Centrosom und Sphäre in den Spinalganglienzellen des Frosches¹⁾.

Von

M. v. Lenhossék in Tübingen.

Hierzu Tafel XV und XVI.

Als ich vor einigen Monaten meine im vorigen Sommer begonnenen und mit dem Beginn des Wintersemesters einstweilen zurückgelegten Untersuchungen über die Protoplasmastruktur der Nervenzellen wieder aufnahm, wurde meine Aufmerksamkeit sehr bald durch gewisse Bauverhältnisse in den Nervenzellen der Spinalganglien des Frosches gefesselt, die unverkennbar auf die Anwesenheit von derartigen Bildungen in diesen Zellen hinwiesen, wie sie als Centrosom und Sphäre in manchen anderen Zellen in den letzten Jahren nachgewiesen worden sind. Die Wahrnehmungen, die mich zur Annahme solcher Zellbestandtheile hinleiteten, waren folgende: Zunächst fiel die konstant sehr stark excentrische Lage des Kerns auf. Noch mehr überraschte die Beobachtung, dass der Kern an seiner dem Haupttheil des Zellkörpers zugewandten Seite in zahlreichen Fällen eine kleine Abplattung oder eine napfartige Vertiefung erkennen liess, ein Verhalten, das bisher trotz genauer Untersuchungen über die fraglichen Zellen gänzlich übersehen worden war. Mir selbst war dieses Strukturdetail unbekannt geblieben, obgleich ich im Jahre 1885²⁾ die Spinalganglien des Frosches einer genauen Untersuchung unterzogen hatte, wofür ich die damals von mir benützte Methode (Osmiumbehandlung) verantwortlich machen möchte. Musste diese Kerneinbuchtung angesichts der Aufklärungen, die wir über die Entstehungsweise der ganz analogen Erscheinung an den Leukocytenkernen M.

1) Die in vorliegender Abhandlung niedergelegten Befunde sind von dem Verfasser schon am 18. Juli l. J. in der Physik.-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg vorgetragen worden.

2) M. v. Lenhossék: Untersuchungen über die Spinalganglien des Frosches. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XXII, 1886, S. 370.

Heidenhain¹⁾ verdanken, im höchsten Grade verdächtig erscheinen für die Gegenwart eines sie mechanisch hervorbringenden dichterem kugelförmigen Zellenbezirkes, einer Sphäre, so sprach für die Anwesenheit einer die Architektur des Protoplasmas als regulatives Centralgebilde beherrschenden Zellbestandtheiles, eines Centrosoms, die an allen Zellen nachweisbare Einrichtung, dass die bei den Spinalganglienzellen des Frosches so besonders schön ausgesprochene konzentrische Anordnung des Protoplasmas als Mittelpunkt nicht den Zellkern umkreist, sondern einen anderen, dem Zellprotoplasma angehörenden, unweit von der Zellmitte gelegenen Punkt.

Diese bemerkenswerthen Einzelheiten traten mir zunächst an Präparaten entgegen, die nach einigen der gewöhnlichen Methoden fixirt und gefärbt waren. Vergeblich hatte ich an derartigen Präparaten meine volle Aufmerksamkeit auf den Mittelpunkt der konzentrischen Kreislinien gerichtet, auf die Stelle, wo das Centrosom zu erwarten war. Glaubte ich auch ab und zu Andeutungen eines solchen Gebildes oder Spuren der kreisförmigen Abgrenzung einer Sphäre wahrnehmen zu können, so gelang es zunächst doch in keiner Weise, über diese Dinge zur Sicherheit zu gelangen. Was lag nun aber näher, als eine Färbemethode heranzuziehen, die uns in so dankenswerther Weise in den Stand setzt, diese Gebilde, wo sie vorhanden sind, sichtbar zu machen, ich meine M. Heidenhain's Eisenhämatoxylin-Methode. Nicht sowohl in ihrer einfachen Anwendung, als vielmehr in Verbindung mit der Bordeaux-Verfärbung, einer Combination, die bekanntlich ebenfalls von M. Heidenhain ausgebildet wurde, hat sie mir vortreffliche Resultate geliefert, und wenn es mir nach einigen Bemühungen gelungen ist, die gesuchten Gebilde an meinem Objekte wirklich aufzufinden, so verdanke ich dies ausschliesslich der Anwendung dieses Verfahrens.

Wenn es gelingt, an so conservativen Elementen, wie es unsere Nervenzellen sind, Centrosom und Sphäre nachzuweisen, so ergibt sich von selbst die Bedeutung eines solchen Befundes

1) M. Heidenhain: Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehungen zum Kern und Zellenprotoplasma. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 43, 1894. S. 423 vergl. S. 491.

für die Entscheidung der Frage, ob das Centrosom ein dauerndes Zellgebilde sei, oder wie das von manchen Seiten angenommen wurde, ein vorübergehendes Organ der Zelle oder wenigstens ein vorübergehender Bestandtheil des Zellprotoplasmas in dem Sinne, dass es nach der Theilungsphase in den Bestand des Kerns aufgenommen wird. Man kann nun auf Grund der mitzutheilenden Beobachtungen in dieser Frage mit Bestimmtheit dahin ein Urtheil abgeben, dass sich das Centrosom auch in Zellen dauernd als morphologisch nachweisbares Gebilde erhalten **kann** und zwar als Bestandtheil des Protoplasmas und nicht des Kerns, die nicht nur von ihrer vorhergehenden Theilungsphase durch lange Zeiträume geschieden sind, sondern für die auch in Zukunft keine Theilung mehr in Aussicht steht. In diesem Nachweis erblicke ich den Schwerpunkt meines Befundes und ich glaube, dass man in dieser Beziehung meinen Beobachtungen höchstens die von Meves¹⁾ an die Seite stellen kann. Die sehr interessanten Wahrnehmungen dieses Forschers, die ebenfalls in dem Nachweis von Centrosom und Sphäre gipfeln, beziehen sich auf Zellen des Sesamknorpels in der Achillessehne des Frosches. Aus dem Mangel von Mitosen an diesen Zellen sowie aus dem Vorhandensein gewisser regressiver Veränderungen in ihnen glaubte Meves eine weitere mitotische Theilung dieser Elemente ausschliessen und sie als ein für allemal zur Ruhe gelangte Zellen hinstellen zu können. Indess bemerkt der Autor selbst in dem Sinne eines Vorbehaltes, dass hauptsächlich Winterfrösche zur Untersuchung benützt wurden und hierin könnte man ein Moment erblicken, wodurch die absolute Sicherheit jener Schlussfolgerung in Frage gestellt werden könnte, denn es ist nicht ausgeschlossen, dass durch die besseren Ernährungsbedingungen der warmen Jahreszeit in diesen Zellen ein neues Leben, eine neue Tendenz der Vermehrung angefacht wird.

Natürlich folgt aus meinen Wahrnehmungen durchaus nicht, dass das hier beschriebene Verhalten für alle Zellen gelte, dass das Centrosom sich auch in allen anderen Zellgattungen in derselben morphologisch scharf abgegrenzten Form, wie es bei

1) A. Meves, Ueber die Zellen des Sesambeines in der Achillessehne des Frosches (*Rana temporaria*) und über ihre Centralkörper. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 45, 1895. S. 133.

unserem Objekte vorliegt, auch ausserhalb der Theilung erhalten müsse. Ja selbst für das enge Gebiet meines Objectes, für die Spinalganglienzellen des Frosches vermag ich die Gegenwart eines Centrosoms in solcher Form nicht als durchgehende Regel zu vertreten; denn möge es hier gleich hervorgehoben sein: Trotz aller Bemühungen ist es mir nicht gelungen, das kleine Gebilde in allen Zellen der Spinalganglien nachzuweisen, vielmehr fand ich es nur in Zellen von bestimmter Grösse vor, in diesen allerdings als konstante Erscheinung. Im Speciellen gehören die Zellen, auf die sich meine Wahrnehmungen beziehen, zu den kleineren, aber nicht allerkleinsten Elementen der Spinalganglien. Theilt man die Zellen nach ihrer Grösse in vier Kategorien, so nehmen sie etwa von unten die zweite Stelle ein.

