheint, sondern in mehr oder weniger weiten Bogen hinziehende. Hypertrophische Axencylinder, wiewohl sie der Ausdruck, weil eines irritativen so auch activen Processes sind, können nichtsdestoweniger doch auch der passiven Schwellung, der einfachen Aufquellung verfallen, und dann verhalten sie sich ähnlich den auch ohne vorhergegangene Veränderung gequollenen Axencylindern. Nur sind sie immer reicher an Elementarkörperchen, und unterscheidet sie das wesentlich von den letzteren (Fig. 8, 9). Die gequollenen Axencylinder bieten mehr rundliche Formen dar. Die einzelnen, am stärksten gequollenen Abschnitte erscheinen deshalb kolbenförmig, keulenförmig (Fig. 6, 8). Die einfach hypertrophischen Axencylinder weisen dem entgegen mehr gestreckte Formen auf. Ihre besonders entwickelten Partien erscheinen deshalb spindelförmig (Fig. 10, 11, 12, 13). Im grossen Ganzen kann man darum auch aus der Form der Anschwellungen der Axencylinder auf die Natur dieser selbst einen Schluss machen und unter Anderem sagen: Mit unregelmässigen, keulen-, kolbenförmigen Anschwellungen versehene Axencylinder, die einen grösseren Reichthum an Elementarkörperchen besitzen, sind als hypertrophische anzusehen, die nachträglich eine Quellung erfahren haben (Fig. 8). Es sind Axencylinder, die, nachdem sie eine Zeit lang Sitz eines irritativen Processes gewesen, zu einer gewissen Passivität verurtheilt und mit Flüssigkeit durchtränkt worden sind. Sie finden sich vorzugsweise in encephalitischen und myelitischen Heerden, in Gesellschaft mit einfach gequollenen Axen-

cylindern, aber anscheinend mehr in den Heerden selbst als in deren Umgebung, wo eher der Sitz jener zu sein scheint.

Die Hypertrophie der Axencylinder beginnt mit einer Zunahme und Vergrößerung der Elementarkörperchen. Es sind nicht mehr einfache Reihen, die sie bilden, sondern es sind kleine Häufchen, in denen sie sich vorfinden. Diese kleinen Häufchen können zunächst allerdings auch noch Reihen bilden; allein sehr bald lassen sie keine Ordnung mehr erkennen, nach der sie gelagert wären, sondern liegen regellos durch die Grundsubstanz zerstreut, welche auch bereits an Masse zugenommen zu haben scheint. Je nachdem die Hypertrophie ausgebreitet ist, erscheinen nunmehr die Axencylinder auf längere oder kürzere Strecken aufgetrieben, wie varicos verdickt, und das hat Veranlassung gegeben, die ganze Affection mit dem Namen „varicose Hypertrophie“ zu bezeichnen.

Bleibt die Hypertrophie im ersten Stadium der Entwicklung stehen und tritt danach einfache Quellung ein, so können dadurch Verhältnisse herbeigeführt werden, wie sie in Fig. 14 zu zeichnen gesucht worden sind. Die Axencylinder erscheinen von Zeit zu Zeit wie aufgetrieben und in breiteren Abständen von einer Anzahl Längsstreifen grösserer, zum Theil auch in Häufchen liegender Elementarkörperchen durchzogen und damit in Zuständen, wie sie der Spaltung der Axencylinder zu Grunde liegen dürften, über die ich in diesem Archiv Bd. 61 S. 511 einige Mittheilungen gemacht habe.