Untersucht man ein Spinalganglion auf dem Längsschnitt, so fallen sofort die beträchtlichen Verschiedenheiten auf, die die Zellen in ihrer Grösse erkennen lassen. In meinem Aufsätze vom Jahre 1886 habe ich diesen Verhältnissen S. 387 schon ausführliche Beachtung geschenkt; dort findet sich auch der Nachweis, dass die Elemente verschiedener Grösse nicht unregelmässig durcheinander gewürfelt sind, sondern dass sie im Ganzen und Grossen eine typische Anordnung nicht verkennen lassen. Das Genauere hierüber ist in meiner Abhandlung nachzulesen.

Die kleineren Zellen unterscheiden sich nun von den grösseren nicht nur durch ihre geringeren Dimensionen, sondern in sehr auffallender Weise auch durch ihr besonderes färberisches Verhalten. Im Allgemeinen kann man sagen, je kleiner eine Zelle ist, desto intensiver verbindet sie sich mit den meisten Farbstoffen, namentlich mit denjenigen, die das Protoplasma färben. Die Erscheinung ist hier nicht in der Gegenwart von besonderen Körnerbildungen oder dergl. begründet, obgleich die kleinen Elemente in ihren Randschichten relativ gröbere Plasmaschollen beherbergen als die grossen, sondern hängt, wie ich mich diesmal mit Bestimmtheit überzeugt habe, in erster Reihe mit einer dichteren Beschaffenheit der Grundsubstanz des Protoplasmas zusammen. Wir stehen hier der Erscheinung der Chromophilie gegenüber, auf die Flesch und mehrere unter seiner Leitung arbeitende Damen Ende der 80er Jahre die allgemeine Aufmerksamkeit gelenkt haben. Merkwürdiger Weise

finde ich in diesen Aufsätzen die Thatsache nirgends mit gehörigem Nachdruck betont, dass es gerade die kleineren Zellen sind, die die Erscheinung der Chromophilie darbieten. Flesch hatte bekanntlich die verschiedene färberische Reaction der Nervenzellen mit einer verschiedenen functionellen Bedeutung in Zusammenhang gebracht. Ich könnte mich dieser Ansicht ebenso wenig anschliessen, wie derjenigen von Nissl¹⁾, dass es sich hier lediglich um das Ergebniss der Einwirkung der Reagentien handle, möchte vielmehr in der Erscheinung der Chromophilie bloss ein morphologisches Merkmal der kleineren Zellen erblicken, eine Eigenschaft, die mit deren Kleinheit irgendwie zusammenhängt.

Es wird wohl nicht überflüssig sein zu betonen, dass auch die kleineren, ja selbst die allerkleinsten Zellen nicht etwa als funktionslose, rudimentäre Bildungen aufzufassen sind, sondern als Elemente, die ebenso wie die grösseren in funktioneller Weise in den nervösen Mechanismus eingeschaltet sind; finden wir sie doch ebenso wie diese mit einem Fortsatze ausgestattet, der sich in der bekannten typischen Weise unter Bildung einer T-förmigen Figur in einen nach dem Rückenmark ziehenden centralen und einen nach den sensiblen Endbezirken hinstrebenden peripherischen Fortsatz theilt. Noch weniger wäre es begründet, in ihnen jugendliche, noch in der Entwicklung begriffene Elemente zu erblicken. Die Fähigkeit der Theilung kommt den Spinalganglienzellen nach allem, was wir wissen, nur in jener frühen embryonalen Periode zu, der ihre erste Entwicklung angehört, und in diesem Sinne darf man alle Zellen, die kleinen wie die grossen als gleich alt bezeichnen. Es handelt sich also hier nicht um Zellen, die sich noch weiter theilen, oder sonst entwickeln sollen — trifft man doch diese kleinen Elemente auch in den Spinalganglien der grössten, also vermuthlich ältesten Froschexemplaren an — sondern um Zellen, die ein für allemal klein geblieben sind. Die einzige Anwendungsweise des Epithetons „jugendlich“ für diese Zellen, die immerhin in Betracht kommen könnte, wäre die, dass hier Exemplare vorliegen, die neben ihrer Kleinheit mehr als

1) Fr. Nissl: Ueber die Nomenklatur in der Nervenzellen-Anatomie und ihre nächsten Ziele. Neurol. Centralbl. 1895. S.-A. S. 13.

die grösseren Zellen noch gewisse jugendliche Merkmale für ihr ganzes Leben beibehalten haben.

Indem ich zur Beschreibung meiner Befunde übergehe, möchte ich zunächst anknüpfen an die Bilder, die man mit einigen der gangbaren Färbungs- und Färbemethoden z. B. mit der Färbung mit Thionin oder Magentarot nach Fixirung in Flemming'scher Lösung von den hier in Rede stehenden Zellen erhält (Fig. 1—3). Alle Zellen weisen, mögen sie von welcher Grösse immer sein, eine längliche Form auf. Der kernhaltige Pol ist in der Regel abgerundet, manchmal gleichsam eine kugelförmige Ausbuchtung der in ihrem übrigen Theile plumperen Zelle bildend, der andere dagegen endigt wie abgeschnitten mit einer tellerförmig ausgehöhlten Fläche, in deren Aushöhlung sich mehrere bindegewebige, der Zellkapsel angehörige Zellen hineinbetten. Ich kann die Beschreibung, die ich von diesen Verhältnissen im Jahre 1886 gegeben habe, vollauf bestätigen, ebenso wie auch meine Angaben über die Ursprungsweise des Fortsatzes. Dieser entspringt nicht wie bei Säugern von der Mitte des Zellenpols unter birnförmiger Verjüngung der Zelle, sondern seitlich am Rande jener Vertiefung oder sogar noch höher von einem weiter gegen den Kern hin gelegenen Punkte der Langseite der Zelle. Er ist gleich von Anfang an relativ dünn. Sein Ursprung erfolgt mit einem kleinen Kegel, der homogen oder leicht gekörnt erscheint, während er selbst, wie ich mich diesmal überzeugt habe, eine feine fibrilläre Längsstreifung zeigt.

In Bezug auf die Form des Kerns ist auf das eingangs Mitgetheilte zu verweisen. Er ist bei kleinen Zellen relativ grösser als bei den umfangreicheren und füllt hier den Zellenpol, in dem er liegt, fast vollkommen aus. Mit dem Wachsthum der Zelle hält die Vergrösserung des Kerns nicht Schritt und so sehen wir ihn bei den grösseren Elementen mehr und mehr von einer breiteren Protoplasmalage umfasst. Die Verhältnisse der inneren Kernstruktur können wir hier bei Seite lassen, nur auf das charakteristische grosse kugelförmige, bei den kleineren Zellen manchmal doppelte Kernkörperchen sei hingewiesen. Es liegt im Kern zumeist central und weist in seinem Innern bei gewissen Färbungsmethoden noch eine weitere Differenzirung auf.

Wenn wir nun unsere Aufmerksamkeit dem Haupttheil des Zellprotoplasmas zuwenden, so fällt sofort die Trennung des Zellkörpers in zwei distinkte Zonen auf, in eine äussere ektoplasmatistische und eine innere endoplasmatistische. Diese Scheidung ist bei sämtlichen Zellen, den kleinen wie den grösseren und grössten, gleich stark ausgesprochen. Die Aussenschichte zeichnet sich durch die helle Beschaffenheit ihrer Grundsubstanz aus, noch mehr aber durch die Gegenwart sehr grober, zu länglichen Zügen angeordneter Plasmaschollen, wie sie in solcher Derbheit in den entsprechenden Zellen der Säugethiere nicht vorhanden sind, wohl aber in gewissen Zellen des Centralnervensystems und die sich namentlich mit gewissen basischen Anilinfarbstoffen, vor allem mit Thionin (Lenhossék), Toluidinblau (Mann), Magentaroth und Methylenblau (Nissl), aber auch mit M. Heidenhain's einfachem Hämatoxylin-Verfahren sehr intensiv färben. Es handelt sich hier um dieselben charakteristischen, im Nervensystem so weit verbreiteten, aber in den einzelnen Nervenzellengattungen sehr verschieden angeordneten Einlagerungen, die, seit längerer Zeit bekannt, in den letzten Jahren besonders durch die Arbeiten Nissl's in den Vordergrund des Interesses gerückt worden sind. Die Form dieser Schollen ist eine sehr unregelmässige; besonders längliche, ja manchmal ringförmig im Umkreis der Zelle zusammenhängende Züge bilden sie bei den kleineren Zellen (Fig. 3); bei den grösseren (Fig. 1 und 2) zerfallen sie mit Vorliebe in kleinere Theilstücke. Sie sind stets parallel mit der Oberfläche angeordnet. Während sie bei den ganz kleinen und mittleren Zellen in der Regel nur eine einfache Lage bilden, ordnen sie sich bei den grösseren öfters zu 2—3 Schichten übereinander. Die konzentrische Schichtung des Ektoplasmas ist aber durchaus nicht ausschliesslich ja auch nicht in erster Reihe durch die tangentielle Anordnung dieser Schollen bedingt. Das Hauptmoment hierfür liegt vielmehr in den analogen Bauverhältnissen der Grundsubstanz des Protoplasmas, sei es dass wirkliche Fibrillen darin zur Differenzirung gelangen, die die Zelle konzentrisch umkreisen, sei es, was ich nach meinen Beobachtungen für wahrscheinlicher halten muss, dass es sich bloss um konzentrisch verlaufende Verdichtungen in der wabenartigen Struktur des Protoplasmas handelt.

Die konzentrischen Kreislinien der Aussenzone laufen hauptsächlich in äquatorialer (cirkulärer) Richtung um das Innere der Zelle herum, weniger in der Richtung des Längsdurchmessers. Hieraus erklärt sich, weshalb die konzentrische Schichtung des Ektoplasmas an Querschnitten der Zellen immer viel ausgesprochenener und regelmässiger zum Ausdruck gelangt, als an Längsschnitten. Die unmittelbare Umgebung des Kerns und ebenso auch die äusserste Schichte des Zellkörpers bleiben sehr oft von allen körnigen Einlagerungen frei.

Ein wesentlich anderes Bild bietet das Endoplasma dar. Die bedeutend dunklere Färbung dieses Gebietes hängt wohl hauptsächlich mit ihrer viel dichteren Körnelung zusammen. Die Körner sind hier von ganz anderer Beschaffenheit als die groben Plasmaschollen der äusseren Schichte; hier haben wir es mit ganz kleinen Bildungen zu thun, die den Namen von Granula schon eher verdienen und die sich dadurch mehr an die Körner, die man in den entsprechenden Zellen der Säugethiere findet, anschliessen. Auch sind sie nicht von länglicher, sondern theils von mehr oder weniger runder, theils von sternförmiger und eckiger Gestalt. Nur nach aussen gegen das Ektoplasma hin nehmen sie eine etwas länglichere Form an. Auch ist ihre Färbbarkeit eine geringere als die der äusseren Schollen. Gegen den Mittelpunkt der Innenzone zu sieht man sie etwas dichter beisammenstehen: die einzige Besonderheit, die die Gegend der Zellmitte an den in Rede stehenden Präparaten erkennen lässt.

Eine zweite Stelle, wo die Körner eine besonders gedrängte Lagerung aufweisen, ist die Einbuchtung des Kerns. Auch sind sie hier oft von länglicher Gestalt und relativ etwas gröber, daher sich diese Stelle an den meisten Zellen, namentlich an den grösseren schon bei der Anwendung schwacher Linsen als dunkler Fleck hervorhebt. Sehr oft zieht sich die dichtere Körnelung von dieser Stelle her streifenförmig durch den Mittelpunkt der Innenzone gegen den dem Kern entgegengesetzten Pol hin. Auch die Körner des Endoplasmas lassen eine konzentrische Anordnung nicht verkennen, doch kommt sie nur an Querschnitten recht eigentlich zur Ansicht. Der Mittelpunkt der Kreislinien wird hierbei von der Mitte des Endoplasmas gebildet. An den Querschnitten der Zellen schliesst sich diese innere konzentrische Zeichnung direkt an die der Aussenschicht an, wobei oft ganz

reguläre in sich zurückkehrende, an die Havers'schen Lamellen des Knochens erinnernde Kreislinien vorliegen, die eine sehr zierliche regelmässige Zeichnung des Querschnittes bedingen.

Wenden wir uns nun zu den Bildern, die man mit der Heidenhain'schen Bordeaux-Hämatoxylin-Eisenlack-Färbung erhält. Die mitzutheilenden Wahrnehmungen beziehen sich, wie schon betont, hauptsächlich auf die Zellen, deren Längsdurchmesser zwischen 30 und 45 μ schwankt. Es sind das, wie schon erwähnt, nicht die allerkleinsten Zellen der Spinalganglien, aber sie gehören doch zur kleineren Zellgattung. Zu betonen ist, dass sie noch in die Kategorie derjenigen Zellen gehören, die die Erscheinung der Chromophilie darbieten. Es verdient dies deshalb mit Nachdruck hervorgehoben zu werden, weil es nicht unmöglich ist, dass die Gegenwart von Centrosom und Sphäre in ihnen, oder wenigstens die Möglichkeit, diese Dinge auf färberischem Wege zur Ansicht zu bringen, mit derjenigen Eigenschaft ihres Protoplasmas, die sich an Färbepreparaten in Form der Chromophilie ausprägt, in Zusammenhang steht. Auch an den noch kleineren Zellen (30—40 μ) gelingt es, die Gebilde, auf die es hier ankommt, nachzuweisen, aber nie so schön, wie an denen von der angegebenen Grösse. Dagegen müssen die grössten Zellen — die Spinalganglienzellen können beim Frosche einen Längsdurchmesser von 80—90 μ erreichen — aus der Beschreibung vollkommen ausgeschlossen werden.

Fasst man nun an den nach der genannten Methode hergestellten Präparaten die Zellen von 30—45 μ ins Auge (Fig. 4—15), so erkennt man, dass die merkwürdig elektive Wirkungsweise des Farbstoffes auch hier in hervorragender Weise zur Geltung kam. Innen- und Aussenzone verhalten sich in ihrem färberischen Verhalten ausserordentlich verschieden. Das Ektoplasma büst bei der Extraktion sehr rasch sein Hämatoxylin vollkommen ein; es erscheint in der zarten röthlichen Färbung, die ihm das Bordeaux verliehen hat, diffus gefärbt, in der Regel ohne deutlicheres Hervortreten der Plasmascollen. Ein anderes Verhalten trägt die Innenzone zur Schau. Ist das regressive Verfahren nicht zu weit geführt, so tritt uns hier eine Menge mit Hämatoxylin intensiv gefärbter Körnchen entgegen, aber nicht in der ganzen Ausdehnung des Endoplasmagebietes, sondern in einem etwas kleineren, regelmässig kreis-