Schreitet die Hypertrophie aber vorwärts, so werden die von ihr befallenen Stellen immer dicker und an Elementarkörperchen immer reicher. Dieselben können so überhand nehmen, dass sie dicht gedrängt an einander liegen und von Grundsubstanz kaum mehr etwas zwischen sich erkennen lassen. Wo das der Fall ist, da schliessen sich eine Anzahl, insbesondere grösserer Elementarkörperchen immer enger an einander an und treten als grössere oder kleinere, oft scharf umgrenzte Gruppen hervor (Fig. 10, 11). Solche Gruppen von Elementarkörperchen sind gelegentlich in jedem Protoplasma anzutreffen und beruhen, wie schon erwähnt, auf einer Verdichtung, Contraction der Grundsubstanz, welche zwischen den einzelnen Elementarkörperchen liegt und zu der diese selbst die Veranlassung gegeben haben. Auf der Bildung solcher Gruppen von Elementarkörperchen durch Verdichtung der sie enthaltenden Grundsubstanz beruht aber weiterhin auch eine Form von Kernbildung

und unter Umständen kann deshalb aus jeder Gruppe von Elementarkörperchen oder aus dem Zusammenschlusse von mehreren solcher Gruppen ein legaler Kern entstehen. So entstehen denn auch die seit Virchow's einschlägigen Untersuchungen¹⁾ bekannten Kerne in den Varicositäten hypertrophischer Axencylinder, die nur je nach dem Alter der Varicosität und vielleicht noch nach der Leistungsfähigkeit des Axencylinders und seinem Verhalten gegen die Einflüsse seiner Umgebung ein einigermaassen verschiedenes Aussehen haben. Sonst sind sie sich alle gleich, ob gross, ob klein, sind sammt und sonders Klümpchen von Axencylindersubstanz, die nur reicher an grösseren Elementarkörperchen sind und eine dichtere Grundsubstanz besitzen.

In diesem Archiv Bd. 61 S. 512 u. ff. habe ich kerntragende Axencylinder beschrieben. Ich habe dieselben nachträglich noch öfter gefunden, namentlich sehr charakteristisch in dem Gehirn eines Mannes, der an den Folgen wiederholter Apoplexien, und in dem Rückenmarke eines Mannes, der an den Folgen diffuser Myelitis zu Grunde gegangen war. Auch diese Kerne bilden sich, wie ich da schon erklärt habe, aus der Axencylindersubstanz, beziehungsweise der Ganglienkörpersubstanz und zwar, wie ich jetzt noch hinzufügen möchte, indem dieselben auf Grund der Einwirkung einiger grösseren und nahe bei einander liegenden Elementarkörperchen, sich verdichtet und damit diese selbst zu einer besonderen Gruppe abgrenzt. Die letzterwähnten Kerne liegen aber der Regel nach ausserhalb des Axencylinders. Sie haften ihm, wie ich bisher gefunden habe, nur oberflächlich an (Fig. 16, 17). Die ersterwähnten Kerne liegen dagegen innerhalb des Axencylinders, sind ein Theil seiner selbst (Fig. 18 b, c). Die Bedeutung der erstgenannten Kerne für die Leistung der Axencylinder kann darum nur eine sehr relative sein, die der letztgenannten dagegen wird einen fundamentalen Charakter haben und das ganz besonders noch, wenn ihre Grösse eine erhebliche und die Gesellschaft der Elementarkörperchen, aus welcher sie sich herausgebildet haben, eine zahlreiche ist.

Ganz das Gegentheil von den Schwellungen der Axencylinder bewirken die Schrumpfungen. Zwar führen auch diese zu einem Verluste der im Ganzen gleichmässigen Dicke der Axencylinder; es wechseln an ihnen ebenfalls dickere und dünnere Stellen mit ein-

¹⁾ Virchow, l. c. S. 173 u. ff.

ander ab; allein die dickeren Stellen sind hier die normalen oder wenigstens mehr normalen, die dünneren die krankhaft veränderten. Sie sind arm an Elementarkörperchen. Die Reihen derselben wurden sparsam. Sie verloren sich hie und da vollständig. Statt ihrer kamen nur noch zerstreute Pünktchen zur Erscheinung. Endlich verschwanden auch diese und der Axencylinder wurde ganz homogen aussehend, als ob er nur aus Grundsubstanz bestände. Wo das geschah, ist der Axencylinder auch ganz ausserordentlich verschmälert, bisweilen fadendünn geworden, obgleich er sonst strohhalm breit daliegt. Ja an einzelnen Stellen ist er sogar zerrissen und nur eine Anzahl länglicher oder rundlicher Körperchen zeigt an, wo und wie er verlief.