förmig begrenzten Bezirk. An passenden Präparaten hebt sich in der Zelle dieses mit Hämatoxylinkörnern dicht beladene Feld als eine grosse körnige Kugel hervor, die sich mit einem Stückchen ihrer Peripherie in die Einbuchtung des Kerns genau hineinlegt und man bekommt gleich auf den ersten Blick den Eindruck, dass es sich in jener Kerndelle um das Ergebniss einer mechanischen Kompression von Seiten dieses offenbar dichter gebauten Protoplasmabezirkes handelt. An vielen Präparaten und Zellen ist die Abgrenzung der Körnerzone von der Umgebung freilich keine scharfe (vergl. z. B. Fig. 6 und 7), was ohne Frage darauf zurückzuführen ist, dass die peripherischen Körner bei der etwas zu stark vorgenommenen Extraktion ihren Farbstoff früher abgegeben haben, als die centraleren und noch dabei in ungleichmässig verschwommener Weise, so dass sich die Körnelung der Innenzone nach aussen hin gleichsam zu verlieren scheint. Nach solchen Bildern, die, wie ich zugeben muss, gar nicht selten sind, könnte man an der Berechtigung, das körnige Feld des Innenplasmas als besonderes Protoplasmagebilde, gleichsam als einen selbständigen Körper in der Zelle aufzufassen, Zweifel hegen, indess stehen solchen Bildern andere gegenüber (Fig. 13 und 14), wo dank der rechtzeitigen Unterbrechung des regressiven Verfahrens die körnige Protoplasmakugel wirklich als wohlabgegrenztes Gebilde zum Vorschein kommt und ich bin der Meinung, dass wir uns gerade an solche Bilder, als an die ausschlaggebenden zu halten haben. Die Grenzlinie ist freilich nie durch etwas anderes gebildet, als durch das einfache Aufhören der kleinen Körnchen und vielleicht noch durch den Uebergang einer dunkler gefärbten dichteren Grundsubstanz in eine etwas hellere. Niemals lässt sich als Grenzlinie etwa eine Schichte besonders grober Mikrosomen, noch weniger aber etwas wie eine Membran nachweisen.

Sind nun die in Rede stehenden Körnchen identisch mit den massenhaften Körnern, aus denen an sonstigen Färbungen das Endoplasma zusammengesetzt scheint? Meine Beobachtungen führen mich dazu, diese Frage entschieden mit Nein zu beantworten. Es scheinen mir hier zwei wesentlich verschiedene Mikrosomengattungen vorzuliegen. Für diese Behauptung kann ich folgende Anhaltspunkte geltend machen. Die Körner, die man an Thionin- und anderen derartigen Präpa-

raten in dem Endoplasma sieht, sind relativ gröbere und, was besonders bemerkenswerth ist, zumeist unregelmässig geformte Gebilde, bei den mit der Heidenhain'schen Methode zur Darstellung gelangenden Mikrosomen dagegen haben wir es mit viel kleineren und regelmässig tröpfchen- oder kugelartigen Körperchen zu thun. Sodann breiten sich die ersteren über den ganzen Umfang des Endoplasmas aus, während sich die letzteren auf das beschriebene kugelförmige Gebiet beschränken.

Der wichtigste Unterschied ergibt sich aber, wenn man das Verhalten der beiden Körnergattungen in der Mitte des Endoplasmas in Betracht zieht. Wir gelangen hiermit zu dem wichtigsten Theile unserer Untersuchungen, zu dem Nachweis der Gebilde, die im Titel dieser Arbeit angekündigt sind. Ich will zunächst aber noch erwähnen, dass ich mich durch genaue Untersuchung der in Rede stehenden Zellen in frischem Zustande auf das sicherste überzeugt habe, dass weder die erste noch die zweite Körnergattung mit den in diesen Zellen in ziemlich grosser Menge vorhandenen Pigmentkörnern identisch ist. Diese gelblichen Pigmentgebilde zeigen eine ganz andere Anordnung als die hier in Rede stehenden Mikrosomen, sie sind bei kleinen Zellen in der Regel unregelmässig über den ganzen Umfang der Zelle ausgestreut aber in recht sporadischer Anordnung, während sie sich bei den grösseren an dem dem Kerne gegenüber liegenden Zellenende zu einem stärkeren Haufen concentriren. Sie scheinen sich weder bei den gewöhnlichen Färbungen noch aber bei Heidenhain'schen der Methode zu färben.

Verfolgt man nun die Körner der zweiten Gattung an den Heidenhain'schen Bildern von der Peripherie des kugelförmigen Protoplasmaabschnittes nach dessen Centrum hin, so findet man zunächst, dass sie je mehr nach innen, desto mehr an Dichtigkeit zunehmen. Dies stimmt überein mit den Thioninbildern. Aber während bei diesen die Körnelung auch die centrale Stelle, auch das eigentliche Centrum des Zellkörpers überschwenmt, tritt uns an den Bordeaux-Hämatoxylinbildern ein anderes Verhalten entgegen. Schon in einiger Entfernung vom Centrum hört die Körnelung mittels einer kreisförmigen Linie auf. In der Mitte des Protoplasmas taucht nun,

eingebettet in das granulirte Plasma, ein relativ kleines, helles, wohlkontourirtes, kugelförmiges Gebilde auf, das sich durch seine ganz homogene Beschaffenheit und durch seine besondere Färbung von der Umgebung äusserst plastisch abhebt. Es zeigt eine geradezu metachromatische Färbung, indem es nicht die reine Bordeauxtinktion annimmt, sondern eine Bordeauxtinktion mit der Beimischung eines leicht bläulichen, offenbar vom Hämatoxylin herrührenden Tones. Das deutliche Hervortretendes Gebildes wird dadurch sehr gefördert, dass es innerhalb des von den Körnern ausgesparten Raumes noch seine eigene scharfe Grenzlinie besitzt und von den Körnern wenigstens sehr oft durch einen schmalen weissen Hof geschieden ist. Der Gegenwart dieses hellen Saumes ist es zu verdanken, dass die Grenzlinie des Gebildes recht genau untersucht werden kann. Sie zeigt sich in allen Zellen, wo sie in verlässlicher Weise zur Ansicht kommt, ganz regelmässig, ohne Höcker oder dergl. Die Anwendung der stärksten Vergrösserungen lässt keinen Zweifel darüber, dass die Linie keineswegs durch perlschnurartig aneinander gereihte Mikrosomen gebildet wird. Ihre scharfe Ausprägung lässt sie manchmal als feine Membran erscheinen, aber in der Mehrzahl der Fälle bekommt man mehr den Eindruck, dass es sich bloss um eine Grenzmarke handelt, die durch das Aneinandergrenzen zweier substantiell verschiedener Protoplasma theile zu Stande kommt. Der Umstand, dass an anderen Präparaten die Körnelung der Innenzone auch deren centralsten Theil durchsetzt, muss mit zwingender Nothwendigkeit zur Annahme führen, dass die sich dabei färbende Art von Körnern an der Grenze der kleinen bei der Heidenhain'schen Methode hell bleibenden Scheibe nicht Halt macht, sondern auch dieses Gebiet durchdringt und hierin liegt der oben in Aussicht gestellte, ausschlaggebendste Beweis für die Verschiedenartigkeit der beiden Körnergattungen.

Was die Form des Scheibchens betrifft, so bietet es typisch die Gestalt eines regelmässigen Kreises dar, mag die Zelle, der es angehört, noch so extrem verlängert sein. Da es auch an Querschnitten der Zellen in derselben regulären Kreisform erscheint, so ist klar, dass hier ein regelmässig kugel-

förmiges Gebilde vorliegt. Zwar kommen ab und zu auch längliche Formen vor, allein ich könnte mich nicht entschliessen, in ihnen etwas anderes als Verzerrungsfiguren, Kunstprodukte zu erblicken. Würde man einer derartigen Form des Scheibchens gerade nur bei exquisit langausgezogenen Zellen begegnen, und hier vielleicht als der einzig bestehenden oder wenigstens vorherrschenden Form, so dürfte man sich gegen die Anerkennung dieser Scheibchenform als einer praeformirten um so weniger sträuben, als ja in diesem Falle eine mechanische Begründung für deren Entstehung handgreiflich vorläge. Nun fand ich aber die meisten von den derartig geformten Central-scheibchen, die mir vorgekommen sind, gerade in recht plumpen Zellen (vergl. z. B. Fig. 9) und dadurch charakterisirt sich diese Form im Zusammenhalt mit ihrer relativen Seltenheit als Kunst-erzeugniss.

Noch weniger könnte ich eine andere als eine solche Bedeutung beilegen den gar nicht so selten vorkommenden unregelmässig eckigen mannigfach verzerrten Formen des Centralgebildes. Hier wird es wohl keiner längeren Beweisführung bedürfen, um diese Auffassung zu begründen.

Die Grösse der Centralscheibe schwankt in relativ geringen Grenzen; sie beträgt 4—6 μ . Das Scheibchen erreicht also kaum die Grösse eines menschlichen rothen Blutkörperchens. Ein gesetzmässiges Verhältniss zwischen dem Umfang der Scheibe und den Dimensionen der Zelle liess sich nicht nachweisen.

Ich komme nun zu dem letzten Theile meiner Befunde. Genau im Centrum der homogenen Scheibe bemerkt man in allen Zellen, wo die in Rede stehenden Dinge überhaupt zur Darstellung gelangen, noch ein weiteres Gebilde: einen kleinen aus Körnern zusammengesetzten Körper, im Ganzen von 1—2 μ Durchmesser, der sich mit dem Haematoxylin der Heidenhain'schen Färbung in äusserst intensiver Weise, nicht weniger lebhaft als das Kernkörperchen, verbindet. Es handelt sich in der Mehrzahl der Fälle um ein rundes, aber durch seine unregelmässige Begrenzung sehr oft maulbeerförmig erscheinendes Gebilde. Sieht man genau zu, so erkennt man, dass das Gebilde keinen strukturlosen ganz einheitlichen Körper bildet, sondern ein Multiplum von unmessbar feinen Pünktchen, die in eine schwächer gefärbte Verbindungs-

masse eingebettet zu sein scheinen. In Betreff der Zahl dieser feinen mikrokokkenartigen Körnchen, die übrigens von verschiedener Stärke sein können, und die die eigentlichen Träger der Schwarzfärbung des ganzen Gebildes sind, vermag ich nur soviel anzugeben, dass sie jedenfalls mehr als ein Dutzend beträgt. Das Häufchen präsentirt sich aber nicht immer in der beschriebenen regelmässigen Gestalt. Es kann eine unregelmässige zackige oder längliche Form aufweisen. Nicht selten sieht man einzelne Körnchen oder Körnchengruppen sich aus dem Bestand des Körperchens lostrennen, ja in manchen Fällen findet man statt eines Häufchens zwei oder drei getrennt nebeneinanderliegen. Möchte ich mich auch eines ganz bestimmten Urtheils darüber enthalten, inwieweit bei einer solchen Anordnung der Körnchen präformirte Verhältnisse vorliegen oder inwieweit es sich um Erscheinungen handelt, für die die Misshandlungen bei der Präparation verantwortlich zu machen sind, so muss ich doch sagen, dass mir letzteres immerhin viel wahrscheinlicher scheint. Das Hauptgewicht möchte ich darauf legen, dass ich diese centralen Körnchen in geeigneten Präparaten nie vermisst habe.

Zeichnet sich das Gebilde in Bezug auf die Stärke der Färbung durch eine Affinität dem Hämatoxylin gegenüber aus, die derjenigen des Kernkörperchens nicht nachsteht, so steht es, was das Festhalten des Farbstoffes betrifft, entschieden hinter diesem zurück, namentlich bei kleineren Zellen, und dies erklärt uns nebst dem Fehlen der Körner der zweiten Gattung im Endoplasma, warum die allerkleinsten Elemente keine günstigen Specimina zur Untersuchung der fraglichen Verhältnisse bilden. Der Farbstoff wird aus dem Gebilde bei der Extraktion nicht auf einmal spurlos entzogen, sondern es tritt uns als Zwischenstadium ein Zustand der schwachen diffusen Färbung entgegen (Fig. 4, 7, 11, 15), bei dem das kleine Gebilde sich als einheitlicher Körper ohne Spur jener körnigen Einschlüsse präsentirt.

Wie ist es nun um die grossen Zellen an den Heidenhain'schen Präparaten bestellt? Vergeblich wird man an solchen die centrale Scheibe und ihren körnigen Inhaltkörper suchen. Nichts von alledem lässt sich wahrnehmen. Auch die bei den mittelgrossen Zellen so auffallende grosse körnige Kugel

des Endoplasmas wird vermisst. Dennoch scheint aber die Substanz, die bei den mittleren Zellen in Form der zahlreichen feinen Körnchen das deutliche Hervortreten dieser Kugel bedingt, auch bei den grössten Zellen, wenigstens bei der Mehrzahl davon nicht ganz zu fehlen. (S. Fig. 16 und 17.) Denn auch im Zellkörper der umfangreichsten Elemente gewahrt man tröpfchenartige Bildungen, die sich bei der Heidenhain'schen Methode durch ihre intensive Schwarzfärbung auszeichnen, nur sind sie etwas grösser als die Granula der Innenzone bei der kleineren Zellgattung und erscheinen nun nicht wie bei dieser auf einen kreisförmigen Bezirk des inneren Protoplasmagebietes beschränkt, sondern breiten sich in unregelmässiger Vertheilung und weit auseinanderstehend fast über den ganzen Umfang des Zellkörpers ohne jede Spur einer regelmässigen Anordnung aus. Auch der den Kern bedeckende polare Protoplasmatheil weist nun stets eine Anzahl solcher Körnchen auf. In manchen Fällen lässt sich noch als letzte Spur der früheren Anordnung eine unbedeutende Verdichtung der Lagerung der Körnchen in der Gegend der Zellmitte erkennen, zumeist aber fehlt auch dieses Merkmal, und wir stehen nun einer vollkommenen Auflösung der bei kleinen Zellen vorhandenen so typischen Bauverhältnisse gegenüber.

Ich habe mich bisher auf die einfache deskriptive Darstellung meiner Befunde beschränkt und mich jeder Erklärung, jeder N a m e n g e b u n g geflissentlich enthalten. Ich gelange zum schwierigeren Theil meiner Aufgabe, indem ich daran gehe, die geschilderten Bildungen terminologisch zu kennzeichnen und mit den Befunden Anderer in Zusammenhang zu bringen. Dass es sich um Centrosom und Sphäre handelt, liegt auf der Hand. Die Schwierigkeit liegt angesichts der in der Literatur über diese Dinge herrschenden Controversen in der Frage, was wir hier als Centrosom, was wir als Sphäre bezeichnen sollen?

Das centrale Körnchenhäuflein ist ohne Frage identisch mit dem Centalkörperchen Van Beneden's¹⁾. Schon etwas

1) Van Beneden et A. Neyt, Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitotique chez l'Ascaride megalocéphale. Bulletins de l'Académie royale de Belgique, t. XIV, 1887.

schwieriger ist der Vergleich mit den Darstellungen B o v e r i's¹⁾, aber ich bin schliesslich zur Ueberzeugung gekommen, dass sich unser Körnerhaufen doch mit dem deckt, was B o v e r i — wenigstens in gewissen Stadien der Befruchtung des Ascariseies — als Centrosoma bezeichnet hat. Dagegen stimmt es nicht überein mit dem, was für F l e m m i n g²⁾ und M. H e i d e n h a i n³⁾ ein Centrankörper ist, sondern entspricht dem Mikrocentrum des letzteren Autors.

Von diesen Namen möchte ich das Wort Centrosoma bevorzugen, weil es richtig gebildet, als Terminus technicus vortrefflich geeignet und, wie mir scheint, auch am meisten eingebürgert ist.

Ein ähnliches, in seinem Innern eine grössere Zahl von Körnchen einschliessendes Centrosom ist uns nun durchaus keine neue Erscheinung. Tritt uns doch gleich bei der ersten Beschreibung dieses Gebildes, bei derjenigen bei V a n B e n e d e n, ein derartiges Centrosom entgegen, und auch seitdem sind mehrere Zellgattungen bekannt geworden, bei denen ein ähnlich gebautes Centrosom vorliegt. Ja ich halte es nicht für ausgeschlossen, dass die Anwendung der meiner Ueberzeugung nach für eine verlässliche Darstellung dieser Dinge vor allen anderen Methoden geeigneten H e i d e n h a i n'schen Färbung auch bei den Zellen, wo das Centrosom bisher als einheitlicher, strukturloser grosser Klumpen gesehen wurde, noch eine derartige innere Constitution dieses Gebildes enthüllen wird.