In der grossen Mehrzahl der Fälle trifft man diese letztere Affection, eine offenbare Atrophie, in Verbindung mit den vorher besprochenen, mit der Hypertrophie und einfachen Schwellung oder Quellung. Die auf Grund einer entzündlichen Reizung hypertrophisch gewordenen Axencylinder fangen an zu atrophiren. Die Elementarkörperchen, vielleicht erst nachdem ihr Inhalt sich in Fett umgewandelt hat, was mit einer gewissen Regelmässigkeit zu geschehen scheint, wenn die Lebensenergie eines bestimmten Protoplasma nachgelassen hat, die verschwinden. Ihr Schwund ist am auffälligsten da, wo sie am sparsamsten vorhanden waren d. i. in den bis dahin noch gesund erschienenen Partien. Diese zeigen sich darum zuletzt frei von ihnen, schrumpfen einfach zusammen und zerfallen (Fig. 18 a, b).

Der atrophische Prozess ist aber keineswegs blos auf sie beschränkt. Auch die hypertrophischen Stellen verlieren an Elementarkörperchen. Fettkörnchen, durch Alkohol absolutus und Aether extrahirbar, wodurch allerdings auch die Axencylinder selbst leicht zerstört werden, treten auf. Die Masse der Grundsubstanz nimmt ab. Die Contouren der hypertrophischen Stellen werden unregelmässig, buchtig (Fig. 13). Die Grundsubstanz schwindet bisweilen dem Anscheine nach ganz und übrig bleibt nur, was er vorhanden, der Kern, als ein oft schwer definirbares, unförmiges, höckeriges Gebilde, das in den Verlauf eines unregelmässig begrenzten Axencylinders eingeschaltet ist. Quellen solche hypertrophisch-atrophischen Axencylinder auf, so quillt häufig am stärksten die hypertrophische Partie und dann entstehen Formen, wie in Fig. 15.

Fassen wir das letztere nun noch einmal kurz zusammen, so lässt sich sagen: Ist die Zunahme der Elementarkörperchen eines Axencylinders, sowohl was ihre Zahl als auch ihre Grösse anlangt, ein Zeichen hyperplastischer beziehungsweise hypertrophischer Vorgänge in ihm, so ist eine Abnahme seiner Elementarkörperchen ein Zeichen, dass atrophische Zustände in ihm herrschen und zwar, wie jene das erste Zeichen der gesteigerten Ernährung ist, ist diese das erste Zeichen der beeinträchtigten. Zu vergessen ist jedoch dabei nie, dass auch hypertrophische, an Elementarkörperchen reiche Axencylinder atrophiren können, und dass trotz eines bedeutenden Gehaltes an Elementarkörperchen die Axencylinder dennoch atrophisch sein können. Andere Umstände, namentlich etwaige Quellungserscheinungen müssen da zur Entscheidung dessen, was vorliegt, mithelfen.

Gehen wir nunmehr daran, uns die Art und Weise klar zu machen, in welcher auf Grund der besprochenen Veränderungen der Axencylinder die jeweiligen Funktionsstörungen sich ausbilden werden, was ergibt sich da?

Wie alle Zellen mit veränderten, namentlich verdickten Membranen in ihrer Ernährung und damit auch ihrer Energie leiden, so offenbar auch die Axencylinder, deren Scheiden eine Veränderung erfahren haben und namentlich reicher an Neurokeratin geworden sind. Die Axencylinder werden atrophischen gleich reagiren und sich vor Allem durch eine Neigung zur Erlahmung, die auch in wirkliche Lähmung übergehen kann, auszeichnen.