H e i d e n h a i n's⁴⁾ Verdienst ist es zuerst ausführlich dargelegt zu haben, dass in den Bau des Centrosoms ausser den Körnchen noch ein zweiter Bestandtheil eingeht: eine schwach färbbare Zwischenmasse, die die Körnchen mit einander verbindet. Ich vermag die Beobachtungen H e i d e n h a i n's für mein Objekt voll-

1) Th. Boveri, Zellenstudien. Heft 2. Jena 1888.

2) W. Flemming, Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. II. Theil. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 37. 1891.

3) M. Heidenhain, Neue Untersuchungen über die Centrankörper und ihre Beziehungen zum Kern- und Zellprotoplasma. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 43, 1894.

4) Heidenhain selbst bezeichnet als seine Vorgänger in dieser Hinsicht Flemming, Prenant und Nicolas.

auf zu bestätigen und möchte auf diese Zwischensubstanz besonderes Gewicht legen. Denn in ihrer Gegenwart erblicke ich dasjenige, wodurch das ganze Gebilde, mag es in seinem Innern noch so viele Körnchen beherbergen, doch immer in seiner Eigenschaft als einheitlicher Körper gewährleistet ist.

Ist aber dem Gebilde der Charakter einer morphologischen Einheit gesichert, so scheint mir keine Veranlassung vorzuliegen, den ihm von den Entdeckern desselben als eines dauernden Zellbestandtheiles beigelegten Namen Centralkörperchen, oder was auf's Gleiche hinausgeht, Centrosoma durch einen anderen zu ersetzen. Dass das Ding sich nicht immer in jener regelmässig abgerundeten Form darstellt, wie an dem Objekt, wo es zuerst beschrieben wurde, kann wohl keinen Einwand gegen das Festhalten an dieser Bezeichnung bilden. Ein Centrosom braucht ja nicht unbedingt kugelrund zu sein. Man kann diesen Namen meiner Ansicht nach beibehalten, mag das Gebilde von noch so unregelmässiger Gestalt sein, vorausgesetzt, dass ein substantieller Zusammenhang aller Theile unter sich vorhanden ist. Somit könnte ich mich bei voller Anerkennung der Tragweite der Untersuchungen Flemming's und M. Heidenhain's der von diesen Forschern eingeführten Terminologie nicht anschliessen, bei der nicht das Van Beneden-Boveri'sche Centrosom, sondern die darein eingebetteten Körnchen als Centralkörper benannt werden. Verhielte sich die Sache durchgehends so, wie bei den Leucocyten, wo nach Heidenhain's Entdeckung immer nur 2, 3 oder höchstens 4 Körnchen vorhanden sind, so wäre ein solches Vorgehen vielleicht motivirt. Nun wissen wir aber, dass diese Körnchen in mancher Zellgattung in sehr grosser Zahl vorkommen, dass sie bei den verschiedenen Zellexemplaren derselben Gattung an Zahl und, wie ich finde, auch an Grösse variabel sind, ferner wissen wir, dass mehrere davon an den Polen der achromatischen Spindel stehen können. Somit scheint mir die eigentlich wirksame Einheit nicht in dem Einzelkorn, sondern in der Gesamtheit der Körnchen gegeben zu sein, einschliesslich der sie mit einander verbindenden Masse. Ich

meine mit B o v e r i¹⁾, dass man diesen minimalen Bildungen zu viel Ehre anthut, wenn man sie einzeln für sich als Centrankörper bezeichnet, und möchte entschieden für den für diese Gebilde ja schon in Anwendung stehenden Ausdruck Centrankörner plaidiren. Sollte ein Fall bekannt werden, wo diese Bildungen bei Ermangelung jener Zwischensubstanz nicht zu einer Einheit zusammengefasst sind, oder ein anderer bestimmt konstatirter Fall, wo sie auch im Ruhezustande der Zelle mehrere Gruppen bilden, so könnte man ja ohne Schwierigkeit die Verhältnisse durch die Bemerkung kennzeichnen, dass ein wohlabgegrenztes Centrosom nicht vorhanden ist, sondern an dessen Stelle z e r s t r e u t l i e g e n d e C e n t r a n k ö r n e r resp. 2 oder 3 M i k r o c e n t r e n.

Einer viel grösseren Schwierigkeit begegnen wir, wenn wir uns zur Deutung des zweiten hier in Betracht kommenden Gebildes, jener hellen, wohlabgegrenzten Zone um das Centrosom herum, wenden. Würden wir dem in der letzten Zeit fast allgemein eingebürgerten Brauch folgen, so hätten wir diese helle homogene Scheibe ohne weiteres als Sphäre zu bezeichnen. Denn ohne Frage haben wir es mit demselben Gebilde zu thun, das in so zahlreichen neuen Publikationen mit diesem Namen bedacht wird. Immer handelt es sich um ein kleines, den Centrankörper umfassendes, kugelförmiges Gebilde, das fast immer eine homogene strukturlose Beschaffenheit aufweist und sich durch seine dunkle Färbung gegen seine Umgebung mehr oder weniger scharf absetzt. Besonders schön scheint die strukturelle Eigenart des Gebildes mit jenem Verfahren zur Ansicht zu gelangen, das R a w i t z²⁾ unlängst bekannt gegeben hat, wenigstens nach den Abbildungen dieses Forschers gerurtheilt. Aber ich kann gewisse Bedenken gegen diese Anwendung des Namens Sphäre nicht unterdrücken. Sie gründen sich erstens auf die Thatsache, dass dasjenige, was hier als

1) Th. B o v e r i, Ueber das Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung des Seeigel-Eies etc. Verhandlungen d. phys.-med. Ges. zu Würzburg. N. F. Bd. XXIX. 1895. S. 1.

2) B. R a w i t z, Centrosoma und Attraktionssphäre in der ruhenden Zelle des Salamanderhodens. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 44. 1895. S. 555.

Sphäre benannt wird, durchaus nicht dem entspricht, was Van Beneden unter dem Namen *Sphère attractive* in die Literatur eingeführt hat. Betrachten wir die Bilder, die der belgische Forscher von den Ascariseiern gibt, so gelingt es, glaube ich, die von uns an unserem Objekt beschriebenen drei Bestandtheile aufzufinden: eine grosse körnige Protoplasmakugel, in deren Mitte eine kreisförmig abgegrenzte helle Stelle und in deren Centrum wieder das kleine runde, aus einem Körnchenhaufen bestehende Centrosom. Ausser dem Centrosom bezeichnet nun Van Beneden alles Uebrige als Attraktionssphäre und unterscheidet daran zwei Zonen: eine helle Markzone und eine stark körnige, sich als grosse Kugel darstellende Rindenzone. Unsere Centralscheibe, also die Sphäre der neueren Autoren entspricht demnach nicht der ganzen Attraktionssphäre Van Beneden's, sondern nur deren Markscheibe.

Das zweite Moment, was mich daran hindert, den Namen Sphäre unbedenklich, ohne wenigstens meine Randglossen dazu zu machen, auf das centrale helle Feld anzuwenden, besteht darin, dass bei dieser Vergebung des Namens ohne Zusatz oder nähere Bezeichnung, für den von mir an meinem Objekt gefundenen grossen granulären Protoplasmakörper, also für die Corticalscheibe der Van Beneden'schen *Sphère attractive*, kein Name übrig bliebe. Ich glaube aber, dass wir wirklich Veranlassung haben, dieses Gebiet des Protoplasmas als etwas selbständiges aufzufassen. Dokumentirt es doch diesen seinen Charakter durch die mechanische Wirkung, die es auf den Kern in Form jener kleinen Bucht ausübt. Bekanntlich hat Heidenhain nachgewiesen, dass diese Kerndelle an seinem Objekt, den Leukocyten des Salamanders und des Kaninchens immer durch das Andrängen der Sphäre an die Kernmembran hervorgerufen wird. Somit stehen wir bei unserem Objekt vor der Alternative entweder anzunehmen, dass diese Impression auch durch etwas anderes als durch die Sphäre bedingt sein kann, nämlich durch einen verdichteten Bezirk des die Sphäre umhüllenden Protoplasmas, oder aber, dass dasjenige, was in unseren Zellen dem sonst allgemein als Sphäre bezeichneten Gebilde entspricht, keine Sphäre im Sinne Heiden-

hain's ist. Denn das eine ist ganz sicher: Die Delle wird hier nicht durch das helle Bläschen, sondern durch das grosse gekörnte Protoplasmagebilde hervorgehoben. Denn wenn jemand etwa die Vermuthung aussprechen würde, dass die bei den mittelgrossen Zellen vorhandene Lagebeziehung der hellen Scheibe zum Kern eine sekundäre ist, indem sie vielleicht ursprünglich dem Kern dicht anlag, an ihm jene Einbuchtung bewirkend, und erst mit der Grössenzunahme der Zelle von dem Kern relativ weit weg verlagert wurde, während die Vertiefung an diesem erhalten blieb: so könnte ich diese Auffassung durch zwei triftige Gründe widerlegen. Erstens ist das räumliche Verhältniss des Scheibchens zu dem Kern auch bei den allerkleinsten Zellen dasselbe wie bei den grösseren: auch hier findet man es in beträchtlicher Entfernung davon. Zweitens wird jene Abplattung gerade an den Kernen der ganz kleinen Zellen sehr häufig vermisst, und ist sie hier auch vorhanden, so erscheint sie stets nur schwach angedeutet; erst mit dem Wachsthum der Zelle gelangt sie recht eigentlich zum Ausdruck.

Wie soll man nun aber das kleine Centralscheibchen nennen, wenn nicht „Sphäre“? Von dem Van Beneden'schen Namen Medullarzone möchte ich aus dem Grunde absehen, weil ich in der Zusammenfassung dieses nach aussen hin so deutlich abgegrenzten Gebildes mit dem es umgebenden körnigen Protoplasma unter einen Namen wenigstens in dem mir speziell vorliegenden Fall einen Akt der grössten Willkür erblicken müsste. Hier liegt ein recht eigentlich selbständiges mit der Schärfe eines zweiten Zellkernes hervortretendes Gebilde vor, und ich glaube nach Einsicht der neueren einschlägigen Literatur annehmen zu dürfen, dass ein so scharf begrenztes, auch durch seine Struktur und Tinktion von seiner Nachbarschaft verschiedenes Gebilde im Umkreise des Centrosoms keineswegs eine isolirte Erscheinung darstellt. Vielleicht würde hier der schon früher von anderer Seite in Vorschlag gebrachte Namen „Centrarrea“ seinen Zweck erfüllen. Es wäre darin, wie mir scheint, recht gut zum Ausdruck gebracht, dass es sich um ein central gelegenes Gebilde handelt, und um ein Gebilde, dass das Punctum saliens des ganzen Strukturkomplexes: das Centrosom

hofartig umgibt; dagegen wäre darin allerdings der Selbstständigkeit des Gebildes nicht genügend Rechnung getragen. Vielleicht noch besser und sich auch durch den Anschluss an den gangbaren Sprachgebrauch empfehlend wäre das Wort *Centrosphäre*¹⁾, wobei man dann das äussere, mehr dem Zellplasma angehörende Gebilde als *Plasmosphäre* oder *Perisphäre* der *Centrosphäre* gegenüberstellen könnte.

Ein Punkt, den ich noch kurz zur Sprache bringen möchte, betrifft die gesetzmässige Stellung des Centrosoms im Zellkörper. Es giebt vielleicht keine zweite Zellgattung, bei der die Thatsache, dass das Centrosom durchaus nicht wo immer in der Zelle liegen kann, sondern dass ihm unweigerlich eine bestimmte Stelle im Zellprotoplasma zum Sitze zugewiesen ist, deutlicher zur Ansicht kommt, als hier, was wohl mit der relativ regelmässigen Form unserer Zellen zusammenhängt. Das Centrosom liegt immer im Haupttheil des Zellkörpers, in der Mitte des Endoplasmas, nie in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kerns. Es fällt immer in die Linie, die die Zelle in der Längsrichtung in zwei gleiche Theile theilt und die bei der regelmässigen Beschaffenheit unserer Zellen in der Regel die Mitte des einen Poles mit der Mitte des Kerns und der Mitte des anderen Poles verbindet. Man kann diese Linie als *Zellenaxe* bezeichnen. Die Stelle aber, wo diese Linie das Centrosom schneidet, entspricht nie der Mitte ihrer Länge, sondern liegt stets zu dem einen Ende und zwar dem Fortsatzende näher. Die Entfernung des Centrosoms vom Fortsatzende verhält sich zu seiner Entfernung vom Kernende wie 40:60, die Gesamtlänge der Zelle = 100 gesetzt. Hieraus folgt von selbst, dass wenn man die Zelle im Niveau des Centrosoms durch eine auf die Längsachse senkrechte Querlinie halbt, die beiden Hälften an Umfang nicht gleich sein können: der den Kern in sich fassende Theil er-

1) Dieser Ausdruck stammt von Strasburger, der damit allerdings etwas anderes, nämlich den gesammten hier in Betracht kommenden Strukturkomplex bezeichnet wissen wollte.

scheint stets beträchtlich grösser als der andere. Es ist durch dieses Verhalten eine prinzipielle Abweichung gegeben von den Lageverhältnissen, die das Centrosom nach den ausführlichen Darstellungen Heidenhain's bei den Leukocyten zeigt¹⁾. Bei diesen nimmt das Centrosom, sofern es daran nicht durch übermässige Dimensionen des Kerns gehindert ist, stets den Mittelpunkt der ganzen Zelle ein; nur wenn der Durchmesser des Kerns mehr als den halben Durchmesser der Zelle beträgt, sehen wir ihn von der Zellmitte weggedrängt, aber dann immer dem Kern dicht angelagert. Hier wären im Sinne der Heidenhain'schen Ableitungen alle Vorbedingungen für eine streng centrale Lage des Centrosoms erfüllt: der Kern liegt excentrisch und sein Durchmesser bleibt stets hinter dem halben Zellendurchmesser zurück, (durchschnittlich im Verhältniss von 35:50) und doch finden wir das Centrosom nicht in dem geometrischen Mittelpunkt der Zelle, sondern nach dem Fortsatz hin verlagert und stets in einiger Distanz vom Kern. Nun könnte man die Abweichung der hier vorhandenen Verhältnisse von den bei den Leucocyten verwirklichten Gesetzmässigkeiten damit in Zusammenhang bringen, dass, wie schon beschrieben, der Kern manchmal in einer verjüngten Partie, gleichsam in einer Ausbuchtung des Zellkörpers seinen Sitz hat, so dass man ihn mitsammt dem ausgebuchteten Protoplasmanmantel bei der Berechnung gewissermaassen aus dem Spiele lassen könnte. Dieses Verhalten trifft aber nur für einen geringen Procentsatz der Fälle zu, auch ist der Ausdruck „Ausbuchtung“ cum grano salis zu nehmen. Ein anderer Erklärungsversuch könnte den Schwerpunkt auf die Gegenwart des Zellfortsatzes legen, den man in Anbetracht seiner Eigenschaft als Auswuchs des Zellkörpers noch immer mit einer gewissen Berechtigung als Bestandtheil der Zelle und somit als einen die mechanischen Verhältnisse des Protoplasmas beeinflussenden Factor auffassen könnte. Nun muss man aber sagen, dass wenn die in dem Fortsatz niedergelegte Substanzmenge in diesem Sinne auf die Zelle thatsächlich zurückwirken würde, das Centrosom bei der enormen Ausbreitung des Fortsatzes wahrscheinlich überhaupt nicht in der Zelle selbst

1) Vergl. namentlich M. Heidenhain, Cytomechanische Studien. Roux's Archiv f. Entwicklungsmechanik Bd. I. 1895. S. 473.

liegen könnte, auf alle Fälle aber eine gewisse Variabilität in seiner Lage zeigen müsste, was nicht der Fall ist. Wenn diese beiden Erklärungsversuche scheitern, so bleibt glaube ich nichts anderes übrig, als das Walten eines speciellen vielleicht gerade nur für unsere Zellen gültigen Lagegesetzes anzunehmen.