Was sodann den Axencylinderinhalt betrifft, so wird sich derselbe, da er ja nach unserer Ansicht nur ein Protoplasmafaden ist, auch wie ein solcher verhalten. Wie alles Protoplasma und selbst noch das modifizierte, wie es als quergestreifter Muskel auftritt, durch eine mässige Zunahme an Flüssigkeit beweglicher und damit erregbarer und actionsfähiger wird, seine Beweglichkeit aber verliert und damit unerregbar und actionsunfähig, gelähmt wird, wenn die Flüssigkeitszunahme ein gewisses Maass überschreitet und zu einer förmlichen Durchtränkung wird, die wieder nichts anderes als eine Quellung oder Schwellung ist, also auch dieser, der Axencylinderinhalt. Axencylinder mit einer etwas flüssigeren Grundsubstanz werden darum erregbarer sein und schneller leiten; Axencylinder mit einer verflüssigten Grundsubstanz aber, stark gequollene Axen-

cylinder werden unerregbar sein und keine Leitung mehr vollführen. Die Erregbarkeit, Lebhaftigkeit wenig gut genährter Menschen, die verminderte Erregbarkeit und grosse Trägheit in ihrer Ernährung tief geschädigter Menschen, der Stupor von Individuen, die an Hirn-ödem leiden, steht damit vielleicht in innigstem Zusammenhang. Ebenso dürfte die Ruhe, basirend auf einer mittleren Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit des Nervensystems, welche wir bei gesunden, wohlgenährten Menschen finden, auf einer gewissen Schwerbeweglichkeit der Grundsubstanz der Axencylinder und Ganglienkörper in Folge eines Vorherrschens von festeren Bestandtheilen, Albuminaten etc. beruhen, und die Blasirtheit d. i. eine gewisse Unbehaglichkeit und Stumpfheit jener Art von Schlemmern, die weniger dem Wein als den guten Schüsseln zusprechen, auf einem Uebermaass daran. Jedenfalls lehrt die Erfahrung, dass eine Menge von Functionen, direct abhängig von der Innervation der betreffenden Organe, leichter und besser von Statten gehen bei minder gut genährten Individuen, als bei solchen, die ihren Leichnam zu weidlich gepflegt haben, ja dass dieselben Individuen geschickter zu allerhand Werk sind, leichter und erfolgreicher schaffen, wenn sie in einem weniger reichen Ernährungszustande sich befinden, als umgekehrt. Und dabei ist vollständig abzusehen von der etwaigen Körperfülle und Feistigkeit, welche reich genährte Individuen so ganz gewöhnlich besitzen, und die sie schwerfällig, faul und träge machen soll. Denn es giebt recht viel dicke, fette Personen, die durchaus rege und leistungsfähig sind, aber eine noch viel grössere Anzahl solcher, die nur mässig beleibt jedweder Energie ermangeln. Es kommt eben noch auf etwas anderes dabei an, als auf das blosses Ueberwinden des Körpergewichts. Es fehlt den letzterwähnten Personen an den gehörigen Impulsen und an dem Vermögen, die etwa auftretenden in entsprechende Handlungen umzusetzen, weil die Widerstände dazu zu gross sind, es sei denn, dass aussergewöhnliche Verhältnisse mitwirken.

Die sexuelle Leistungsfähigkeit ist im Durchschnitt erheblich grösser bei der niederen, ärmeren Bevölkerung als bei der höheren, reichen. Man kann das aber wohl nicht damit in Zusammenhang bringen, dass bei dieser eine Art Impotenz Platz gegriffen habe auf Grund einer verminderten Saamenbereitung; sondern man wird vielmehr einen gewissen Mangel an Erregbarkeit, eine Art Torpor