Dieses Gesetz glaube ich nun in dem durch planimetrische Messungen nachweisbaren Thatbestand erkannt zu haben, dass die überschüssige Substanzmenge auf der einen Seite ungefähr der Ausdehnung des Kerns entspricht. Eliminirt man diesen, so ist das Gleichgewicht zwischen den beiden Hälften hergestellt. Das Centrosom ist also in den Spinalganglien des Frosches wohl ein Centralgebilde in Bezug auf das Zellprotoplasma mit Abzug des Kerns, nicht aber in Bezug auf die kernhaltige Gesammtzelle. Der Kern tritt in die zu beiden Seiten des Centrosoms gleichmässig vertheilte Zellmasse als ein Fremdes ein und verleiht der einen Hälfte ein Uebergewicht, ohne eine entsprechende Verlagerung des Centrosoms bewirken zu können.

Man wird nicht umhin können, aus dieser Thatsache gewisse Schlüsse in dem Sinne abzuleiten, dass der Kern doch nicht nur einfach ein durch eine verdichtete Schichte abgegrenzter und in seinem Innern die specifischen chromatischen Elemente einschliessender Protoplasmabestandtheil ist, sondern dass er etwas besonderes, etwas in mechanischer Hinsicht dem Zellprotoplasma selbständig gegenüberstehendes ist.

Nachdem es mir gelungen war, Centrosom und Sphäre in den Spinalganglien des Frosches aufzufinden, habe ich es nicht unterlassen, auch die Spinalganglien einiger Säuger auf diese Verhältnisse mit der Heidenhain'schen Methode zu prüfen. Ich habe hierzu namentlich die Spinalganglien von Hund und Katze benützt. Das Ergebniss war nun ein vollkommen negatives. Die Zellen sind beim Säuger

wesentlich anders gebaut als beim Frosche¹⁾, aber auch hier besteht manchmal eine konzentrische Anordnung des Protoplasmas, wenn auch viel schwächer ausgesprochen als bei dem letzteren. Der Mittelpunkt der konzentrischen Kreislinien wird aber stets vom Kern gebildet. Dieser liegt auch, soweit ich sehe, immer im Mittelpunkt der Zelle. Centrosom und Sphäre sind nicht nachzuweisen. Es ist nun sehr möglich, dass dieser Unterschied darin seine Erklärung findet, dass das dynamische oder vielleicht auch morphologische Aequivalent des Centrosoms hier in den Kern verlagert ist. Diese Möglichkeit findet nicht nur in den bekannten Erfahrungen Brauer's²⁾ an den Spermatoeyten von *Ascaris* ihre Stütze, sondern auch in den Angaben Mann's³⁾, dem es angeblich gelang, in den Kernen gewisser Nervenzellen (sympathische Ganglienzellen, Pyramidenzellen der Grosshirnrinde) bei Säugern centrosomenartige Gebilde nachzuweisen. Auch ich sehe in den Kernen der Spinalganglienzellen von Hund und Katze neben dem grossen Kernkörperchen noch einige weitere stark chromatische Körner, könnte mich aber nicht entschliessen, sie ohne Weiteres, wie Mann es thut, als Centralkörnchen anzusprechen.

Zum Schlusse kann ich es nicht unterlassen zu betonen, dass es sich hier um den ersten Nachweis von Centrosom und Sphäre in Nervenzellen handelt. Wahrscheinlich bildet mein Befund das erste Glied in einer Kette weiterer ähnlicher Nachweise.

1) Vergl. hierüber: W. Flemming, Beim Bau der Spinalganglienzellen. Festschrift f. Henle, Bonn 1882, — Derselbe: Ueber die Struktur der Spinalganglienzellen. Verhandl. d. Anat. Gesellschaft (Basel) 1895, S. 19. — Fr. Nissl, Ueber Rosin's neue Färbemethode des gesamten Nervensystems und dessen Bemerkungen über die Ganglienzellen. Neurolog. Centralbl. Jahrg. 13, 1894, S. 98. — M. v. Lénhossék, Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. 2. Aufl. Berlin 1895.

2) Brauer, Zur Kenntniss der Spermatogenese von *Ascaris megalocephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 42, 1893.

3) G. Mann, Histological changes induced in sympathetic, motor and sensory cells by functional activity. Journal of Anat. and Physiology Vol. XXIX 1894—1895 p. 100. (Vergl. Fig. 8, 9, 10).

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XV und XVI.

Sämmtliche Figuren sind bei Anwendung des Zeiss'schen Apochromaten 2,0 mm Apert. 1,30 und mit Hülfe des neuen Zeiss'schen Zeichenapparates angefertigt.

- Fig. 1. Nervenzelle mittlerer Grösse (45 μ) aus dem Spinalganglion des Frosches. Fortsatz nicht sichtbar. Kern mit schwacher Delle. Fixirung in Flemming's Gemisch, Färbung mit Thionin.
- Fig. 2. Grosse 64 μ lange Nervenzelle. Der sonst mehr seitlich entspringende Nervenfortsatz entspringt hier fast in der direkten Verlängerung der Zellenachse; er zeigt eine zarte fibrilläre Struktur. Am Fortsatzpol zwei bindegewebige „Polzellen“. Kern mit Abflachung. Hermann'sche Lösung, Magentaroth.
- Fig. 3. Kleine Nervenzelle (24 μ). Derbe, ringförmig zusammenhängende Plasmaschollen im Ektoplasma; im Endoplasma spärliche Körnchen. Sublimat, Thionin.

Die nachfolgenden Figuren sind alle Präparaten entnommen, die nach Sublimatfixirung hergestellt und mit Heidenhain's Bordeaux-Eisenhämatoxylin gefärbt waren.

- Fig. 4. Nervenzelle von 36 μ Länge. Centrosom im Innern undeutlich differenzirt, Centrosphäre elliptisch, Plasmosphäre undeutlich begrenzt.
- Fig. 5—7. Drei Nervenzellen von besonders länglicher Form. Länge: 44, 42 und 30 μ . In Zelle 6 auffallend kleiner Kern; Centrosphäre etwas verschoben, wodurch der helle Hof auf der einen Seite eine Erweiterung zeigt. In Zelle 7 auffallend kleine Centrosphäre (Länge 2,7 μ).
- Fig. 8—10. Plumpe Zellformen mittlerer Grösse; Länge 33, 36,5 und 33 μ . Bei allen dreien ausgesprochene Einbuchtung am Kern. In Fig. 9 längliche Form der Centrosphäre und des Centrosoms (beides offenbar Kunstprodukt).
- Fig. 11 und 12. Grössere (42 und 48 μ lange) Zellen.
- Fig. 13 und 14 = 42 und 40 μ lange Zellen. In Zelle 13 besonders deutlich hervortretende Plasmosphäre. In Fig. 14 Verzerrungsform der Centrosphäre und des Centrosoms.
- Fig. 15. Ganz kleine, 21 μ lange Zelle, mit deutlicher Centrosphäre und deutlichem Centrosom, in welchem letzterem aber der Aufbau aus Centralkörnern nicht sichtbar ist. Plasmosphäre nicht ausgesprochen; die sie sonst bildenden Körnchen relativ spärlich und unregelmässig vertheilt.
- Fig. 16 und 17. Zwei ganz grosse (53 und 68 μ lange) Zellen ohne Spur einer Sphäre und eines Centrosoms, mit unregelmässig im Zellkörper vertheilten Bordeaux-Hämatoxylinkörnchen; bei Zelle 16 zeigen dieselben noch im Endoplasma als Spur der bei kleineren Zellen vorhandenen Plasmosphäre eine gedrängtere Lagerung.

11.

12.

13.

14.

16.

15.

17.