dafür verantwortlich zu machen haben. Bisweilen ist letzterer so gross, dass die bezüglichlichen Individuen, fast immer den höheren Gesellschaftskreisen angehörig, dagegen ärztliche Hülfe suchen. Sie erklären, impotent nicht zu sein; aber sie seien nur im Stande unter besonders erregenden Umständen den Coitus auszuüben. Verheirathete solcher Leute erklären bisweilen, sie seien zum ausser-ehelichen Coitus immer disponirt, wenn sich die Gelegenheit dazu biete; dagegen reize sie der eheliche Beischlaf wenig. Und doch lieben sie ihre Frauen und das oft zärtlichst. Anscheinend Lügner oder psychologische Räthsel! Das Uebel verliert sich oder mindert sich wenigstens sehr regelmässig nach körperlichen Anstrengungen, Fussreisen, Seebädern, durch den Aufenthalt in Kaltwasser-Heilanstalten, durch fortgesetzte Leibesübung, Turnen, Reiten, Jagen u. dgl. m. Man nimmt für gewöhnlich an, dass an der Schwerbeweglichkeit, dem Phlegma und der Indolenz solcher überreich genährten Personen die Blutbeschaffenheit und Blutvertheilung Schuld sei. Eine allgemeine Plethora, eine Unterleibsplethora, Stauungen und Wallungen in und nach dem Gehirn sollen das machen. Der Umstand, dass die Bitterwässer von Ofen, Püllna, Saidschütz, Friedrichshall, die Glaubersalzwässer von Carlsbad, Marienbad, Nenndorf dagegen Vorzügliches leisten, wird als Beweis dafür angesehen. Ich will nicht in Abrede stellen, dass die genannten Zustände, wie sie noch zu manchen anderen Uebeln führen, auch das Phlegma und die Indolenz im Gefolge haben können; aber immer werden sie dieselben doch bloß mehr vermitteln als direct erzeugen. Denn das Phlegma und die Indolenz kommen im beziehungsweise durch den Nerven selbst zu Stande. Wenn die genannten Wässer deshalb gegen das Phlegma und die Indolenz so gute Dienste leisten, so dürfte das nicht sowohl dadurch geschehen, dass sie das dicke Blut verdünnen, als vielmehr die dicken Nerven.

Gilt das von einer Veränderung der Grundsubstanz der Axencylinder, so gilt von einer Veränderung, welche die Elementarkörperchen erfahren, dass eine Zunahme ihrer Zahl zunächst eine Erhöhung der Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit der Axencylinder zur Folge haben, danach aber eine Abnahme und vollständige Hemmung herbeiführen wird. Und letzteres wird ganz besonders geschehen, wenn die Elementarkörperchen auch noch an Grösse zugenommen und sich zu Gruppen vereinigt haben.

Auf Grund solcher Verhältnisse sehen wir denn auch im Beginn einer Neuritis die Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit des betreffenden Nerven erhöht, im weiteren Verlaufe derselben beide gesunken, ja sogar aufgehoben. Die Anästhesie, welche so häufig im peripherischen Gebiete eines entzündeten Nerven auftritt, während die Aesthesis im centralen erhalten ist, so dass unterhalb der entzündeten Stelle des Nerven Empfindungslosigkeit besteht, während oberhalb derselben die Empfindungsfähigkeit nicht oder kaum beeinträchtigt ist, die *Anaesthesia dolorosa*, die in solchen Fällen so ganz gewöhnlich ist, sie scheint besonders dafür zu sprechen, weil aus den interstitiellen Prozessen im jeweiligen Nervenstamme, aus den Hyperämien und Schwellungen des Endoneuriums und Perineuriums allein sie sich nicht immer erklären lässt. Dasselbe gilt auch von den spontanen Muskelzuckungen, welche im Bereiche eines entzündeten Nerven auftreten, während der Wille ohnmächtig ist, irgend welche Bewegung in denselben Muskeln hervorrufen.

Man hat mitunter Gelegenheit nicht unerhebliche Anschwellungen im Verlaufe eines Nerven zu constatiren, die, werden sie gedrückt, lebhafte Schmerzen und Zuckungen zur Folge haben. Die Aesthesis in dem peripherischen Nervengebiete ist dabei nicht wesentlich verändert und ebenso wenig die willkürliche Bewegungsfähigkeit. Der Kranke kann alle Bewegungen ausführen; er unterlässt sie nur, weil dieselben durch Druck auf den geschwellenen Nerven Schmerzen hervorrufen. Ein ander Mal besteht *Anaesthesia dolorosa* und *Paralysis voluntaria* in dem Gebiete des peripherischen Theils des entzündeten Nerven, ohne dass die Anschwellung desselben eine besonders auffallende wäre, oder das resecirte Stück sie als solche erkennen liesse. Die mikroskopische Untersuchung indessen lässt varicose Axencylinder mit Elementarkörperchen-Vermehrung und Elementarkörperchen-Anhäufung und Kernbildung erkennen. Im ersten Falle handelt es sich darum wohl vorzugsweise um eine Neuritis interstitialis, im zweiten um eine Neuritis parenchymatosa. Ich denke mir nun, dass die Unterbrechung der Leitung bei dieser letzteren vornehmlich dadurch zu Stande kommt, dass die zahlreichen Elementarkörperchen in den varicosen Stellen entweder schon auf Grund blosser, aber anhaltender Erregung eine solche Contraction der Grundsubstanz herbeiführen, und das Auftreten von Gruppen aus Elementarkörperchen und von Kernen

spricht dafür, dass diese, die Grundsubstanz, unfähig wird, sich noch weiter zu contrahiren und damit die Erregungen, welche von der Peripherie her anlangen, auf die Elementarkörperchen zu übertragen, welche hinter ihr d. h. centralwärts gelegen sind, oder dass die Elementarkörperchen auch ohne besondere Erregung, bloß durch ihre Masse und die dadurch bewirkte übermässige Dehnung und Auseinanderzerrung der Grundsubstanz, diese ausser Stand setzen, sich in ihren Bestandtheilen noch so zu verschieben, dass Contraction und Expansion in bestimmter Form oder überhaupt noch möglich wäre, und damit denn ebenfalls noch eine Erregung der hinter ihr, also centralwärts befindlichen Elementarkörperchen stattfinden könnte. In beiden Fällen müssen darum die von der Peripherie ankommenden Reize an den varicosen, elementarkörperchenreichen Stellen der Axencylinder, wenn dieselben bis dahin überhaupt noch erregbar geblieben sind, angehalten werden und gewissermassen stecken bleiben. Weitere Contractionen der Grundsubstanz, weiteres Zusammentreten von Elementarkörperchen zu Gruppen wird die Folge davon sein und das so lange, bis endlich die Erregung der Elementarkörperchen nachlässt. Mit Rücksicht auf gewisse Formen der Schmerzempfindung und Muskelzuckung dürfte dieses letztere aber und zumal im ersteren Falle leicht mit einer gewissen Gewalt und öfter durch einige Zeit anhaltend geschehen, ähnlich der Explosion bekannter Stoffe in engen aber mit genügenden Oeffnungen versehenen, festen Räumen. Andere Male hingegen geht diese Abregung offenbar viel langsamer vor sich, ganz allmählich, und braucht Stunden und Tage, wie das vornehmlich wieder einige Schmerzzustände und Muskelcontractionen zu lehren scheinen. Im zweiten Falle dürfte die Leitung sich aber meistens wohl dann erst wieder herstellen, wenn eine Rückbildung der Elementarkörperchen stattgefunden hat und sie soweit wieder verschwunden sind, dass die Grundsubstanz in der gedachten Weise zu functioniren vermag.

Auf einer zu starken Erregung der Elementarkörperchen und der davon abhängigen zu starken Contraction der Grundsubstanz mit ihren eben angegebenen Folgen beruht nicht unwahrscheinlicher Weise auch die Functionsbemmung, welche zu starke Reize, auf den entsprechenden Nerven angewandt zur Folge haben. Der Erfahrungssatz, dass mittelstarke Reize eine Function steigern, starke sie hemmen, würde damit eine anatomische Basis erhalten.

Dass atrophirende Nerven anfänglich erregbarer und leitungs-fähiger sind, als normale, ist bekannt. Es hängt das vielleicht damit zusammen, dass zunächst die Grundsubstanz ärmer an festeren Bestandtheilen, Albuminaten etc. wird und dafür relativ reicher an Flüssigkeit. Danach aber pflegt die Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit sehr bald zu sinken. Es gehören stärkere Reize dazu, um die gewünschten Effecte hervorzurufen und es dauert verhältnissmässig lange, ehe sie eintreten. Die Effecte können auch hier noch immer etwas Jähes, Gewaltiges haben; doch sind sie von kurzer Dauer und von mehr oder weniger tiefer Erschöpfung gefolgt. Die Verarmung des Axencylinders an Elementarkörperchen scheint daran vorzugsweise Schuld zu sein. In noch weiteren Stadien der Atrophie der Axencylinder rufen erst sehr starke Reize einige oberflächliche und rasch vorübergehende Erfolge hervor und schliesslich bleibt jeder aus. Auf der Atrophie hypertrophischer Axencylinder scheint vielfach die sogenannte Entartungsreaction zu beruhen, die sich zu einer gewissen Zeit durch verspätetes Eintreten der jeweiligen Effecte, durch Heftigkeit und Dauer derselben und tiefe Erschöpfung danach auszeichnet.

Wie die Axencylinder, so verhalten sich im grossen Ganzen auch die Ganglienkörper und was wir von jenen beziehentlich der Veränderung der Grundsubstanz und ihren Folgen gesagt haben, was danach hinsichtlich der Zu- und Abnahme ihrer Elementarkörperchen, das gilt auch von ihnen. Sind sie doch gewissermaassen als normale Hypertrophien der Axencylinder aufzufassen, als Producte einer, wenn immer auch andersartigen, so doch vorwiegend stärkeren Entwicklung ursprünglich ganz gleicher, demselben Mutterboden entsprossener Zellen. Von den Ganglienkörpern wissen wir aber längst, dass sie die Erregungsvorgänge, die aus den Axencylindern in sie übertreten, hemmen, dass sie die Bewegungen, welche jener zu Grunde liegen, aufhalten, selbst aufheben, und dass sie damit die lebendige Kraft, welche aus diesen wieder resultirt, in Spannkraft umwandeln, bis durch eine auslösende Kraft veranlasst, letztere wieder in lebendige Kraft übergeht und Effecte erzielt, welche in ihrer Stärke nicht proportional sind der auslösenden Kraft, sondern der Masse von Kraft überhaupt, welche in dem Ganglienkörper gerade zur Auslösung kam. Die Ganglienkörper sind somit Hemmungsorgane, Hemmungsapparate für die das

Nervensystem durcheilenden Reize zum Zweck der Verstärkung gewisser Functionen desselben.

Es ist indessen bekannt, dass die natürlichen Hemmungen, welche durch diese Organe zu Stande kommen, wegfallen können, und dass dieses vorzugsweise auf Grund einer mangelhaften Ernährung, einer beginnenden Atrophie geschieht. Dabei tritt denn regelmässig auch eine Schwächung der bezüglichen Functionen ein, und diese kann so gross werden, dass sie einem Functionsausfalle, wenn auch nicht gleich, so doch nahe kommt.

Da die varicose Hypertrophie der Axencylinder in weiterer Entwicklung durchaus einem wenig entwickelten Ganglienkörper gleicht, ein an grösseren Elementarkörperchen reiches Protoplasma-klümpchen mit einem Kern als morphologischem Mittelpunkt darstellt, eingelassen in den Verlauf eines Axencylinders, so ergibt sich nicht blos, ganz abgesehen von dem, was wir bereits erfahren haben, warum sie hemmend auf die Nervenleitung wirken müssen, — sie sind ja eine Art Ganglienkörper geworden; daher auch ganglioforme Degeneration — sondern es erhellt auch, warum die Ganglienkörper überhaupt das thun. Aus den Veränderungen nemlich, welche bei der varicosen Hypertrophie die Axencylinder erfahren, haben wir die Veränderungen in ihrer Leitungsfähigkeit herleiten und die Leitungshemmungen, welche schliesslich dabei zur Beobachtung kommen, von der übermässigen Vermehrung der Elementarkörperchen abhängig machen zu müssen geglaubt, welche in ihnen stattgefunden. War das aber richtig, so werden wir nun mehr aus der Gleichheit des Baues der Ganglienkörper mit dem der varicosen Hypertrophien der Axencylinder und der Gleichheit ihrer Leistungen auch sehr wohl auf die Ursachen schliessen dürfen, welche die Ganglienkörper an sich zu Hemmungsapparaten machen. Und da finden wir denn, dass es in erster Reihe die Massen grösserer Elementarkörperchen sind, welche die Ganglienkörper vor den Axencylindern voraus haben, die das bewerkstelligen, die Massen jener kleinen Körperchen, schlechtweg Protoplasmakörperchen genannt, die man bisher wenig der Beachtung werth gefunden hat, und die doch nach Allem die vornehmsten Werkzeuge sind, deren sich die Natur bedient hat und noch fort und fort bedient, um aus dem einfachsten Protoplasma, dem Plasson Edouard van Beneden's Organismen zu schaffen, die auf Grund der unendlich mannichfachen

Art, dass sie in ihren Theilen sich bewegen, empfinden, wahrnehmen, fühlen, denken, streben, thun.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VII.

Vergrößerung 1000—1200 mal. Seybert IX à l'immersion mit
entsprechendem Ocular.

- Fig. 1. Nackter hypertrophischer Axencylinder mit stellenweise verdickter Scheide a, aus dem Rückenmarke eines an den Folgen ausgebreiteter Myelitis gestorbenen 35jährigen Mannes.
- Fig. 2. Nackter Axencylinder mit verdickter Scheide a, welche zerbrochen und an den Bruchenden zerschlissen ist.
- Fig. 3. Nackter Axencylinder aus dem N. ischiadicus eines Amputationsstumpfes. Aus der zerrissenen Schwann'schen Scheide hervorragend lässt er Scheide und Inhalt als deutlich gesonderte Massen erkennen.
- Fig. 4. Normale Axencylinder aus dem Rückenmarke des Menschen.
- Fig. 5. Quergestreifte Axencylinder aus dem Rückenmarke des Menschen.
- Fig. 6. Gequollene Axencylinder aus der Umgebung einer apoplectischen Cyste des grossen Gehirns.
- Fig. 7. Gequollener Axencylinder aus einer tubulös entarteten Markscheide hervorragend; aus dem Rückenmarke eines an den Folgen ausgebreiteter Myelitis gestorbenen 35jährigen Mannes.
- Fig. 8. Gequollene hypertrophische Axencylinder aus einem encephalitischen Herde.
- Fig. 9. Gequollener hypertrophischer Axencylinder aus dem Rückenmarke (Seitenstrang) eines an den Folgen ausgebreiteter Myelitis gestorbenen 35jährigen Mannes.
- Fig. 10. Varicos-hypertrophischer Axencylinder aus dem Rückenmarke (Hinterstrang) desselben Individuums.
- Fig. 11. Varicos-hypertrophischer Axencylinder mit Zusammenballung der Elementarkörperchen in den Varicositäten, aus dem Rückenmarke (Seitenstrang) desselben Individuums.
- Fig. 12. Varicos-hypertrophischer Axencylinder in zerklüfteter Markscheide; ebendaher.
- Fig. 13. Varicos-hypertrophische Axencylinder in beginnender Atrophie, aus der Umgebung einer apoplectischen Narbe.
- Fig. 14. Theilweis gequollener, varicos-hypertrophischer Axencylinder aus dem Rückenmarke (Seitenstrang) des unter 1, 8, 10 näher bezeichneten Individuums.
- Fig. 15. Theilweis gequollener, varicos-hypertrophischer, nachträglich atrophisch gewordener Axencylinder; ebendaher.
- Fig. 16. Mit Kernen besetzte Axencylinder aus der Umgebung einer apoplectischen Cyste des grossen Gehirns eines 58jährigen Mannes.
- Fig. 17. Mit Kernen besetzte Axencylinder aus dem Rückenmarke des in 1, 8, 10 näher bezeichneten Individuums.
- Fig. 18. Hypertrophisch-atrophische Axencylinder mit beginnender Kernbildung in a und b, mit vollendeter Kernbildung in b und c.